

Wpływ fragmentacji na efektywność pomnażania wegetatywnego u *Sphagnum russowii* Warnst.

The impact of *Sphagnum russowii* Warnst. fragmentation on the effectiveness of its vegetative reproduction

EMILIA OSSOWSKA, PAULINA ĆWIKLIŃSKA

E. Ossowska, P. Ćwiklińska, Katedra Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Gdański, ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk, e-mails: *emioss@wp.pl (do korespondencji), dokpc@univ.gda.pl*

ABSTRACT: The paper presents the results of research concerning the impact of *Sphagnum* moss fragmentation on the effectiveness of its vegetative reproduction. In the experiment altogether 600 specimens of *S. russowii* were used: 300 with and 300 without capitula. During the 12-months period the amount of new branches in every specimen was checked. Also after termination the study, the final biomass and length of the new branches were measured. At the final stage two variants: without capitula (marked as BG) and with capitula (marked as G) were compared. The number of new branches was bigger in variant BG, although the final biomass and length of the new branches was bigger in variant G. The period of time that specimens needed to produce new branches was shorter in variant BG. The results show that both variants – with and without capitula are suitable for the restoration of the Baltic raised bogs. This may be a solution of the problem with a small amount of the *Sphagnum* mosses, which are used in the restoration process.

KEYWORDS: peat mosses regeneration, vegetative reproduction, peatlands restoration, *Sphagnum russowii*.

Wprowadzenie

Wydobycie torfu metodą mechanicznego frezowania prowadzi do powstania płytkich, zwykle przesuszonych pól poeksploatacyjnych (Herbichowa 2005). Stopień przekształcenia i skład gatunkowy pokrywy roślinnej, która rozwinęła się na takich powierzchniach, wskazuje na powolne tempo wtórnej kolonizacji. Szansa na samorzutne odtworzenie się zniszczonej roślinności jest znikoma. Dlatego, aby zapobiec dalszej degradacji siedliska, a następnie przywrócić proces akumulacji torfu, niezbędne jest zainicjowanie rozwoju warstwy mszystej budowanej przez torfowce (Quinty, Rochefort 2003; Herbichowa 2005; Ćwiklińska, Herbichowa 2011). Mchy te stanowią kluczowy składnik torfowisk wysokich (Lubliner-Mianowska 1957; Clymo, Hayward 1982). Dzięki obecności komórek hyalinowych są one zdolne do magazynowania dużych ilości wody, co z kolei wpływa na utrzymanie wilgotności podłoża. Ponadto obumarłe szczątki torfowców akumulują się w postaci torfu, a zawarty w ich ścianach kwas poliuronowy powoduje acydyfikację siedliska (Clymo, Hayward 1982; Tobolski 2003).

Nowe osobniki u gatunków z rodzaju *Sphagnum* rozwijają się zarówno w wyniku rozsiewania zarodników, jak i pomnażania wegetatywnego (Cronberg 1991). Pomnażanie ma silniejszy wpływ na rozwój i utrzymanie populacji torfowców, zwłaszcza na siedliskach, na których mchy te zostały zniszczone w wyniku różnego rodzaju zaburzeń (Campeau, Rochefort 1996; Sundberg 2000). Rozsiewanie zarodników jest z kolei istotne przy kolonizowaniu nowych siedlisk, wcześniej niezajmowanych przez torfowce (Cronberg 1991).

Regeneracja osobników następuje w szczytowych częściach pędu głównego oderwanego od łodygi głównej, natomiast w przypadku zniszczenia szczytowych części, np. w wyniku pożaru, odgałęzienia powstają w dolnych partiach (Cronberg 1991). Ten typ propagacji występuje u wszystkich gatunków z rodzaju *Sphagnum*, z wyjątkiem *S. wulfianum* (Lane 1977). Nowe odgałęzienia mogą także tworzyć się u osobników, które wcześniej nie posiadały początkowej główki (Baker, Boatman 1985; Poschlod, Pfadenhauer 1989; Rochefort, Gautier, Leguéré 1995), wówczas boczne gałązki przejmują rolę główki i zaczynają produkować nowe odgałęzienia (Clymo, Hayward 1982). Efektywna produkcja nowych odgałęzień jest więc warunkiem trwania populacji torfowców w konkretnym miejscu.

Metoda odtwarzania budowanej przez torfowce warstwy mszystej na zdegradowanych torfowiskach wysokich została opracowana w Kanadzie (Quinty, Rochefort 2003). Od 2006 roku jej zmodyfikowana forma jest testowana w Polsce na torfowisku Czarne Bagno w dolinie Łeby (Herbichowa 2005, 2007).

