

## **Znaczenie glebowego banku nasion chwastów dla bioróżnorodności terenów uprawnych**

*Anna Bochenek<sup>1</sup>, Janusz Gołaszewski<sup>2</sup>, Krystyna Żuk-Gołaszewska<sup>3</sup>*

*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,*

*<sup>1</sup>Katedra Fizjologii i Biotechnologii Roślin, <sup>2</sup>Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa,*

*<sup>3</sup>Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną*

*ul. Oczapowskiego 1a, 10-719 Olsztyn.*

*e-mail: anna.bochenek@uwm.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** agroekosystem, bioróżnorodność, nasiona chwastów, glebowy bank, nasionożercy

### **Wstęp**

Flora, która naturalnie występuje w agrocenozach, jest znaczącą przeszkodą w osiąganiu zysków z produkcji rolnej, głównie poprzez współzawodnictwo z roślinami uprawnymi o zasoby oraz przez obniżenie jakości plonów. Współcześnie intensyfikacja rolnictwa jest związana z dramatycznym obniżeniem różnorodności i ilości występowania chwastów na polach uprawnych. Wykazano jednak, że chwasty, a zwłaszcza ich nasiona, pełnią ważną ekologiczną rolę. Znaczenie nasion chwastów dla ekosystemów rolniczych polega przede wszystkim na tym, że stanowią one źródło zasobów dla wyższych grup troficznych, takich jak drobne ssaki, ptaki, chrząszcze, mrówki czy dżdżownice [24, 69]. Zmniejszenie dostępności tego źródła pożywienia jest prawdopodobnie głównym powodem obniżenia bioróżnorodności w agroekosystemach w ostatnich dekadach. Z drugiej strony, zwierzęta odżywiające się nasionami mogą powodować zmniejszenie gęstości populacji samych chwastów [47, 63]

### **Glebowe banki nasion chwastów**

Pula żywych nasion zalegających w glebie lub na jej powierzchni została nazwana przez Harpera [30] bankiem nasion, co zostało powszechnie zaakceptowane przez rolników, ekologów i fizjologów roślin. Termin nasiona jest tu rozumiany szeroko i obejmuje oprócz nasion prawdziwych, również owoce [73]. Bank nasion można określić jako trwały, jeśli nasiona kiełkują w czasie dłuższym niż 1 rok. Bank, z które-

go kiełkowanie kończy się w ciągu jednego roku licząc od momentu morfologicznej dojrzałości i rozsiewania nasion, nosi nazwę przejściowego [3, 71].

W większości zbiorowisk roślinnych występują trwałe banki nasion w glebie, które jednak znacznie różnią się między sobą pod względem zasobności. Najbogatsze banki nasion związane są z gruntami ornymi, stosunkowo mniej żywotnych diaspor w glebie występuje na terenach trawiastych, torfowiskach i w lasach. Niewiele nasion w glebie zawierają słone bagna i lasy iglaste, a zbiorowiska roślinne alpejskie i subalpejskie bardzo mało [4, 22].

Nasiona zalegające w glebie są częścią flory na danym terenie, stąd obecność żywych nasion w glebie ma szczególne znaczenie dla funkcjonowania zbiorowisk roślinnych. Trwały bank nasion odgrywa decydującą rolę w podtrzymywaniu florystycznej różnorodności. Ma on wielkie znaczenie dla stabilności populacji roślinnych, ponieważ jest jednocześnie bankiem genów [62] i dlatego wpływa na procesy ewolucyjne. Pełni on rolę mechanizmu buforującego wpływ zróżnicowanego i zmiennego środowiska. Stanowi także genetyczną pamięć populacji roślinnych reprezentujących określoną kombinację genów wyselekcjonowanych w dłuższym czasie [4, 22, 71]. Banki nasion uważa się obecnie za główne źródło nowych roślin jednorocznych zachwaszczających uprawy polowe. Najważniejszym stanem fizjologicznym, który decyduje o kiełkowaniu chwastów z glebowego banku jest spoczynek nasion, jego rodzaj, głębokość, a także kierunek i dynamika jego zmian [5, 21].

## Bioróżnorodność

Różnorodność biologiczna jest sumą wszystkich form życia na Ziemi na różnych poziomach organizacji: genetycznym, gatunkowym, ekosystemowym, a nawet krajobrazowym. W ostatnich latach coraz więcej uwagi zwraca się na jej zachowanie i rozwijanie w ekosystemach naturalnych oraz zmienionych na skutek antropopresji. Bioróżnorodność jest pożądana, gdyż powszechnie sądzi się, że stabilizuje ona środowisko przyrodnicze i zapobiega jego niekorzystnym zmianom. Obecnie przy ocenie bioróżnorodności bierze się pod uwagę 6 królestw organizmów: *Procarvota* (*Bacteria*) i *Eucaryota* (*Protozoa*, *Chromista*, *Fungi*, *Plantae*, *Animalia*) [14, 15].

Rola zbiorowisk chwastów gruntów ornich w podtrzymywaniu naziemnej różnorodności biologicznej została dość dobrze poznana. Dużo mniej wiadomo, jak glebowy bank nasion chwastów wpływa na nią w ekosystemach rolniczych. Przyczyną tego jest fakt, że duża ilość procesów zależnych od nasion zachodzi pod ziemią i stąd są one trudne do obserwacji. W ostatnich latach zaczęto rozumieć, jak ważne są glebowe banki nasion i zaczęto je intensywnie badać. Obecnie coraz więcej wiemy na temat znaczenia wielkości i różnorodności gatunkowej nasion chwastów zalegających w glebie dla bioróżnorodności agroekosystemów [5, 23].

Większy i bardziej zróżnicowany bank nasion chwastów ma możliwość utrzymywania większej ilości innych gatunków flory i fauny w ekosystemie rolniczym.

