

ROLA GLEBOWEGO BANKU NASION W RENATURYZACJI TORFOWISK NA PRZYKŁADZIE BAGNA CAŁOWANIE

Agata KLIMKOWSKA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Ochrony Przyrody Obszarów Wiejskich

Słowa kluczowe: glebowy bank nasion, renaturyzacja torfowisk

Streszczenie

W wyniku fragmentacji i zanikania ekosystemów mokradłowych, spowodowanego nieodpowiednim użytkowaniem, powierzchnia torfowisk w Europie Zachodniej zmniejszyła się w XX wieku o ponad 90%, a w Europie Centralnej i Wschodniej – szacunkowo o 50–90%. Zmeliorowane torfowiska określa się jako obszary zdegradowane przyrodniczo z powodu silnego odwodnienia, dużych wahań poziomu wód gruntowych oraz znacznego stopnia mineralizacji torfu. W celu przywrócenia i ochrony różnorodności biologicznej torfowisk, w wielu krajach są prowadzone projekty ochrony czynnej (nature management) oraz renaturyzacji (restoration) takich ekosystemów. W Polsce eksperymentalne prace renaturyzacyjne metodą usuwania zmurszałej wierzchnicy torfowiska na głębokość 20 i 40 cm są prowadzone na terenie Bagna Całowanie. Celem badań było sprawdzenie, czy w glebie znajdują się zdolne do kiełkowania nasiona roślin torfowiskowych (lub roślin łąk podmokłych), które umożliwiłyby spontaniczne odtworzenie się tej roślinności. Przeprowadzono analizy banku nasion metodą wschodu siewek. Na powierzchni, z której usunięto mursz, znaleziono niewiele zdolnych do kiełkowania nasion. Glebowy bank nasion był zdominowany przez kilka gatunków roślin ruderalnych (60% banku nasion) lub gatunków o szerokiej amplitudzie ekologicznej. Stwierdzono, że na badanym terenie istniejący glebowy bank nasion nie umożliwia spontanicznej regeneracji roślinności torfowiskowej.

WSTĘP

W wyniku fragmentacji i zanikania ekosystemów torfowiskowych, spowodowanego ich nieodpowiednim użytkowaniem lub przekształcaniem w wysoko wy-

Adres do korespondencji: mgr A. Klimkowska, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Zakład Ochrony Przyrody Obszarów Wiejskich, Falenty, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31, w. 247, e-mail: a.klimkowska@imuz.edu.pl

dajne użytki rolne, powierzchnia torfowisk w Europie Zachodniej zmniejszyła się w XX wieku o ponad 90%, a w Europie Centralnej i Wschodniej szacunkowo o 50–90% [JOOSTEN, CLARKE, 2002]. Renaturyzacja (*ang. restoration*) oraz czynna ochrona (*ang. nature management*) półnaturalnych łąk bagiennych i podmokłych (torfowiskowych), charakteryzujących się dużą różnorodnością biologiczną, cieszy się coraz większym zainteresowaniem naukowców oraz decydentów w krajach Europy Zachodniej. Największe zagrożenie dla tych ekosystemów stanowią: nadmierne odwodnienie, postępująca eutrofizacja siedlisk spowodowana mineralizacją torfu oraz zmiany w użytkowaniu, przede wszystkim zaprzestanie ekstensywnego wykorzystania (koszenia lub wypasu) [ZEDLER, 2000; BAKER, BERENDSE, 1999].

Całkowite przywrócenie naturalnych warunków siedliskowych na torfowiskach jest trudne, czasochłonne i kosztowne, a czasem niemożliwe, ze względu na nieodwracalne zmiany w hydrologii i strukturze gleb [OKRUSZKO, 1995; RAMSEIER, 2000]. W Europie Zachodniej stosowane są metody takie jak: przywracanie dużego uwilgotnienia, usuwanie wierzchniej warstwy gleby, usuwanie dominującej roślinności, reintrodukcja charakterystycznych gatunków roślin [JANSEN i in., 2004; WALKER i in., 2004; MATUS i in., 2003; LAMERS, SMOLDERS, ROELOFS, 2002; BELTMAN i in., 2001; PATZELT, WILD, PFADENHAUER, 2001; VAN DUREN, PEGTEL, 2000; OOMES, OLAF, ALTENA, 1996]. W przypadku każdej z tych metod można znaleźć przykłady zarówno udanej, jak i nieudanej renaturyzacji [WALKER i in., 2004; LAMERS, SMOLDERS, ROELOFS, 2002], co podkreśla konieczność lepszego zrozumienia procesów wpływających na siedlisko [LAMERS, SMOLDERS, ROELOFS, 2002] oraz mechanizmów kształtujących zbiorowiska roślinne.

