

Wpływ substancji organicznych pochodzenia roślinnego na kiełkowanie nasion i rozwój siewek sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L.

The influence of organic plant material on seed germination and development of Scots pine *Pinus sylvestris* L. seedlings

Damian Kwiatkowski^{1*} , Krzysztof Słowiński¹, Jarosław Knapik²

¹Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Instytut Użytkowania Lasu i Techniki Leśnej, Al. 29 Listopada 46, 31-725 Kraków; ²EC Test Systems Sp. z o.o., ul. Ciepłownicza 28, 31-574 Kraków

*Tel. +48 513037336, e-mail: damian.r.kwiatkowski@o2.pl

Abstract. In this article we analysed the influence of plant-based organic admixtures on the germination process of seeds and the early development of Scots pine *Pinus sylvestris* L. seedlings. The intensity of dumpin-off diseases within the culture was recorded after applying each of the admixtures. Organic material of nettle *Urtica dioica* L., softwood litter, hardwood litter and peat were applied to the nursery substrate in two ways, either as an admixture in crushed form or in granulated form. None of the introduced admixtures influenced the germination of seeds or the survival rate of pine seedlings positively. The best results were obtained with a substrate without admixtures used as a control, which is the most common nursery substrate. The worst seed germination rate was observed on the substrate enriched with the organic material from nettles. In pots with granulated organic material from hardwood litter, significantly more seedlings showed signs of post-emergence dermatitis. In all other cases, there was no clear difference between the crushed or granulated admixture in either germination or survival of seedlings.

We furthermore demonstrated that the process of granulating plant material leads to an approximately 10-fold increase in the bulk density of the granulated substance, which translates directly into volume reduction.

Keywords: nursery grounds, soil enrichment, natural fertilizers, seed germination, seed dumping-off

Słowa kluczowe: podłoże szkółkarskie, wzbogacanie podłoża, nawozy naturalne, kiełkowanie nasion, zgorzel siewek

1. Wstęp

Środowiskiem kiełkowania nasion oraz rozwoju systemu korzeniowego sadzonek jest podłoże szkółkarskie. Jego główną cechą jest zdolność do magazynowania wody i związków mineralnych dostarczanych z nawozami. Podłoże powszechnie wzbogaca się w grzyby mykoryzowe, których obecność poprawia wzrost sadzonek w uprawie kontenerowej, a także ułatwia ich adaptację do panujących warunków (Szabla 2009; Buraczyk et al. 2012).

Ściółkę leśną stanowi mieszanka zrzucanych przez rośliny liści, szczątków obumarłych roślin i zwierząt, a także ich odchodów. Pełni ona ważną rolę w produktywności drzewostanu, współtworząc siedlisko. Wraz z upływem czasu zachodzą złożone procesy dekompozycji ściółki i zawarte w niej związki organiczne uwalniane są do gleby, wzbogacając ją. Sprawia to, iż materia organiczna tworząca ściółkę stanowi kluczowy składnik w procesie napędzającym obieg mikro-

i makroelementów w ekosystemach leśnych (Dziadowiec 1990). Współuczestniczące w nim mikroorganizmy znajdują w ściółce pożywienie i środowisko życia. Powstała w ten sposób próchnica nadkładowa stanowi warstwę ochronną gleby (Sayer 2006).

Częste i powtarzalne zabiegi agrotechniczne w szkółkach leśnych mogą prowadzić do zaburzenia wzrostu sadzonek, gdyż pozbawione są wspomnianego rodzaju próchnicy. Ponadto, w szkółkach leśnych użytkowanych długookresowo, obserwuje się osłabioną aktywność grzybów ektomykoryzowych (Aleksandrowicz-Trzciska 2004). Powyższe stanowisko podziela również Hilszczańska (2000), wg której w Polsce coraz częściej wykorzystuje się domieszkę ściółki leśnej do podłoża szkółkarskich, dla zwiększenia przeżywalności sadzonek po nasadzeniach. Pomimo iż pozyskanie ściółki bez szkody dla środowiska jest niezwykle trudne, to jednak Klimek i in. (2011) proponują pobieranie biomasy przy okazji dokonywania wylesień na większą skalę, np. w celu realiza-

Wpłynęło: 13.02.2019 r., recenzowano: 7.03.2019 r., zaakceptowano: 3.07.2019 r.

cji inwestycji drogowych. Podczas badań przeprowadzonych przez autorów w Nadleśnictwie Dobrzejowice udowodniono, że zastosowanie kompostu wytworzonego na bazie próchnicy leśnej wspomaga rozwój sadzonek sosny zwyczajnej. Nadziemne części sadzonek okazywały się niemal o połowę wyższe od tych, dla których stosowano jedynie nawożenie mineralne. Ponadto autorzy stwierdzili zauważalny wzrost liczebności saprofagów w glebie (Klimek et al. 2011).

Podczas produkcji szkółkarskiej młode sadzonki są narażone na wiele zagrożeń, wynikających m.in. z czynników abiotycznych, obecności patogenów w środowisku czy też błędów w prowadzeniu zabiegów. Częstym źródłem infekcji bywa intensywnie eksploatowany substrat glebowy, który zawiera w sobie liczne szczepy grzybów patogennych. Szczególne zagrożenie dla młodego pokolenia roślin iglastych, hodowanych w szkółkach leśnych, stanowią tzw. zgorzele siewek. Mańka (2005) dzieli choroby zgorzelowe na dwa rodzaje: tzw. zgorzel przedwzrostową, pojawiającą się w obrębie kiełkujących nasion, oraz tzw. zgorzel powzrostową, atakującą kilkutygodniowe siewki powodującą m.in. przewężenia szyjki korzeniowej oraz utratę stabilności młodych roślin, prowadzącą do ich śmierci.