Dotyczy to zarówno gatunków z pozytywną funkcją ekologiczną zwanych gatunkami dostarczającymi zasobów oraz gatunków pomocniczych, jak i gatunków o ujemnym wpływie na funkcjonowanie agroekosystemu zwanych destruktywnymi [26].

Nasuwa się, jednak, bardzo ważne pytanie: jak duża skala bioróżnorodności jest pożądana? Z powodu znacznej dynamiki ekosystemów nie ma jednej absolutnie dobrej odpowiedzi na to pytanie. Przyroda będzie zawsze kontynuować selekcję genotypów korzystnych dla ich posiadaczy, to znaczy będzie dynamicznie reagować na zmiany w abiotycznym i biotycznym środowisku. Odpowiedź na to pytanie dla każdego ekosystemu musi być zróżnicowana. Dla ekosystemów rolniczych trzeba uwzględnić odpowiednie kryteria, na przykład wydajność i regenerację funkcji służących ekosystemowi, takich jak obieg wody, cykl nutrientów czy odporność na szkodniki i choroby. Ponadto, żeby odpowiedzieć na pytanie o pożądaną skalę bioróżnorodności, wcześniej należy znaleźć odpowiedzi na kilka pytań pomocniczych. Co oznacza „pożądana skala”? W jaki sposób można ją mierzyć? W jakim celu, jak długo i na jakim obszarze bioróżnorodność ma być utrzymywana [44]?

## Organizmy o pozytywnej funkcji dla agroekosystemu

Makrofauna żywiąca się nasionami odgrywa dużą rolę w regulacji liczebności i rozsiewaniu nasion chwastów na gruntach ornych. Z drugiej strony, dostępność nasion chwastów utrzymuje populacje nasionożerców, którzy w różny sposób mogą wpływać na funkcjonowanie agroekosystemu. Większość gatunków makrofauny odżywia się nasionami na powierzchni gleby, jednak znaczny procent nasion zakopanych w glebie również wchodzi w skład diety wielu gatunków zwierząt [55, 57].

Bank nasion chwastów pomaga w utrzymaniu populacji dżdżownic i tym samym pośrednio poprawia jakość gleby. Dżdżownice (np. *Lumbricus terrestris* L.), jak wiadomo, przyspieszają rozkład glebowej materii organicznej, poprawiają strukturę gleby i stymulują troficzne interakcje. Zwykle preferują one małe nasiona [59]. Stwierdzono, że większość gatunków wybiera selektywnie nasiona w zależności od rozmiaru, kształtu i struktury powierzchni [20]. Dżdżownice aktywnie uczestniczą w zakopywaniu nasion, co z jednej strony zwiększa przeżywalność, a z drugiej może uniemożliwiać wschody na zbyt dużej głębokości [16, 18]. Nasiona niektórych gatunków chwastów mogą w przewodzie pokarmowym dżdżownic zostać w 100% strawione, natomiast innych gatunków ulegają tylko nadtrawieniu. Po wydaleniu zostaje przełamany spoczynek nasion przez zwiększenie przepuszczalności dla wody tkanek okrywowych. Poprawia się także kiełkowanie dzięki bodźcom chemicznym i fizycznym [19]. Dżdżownice poprzez spożywanie i rozsiewanie nasion wpływają na skład i dynamikę glebowego banku nasion, a w konsekwencji na skład i dynamikę zbiorowisk roślinnych [25]. Do gatunków, których nasionami chętnie się żywią należą między innymi: *Poa annua* L. (wiechlina roczna), *Trifolium pratense* L. (koniczyna czerwona), *Arabidopsis thaliana* (L.) HEYNH. (rzodkiewnik pospolity),

*Cardamine hirsuta* L. (rzeżucha włochata), *Stellaria media* (L.) VILL. (gwiazdnica pospolita), *Taraxacum officinale* WEBER ex WIGGERS (mniszek pospolity), *Plantago lanceolata* L. (babka lancetowata) i *Veronica* spp. (przetaczniki) [25].

Mrówki stanowią wśród stawonogów (*Arthropoda*) ważną grupę nasionożerców w ekosystemach polnych. Oportunistyczne gatunki, żyjące na gruntach ornych i w innych zaburzanych środowiskach, mogą żerować na bardzo wielu gatunkach nasion chwastów. Wybrane gatunki (np. *Messor bouvieri* BOND. w klimacie śródziemnomorskim) mogą usunąć z środowiska glebowego do 85% nasion określonych gatunków roślin (np. *Lobularia maritima* (L.) DESV.), z czego 70% jest efektywnie zjadana a pozostała ilość ulega rozsiewaniu [61]. Niektóre mrówki (np. *Solenopsis invicta* BUREN, inwazyjny gatunek w Ameryce Północnej) przenoszą do mrowisk nawet do 100% nasion kilku gatunków roślin, gdzie dokonują ich skaryfikacji (80% nasion *Sanguinaria canadensis* L.) lub zniszczenia (86% nasion *Viola rotundifolia* MICHX.) [81]. W Azji na polach ryżowych mrówki (*Solenopsis geminata* (FABRICIUS)) są głównymi konsumentami nasion chwastów, zjadając powyżej 75% nasion takich gatunków jak *Digitaria ciliaris* (RETZ.) KOELER, *Echinochloa colona* (L.) LINK i *Eleusine indica* (L.) GAERTN. [7]. Zdarza się, że mrówki (np. *Messor barbarus* L.) mogą zniszczyć niewielką część plonu, ale te straty (0,4%) raczej nie mają znaczenia [2]. Mrówki mają szczególnie pozytywny wpływ (zarówno bezpośredni, jak i pośredni) na strukturę zbiorowiska i funkcjonowanie agroekosystemu. Mogą one zmieniać skład gatunkowy zbiorowiska roślinnego i jego różnorodność przez wybiórcze żerowanie na nasionach, udział w rozsiewaniu nasion i współzawodnictwo z innymi nasionożercami [1]. Dodatkowo oddziaływanie mrówek na agroekosystem jest przede wszystkim związane z poprawianiem struktury gleby, właściwości wodnych gleby oraz krążenia składników pokarmowych [43, 45].