Renaturyzacja torfowisk często polega na odtworzeniu warunków abiotycznych typowych dla niezdegradowanych ekosystemów. Zakłada się przy tym, że rośliny torfowiskowe pojawią się w sprzyjających warunkach siedliskowych samistnie [GROOTJANS i in., 2002]. Jednak kolonizacja siedliska w krajobrazie o wysokim stopniu fragmentacji w dużej mierze zależy od obecności zdolnych do kiełkowania nasion lub od potencjału rozprzestrzeniania się gatunków na większe odległości (>10 m) za pośrednictwem wody, wiatru lub zwierząt.

Nasiona znajdujące się w głębszych warstwach gleby, potencjalnie odzwierciedlające skład roślinności z przeszłości, reprezentują jedynie te gatunki, których nasiona mogą przetrwać w glebie przez dłuższy czas. Analiza składu gatunkowego nasion na głębokości kilkudziesięciu centymetrów umożliwi identyfikację gatunków występujących w czasie, gdy analizowany teren był jeszcze silnie uwodniony i pokryty roślinnością typową dla mezotroficznego torfowiska niskiego. Jednak w trakcie przyrodniczej degradacji torfowiska bank nasion roślin torfowiskowych ulega redukcji.

Brak zdolnych do kiełkowania nasion roślin torfowiskowych w glebowym banku nasion oraz ograniczone możliwości rozprzestrzeniania się gatunków za ich pośrednictwem zostały uznane w Europie Zachodniej jako jedne z głównych ogra-

niczeń renaturyzacji torfowisk [WALKER i in., 2004; BLOMQUIST, BEKKER, VOS, 2003; HÖZEL, OTTE, 2004; MATUS i in., 2003; BAKIER, BERENDSE, 1999; JENSEN, 1998]. Wiadomo również, że wiele roślin charakterystycznych dla zbiorowisk roślinności torfowiskowej, tolerującej silne uwilgotnienie lub ubogie siedlisko, to gatunki o słabych zdolnościach konkurencyjnych [KOTOWSKI, VAN DIGGELEN, 2004; GRIME, 1979].

Obecność propagul gatunków ruderalnych i silnych konkurentów [BOSSUYT, HERMY, 2003] oraz ich szybkie rozprzestrzenianie się w nowym siedlisku, może spowolnić lub nawet uniemożliwić rozwój roślinności torfowiskowej. Podczas naturalnej sukcesji roślinności, udział nasion gatunków wcześniejszych stadiów sukcesji w glebowym banku nasion stopniowo się zmniejsza. Skład gatunkowy glebowego banku nasion zależy od roślinności, a nie na odwrót, a więc bank nasion w glebie nie ma wpływu na przebieg sukcesji [FALIŃSKA, 1999; BEKKER i in., 2000; BOSSUYT, HERMY, 2003]. W przypadku roślinności siedlisk niepodlegających częstym, znacznym zaburzeniom (stale silnie uwodnione torfowiska, czy ekstensywnie użytkowane łąki), rola glebowego banku nasion w kształtowaniu kompozycji gatunkowej zbiorowiska jest raczej niewielka [VAN ANDEL, BAKKER, GROOTJANS, 1993]. Często takie zbiorowiska nie akumulują znacznego banku nasion w glebie [FENNER, THOMPSON, 2005; THOMPSON i in., 1998].

W przedstawionej publikacji postawiono pytanie: czy po długim okresie odwadniania po wykonaniu melioracji i użytkowania rolniczego łąk, bank nasion może przyczynić się do rekolonizacji siedliska przez gatunki torfowisk lub łąk podmokłych.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Bagno Całowanie na Mazowszu jest przykładem silnie odwodnionego i zdegradowanego torfowiska, na fragmentach którego są obecnie prowadzone prace renaturyzacyjne. Jest to torfowisko niskie, typu soligenicznego, które wytworzyło się na skraju pradoliny Wisły. Główne melioracje tego terenu prowadzono w latach 50. oraz 70. Założono, że glebowy bank nasion, pochodzący z głębszych warstw gleby, reprezentuje roślinność, która występowała na badanym terenie w przeszłości.

W celu oszacowania stopnia redukcji banku nasion porównano torfowisko zdegradowane z torfowiskiem o podobnym charakterze, lecz zachowanym w dobrym stanie. Jako przykład niezdegradowanego torfowiska przyjęto dobrze zachowane torfowisko soligeniczne porośnięte roślinnością ze związku *Caricion davalianae*, położone niedaleko Lipska w Górnym Basenie Biebrzy. Porównanie obu torfowisk pod względem klimatycznym i hydrologicznym przedstawiono w tabeli 1.