W Polsce istnieje problem pozyskania odpowiedniej ilości materiału do restytucji. Wyniki eksperymentu z Kanady pokazują, że pokrycie materiałem roślinnym od 6 do 10% planowanej powierzchni zapewnia odtworzenie zwartej pokrywy torfowiskowej w ciągu 4 lat (Quinty, Rochefort 2003). Jednak obserwacje prowadzone na Czarnym Bagnie wskazują, że aby uzyskać pożądane tempo

regeneracji torfowców należałoby zastosować ilość materiału pokrywającą 10% powierzchni. Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu jest zastosowanie warstwy żywych roślin i zakumulowanej pod nim słabo rozłożonej materii organicznej (tzw. wierzchnicy). Jednak może ona zawierać rośliny lub ich nasiona oraz zarodniki, które mogą stanowić konkurencję dla torfowców. W związku z tym rozważa się możliwość dzielenia pędów na mniejsze fragmenty pozbawione główki (Quinty, Rochefort 2003; Herbichowa i in. 2009; Ćwiklińska, Herbichowa 2011). Opisany poniżej eksperyment miał na celu sprawdzenie skuteczności tej metody.

W badaniach wykorzystano *Sphagnum russowii*. Gatunek ten występuje w całej Polsce. Preferuje on siedliska wilgotne o odczynie od pH=3 do pH=6, znosi cień oraz toleruje okresowe przesuszenie (Lubliner-Mianowska 1957). Jest to jednak gatunek słabo poznany pod kątem skuteczności pomnażania wegetatywnego. Dane literaturowe dotyczą takich gatunków, jak: *S. palustre*, *S. capillifolium* oraz *S. cuspidatum* (Sobotka 1976; Lane 1977). Równocześnie jednak dotychczasowe wyniki monitoringu postępu restytucji na Czarnym Bagnie wskazują, że *S. russowii* dobrze znosi warunki panujące na wyrobiskach przygotowanych do restytucji i planowane jest jego dalsze wykorzystanie (Herbichowa i in. 2009; Ćwiklińska, Herbichowa 2011).

Celem przedstawionych badań było poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób fragmentacja łodyżek torfowca *Sphagnum russowii* wpływa na produkcję nowych odgałęzień. Czy liczba, długość i biomasa nowych odgałęzień produkowanych przez osobniki pozbawione główki różnią się istotnie od tych, wytwarzanych przez osobniki z główką? Czy tempo wytwarzania odgałęzień jest podobne w obu wariantach? Czy do celów restytucji torfowisk zdegradowanych można użyć pędy torfowców bez początkowej główki? Dla realizacji postawionych celów badawczych założono hodowlę *S. russowii*. Wyniki rocznego eksperymentu przedstawiono w artykule.

1. Metody

Hodowlę *Sphagnum russowii* prowadzono przez dwanaście miesięcy, od listopada 2009 do października 2010. Jako diaspory wykorzystano górne, nieposiadające odgałęzień fragmenty pędów o długości 3 cm każdy, bowiem w procesie tworzenia nowych odgałęzień aktywne są tylko górne fragmenty pędu (Cronberg 1991). Badano tempo i efektywność pomnażania wegetatywnego osobników posiadających główkę oraz pozbawionych jej (po 300 osobników w każdym z wariantów).

Hodowla prowadzona była na torfie, w temperaturze 18°C, przy oświetleniu lampami jarzeniowymi o łącznej mocy 780. Materiał roślinny pochodził z torfowiska Staniszewskie Błota na Pojezierzu Kaszubskim, torf natomiast – z Czarnego Bagna.

Rejestrację nowych odgałęzień wytworzonych przez każdego osobnika prowadzono raz w tygodniu (co 7 dni) przez cały rok trwania eksperymentu. Po zakończeniu hodowli wykonano pomiar długości oraz suchej masy nowych odgałęzień. Do pomiaru długości wybrano najdłuższe odgałęzienia wyprodukowane przez każdego osobnika. Pomiar długości wykonano z dokładnością do 1 mm. Do pomiaru biomasy wybrano losowo po 100 osobników z każdego z wariantów i zważono pędy wraz z odgałęzieniami. Pozyskany materiał doprowadzono do stałej masy w temperaturze 90°C, a następnie zważono na wadze analitycznej z dokładnością do 0,001 g.

W celu sprawdzenia hipotezy o braku istotnych statystycznie różnic pomiędzy analizowanymi cechami dla wariantów: okazy z główką (oznaczony symbolem G) i bez główki (symbol BG) wykonano testy: t-Studenta z poprawką Cochran-Coxa (w przypadku produkcji i biomasy odgałęzień) oraz test Manna-Whitneya (w odniesieniu do długości odgałęzień oraz tempa ich przyrostu). Wnioskowanie statystyczne prowadzono na poziomie istotności $p=0,05$. Analizy przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 9.0 (StatSoft 2011). Ponadto sporządzono wykresy oparte o skalę procentową, obrazujące różnice pomiędzy analizowanymi wariantami.