Nasionożerne chrząszcze z rodziny biegaczowatych (*Carabidae*) selektywnie konsumują nasiona chwastów i ta wybiórczość różni się pomiędzy gatunkami. Zaliczamy tu gatunki z rodzajów *Amara*, *Harpalus*, *Ophonus*, *Pseudoophonus*, *Zabrus*, rzadziej *Calathus*. Gatunki chwastów, których nasionami się żywią należą przede wszystkim do rodzajów *Amaranthus*, *Ambrosia*, *Capsella*, *Cassia*, *Centaurea*, *Chenopodium*, *Cichorium*, *Cirsium*, *Galinsoga*, *Galium*, *Lamium*, *Matricaria*, *Poa*, *Polygonum*, *Stellaria*, *Taraxacum*, *Thlaspi*, *Urtica* i *Viola* [35, 36, 37, 39, 64, 78]. Stwierdzono wyraźne związki między dostępnością nasion chwastów a różnorodnością biegaczowatych chrząszczy [27]. Wpływ wyłącznie nasionożernych biegaczowatych chrząszczy na funkcjonowanie agroekosystemu jest ograniczony do regulacji wielkości i składu banku nasion. Natomiast wszystkożerne chrząszcze biegaczowate potrafią znacznie obniżyć populacje szkodników, takich jak, mszyce, ślimaki i larwy chrząszczy. Gatunki wszystkożerne, np. *Pterostichus melanarius* ILLIGER mogą żywić się początkowo nasionami, a w drugiej części sezonu zmieniają się w insektożerców [26, 35].

Dobrze została poznana rola chwastów gruntów ornych w utrzymaniu populacji ptaków ziarnojadów żyjących na terenach rolniczych, jak i wpływ zmian w rolnictwie na te ptasie populacje. Ptaki te żywią się przede wszystkim ziarnami zbóż *Triticum*, *Hordeum* i *Avena*. W klimacie umiarkowanym w Europie nasiona pospolitych rodzajów chwastów, takich jak *Amaranthus*, *Atriplex*, *Avena*, *Cerastium*, *Cirsium*, *Chenopodium*, *Poa*, *Polygonum*, *Rumex*, *Senecio*, *Sinapis*, *Stellaria*, *Taraxacum* i *Viola* stanowią pokarm niezbędny do przeżycia ptaków terenów wiejskich, szczególnie w okresie jesieni i zimy [32, 33, 34, 54, 79]. Równie ważnym pożywieniem dla tych ptaków, zwłaszcza w okresie lęgowym, są skoczki, błonkówki, pająki, chrząszcze, mrówki, ryjkowce, motyle, ćmy oraz ich larwy, a także mszyce, komarnice i ich larwy, będące w wielu przypadkach groźnymi szkodnikami upraw [32]. Intensyfikacja rolnictwa spowodowała, że populacje takich ptaków jak kuropatwa, skowronek, dzierlatka, wróbel domowy, mazurek, makolągwa, gil, trznadel, cierlik, potrzos czy ortolan uległy znacznemu obniżeniu [63, 72, 79]. Znaleziono wyraźne zależności między zasobnością i różnorodnością glebowego banku nasion chwastów a wielkością populacji ptaków na polach uprawnych.

Stwierdzono, że na obszarach upraw ekologicznych występują liczniejsze populacje ptaków, niż na terenach uprawianych tradycyjnie [52]. Ponadto ptaki, jak i inni nasionożercy, żywiąc się nasionami chwastów uczestniczą w kontroli zachwaszczenia na polach uprawnych [33]. Sugeruje się, że ze względu na ochronę ptaków, niektóre gatunki chwastów na gruntach ornych powinno się utrzymywać, przynajmniej na niskim poziomie [79].

Gryzonie, szczególnie myszy, są również ważnymi zjadaczami nasion chwastów na powierzchni gleby i nasion zakopanych w glebie. Dla tych drobnych ssaków głównym źródłem pożywienia są ziarniaki zbóż, jednak na obszarach innych upraw utrzymują się dzięki nasionom chwastów [31]. Gryzonie preferują zwykle duże nasiona, na przykład *Apodemus flavicollis* MELCH. i *A. sylvaticus* L. chętnie spożywają nasiona *Centaurea cyanus* L. [6, 42]. *Mus spicilegus* PETÈNYI preferuje nasiona z rodzaju *Setaria* [38], a *Mus spretus* LATASTE diaspory *Lolium multiflorum* LAM. i *Vicia vilosa* ROTH. [2]. Według Westerman i in. [80] myszy zjadają największą część nasion chwastów (30–88%) w ekologicznych uprawach zbożowych. Dostępność nasion chwastów pomaga utrzymać też populacje gatunków chronionych, takich jak np. chomik europejski [26]. Ponadto bank nasion sam może składać się z gatunków bliskich wyginięcia i wymagających ochrony, takich jak *Agrostemma ghitago* L., *Anagalis arvensis* L., *Consolida regalis* S. F. GRAY, *Fumaria officinalis* L. czy *Nigella arvensis* L. Zwykle te gatunki są związane z zanikającymi formami rolnictwa tradycyjnego [10, 67].