Na podstawie stratygrafii złoża torfowego [ŻUREK, 1990] można wnioskować, że w części środkowej Bagna Całowanie występowały zbiorowiska turzycowo-mszyste (*Caricetum lasiocarpae*, *Caricetum diandrae*). Po 20–30 latach od rozpo-

część melioracji na znacznym obszarze dominowała roślinność łąk podmokłych ze związku *Calthion* [OŚWIT, DEMBEK, 2001; 1984]. Dalsze osuszanie siedliska spowodowało zmiany i coraz większy udział gatunków typowych dla łąk świeżych (*Arrenatherion elatioris*). Gatunki torfowiskowe zachowały się jedynie w dawnych potorfciach, użytkowanych jako łąki kośne [PODBIELKOWSKI, 1960; 1961; RUDNICKA, 1961; OŚWIT, DEMBEK, 1984; 2001]. W latach 90. na skutek przesuszenia, postępującej degradacji torfu oraz braku użytkowania, wykształciły się zbiorowiska gatunków odpornych na przesuszenie oraz gatunków nitrofilnych i ruderalnych: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L. s.s.), rzeżusznik piaskowy (*Cardaminopsis arenosa* (L.) Hayek), rogownica pospolita (*Cerastium holosteoides* Fr. em. Hyl), wierzbownica (*Epilobium* sp.), tomka wonna (*Anthoxanthum odoratum* L.), tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), pięciornik gęsi (*Potentilla anserina* L.), jaskier rozłogowy (*Ranunculus repens* L.), wiechlina zwyczajna (*Poa trivialis* L.), lnica pospolita (*Linaria vulgaris* Mill.), karmnik kolankowaty (*Sagina nodosa* (L.) Fenzl), poziewnik szorstki (*Galeopsis tetrahit* L.), rdest ostrogorzki (*Polygonum hydropiper* L.), uczepek (*Bidens* sp.).

W środkowej, najlepiej zachowanej części Bagna Całowanie są prowadzone eksperymentalne prace renaturyzacyjne, między innymi z zastosowaniem metody usuwania zmurszałej wierzchnicy złoża torfowego na głębokość 20 oraz 40 cm, na powierzchniach określanych dalej w tekście jako powierzchnie renaturyzacyjne. Metoda zrywania murszu umożliwia miejscowe poprawienie uwilgotnienia, zmniejszenie żyzności siedliska oraz usunięcie roślinności ruderalnej i nitrofilnej wraz z nasionami. Szerszy opis tej metody oraz szczegóły eksperymentu można znaleźć w publikacji KLIMKOWSKIEJ, LAMMERS, KOTOWSKIEGO [2005].

Analizy banku nasion przeprowadzono metodą wschodu siewek. Próby do analizy pobrano w czerwcu i sierpniu 2004 r., na Bagnie Całowanie i na torfowisku pod Lipskiem. Na każdym z torfowisk próbki gleby pobrano z dziesięciu powierzchni o wymiarach 5 x 5 m. Na każdej powierzchni pobrano 10 próbek (każda po 100 cm³), które następnie zagregowano. Na Bagnie Całowanie pobrano próby z głębokości 5–10 cm (z powierzchni zdegradowanej łąki, po usunięciu darni oraz części roślin) oraz z głębokości 20–25 cm i 40–45 cm (z powierzchni renaturyzacyjnej, zaraz po zebraniu warstwy murszu). Na torfowisku „Lipsk” próby pobrano z głębokości 5–10 cm (po zdjęciu warstwy darniowej oraz zbitych korzeni i mchów) i 10–15 cm. Wszystkie próby przechowywano w temperaturze 4°C przez przynajmniej 11 tygodni, co zapewniło stratyfikację. Łączna objętość analizowanej gleby wynosiła 27,51 dm³. Próby przesiano na sitach o oczkach 4,0 i 0,212 mm i rozprowadzono na sterylnym podłożu na kuwetach [TER HEERDT i in., 1996]. Przygotowano również próby zerowe (kuwety jedynie ze sterylnym podłożem). Wszystkie kuwety umieszczono w szklarni w kontrolowanych warunkach (15 h światła, 23–25°C w dzień, 12°C w nocy) i podlewano 2 razy dziennie wodą demineralizowaną. Wszystkie wschodzące siewki były identyfikowane, liczone i usu-

wane z kuwet. Analizy były prowadzone przez 15 tygodni, do chwili gdy w ciągu 2–3 tygodni od ostatniego skielkowania nie pojawiły się żadne nowe siewki.

Do analizy statystycznej wykorzystano test ANOVA w programie STATISTICA.

WYNIKI

Zagęszczenie nasion w glebie zdegradowanej łąki (warstwa powierzchniowa) na Bagnie Całowanie jest relatywnie duże w porównaniu z zagęszczeniem nasion w głębszych warstwach gleby (tab. 2). We wszystkich warstwach większość nasion należała do kilku gatunków. Dominowały gatunki związane z siedliskami wydep-czysk oraz gatunki ruderalne: karmnik kolankowaty (*Sagina nodosa* (L.) Fenzl), babka wielonasienna (*Plantago intermedia* Gilib.), rzeżusznik piaskowy (*Cardaminopsis arenosa* (L.) Hayek), tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.). Stwierdzono również obecność nasion situ członowatego (*Juncus articulatus* L. em. K. Richt.).