2. Wyniki

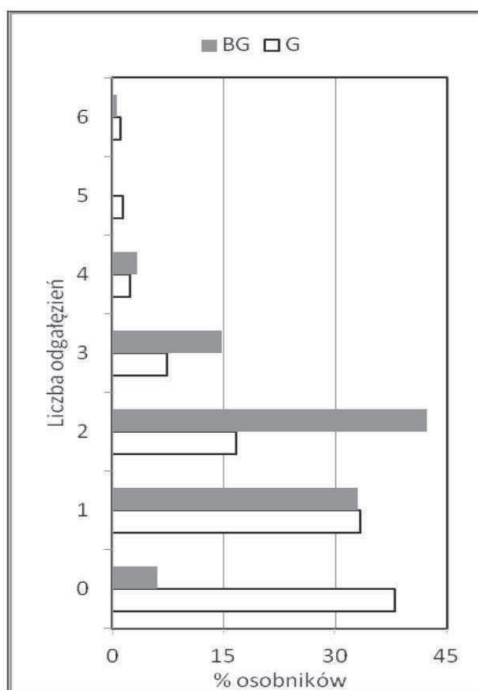
2.1. Produkcja nowych odgałęzień

U 186 osobników (61% próby) posiadających główkę wytworzyły się nowe odgałęzienia. Liczba odgałęzień wyprodukowanych przez pojedynczego osobnika w tym wariantcie wahała się od 1 do 6. Najczęściej (w 33% przypadków) obserwowano produkcję jednego odgałęzienia. Dwa odgałęzienia powstały u 50 osobników, a trzy u 22 osobników. Jedynie w sporadycznych przypadkach (7 osobników) stwierdzono produkcję 4 odgałęzień. W grupie okazów bez początkowej główki nowe odgałęzienia wykształciły się u 282 z nich (94% próby). Liczba wytworzonych przez pojedynczego osobnika odgałęzień wahała się w granicach od 1 do 6. Przeciętnie (w 42% przypadków) osobnik pozbawiony główki wytwarzał 2 odgałęzienia (Ryc. 1).

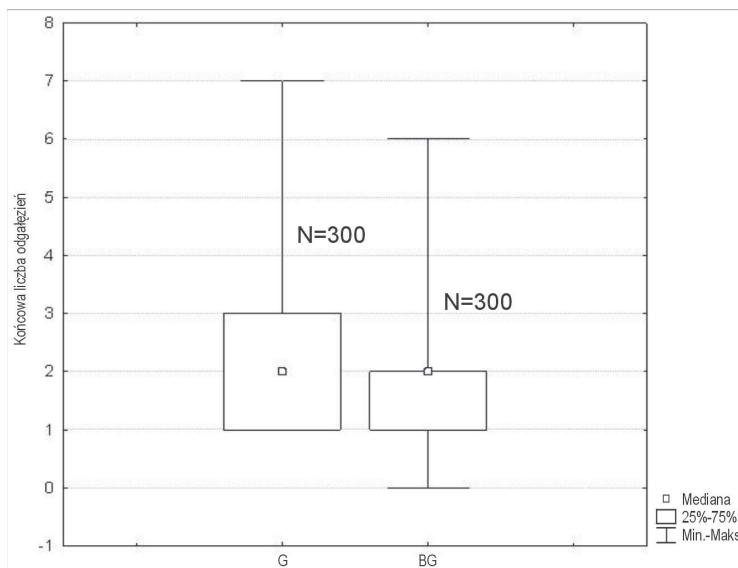
Pomiędzy osobnikami posiadającymi główkę oraz pozbawionymi główki są istotne statystycznie różnice w liczbie wytworzonych odgałęzień (test $t'=3,59$; $p<0,0001$; $N_G=300$; $N_{BG}=300$) (Ryc. 2).