Funkcjonowanie agroekosystemu jest w dużym stopniu regulowane przez glebowe zbiorowiska mikrobiologiczne, które oddziałują na niego przez wpływ na obieg nutrietów, strukturę gleby, presję patogenów roślinnych i możliwości biokontroli. Nasiona mogą zwiększać biologiczną różnorodność zbiorowisk mikrobów umożli-

wiając im infekowanie nowych gospodarzy i rozprzestrzenianie się na nowe obszary. Ponadto, diaspory chwastów stymulują mikrobiologiczną aktywność przez uwalnianie do gleby różnych związków organicznych, takich jak śluzy, rozpuszczalne węglowodany, aminokwasy i kwasy organiczne. Oprócz tego, nasiona oddziałują na zbiorowiska mikrobiologiczne przez tworzenie nowych mikrosiedlisk, nie tylko na powierzchni nasion, ale i w wewnętrznych tkankach oraz w glebie otaczającej nasiona, tak zwanej spermosferze [28, 53, 56]. Nasiona aktywnie wpływają na zbiorowiska mikrobiologiczne z nimi związane. W łupinie nasiennej wielu gatunków chwastów (np. *Abutilon theophrasti* MEDIK.) często znajdują się związki o charakterze antybakteryjnym i antygrzybowym (np. fenole, flawonoidy, związki taninopodobne) [40]. Nasiona także potrafią stymulować aktywność mikroorganizmów zdolnych do zwalczania patogenów nasion. Pewne grupy mikroorganizmów, stymulowane przez nasiona, odgrywają dużą rolę w kondycji zdrowotnej swoich gospodarzy. Znalezione różne zbiorowiska grzybów związane z poszczególnymi gatunkami rodzaju *Festuca* (kostrzewa). Należą one do rodzajów *Epichloë* i *Neotyphodium* i są mutualistycznymi endofitami tych gatunków traw. Kolonizowane rośliny produkują więcej biomasy i są bardziej konkurencyjne niż niekolonizowane [46, 66]. Nasiona chwastów w glebie wchodzi w interakcje z glebowymi mikroorganizmami. Mogą one służyć różnym gatunkom saprofitycznych grzybów jako ważne źródło substancji odżywczych. Nasiona *Ambrosia trifida* L. trudno ulegają kolonizacji przez gatunki glebowe *Ascomycota*, a te, które uległy zakażeniu, zamierają. Diaspory *Eriochloa villosa* (THUNB.) KURTH są związane z grzybem *Chaetomium globosum* KUNZE ex FR., a *Polygonum pensylvanicum* L. z *Cordyceps sinensis* (BERK.) SACC. Te gatunkowo-specyficzne związki nie prowadzą jednak do biodegradacji nasion [8]. Ullrich i in. [76] sugerują, że glebowe mikroorganizmy nie odgrywają decydującej roli w śmiertelności nasion chwastów. Według Kremera [41] aż 80% bakterii związanych z nasionami chwastów wykazuje aktywność antygrzybową, co może ograniczać śmiertelność nasion przez potencjalnie patogenne grzyby. Ponadto, chwasty i ich nasiona mogą być źródłem korzystnych dla wzrostu roślin ryzobakterii należących do grup *Firmicutes*, *Pseudomonas* i *Stenotrophomonas maltophilia* [70].

Bank nasion chwastów często stanowi rezerwuar lub wektor pewnych patogenów roślinnych. Ich wpływ na funkcjonowanie agroekosystemu jest pozytywny, gdy patogeny nasion selektywnie powodują choroby chwastów, a nie roślin uprawnych. Znalezione przykłady nasion chwastów dających schronienie patogenom, które pomagają kontrolować inne gatunki chwastów. Wiadomo też, że zbiorowiska grzybowe na nasionach i śmiertelność nasion zależą od metod uprawy. Zredukowanie orki i rotacji upraw zwiększa zróżnicowanie glebowego banku nasion chwastów jednorocznych, ale wyraźnie zmniejsza zagęszczenie ich występowania w glebie [50]. Obiecującym problemem badawczym jest biologiczna kontrola zachwaszczenia oparta na uprawie pola stymulującej aktywność glebowych patogenów specyficznych dla nasion i siewek chwastów, powodująca powstanie tzw. chwastowo-supresyjnych

gleb, ale niestety nie otrzymano dotąd zadowalających wyników [9, 41, 60, 77]. Davis i in. [13] zaproponowali, jednak, system uprawy, który miał pobudzać rozwój mikrobiologicznych zbiorowisk powodujących śmiertelność nasion chwastów w glebie. Okazało się, że w pewnych warunkach, historia uprawy, mikrobiologiczne zbiorowiska i śmiertelność glebowego banku nasion są ze sobą powiązane.

## Organizmy o ujemnej funkcji dla agroekosystemu

Wszystkożerne szkodniki mogą korzystać z nasion chwastów jako alternatywnego źródła pokarmu lub jako dodatku do zwykłej diety. Ślimaki i gąsienice mogą być poważnymi szkodnikami roślin uprawnych, szczególnie kiedy są one w stadium siewki. Ślimaki spożywają zarówno elajosomy, jak i całe nasiona, mogą też przyczyniać się do ich rozsiewania [74]. Istnieją dowody, że dostępność nasion chwastów może mieć udział w występowaniu ślimaków i gąsienic w uprawach, chociaż prawdopodobnie odgrywają one tylko skromną rolę w dynamice populacji tej fauny [42].

Wiele patogenów roślinnych nie jest ściśle związanych z jednym gatunkiem gospodarza, ale poraża szeroki zakres gatunków zarówno roślin uprawnych jak i chwastów. Bank nasion chwastów znacznie zwiększa trwałość pewnych patogenów, gdyż generalnie łatwiej przeżywają one związane z gospodarzem (np. spoczynkowymi nasionami) niż w glebie. Niektóre gatunki patogenów mogą przetrwać porę roku, kiedy orne pole jest pozbawione roślinności, głównie dzięki nasionom chwastów [57, 74].