Tabela 2. Średnie zagęszczenie nasion (liczba na m²) i liczba gatunków na Bagnie Całowanie oraz torfowisku w pobliżu Lipska

Table 2. Seed density (seeds per m²) and the number of species identified in the soil seed bank at Całowanie Fen and in fen near Lipsk

Warstwa Layer	Średnie zagęszczenie nasion Mean seed density		Średnia liczba stwierdzonych gatunków Mean number of species found	
	Bagno Całowanie Całowanie Fen	Torfowisko Lipsk Fen Lipsk	Bagno Całowanie Całowanie Fen	Torfowisko Lipsk Fen Lipsk
5–10 cm	28 974,4	21 973,1	25,4	8,9
10–15 cm	–	7 558,5	–	5,1
20–25 cm	6 787,9	–	11,5	–
40–45 cm	82,35	–	0,9	–

Dla Bagna Całowanie test ANOVA, $p < 0,001$ dla wszystkich wyników; dla torfowiska w pobliżu Lipska test ANOVA, $p = 0,001$.

For Całowanie Fen test ANOVA, $p < 0.001$ for all results; for fen near Lipsk test ANOVA, $p = 0.001$.

W głębszych warstwach gleby znaleziono o wiele mniej nasion zdolnych do kiełkowania. Były to głównie nasiona situ członowatego (*Juncus articulatus* L. em. K. Richt.) oraz gatunków szeroko rozpowszechnionych na zdegradowanych łąkach. Przykładowo, w warstwie 40–45 cm oprócz situ członowatego (*Juncus articulatus* L. em. K. Richt.) stwierdzono obecność nasion pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica* L.), rzeżuszniaka piaskowego (*Cardaminopsis arenosa* (L.) Hayek), babki wielonasiennej (*Plantago intermedia* Gilib.), mięty okrągowej (*Mentha x verticillata* L.). W warstwie 20–25 cm stwierdzono obecność zdolnych do kiełko-

wania nasion gatunków związanych z siedliskami żyznymi i silnie uwilgotnionymi: przetacznika bobowniczka (*Veronica beccabunga* L.), situ rozpierzchłego (*Juncus effusus* L.), situ dwudzielnego (*J. bufonius* L.), cibory brunatnej (*Cyperus fuscus* L.), firletki poszarpanej (*Lychnis flos-cuculi* L.).

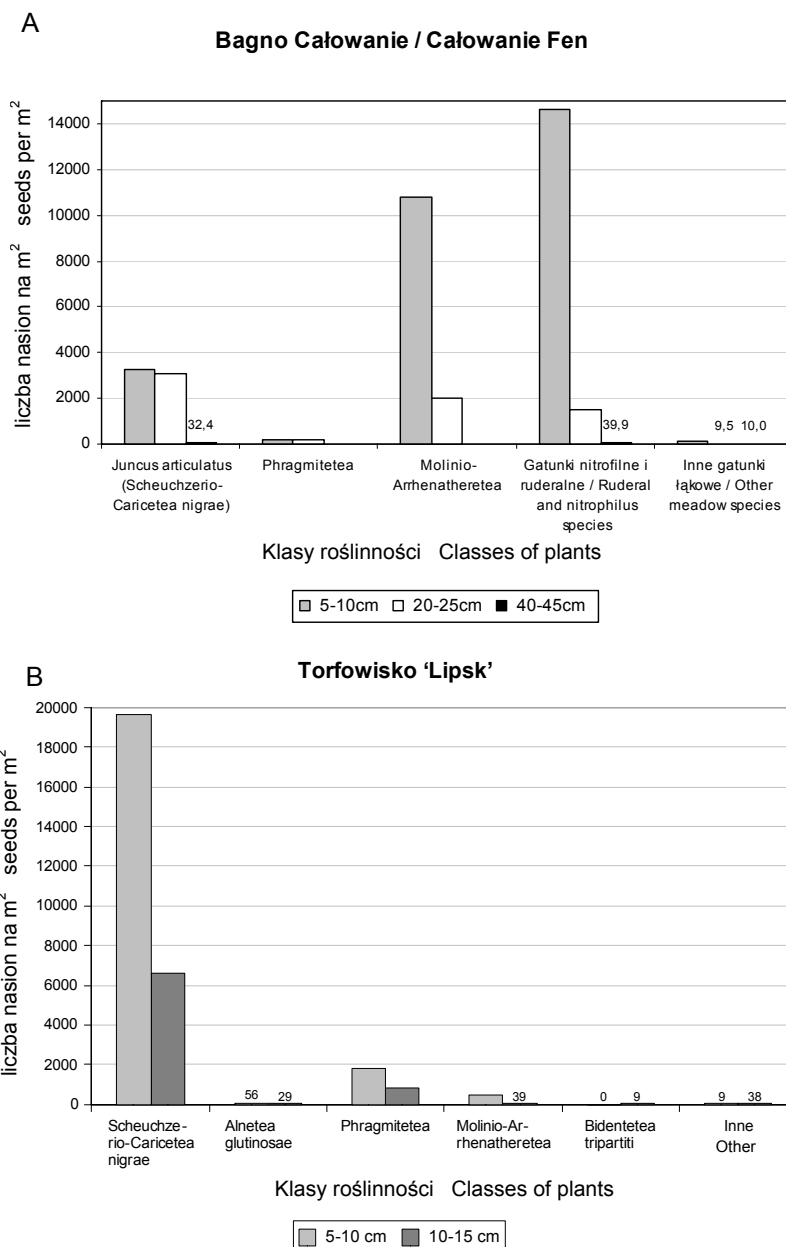
Zagęszczenie nasion w warstwie powierzchniowej na torfowisku Lipsk jest nieco mniejsze niż na zdegradowanej łące Bagna Całowanie (tab. 2). Na torfowisku Lipsk liczba występujących gatunków była niewielka, ale ponad 80% nasion reprezentowało gatunki charakterystyczne dla roślinności torfowisk. Oprócz dominującego w obu warstwach situ członowatego (*Juncus articulatus* L. em. K. Richt.) (ok. 75% całkowitej liczby nasion), odnotowano również obecność nasion gatunków torfowiskowych, tj. turzycy sztywnej (*Carex elata* All.), błotnej (*C. acutiformis* Ehrh.), żółtej (*C. flava* L.), nitkowatej (*C. lasiocarpa* Ehrh.), strunowej (*C. chordorrhiza* L. f.) oraz siedmiopalcznika błotnego (*Comarum palustre* L.).