2.2. Biomasa odgałęzień

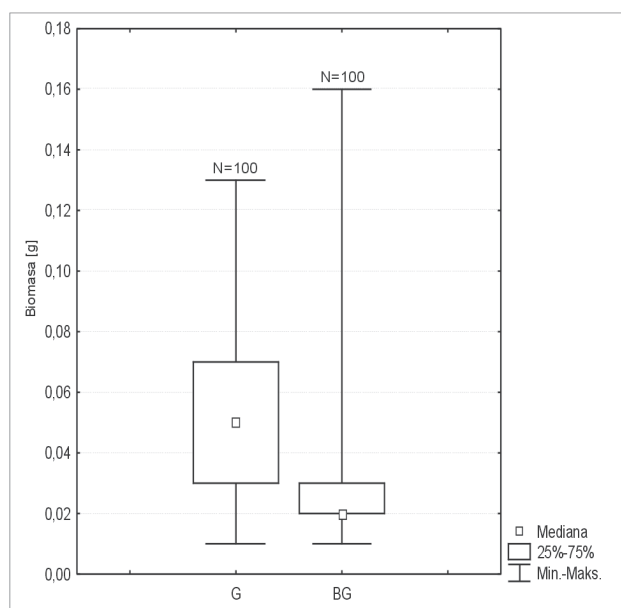
Biomasa wytworzonych odgałęzień była istotnie wyższa w przypadku osobników z główką w porównaniu z osobnikami pozbawionymi główki (test $t'=6,98$; $p<0,0001$; $N_G=100$; $N_{BG}=100$). Przeciętna biomasa odgałęzień wyprodukowanych przez pojedynczego osobnika z tej grupy wynosiła 0,05 g (Ryc. 3).



Ryc. 1. Rozkład liczby wytworzonych odgałęzień przez osobniki z początkową główką oraz bez początkowej główki
 Fig. 1. The graph shows the number of new branches produced by specimens with and without first capitula



Ryc. 2. Zakres zmienności liczby odgałęzień wyprodukowanych przez osobniki posiadające główkę (G) oraz pozbawione główki (BG)
 Fig. 2. Variability of the number of new branches produced by specimens with a capitulum (G) and without capitula (BG)



Ryc. 3. Zakres zmienności biomasy odgałęzień wyprodukowanych przez osobniki posiadające główkę (G) oraz pozbawione główki (BG)

Fig. 3. Variability of the biomass of new branches produced by specimens with a capitula (G) and without capitula (BG)

Maksymalna wartość biomasy wynosiła 0,13 g, minimalna zaś 0,01 g. W przypadku osobników pozbawionych główki przeciętna biomasa odgałęzień wynosiła $0,03 \pm 0,021$ g nowych odgałęzień.

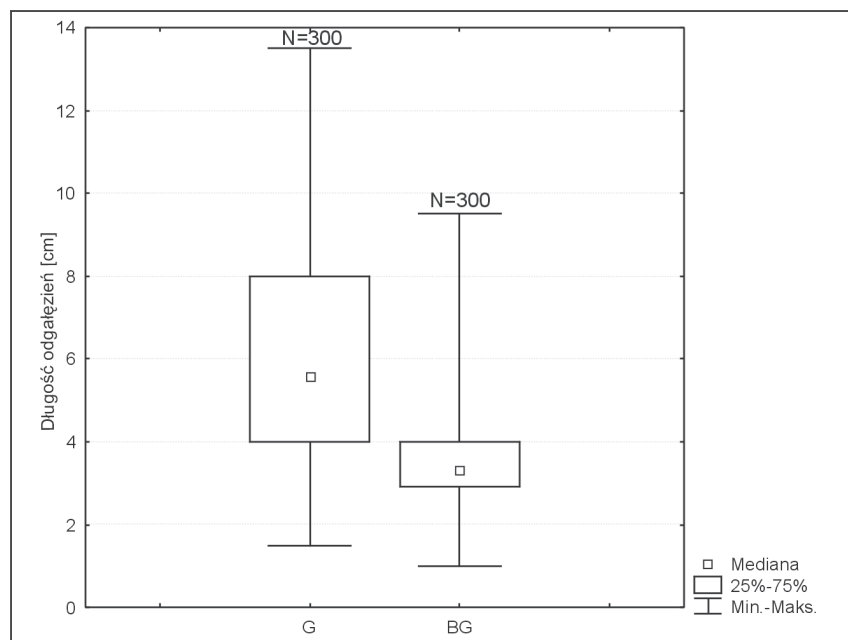
2.3. Długość odgałęzień

Odgałęzienia wyprodukowane przez osobniki z początkową główką były dłuższe niż u osobników bez główki (Ryc. 4). Przeciętna długość odgałęzień u osobników z pierwszej grupy wynosiła 6 cm (max. 13,5 cm; min 1,5 cm), natomiast z drugiej – 3,5 cm (max. 9,5 cm; min. 1 cm). Różnice te są istotne statystycznie (test Manna-Whitneya $Z = 13,83$; $p < 0,0001$; $N_G = 300$; $N_{BG} = 300$).

2.4. Tempo tworzenia nowych odgałęzień

Obecność lub brak początkowej główki wpływa na tempo produkcji odgałęzień. W przypadku obu grup różnica liczby dni, które upłynęły od początku hodowli do momentu wytworzenia pierwszego (test Manna-Whitneya $Z = 10,68$; $p < 0,0001$; $N_G = 184$; $N_{BG} = 282$) oraz kolejnego odgałęzienia (test Manna-Whitneya $Z = 4,68$; $p < 0,0001$; $N_G = 86$; $N_{BG} = 182$) była istotna statystycznie. U większości osobników (72% próby) pozbawionych główek pierwsze odgałęzienia pojawiły się w drugim miesiącu trwania eksperymentu (przeciętnie po 38 dniach), a dru-

gie po 78 dniach. U osobników posiadających główkę czas ten wynosił odpowiednio 105 i 61 dni (Ryc. 5a, b).