Dość dobrze poznano rolę nasion chwastów w epidemiologii wirusa mozaiki ogórka (CMV, ang. cucumber mosaic virus), patogena warzyw, roślin białkowych i innych roślin uprawnych. CMV bardzo krótko utrzymuje się na martwych tkankach i wymaga trwałego gospodarza roślinnego lub nasion, aby przetrwać okres między sezonami uprawnymi i zainfekować następną uprawę. Wirus infekuje szerokie spektrum pospolitych chwastów należących do wielu rodzin. Znane są przykłady przeniesienia wirusa przez nasiona *Stellaria media* VILL. (21–40%), a także *Lamium purpureum* L., *Cerastium holosteoides* FR. AM. HYL. i *Spergula arvensis* L. (do 4%). Nasiona *Stachys arvensis* L. mogą być przenośnikami do 2% wirusa mozaiki lucerny (ang. alfalfa mosaic virus AMV) [51]. Znane są też przykłady przeniesienia wirusa czarnej pierścieniowej plamistości pomidora (TBRV, ang. tomato black ring virus) i wirusa pierścieniowej plamistości maliny (RRV, ang. raspberry ringspot virus) przez nasiona licznych chwastów [49]. Bank nasion może stanowić ważny rezerwuuar wirusów przez dłuższy czas, aż odpowiednie rośliny-gospodarze będą uprawiane, a rozsiewanie zainfekowanych nasion pozwala infekować nowe pola [68].

Bakterie należące do kompleksu szczepów *Pseudomonas syringae* VAN HALL powodują choroby licznych roślin uprawnych, ale przez chwasty są często przenoszone bez wykazywania symptomów. Wektorem bakterii *P. syringae* pv. *tomato* mogą być nasiona *Arabidopsis thaliana* (L.) HEYNHOLD (rzodkiewnika pospolitego), *Gnaphalium* spp. (szaroty), *Lamium amplexicaule* L. (jasnoty różowej), *Oenothera* spp. (wiesiołka), *Stellaria media* VILL. (gwiazdnicy pospolitej) i *Abutilon theophrasti*

MEDIK. (zaślazu pospolitego). Sugeruje się, że *P. syringae* pv. *tagetis* może zostać użyty do biokontroli *Cirsium arvense* L. (SCOP.) (ostrożeńca polnego) i *Ambrosia grayi* (A. NELS.) SHINNERS [26]. Ostatnio wykazano, że bakteryjne zbiorowiska związane z nasionami zalegającymi w glebowym banku, takich gatunków chwastów jak *Chenopodium album* L. i *S. media*, nie pochodzą z gleby, ale od rośliny matecznej. Ponadto obecność glebowego banku nasion chwastów wyraźnie zwiększa mikrobiologiczne zróżnicowanie gleby [56]. Według Kremera [40] około 15% bakterii związanych z nasionami chwastów jest potencjalnie fitopatogenicznych.

Większość gatunków grzybów związanych z nasionami chwastów infekuje rozwijające się nasiona na roślinie matecznej. W glebowym banku nasiona mają też kontakt z ogromną ilością gatunków grzybów pochodzenia glebowego [65]. Gatunki grzybów z rodzaju *Fusarium* występują pospolicie w systemach rolniczych i są przyczyną wielu chorób. Wiele gatunków chwastów może być naturalnymi przenośnikami *Fusarium* spp. Roślina mateczna przekazuje patogen na nasiona, gdzie może być on obecny na powierzchni lub w tkankach wewnętrznych. *Fusarium* spp. może trwać na nasionach przez dłuższy czas oraz dzięki nim rozprzestrzeniać się, chociaż może też przetrwać w glebie bez udziału nasion. Patogen może infekować nasiona chwastów z wielu rodzin, m.in. *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Malvaceae*, *Poaceae*, *Polygonaceae*, *Scrophulariaceae* i *Urticaceae* [26]. Z nasion chwastów zalegających w glebowym banku izolowano też wiele innych patogenicznych gatunków grzybów należących głównie do rodzajów *Phytium* i *Alternaria*, ale także *Acremonium* i *Phoma* [77].

Nasiona chwastów są ważnym gospodarzem przenoszącym w epidemiologii *Ditylenchus dipsaci* (KUHN) FILIPJEV (niszczyka zjadliwego), nicienia atakującego łodygi, cebule i bulwy warzyw, roślin strączkowych i zbóż [17, 58]. W zainfekowanych nasionach patogen ten może przetrwać wiele lat. Dzięki nasionom chwastów łatwo się rozprzestrzenia. Gospodarzami *D. dipsaci* mogą być nasiona *Anagalis arvensis* L., *Avena sativa* L., *Galium* spp., *Hypochaeris radicata* L., *Lamium purpureum* L., *L. amplexicaule* L., *L. album* L., *Medicago sativa* L., *Plantago* spp., *Stellaria media* (L.) VILL., *Taraxacum officinale* WEB ex WIGGER i *Trifolium* spp. [11, 29]. Kilka gatunków jednorocznych zimujących chwastów (między innymi *L. purpureum*, *L. amplexicaule*, *Thlaspi arvense* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) MEDICUS) może być gospodarzami nicienia mątwika sojowego (*Heterodera glycyines* Ichinohe), patogena niszczącego korzenie soi [12, 48, 75].

## Podsumowanie

Badania wpływu banku nasion chwastów na funkcjonowanie agroekosystemów mają na celu przede wszystkim ułatwienie kontroli banków nasion i minimalizowanie strat w uprawach spowodowanych przez chwasty. Prace te powinny jednak uwzględniać alternatywną pozytywną ekologiczną rolę nasion chwastów. Kiedy nasiona chwastów uczestniczą w utrzymaniu gatunków o pozytywnej lub pomocniczej roli



w ekosystemie, potrzeba kontroli zachwaszczenia musi być równoważona potrzebą utrzymywania tych gatunków. Jeśli taksony utrzymywane przez chwasty pełnią destruktywną rolę, wtedy nie ma rozbieżnych celów. Identyfikacja gatunków nasion chwastów, które są ważne dla utrzymania funkcjonalnych dla ekosystemu gatunków flory i fauny może prowadzić do stworzenia rekomendacji, aby pozostawiać w uprawach pewne mniej konkurencyjne gatunki chwastów na niskim poziomie, przy pełnej kontroli innych gatunków. Takie rekomendacje dotyczące kontroli zachwaszczenia funkcjonują już w Wielkiej Brytanii w celu utrzymania populacji ptaków ziarnojadów występujących na terenach rolniczych [79].