Porównując glebowy bank nasion w warstwie gleby 5–10 cm na obu obszarach, stwierdzono że na zdegradowanej łące można znaleźć więcej nasion i są to nasiona większej liczby gatunków (tab. 2). Zwykle są to jednak gatunki nitrofilne i ruderalne, a więc nieistotne z punktu widzenia renaturyzacji torfowiska (rys. 1).

DYSKUSJA I WNIOSKI

Na silnie odwodnionym torfowisku, zmeliorowanym od około 50 lat, zdolne do kiełkowania nasiona gatunków torfowiskowych oraz gatunków łąk podmokłych właściwie nie występują, nawet w głębszych warstwach gleby. Obecność gatunków ruderalnych w głębszych warstwach torfu (np. po zdjęciu 20 cm murszu) jest prawdopodobnie związana z grawitacyjnym przesuwaniem się nasion lub ich przenoszeniem przez organizmy glebowe na większą głębokość, podczas murszenia torfu. Zagęszczenie nasion na silnie odwodnionym torfowisku jest nieco większe niż na torfowisku dobrze uwodnionym i dobrze zachowanym, ale różnica polega przede wszystkim na różnym składzie gatunkowym banku nasion.

Podobnie jak wykazali inni autorzy, bank nasion jest zdominowany przez zaledwie kilka gatunków, nieistotnych z punktu widzenia renaturyzacji łąk podmokłych lub torfowisk [KALAMEES, NOBEL, 1998; BEKKER i in., 2000; VÉCRIN i in., 2002; MATUS i in., 2003]. W związku z tym, jego rola w odtwarzaniu charakterystycznej dla tych systemów roślinności jest niewielka. Okres zdolności do kiełkowania nasion wielu gatunków typowych dla torfowisk lub półnaturalnych łąk podmokłych jest krótki. Zwykle krótszy niż 1 rok lub od 1 do 4 lat [BEKKER i in., 1998; MATUS i in., 2003; HÖLZEL, OTTE, 2003; HÖLZEL, OTTE, 2004]. Wyjątek stanowi kilka gatunków z rodzaju turzyc (*Carex* sp.) oraz sitów (*Juncus* sp.), jak również siedmiopalcznik błotny (*Comarum palustre* L.), firletka poszarpana (*Lychnis flos-cuculi* L.) czy fiołek błotny (*Viola palustris* L.), których nasiona potencjalnie są zdolne do kiełkowania nawet po 10–20 latach [JENSEN, 2004].