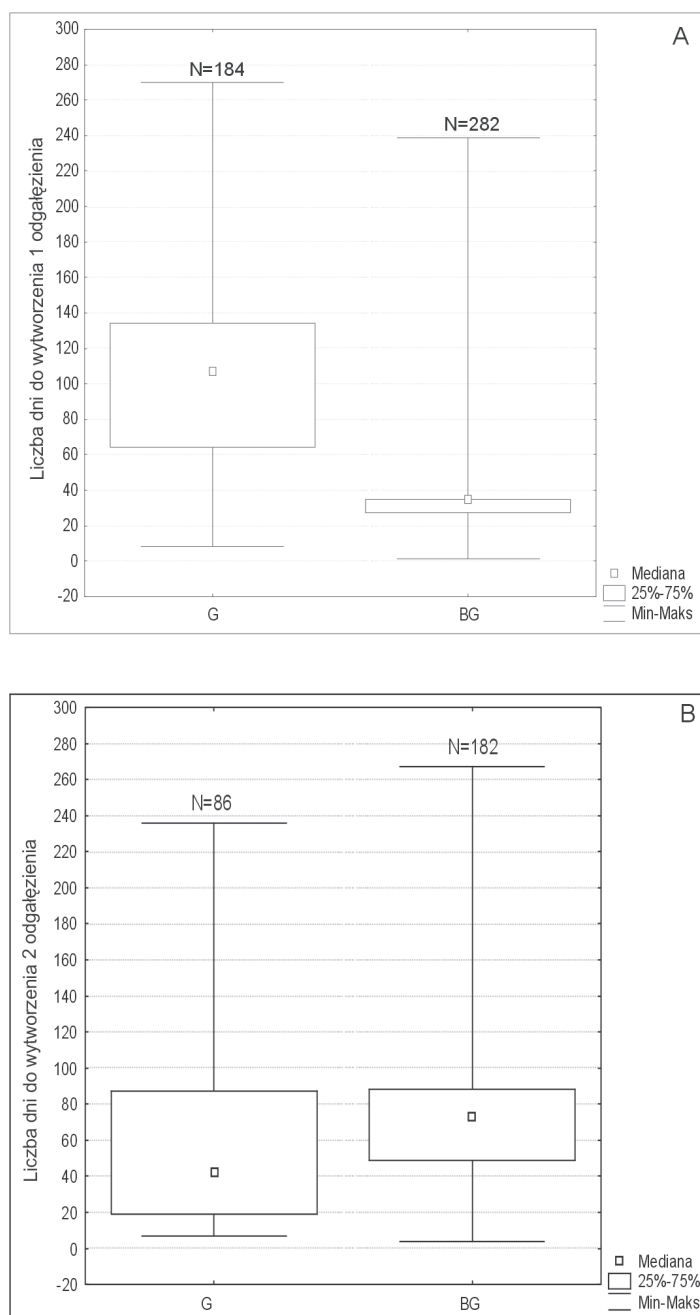
Ryc. 4. Zakres zmienności długości odgałęzień wyprodukowanych przez osobniki posiadające główkę (G) oraz pozbawione główki (BG)

Fig.4. Variability of the length of new branches produced by specimens with a capitula (G) and without capitula (BG)

Najintensywniejszą produkcję odgałęzień u osobników z główką zaobserwowano w marcu 2010 (rozwinęło się wówczas 36% nowych odgałęzień), natomiast u osobników bez główki – w grudniu 2009 (40% odgałęzień) oraz w lutym i marcu 2010 (odpowiednio 17 i 24% odgałęzień). W grupie z główką ostatnie odgałęzienia pojawiły się w sierpniu 2010, a w grupie bez główki w lipcu 2010 (Ryc. 6).