Mądra strategia adaptacyjnego zarządzania w rolnictwie jest możliwa tylko w przypadku, gdy podejmowane decyzje będą oparte na rzetelnej wiedzy o budowie i funkcjonowaniu świata, zarówno fizycznego, jak i biologicznego. Taka wiedza pozwala nam spojrzeć na rolnictwo jak na specjalny przypadek ogólnej ekspresji bioróżnorodności w przyrodzie. Musimy też nauczyć się oceniać, w jaki sposób bogactwo gatunkowe może mieć udział w utrzymaniu rolnictwa na satysfakcjonującym poziomie, zarówno pod względem długoterminowych celów ekologicznych, jak i krótkoterminowych celów rolniczych i ekonomicznych [44].

## Literatura

- [1] Albert M.J., Escudero A., Iriondo J.M. 2005. Assessing ant seed predation in threatened plants: a case study. *Acta Oecol.* 28: 213–220.
- [2] Baraibar B., Carrión E., Recasens J., Westerman P.R. 2011. Unravelling the process of weed seed predation: Developing options for better weed control. *Biol. Control* 56: 85–90.
- [3] Bochenek A. 1998. Ekofizjologiczne uwarunkowania dynamiki glebowego banku nasion chwastów. *Post. Nauk Rol.* 6: 83–100.
- [4] Bochenek A. 2000. Wpływ czynników biotycznych i zabiegów uprawowych na glebowy bank nasion chwastów. *Post. Nauk Rol.* 2: 19–29.
- [5] Bochenek A., Gołaszewski J., Giełwanowska I. 2009. Współczesne poglądy na pojęcie spoczynku nasion. *Post. Nauk Rol.* 3–4: 127–136.
- [6] Booman G.C., Lattera P., Comparatore V., Murillo N. 2009. Post-dispersal predation of weed seeds by small vertebrates: interactive influences of neighbor land use and local environment. *Agr. Ecosyst. Environ.* 129: 277–285.
- [7] Chauchan B.S., Migo T., Westerman P.R., Johnson D.E. 2010. Post-dispersal predation of weed seeds in rice fields. *Weed Res.* 50: 553–560.
- [8] Chee-Sanford J.C. 2008. Weed seed as nutritional resources for soil Ascomycota and characterization of specific association between plant and fungal species. *Biol. Fertil. Soils* 44: 763–771.
- [9] Chee-Sanford J.C., Williams II M.M., Davis A.S., Sims G.K. 2006. Do microorganisms influence seed-bank dynamics? *Weed Sci.* 54: 575–587.
- [10] Chmiel J. 2006. Rośliny specjalnej troski i wartościowe obszary przyrodnicze w północno-wschodniej Wielkopolsce. *Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu.* 15: 1–97. Bogucki Wyd. Nauk.
- [11] Clayden I., Hooper D.J. 1981. New weed hosts for the giant race *Ditylenchus dipsaci* (KUNCH) FILIPJEV. *Plant Pathol.* 30: 251–252.
- [12] Creech J.E., Westphal A., Ferris W.R., Faghihi J., Vyn T.J., Santini J.B., Johnson W.G. 2008. Influence of winter annual weed management and crop rotation on soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) and winter annual weeds. *Weed Sci.* 56: 103–111.
- [13] Davis A.S., Anderson K.I., Hallett S.G., Renner K.A. 2006. Weed seed mortality in soils with contrasting agricultural management histories. *Weed Sci.* 54: 291–297.