Rys. 1. Zagęszczenie nasion w glebie na (A) Bagnie Całowanie (zdegradowana łąka) oraz na (B) torfowisku Lipsk (dobrze zachowane torfowisko). W przypadku znikomego zagęszczenia nasion, wartości zostały przedstawione nad słupkami

Fig. 1. Seed density in soil in (A) Całowanie Fen (degraded meadow) and in (B) Lipsk fen (well-preserved fen). In case of low seed density the results were given above the graphs

Rekolonizacja siedliska przez roślinność zależy głównie od rozprzestrzeniania się nasion lub wzrostu wegetatywnego. Jeśli w pobliżu nie ma populacji roślin torfowiskowych, to zasiedlenie przez nie nowego (renaturyzowanego) siedliska jest mało prawdopodobne. W takim przypadku przeniesienie nasion, np. wraz z sianem, może umożliwić pokonanie ograniczenia związanego z powolnym rozprzestrzenianiem się roślin [BOSSUYT, HERMY, 2003; HÖLZEL, OTTE, 2003]. Często występujące zaburzenia siedliska (spowodowane np. silnym przesuszeniem lub buchtowaniem przez dziki), powodują dominację gatunków ruderalnych. W takiej sytuacji usunięcie istniejącego banku nasion, pochodzącego głównie od gatunków ruderalnych, jest korzystne, gdyż umożliwia słabszym konkurencyjnie gatunkom kolonizację nowego siedliska. Metoda zerwania wierzchnich warstw gleby na głębokość 20 lub 40 cm powoduje usunięcie od 80 do prawie 100% banku nasion.

Podsumowując, glebowy bank nasion, istniejący na od dawna zdegradowanych łąkach, nie umożliwia spontanicznej regeneracji roślinności torfowiskowej na powierzchniach renaturyzowanych. Stosując zabiegi renaturyzacyjne, przywracające odpowiednie warunki wilgotnościowe i troficzne na zdegradowanych torfowiskach, należy również planować działania umożliwiające powtórne zasiedlenie takiego obszaru przez charakterystyczną roślinność torfowiskową.

Podziękowanie

Realizacja przedstawionych w tej publikacji badań była możliwa dzięki współpracy z Uniwersytetem w Groningen (Królestwo Niderlandów) oraz z holenderską organizacją pozarządową It Fryske Gea. Szczególnie dziękuję za pomoc: Rudiemu van Diggelen, Jacobowi Hogendorfowi, Haroldowi Steendamowi, Renée Bekker oraz Henkowi de Vriesowi. Dziękuję również Wiktorowi Kotowskiemu i Janowi Kani za wskazówki i pomoc w terenie oraz Monice Szewczyk za pomoc w opracowaniu tekstu.

LITERATURA

- BAKKER J.P., BERENDSE F., 1999. Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *TREE* vol. 14 no 2 s. 63–68.
- BELTMAN B., VAN DEN BROEK T., BARENDREGT A., BOOTSMA M.C., GROOTJANS A.P., 2001. Rehabilitation of acidified and eutrophied fens in the Netherlands: effects of hydrologic manipulation and liming. *Ecol. Engen.* 17 s. 21–31.
- BEKKER R.M., VERWEIJ G.L., BAKKER J.P., FRESCO L.F.M., 2000. Soil seed bank dynamics in hay field succession. *J. Ecol.* 88 s. 594–607.
- BEKKER R.M., BAKKER J.P., GRANDIN U., KALAMEES R., MILBERG P., POSCHLOD P., THOMPSON K., WILLEMS J.H., 1998. Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. *Functional Ecology* 12 s. 834–842.
- BLOMQVIST M.M., BEKKER R.M., VOS P., 2003. Restoration of ditch bank species richness: the potential of the soil seed bank. *Applied Vegetation Science* 6 s. 179–188.
- BOSSUYT B., HERMY M., 2003. The potential of soil seed banks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. *Belg. J. Bot.* 136 (1) s. 23–34.