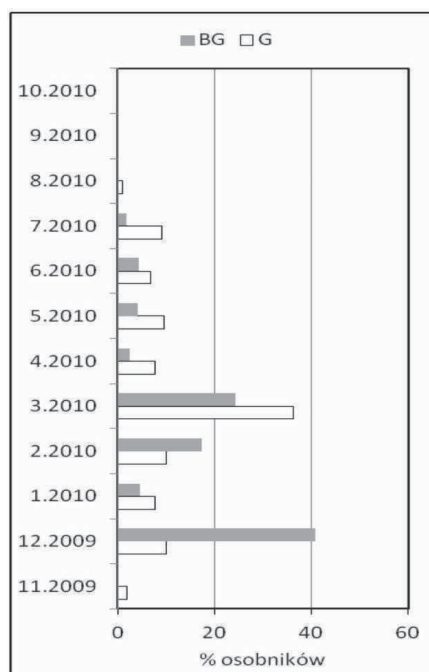
3. Podsumowanie wyników i dyskusja

Pozbawienie osobnika torfowca główki stymuluje produkcję nowych odgałęzień. Odsetek osobników *Sphagnum russowii*, które wytworzyły odgałęzienia, był większy w przypadku braku początkowych główek. W tym wariacie eksperymentu większa była również liczba odgałęzień wytworzonych przez pojedynczego osobnika. W obrębie główki znajdują się pączki szczytowe zawierające komórki inicjalne odpowiedzialne za wzrost osobnika na długość. Jeżeli



Ryc. 5 A, B. Zakres zmienności liczby dni, które upłynęły od początku eksperymentu do momentu wytworzenia pierwszego (A) i drugiego (B) odgałęzienia przez osobniki posiadające główkę (G) oraz pozbawione główki (BG).

Fig. 5 A, B. Range of variability of the number of days to produce the first (A) and second (B) branches of the specimens with the capitula (G) and without capitula (BG).



Rys. 6. Dynamika wytwarzania nowych odgałęzień przez osobniki posiadające główkę oraz jej pozbawione w kolejnych miesiącach eksperymentu

Fig. 6. Intensity of production the new branches for the specimens with the capitula and without capitula in following months

główka ulegnie uszkodzeniu lub zniszczeniu, wytworzenie nowych odgałęzień zawierających pączki szczytowe jest gwarancją przeżycia osobnika. W takim przypadku funkcję wytwarzania odgałęzień przejmują pęczki gałązek bocznych (Clymo, Hayward 1982). U innych gatunków z rodzaju *Sphagnum* jest podobnie. Jednak wyniki Krebsa i in. (2012) wskazują, że w przypadku *S. palustre* użycie fragmentów pędów pozbawionych główek daje pożądane efekty, choć regeneracja warstwy mszystej następuje wolniej niż w przypadku zastosowania fragmentów pędów z główkami.

W grupie osobników, które zostały wprowadzone do eksperymentu z główkami, jedynie 60% wyprodukowało nowe odgałęzienia i powstawały one najczęściej w obrębie istniejącej główki. Pozostała część osobników kontynuowała wzrost na długość bez tworzenia nowych odgałęzień.

Osobniki posiadające początkową główkę cechowała większa produkcja biomasy. Odgałęzienia były w tym przypadku wytwarzane w mniejszej liczbie, były jednak dłuższe i masywniejsze niż w przypadku osobników pozbawionych główki, co wpłynęło na wyższą wartość ich łącznej biomasy. Należy również pamiętać, że przy pomiarze nie uwzględniono przyrostu biomasy początkowych główek, co dodatkowo zwiększyłoby różnice między wynikami dla obu grup. Zasadnicza część biomasy torfowców lokowana jest w główce. Z kolei nowe odgałęzienia u osobników bez początkowej główki były drobne i delikatne, z małymi główkami.

Długość fragmentu pędu nie wpływa na efektywność pomnażania u torfowców. Według Quinty i Rochefort (2003) optymalna długość odgałęzień zastoso-

wanych w restytucji powinna wynosić 2-3 cm. Jednak wyniki eksperymentu Campeau i Rochefort (1996) przeprowadzonego na 4 gatunkach z rodzaju *Sphagnum* (*S. magellanicum*, *S. fuscum*, *S. angustifolium* oraz *S. capillifolium*) potwierdziły, że nawet szczytowe fragmenty pędów o długości 0,5 cm mogą dać początek nowym odgałęzieniom. W przypadku *S. russowii* początkowa długość pędów wynosiła 3 cm i jest to długość wystarczająca do dalszego rozwoju nowych odgałęzień. W praktyce oznacza to, że przy dzieleniu pędów torfowców na mniejsze fragmenty nie trzeba uzyskiwać odcinków o precyzyjnej długości 3 cm (Campeau i Rochefort 1996; Quinty i Rochefort 2003).

Obecność lub brak główki wpływa również na tempo pomnażania wegetatywnego. U 40% osobników *Sphagnum russowii* pozbawionych główki pierwsze odgałęzienia wytworzyły się w drugim miesiącu po wprowadzeniu do hodowli (grudzień 2009), natomiast u osobników posiadających główkę najintensywniejsza produkcja odgałęzień miała miejsce w piątym miesiącu trwania hodowli (marzec 2010). W tym okresie zaobserwowano także zwiększenie tempa produkcji odgałęzień u osobników pozbawionych główki. Mimo jednorodnych warunków świetlnych, termicznych i wilgotnościowych panujących w laboratorium przez cały okres hodowli i niezależnie od grupy wczesną wiosną nastąpiła intensyfikacja produkcji odgałęzień.