- [14] Dekker J. 1997. Weed diversity and weed management. *Weed Sci.* 45: 357–363
- [15] Dobrzański A., Adamczewski K. 2009. Wpływ walki z chwastami na bioróżnorodność agrofitycenozy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49: 982–995
- [16] Donath T.W., Eckstein R.L. 2011. Litter effects on seedlings establishment interact with seed position and earthworm activity. *Plant Biology* DOI: 10.1111/j.1438–8677.2011.00490.x
- [17] Douda O. 2005. Host range and growth of stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci*) populations isolated from garlic and chicory. *Plant Prot. Sci.* 41(3): 104–108.
- [18] Eisenhauer N., Marhan S., Scheu S. 2008. Assessment of anecic behavior in selected earthworms species: effects on wheat seed burial, seedlings establishment, wheat growth and litter incorporation. *Appl. Soil Ecol.* 38: 79–82.
- [19] Eisenhauer N., Schuy M., Butenschoen O., Scheu S. 2009. Direct and indirect effects of endogeic earthworms on plant seeds. *Pedobiologia* 52: 151–162.
- [20] Eisenhauer N., Butenschoen O., Radsick S., Scheu S. 2010. Earthworms as seedling predators: Importance of seeds and seedlings for earthworms nutrition. *Soil Biol. Biochem.* 42: 1245–1252.
- [21] Finch-Savage W.E., Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171: 501–523.
- [22] Fenner M. 1995. Ecology of seed banks. W: Seed development and germination. Kigel J., Galili G. (red.). Marcel Dekker, New York: 507–527.
- [23] Fenner M., Thompson K. 2007. The ecology of seeds. Cambridge University Press: 250 ss.
- [24] Fischer C., Thie C., Tschamtko T. 2011. Mixed effects of landscape complexity and farming practice on weed seed removal. *Perspec. Plant Ecol. Evol. Sys.* 13: 297–303.
- [25] Forey E., Barot S., Decaëns T., Langlois E., Laossi K.-R., Margerie P., Scheu S., Eisenhauer N. 2011. Importance of earthworm-seed interactions for the composition and structure of plant communities: A review. *Acta Oecol.* doi: 10.1016/j.actao.2011.03.001.
- [26] Franke A.C., Plotz L.A., van der Burg W.J., van Overbeek L. 2009. The role of arable weed seeds for agroecosystem functioning. *Weed Res.* 49: 131–141.
- [27] Gaines H.R., Gratton C. 2010. Seed predation increases with ground beetle diversity in Wisconsin (USA) potato agroecosystem. *Agr. Ecosyst. Environ.* 137: 329–336.
- [28] Garbaeva P., van Veen J.A., van Elsas J.D. 2004. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Ann. Rev. Phytopathol.* 42: 243–270.
- [29] Hanounik S.B., Bisri M. 1991. Status of faba bean in Mediterranean region and their control. *Options Méditerranéennes* 10: 59–66.
- [30] Harper J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, New York.
- [31] Heroldova M., Bryja J., Zejda J., Tkadlec E. 2007. Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agr. Ecosyst. Environ.* 120: 206–210.
- [32] Holland J.M., Hutchison M.A.S., Smith B., Aebischer N.J. 2006. A review of invertebrates and seed-bearing plants as food farmland birds in Europe. *Ann. Appl. Biol.* 148: 49–71.
- [33] Holland J.M., Smith B., Southway S.E., Birkett T.C., Aebischer N.J. 2008. The effect of crop, cultivation and seed addition for birds on surface weed seed densities in arable crops during winter. *Weed Res.* 48: 503–511.
- [34] Holmes R.J., Froud-Williams R.J. 2005. Post-dispersal weed seed predation by avian and non-avian predators. *Agr. Ecosyst. Environ.* 105: 23–27.
- [35] Honek A., Martinkowa Z., Jarosik V. 2003. Ground beetles (*Carabidae*) as seed predators. *Eur. J. Entomol.* 100: 531–544.
- [36] Honek A., Martinkowa Z., Saska P., Koprdoва S. 2009. Role of post-dispersal seed and seedling predation in establishment of dandelion (*Taraxacum* agg.) plants. *Agr. Ecosyst. Environ.* 134: 126–135.
- [37] Honek A., Martinkowa Z., Saska P. 2011. Effect of size, taxonomic affiliation and geographic origin of dandelion (*Taraxacum* agg.) seeds on predation by ground beetles (*Carabidae*, *Coleoptera*). *Basic Appl. Ecol.* 12: 89–96.
- [38] Hölzl M., Křištofik J., Darolova A., Hoi H. 2011. Food preferences and mound-building behaviour of mound-building mice *Mus spicilegus*. *Naturwissenschaften* 98: 863–870.
- [39] Hurst C., Dobierski J. 2003. Wild flower seed predation by *Pterostichus madidus* (*Carabidae*, *Coleoptera*). *Ann. Appl. Biol.* 142: 251–254.
- [40] Kremer R.J. 1986. Antimicrobial activity of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. *Weed Sci.* 34: 617–622.
- [41] Kremer R.J., Li J. 2003. Developing seed-suppressive soils through improved soil quality management. *Soil Till. Res.* 72: 193–202.