- FALIŃSKA K., 1999. Seed bank dynamics in abandoned meadows during a 20-year period in the Białołęka National Park. *J. Ecol.* 87 s. 461–475.
- FENNER M., THOMPSON K., 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
- GRIME J.P., 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. London: John Wiley & Sons.
- GROOTJANS A.P., BAKKER J.P., JANSEN A.J.M., KEMMERS R.H., 2002. Restoration of brook valley meadows in the Netherlands. *Hydrobiol.* 478 s. 149–170.
- HÖZEL N., OTTE A., 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science* 6 s. 131–140.
- HÖZEL N., OTTE A., 2004. Inter-annual variations in the soil seed bank of flood-meadows over two years with different flooding patterns. *Plant Ecology* 174 s. 279–291.
- JANSEN A.J.M., FRESCO L.F.M., GROOTJANS A.P., JALINK M.H., 2004. Effects of restoration measures on plant communities of wet heathland ecosystems. *Applied Vegetation Science* 7 s. 243–252.
- JENSEN K., 1998. Species composition of soil seed bank and seed rain of abandoned wet meadows and their relation to aboveground vegetation. *Flora* 193 s. 345–359.
- JENSEN K., 2004. Dormancy patterns, germination ecology, and seed-bank types of twenty temperate fen grassland species. *Wetlands* vol. 24 no. 1 s. 152–166.
- JOOSTEN H., CLARKE D., 2002. *The wise use of mires and peatlands*. International Mire Conservation Group and International Peat Society s. 49–53.
- KALAMEES R., ZOBEL M., 1998. Soil seed bank composition in different successional stages of a species rich wooded meadow in Laelatu, western Estonia. *Acta Oecologica* 19 2 s. 175–180.
- KOTOWSKI W., 2002. *Fen communities. Ecological mechanisms and conservation strategies*. University of Groningen.
- KOTOWSKI W., VAN DIGGELEN R., 2004. Light as an environmental filter in fen vegetation. *J. Vegetation Science* 15 s. 583–594.
- KLIMKOWSKA A., LAMMERS T., KOTOWSKI W., 2005. Fen restoration by top soil removal: assessment of the ecological and economical effectiveness. *Wetland* in press.
- LAMERS L.P.M., SMOLDERS A.J.P., ROELOFS J.G.M., 2002. The restoration of fens in the Netherlands. *Hydrobiol.* 478 s. 107–130.
- MATUS G., VERHAGEN R., BEKKER R.M., GROOTJANS A.P., 2003. Restoration of the *Cirsio dissecti-Molinietum* in The Netherlands: Can we rely on soil seed bank? *Applied Vegetation Science* 6 s. 73–84.
- MATUSZKIEWICZ W., 2001. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych* Polski Warszawa: PWN.
- OKRUSZKO H., 1995. *Fen dehydration and restoration* W: *Restoration of temperate wetlands*. Wiley, Chichester. s. 115–119.
- OLSZEWSKI K., 2003. *Klimat Mazowsza. W: Przyroda Mazowsza i jej antropogeniczne przekształcenia*. Pr. zbior. A. Richling. Pułtusk.
- OOMES M.J.M., OLFF H., ALTENA H.J., 1996. Effects of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamics and vegetation change in a wet grassland. *J. Applied Ecol.* 33 p. 576–588.
- OŚWIT J., DEMBEK W., 2001. Geomorfologiczno-hydrologiczne uwarunkowania rozwoju mokradeł na przykładzie torfowiska Całowanie w dolinie środkowej Wisły. *Woda Środ. Obszary Wiej.* t. 1 z. spec. (3).
- OŚWIT J., DEMBEK W., 1984. *Ekspertyza przyrodniczo-łąkarska obiektu Całowanie – Podbiel*. Falenty: IMUZ, maszyn.
- PATZELT A., WILD U., PFADENHAUER J., 2001. Restoration of wet fen meadows by topsoil removal: vegetation development and germination biology of fen species. *Restor. Ecol.* 9 s. 127–136.
- PODBIELKOWSKI Z., 1960. *Notatki florystyczne z okolic Warszawy. Część II. Fragm. Flor. Geobot.* 6 3 s. 253–260.

- PODBIELKOWSKI Z., 1961. Notatki florystyczne z okolic Warszawy. Część III. *Fragm. Flor. Geobot.* 7 1 s. 91–95.
- RAMSEIER D., 2000. Why remove the topsoil for fen restoration? – Influence of water table, nutrients and competitors on the establishment of four selected plant species. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH* 66 s. 25–35.
- RUDNICKA W., 1961. Dokumentacja geologiczna torfowisk Całowanie. Warszawa: UW.
- TER HEERDT G.N.J., VERWEIJ G.L., BEKKER R.M., BAKKER J.P., 1996. An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecol.* 10 s. 144–151.
- THOMPSON K., BAKKER J.P., BEKKER R.M., HODGSON J.G., 1998. Ecological correlates of seed persistence in soil in the North-West European flora. *The Journal of Ecology* vol. 86 (1) s. 163–169.
- VAN ANDEL J., BAKKER J.P., GROOTJANS A.P., 1993. Mechanism of vegetation succession: a review of concepts and perspectives. *Acta Bot. Neerl.* 42 s. 413–433.
- VAN DUREN I.C., PEGTEL D.M., 2000. Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results. *Plant and Soil* 220 s. 35–47.
- VÉCRIN M.P., VAN DIGGELEN R., GRÉVILLIOT F., MULLER S., 2002. Restoration of species-rich flood-plain meadows from abandoned arable fields in NE France. *Applied Vegetation Science* 5 s. 263–270.
- WALKER K.J., STEVENS P.A., STEVENS D.P., MOUNTFOLD J.O., MANCHESTER S.J., PYWELL R.F., 2004. The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK *Biological Conservation* 119 s. 1–18.
- ZEDLER J.B., 2000. Progress in wetland restoration ecology. *Trends in Ecology & Evolution, TREE* vol. 15 no 10 s. 402–407.
- ŻUREK S., 1990. Związek procesu zatorfienia z elementami środowiska przyrodniczego wschodniej Polski. *Rocz. Nauk Rol. Ser. D Monografie* t. 220.