W trakcie planowania zabiegów reintrodukcji gatunków z rodzaju *Sphagnum* należy uwzględnić niejednorodne tempo pomnażania wegetatywnego w ciągu roku. Należy unikać wprowadzania materiału na restytuowane powierzchnie w okresie letnim, kiedy tempo produkcji nowych odgałęzień jest niskie, a warunki termiczne i wilgotnościowe niekorzystne dla torfowców. Wyniki eksperymentów polowych z terenu północnej Polski, na których torfowce wprowadzono w czerwcu, potwierdzają, że gatunki nie przeżyły krytycznego dla ich rozwoju okresu lata. Odpowiednim terminem introdukcji torfowców jest późna jesień (Ćwiklińska, Herbichowa 2011; Ćwiklińska, Sadowska 2012). Spadek temperatury, przymrozki i opady śniegu nie hamują rozwoju torfowców. Wyniki eksperymentu Prager i in. (2012) na *S. palustre* potwierdzają, że zamrożenie torfowców nie wstrzymuje ich dalszego rozwoju. Na przełomie zimy i wiosny, kiedy występuje wysoki stan wody, następuje kolejny rozwój mchów. Ustabilizowane w gruncie oraz zebrane w mikrokępki torfowce są odporne na wysokie temperatury oraz brak opadów. Również doświadczenie Sobotki (1976) na *S. palustre* wskazuje na intensywny rozwój nowych odgałęzień w okresie od czerwca do lipca. Kolejne odgałęzienia u tego gatunku rozwijają się w październiku.

Uzyskane wyniki wymagają weryfikacji w warunkach terenowych. Zarówno wzrost, jak i tempo pomnażania torfowców zależne są w najwyższym stopniu od warunków środowiskowych: wilgotności podłoża, głębokości położenia lustra wody w torfowisku oraz temperatury (Lindholm 1990). Według Campeau i Rochefort (1996) na wzrost torfowców wpływa przede wszystkim wysoki poziom wody. Wyjątkiem jest *Sphagnum fuscum*, który efektywnie rozwija się także przy niskim poziomie wody. *Sphagnum russowii* jest gatunkiem, który charakteryzuje się względną odpornością na wahania wilgotności podłoża, w tym rów-

niez na przesuszenie (Herbichowa i in. 2009; Ćwiklińska, Herbichowa 2011). Jednak w przypadku zastosowania w restytucji fragmentów pędów torfowców bez główki należałoby zapewnić im ochronę, przynajmniej do momentu aż utworzą mikrokępki. Jednym z proponowanych rozwiązań jest zastosowanie nawożenia, które mogłoby wpłynąć na zwiększenie tempa tworzenia nowych odgałęzień przez osobniki bez główki. Ze względu jednak na wiele sprzecznych wniosków wynikających ze stosowania nawożenia w Kanadzie (Quinty, Rochefort 2003; Landry, Rochefort 2009) należałoby ten problem poddać dalszym badaniom.

4. Wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że zarówno pędy *Sphagnum russowii* posiadające główkę, jak i jej pozbawione efektywnie pomnażają się wegetatywnie. W pierwszym przypadku intensywniejsza jest produkcja biomasy, w drugim wyższa liczba wytworzonych odgałęzień. Jednak obie cechy mają istotne znaczenie przy opanowywaniu przez torfowce nowych siedlisk. Ponadto osobniki posiadające główkę regenerują się w innym tempie, niż osobniki pozbawione główki. Mimo to w obu tych przypadkach regeneracja jest sprawna, a liczba wytworzonych odgałęzień podobna. Z powyższych obserwacji wynika, że do celów restytucji można zastosować zarówno całe pędy, jak i fragmenty bez główki.

Największa liczba odgałęzień zarówno u osobników z główką, jak i bez główki wytworzona została bezpośrednio po wprowadzeniu pędów na nowe podłoże oraz wczesną wiosną. Fakt ten należy uwzględnić przy ustalaniu terminów wprowadzenia torfowców na wyrobiska poeksploatacyjne: termin musi być tak dobrany, aby w trakcie intensywnej produkcji odgałęzień torfowce miały zapewnione optymalne warunki rozwoju.