- [42] Kollmann J., Bassin S. 2001. Effects of management on seed predation in wildflower strips in northern Switzerland. *Agr. Ecosyst. Environ.* 83: 285–296.
- [43] Lobry de Bruyn L.A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 425–441.
- [44] Main A.R. 1999. How much biodiversity is enough? *Agroforest. Syst.* 45: 23–41.
- [45] MacMahon J.A., Mull J.F., Crist T.O. 2000. Harvester ants (*Pogonormymex* spp.): Their community and ecosystem influences. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31: 265–291.
- [46] Marks S., Clay K., Cheplick G.P. 1991. Effect of fungal endophytes on interspecific and intraspecific competition in the grasses *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne*. *J. Appl. Ecol.* 28: 194–204.
- [47] Meiss H., Le Lagadec L., Munier-Jolain N., Waldhardt R., Petit S. 2010. Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agr. Ecosyst. Environ.* 138: 10–16.
- [48] Mock V.A., Creech J.E., Ferris V.R., Hallett S.G., Johnson W.G. 2010. Influence of winter annual removal timings on soybean cyst nematode population density and plant biomass. *Weed Sci.* 58: 381–386.
- [49] Murant A.F., Lister R.M. 1967. Seed transmission in the ecology of nematode-borne viruses. *Ann. Appl. Biol.* 59: 63–76.
- [50] Murphy S.D., Clements D.R., Belaoussouf S., Kevan O.G., Swanton C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbank with conservation tillage and crop rotation. *Weed Sci.* 54: 69–77.
- [51] Nayudu M.V. 2008. Plant viruses. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. New Delhi: 1257 ss.
- [52] Navntoft S., Wratten S.D., Kristensen K., Esbjerg P. 2009. Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biol. Control.* 49: 11–16.
- [53] Nelson E.B. 2004. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. *Annu. Rev. Phytopathol.* 42: 271–309.
- [54] Orłowski G., Czarnecka J. 2009. Granivory of birds and seed dispersal: viable seeds of *Amaranthus retroflexus* L. recovered from the droppings of the grey partridge *Perdix perdix* L. *Pol. J. Ecol.* 57: 191–196.
- [55] O'Rourke M.E., Heggenstaller A.H., Liebman M., Rice M.E. 2006. Post-dispersal weed seed predation by invertebrates in conventional and low-external-input crop rotation systems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 116: 280–288.
- [56] van Overbeek L.S., Franke A.C., Nijhuis E.H.M., Groeneveld R.M.W., da Rocha U.N, Lotz L.A.P. 2011. Bacterial communities associated with *Chenopodium album* and *Stellaria media* seeds from arable soils. *Microbial Ecol.* 62: 257–264.
- [57] Petit S., Boursault A., Le Guilloux M., Munier-Jolain N., Reboud X. 2011. Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31: 309–317.
- [58] Plowright R.A., Caubel G., Mizen K.A., 2002. Ditylenchus species. W: Plant resistance to parasitic nematodes. Starr J.L., Cook R., Bridge I. (red.). CAB International, Wallingford: 107–139.
- [59] Postma-Blaauw D.C., Bloem J., Faber J.H., van Groenigen J.W., de Goede R.G.M., Brussaard L. 2006. Earthworm species composition affects the soil bacterial community and net nitrogen mineralization. *Pedobiologia* 50: 243–256.
- [60] Quimby P.C., King L.R., Grey W.E. 2002. Biological control as a means of enhancing the sustainability of crop/land management system. *Agr. Ecosyst. Environ.* 88: 147–152.
- [61] Retana J., Picó F.X., Rodrigo A. 2004. Dual role of harvesting ants as seed predators and dispersers of a non-myrmecorous Mediterranean perennial herb. *Oikos* 105: 377–385.
- [62] Roberts E.H., Totterdell S. 1981. Seed dormancy in *Rumex* species in responses to environmental factors. *Plant Cell Environ.* 4: 97–106.
- [63] Robinson R.A., Sutherland W.J. 2002. Post-war changes in arable farming biodiversity in Great Britain. *J. Appl. Ecol.* 39: 157–176.
- [64] Saska P., van der Werf W., de Vries E., Westerman P.R. 2008. Spatial and temporal patterns of carabid activity-density in cereals do not explain levels of predation on weed seeds. *B. Entomol. Res.* 98: 169–181.
- [65] Schafer M., Kotanen P.M. 2004. Impact of naturally-occurring soil fungi on seed of meadow plants. *Plant Ecol.* 175: 19–35.
- [66] Siegel M.R., Latch G.C.M., Johnsom M.C. 1987. Fungal endophytes of grasses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 25: 293–315.
- [67] Skrajna T., Kubiicka H. 2009. Aktualny stan i możliwości ochrony flory segetalnej w ogrodzie botanicznym w Powsinie. *Ochr. Środ. Zasob. Natur.* 40: 338–347.
- [68] Stevens M, Liu H.Y., Lemaire O. 2006. Virus diseases. W: Sugar beet. A.P. Draycott (red.) Blackwell Publishing, Oxford: 256–285.

- [69] Storkey J., Westbury D.B. 2007. Managing arable weeds for biodiversity. *Pest Manag. Sci.* 63: 517–523.
- [70] Sturz A.V., Matheson B.G., Arsenault W., Kimpinski J., Christie B.R. 2001. Weeds as a source of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural soils. *Can. J. Microbiol.* 47: 1013–1024.
- [71] Symonides E. 1989. Bank nasion jako efekt strategii reprodukcji terofitów. *Wiad. Ekol.* 2: 107–144.
- [72] Taylor R.L., Maxwell B.D., Boik R.J. 2006. Indirect effects on bird food resources and beneficial arthropods. *Agr. Ecosyst. Environ.* 116: 157–164.
- [73] Thompson K. 2000. The functional ecology of soil seed banks. W: *Seeds – the ecology in plant communities*. Fenner M. (red.). CAB International, Wallingford: 215–235.
- [74] Türke M., Heinze E., Andreas K., Svendsen S.M., Gossner M.M., Weisser W.W. 2010. Seed consumption and dispersal of ant-dispersed plants by slugs. *Oecologia* 163: 681–693.
- [75] Venkatesh R., Harrison S.K., Riedel R.M. 2000. Weed hosts of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Ohio. *Weed Technol.* 14(1): 156–160.
- [76] Ullrich S.D., Buyer J.S., Cavigelli M.A., Seidel R., Teasdale J.R. 2011. Weed seed persistence and microbial abundance in long-term organic and conventional cropping system. *Weed Sci.* 59: 202–209.
- [77] Wagner M., Mitschunas N. 2008. Fungal effects on seed bank persistence and potential applications in weed biocontrol: A review. *Basic Appl. Ecol.* 9: 191–203.
- [78] White S.S., Renner K.A., Menalled F.D., Landis D.A. 2007. Feeding preferences of weed seed predators and effect on weed emergence. *Weed Sci.* 55: 606–612.
- [79] Wilson J.D., Morris A.J., Arroyo B.E., Clark S.C., Bradbury R.B. 1999. A review of the abundance of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agr. Ecosyst. Environ.* 75: 13–30.
- [80] Westerman P.R., Hofman A., Vet L.E.M, van der Werf W. 2003. Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal fields. *Agr. Ecosyst. Environ.* 95: 417–425.
- [81] Zettler J.A., Spira T.P., Allen C.R. 2001. Ant mutualisms: can red imported fire ants sour the relationship? *Biol. Conserv.* 101: 249–253.

## Significance of the soil weed seed bank for the biodiversity of arable areas

**Key words:** agroecosystem, biodiversity, granivory, soil seed bank, weed seeds

### Summary

Intensified agriculture has led to limited availability of weed seeds as food for higher trophic levels, which is probably to blame for the decreased biodiversity of agroecosystems. When weed seeds participate in the maintenance of species which play a beneficial and auxiliary role in ecosystem, the weed management should be balanced by the need to preserve these species. However, if the taxa supported by weeds are destructive, there are no divergent aims. It is suggested that some less competitive weed species should be left among crops, while others ought to be fully controlled, in order to protect numerous species of micro- and macrofauna as well as microflora. Species richness may take part in maintaining a satisfactory level of agriculture, with regard to both long-term ecological aims and short-term economic ones.