Agata KLIMKOWSKA

**THE ROLE OF SOIL SEED BANK IN THE RESTORATION OF PEATLANDS
– CASE-STUDY OF CAŁOWANIE FEN**

Key words: fen restoration, soil seed bank

S u m m a r y

Due to fragmentation and disappearance of wetland ecosystems after their transformation into productive agricultural land, the surface of peatlands in Western Europe in the 20th century declined by over 90% and in Central and Eastern Europe by 50 to 90 %. Severely drained peatlands suffer from desiccation, large fluctuations of groundwater levels and advanced peat mineralization. Still, some of those areas preserved natural values and fen ecosystems or semi-natural fen meadows of high biodiversity could be restored there. In many western countries, nature management or nature restoration actions are carried out in order to conserve and improve the biodiversity of peatland areas. In Poland such actions are applied in Całowanie Fen, where the top soil removal method is tested (removal of 20 and 40 cm of top soil). This technique allows local improvement of moisture conditions, nutrient impoverishment and removal of the ruderal and nitrophilous vegetation together with its seed bank.

The objective of this study was to check if any viable seeds of the typical plant species of fens or fen meadows are still present in the soil seed bank. If present, the soil seed bank would contribute to the re-establishment of target vegetation on the restoration plots. Lack of persistent seed bank and limited natural dispersal of the target plant species have been identified as main limitations of meadow restoration in Western Europe.

The soil seed bank analyses were done with the seed germination method. In the process of degradation, the target species seed bank has been depleted. In order to assess the extent of this depletion, the soil seed bank of the degraded fen (Całowanie Fen) and well-preserved fen (fen near village Lipsk) were compared.

On restored plots after top soil removal few viable seeds have been found and the soil seed bank was dominated by a few ruderal (60%) or common species that tolerate wide range of environmental conditions (e.g. *Juncus articulatus*). We concluded that in the studied site, the restoration of fen meadow community can not rely on spontaneous recovery of vegetation from the soil seed bank.

Recenzenci:

prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz

doc. dr hab. Zbigniew Wasilewski

Praca wpłynęła do Redakcji 08.11.2005 r.

Tabela 1. Charakterystyka Bagna Całowanie oraz torfowiska w pobliżu Lipska [OLSZEWSKI, 2003; KOTOWSKI, 2002]

Table 1. Characteristics of Całowanie Fen and the fen near Lipsk [OLSZEWSKI, 2003; KOTOWSKI, 2002]

Wyszczególnienie Item	Bagno Całowanie Całowanie Fen	Torfowisko „Lipsk” Fen „Lipsk”
Położenie Location	Mazowsze, dolina Środkowej Wisły Mazowsze, the Middle Vistula valley	północno-wschodnie Podlasie, dolina Biebrzy, w pobliżu Lipska north-eastern Podlasie, the Biebrza valley near Lipsk
Średnia roczna suma opadu atmosferycznego Annual mean sum of precipitation	580 mm	583 mm
Średnia roczna temperatura powietrza Annual mean air temperature	7,4°C	6,8°C
Średnia długość sezonu wegetacyjnego Mean length of vegetative seasons	215 dni	200 dni
Rodzaj torfowiska Type of peatland	soligeniczne, położone w dolinie przy krawędzi wyżyny morenowej soligenic, situated in the valley at the edge of morain upland	soligeniczne, położone w pobliżu wzgórz morenowych soligenic, situated near morain hills
Głębokość złoża i rodzaj torfu Thickness and type of peat	3–4 m, w znacznej części torf turzycowo-mszysty 3–4 m, mostly sedge-moss peat	2–5 m, w znacznej części torf turzycowo-mszysty 2–5 m, mostly sedge-moss peat
Zmiany położenia zwierciadła wody gruntowej Variability of ground water level	duże różnice, około 60–100 cm, okresowe silne przesuszenie great amplitude of 60–100 cm, periodically drying	niewielkie, około 0–10 cm, stale wysokie uwilgotnienie gleby small amplitude of 0–10 cm, soil permanently wet
Użytkowanie Land use	obecnie użytkowane tylko na obrzeżach, w pobliżu wsi, a na znacznej powierzchni nieużytkowane; w przeszłości zmeliorowane i wykorzystywane jako łąki at present only in the outskirts near village, mostly not used; reclaimed and used as meadows in the past	obecnie nieużytkowane, odkrzaczenie prowadzone przez Park Narodowy, w przeszłości ekstensywne bagienne łąki kośne not used at present, deforestation carried out by the National Park, extensive wet mown meadows in the past