Literatura

- BAKER R. G., BOATMAN D. J. 1985. The effect of carbon dioxide on the growth and vegetative reproduction of *Sphagnum cuspidatum* in aqueous solutions. – *J. Bryol.* 13(3): 399-406.
- CAMPEAU S., ROCHEFORT L. 1996. *Sphagnum* regeneration of bare peat surfaces: field and greenhouse experiments. – *J. Appl. Ecol.* 33(3): 599-608.
- CLYMO R. S., HAYWARD P. M. 1982. The ecology of *Sphagnum*. – W: SMITH A. J. E. (red.), *Bryophyte ecology*. Chapman & Hall, London, UK, s. 229-289.
- CRONBERG N. 1991. Reproductive biology of *Sphagnum*. – *Lindbergia* 17: 69-82.
- ĆWIKLIŃSKA P., SADOWSKA A. 2012. Five years of experimental restoration of vacuum mined bog in Northern Poland. – W: *Peatlands in balance. Proceedings of the 14th International Peat Congress*, Stockholm, s. 50-60.
- ĆWIKLIŃSKA P., HERBICHOWA M. 2011. Restytucja roślinności torfowiskowej na powierzchniach poeksploatacyjnych na Czarnym Bagnie. – W: HERBICH J., HERBICHOWA M.

- (red.), Przyroda rezerwatów Czarne Bagno i Łebskie Bagno. Wydawnictwo Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, s. 257-270.
- HERBICHOWA M. 2005. Torfowiska bałtyckie – czym są, dlaczego i jak należy je chronić. – W: PAWLACZYK P., HERBICHOWA M., STAŃKO R. Ochrona torfowisk bałtyckich. Przewodnik dla praktyków, teoretyków i urzędników, Wyd. Klub Przyrodników, Świebodzin, s. 6-46.
- HERBICHOWA M. 2007. Eksperymentalna reintrodukcja gatunków z rodzaju *Sphagnum*. – W: HERBICHOWA M., PAWLACZYK P. STAŃKO R. Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu. Doświadczenia i rezultaty projektu LIFE 04/NAT/PL/00208 PLB BOGS, Wyd. Klub Przyrodników, Świebodzin, s. 128-130.
- HERBICHOWA M., ĆWIKLIŃSKA P., SADOWSKA A. 2009. Restytucja roślinności torfowiskowej po przemysłowym wydobyciu torfu- założenia, dotychczasowe doświadczenia i wyniki. – Przegł. Przyr. 20: 43-53.
- KREBS M., GAUDING G., JOOSTEN H. 2012. *Sphagnum* farming on bog grassland in Germany - first results. – W: Peatlands in balance. Proceedings of the 14th International Peat Congress, Stockholm, s. 294-307.
- LANDRY J., ROCHEFORT L. 2009. Activity Report 2003-2008. Experimental *Sphagnum* Farming Station Shippagan, New Brunswick. Peatland Ecology Research Group Université Laval, 58.
- LANE D. M. 1977. Extent of vegetative reproduction in eleven species of *Sphagnum* from northern Michigan. – Mich. Bot. 16: 83-89.
- LINDHOLM T. 1990. Growth dynamics of the peat moss *Sphagnum fuscum* on hummocks on a raised bog in southern Finland. – Ann. Bot. Fenn. 27: 67-78.
- LUBLINER-MIANOWSKA K. 1957. Torfowce – opisy i klucze do oznaczania gatunków krajowych. Wyd. PWN, Warszawa, s. 16-33.
- POSCHLOD P., PFADENHAUER J. 1989. Regeneration of vegetative parts of peat mosses – a comparative study of nine *Sphagnum* species. – Telma 19: 77-88.
- PRAGER A., GAHLERT F., SCHULZ J., JOOSTEN H. 2012. Are *Sphagnum* propagules still vital when stored up to 12 months in a fridge? – W: Peatlands in balance. Proceedings of the 14th International Peat Congress, Stockholm, s. 365-369.
- QUINTY F., ROCHEFORT L. 2003. Peatland restoration guide. Second edition. Canadian *Sphagnum* Peat Moss Association, St. Albert, 106.
- ROCHEFORT L., GAUTHIER R., LEGUÉRE D. 1995. *Sphagnum* regeneration – Toward and optimisation of bog restoration. – W: WHEELER B., SHAW S., FOJT W., ROBERTSON A. (red.), The restoration of Temperate Wetlands. Proceedings of the British Ecological Society Mire Symposium, Sheffield. Wiley, Chichester, s. 423-434.
- SOBOTKA D. 1976. Regeneration and vegetative propagation of *Sphagnum palustre* as factor of population stability. – Acta Soc. Bot. Pol. 45: 357-368.
- StatSoft, Inc. 2010. STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. www.statsoft.com.
- SUNDBERG S. 2000. The ecological significance of sexual reproduction in peat mosses. – Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala 10, 37 ss.
- TOBOLSKI K. 2003. Torfowiska na przykładzie Ziemi Świeckiej. Wyd. Świecie, 255 ss.