Za głównych sprawców chorób zgorzelowych uznaje się patogeny *Rhizoctonia solani* (J.G. Kuhn), grzyby z rodzaju *Fusarium* (Link), *Alternaria* (Nees) i *Cylindrocarpon* (Wollenw.) oraz łęgniowce: *Pythium* (Pringsheim) i *Phytophthora* (de Bary). Czynniki warunkujące wystąpienie danego patogenu w hodowli są warunki klimatyczne panujące w szkółce w okresie kiełkowania roślin. Decydującymi determinantami są w tym przypadku temperatura powietrza oraz jego wilgotność (Mańka, Mańka 1993; Mańka 2005).

W celu zwalczania występowania chorób zgorzelowych na terenach szkółek leśnych zaczęto stosować biologiczne, chemiczne oraz mechaniczne środki ochrony roślin. Najskuteczniejszymi metodami ochrony roślin przed patogenami są metody chemiczne. Obejmują one wykorzystywanie fungicydów w postaci oprysków i zapraw nasiennych do ochrony roślin (Hamera-Dzierżanowska 2014). Metody chemiczne nie są pożądane w środowisku naturalnym, toteż stosuje się je jedynie w ograniczonym zakresie, a większą uwagę kieruje się w stronę pozostałych metod.

Metody biologiczne wykorzystują obecność w środowisku organizmów, będących naturalnymi antagonistami grzybów, wywołujących zgorzel siewek. Mańka i Mroczkiewicz w 1991 r. udowodnili skuteczność grzyba *Mycelium radicans atrovirens* (Melin) w walce z chorobą zgorzelową siewek sosny. Z kolei Grosch i in. (2006) zaproponowali trzy szczepy gatunku *Trichoderma* (Pers.) jako obiecujące biologiczne środki ograniczania patogenu *R. solani*. Metody biologiczne są najmniej inwazyjne i szkodliwe dla środowiska naturalnego, jednakże efektywność ich stosowania wciąż stanowi pole do dyskusji ekspertów w tej dziedzinie.

Spośród powszechnie znanych metod mechanicznych wymienić należy przede wszystkim kosztowną i energochłonną metodę parowania gleby systemem rur i kotła (Rutkowski 1995). Zabieg ten wielokrotnie modyfikowano w celu popra-

wy jego efektywności, m.in. poprzez parowanie spulchnionej gleby pod folią, lecz głębokość skutecznego działania zabiegu ograniczona jest do 25 cm w głąb podłoża (Górski 2006). Prowadzone są również ciągle badania nad ograniczeniem występowania zgorzeli siewek z użyciem promieniowania ultrafioletowego (Słowiński 2011) oraz nad wpływem promieniowania mikrofalowego na wzrost siewek sosny i występowanie *R. solani* (Słowiński, Stępniewska 2010).

Pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica* L. jest powszechnie stosowana jako biologiczny środek ochrony roślin, m.in. w zwalczaniu owadów (mszyc, przędziorków) oraz grzybów (szarej pleśni i mączniaka). Udowodniono również jej skuteczność w zwalczaniu patogenu *R. solani* (Hadizadeh et al. 2009). Ponadto, jako roślina będąca wskaźnikiem żyzności gleby, rosnąca najchętniej na glebie bogatej w azot, pokrzywa jest bogatym źródłem substancji odżywczych (Asgarpanah, Mohajerani 2012), mogących potencjalnie wzbogacić substrat szkółkarski.

2. Cel i zakres badań

Celem opracowania było zbadanie możliwości wykorzystania czterech rodzajów materiału roślinnego, zarówno w formie rozdrobnionej, jak i granulowanej, jako naturalnego sposobu na wzbogacenie podłoża szkółkarskiego w składniki odżywcze oraz grzyby mykoryzowe, co powinno wpłynąć pozytywnie na proces i tempo kiełkowania nasion oraz wczesnego rozwoju siewek sosny zwyczajnej.

Wykazanie skuteczności badanej materii organicznej w szeroko pojmowanym użyźnianiu podłoża szkółkarskiego pozwoliłoby na ograniczenie stosowania nawozów sztucznych, których produkcja, biorąc pod uwagę skalę krajowego szkółkarstwa leśnego, stanowi istotne obciążenie dla środowiska naturalnego.

3. Metodyka

Do przeprowadzenia badań pobrano 4 typy materiału organicznego:

- pędy i liście pokrzywy zwyczajnej,
- ściółę iglastą – ze względu na potwierdzone występowanie w niej grzybów mykoryzowych (Sayer 2006), wspomagających wzrost roślin,
- ściółę liściastą – j.w.,
- torf wysoki.

Pędy pokrzywy zebrano w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzeki Warty w Myszkowie w dniu 9 czerwca 2016 r. W celu ograniczenia zawartości włókien celulozowych pobierano wyłącznie wierzchołkową część roślin w postaci niezdrewniałego pędu wraz z liśćmi, z pominięciem dolnego, zdrewniałego fragmentu pędu oraz korzenia. Obecność włókien była niepożądana w procesie rozdrabniania, a następnie granulowania materiału roślinnego.

Ściółę iglastą (świerkową) oraz liściastą (głównie bukową) pobrano w drzewostanach w okolicach Lasu Wolskiego w Krakowie w dniu 16 czerwca 2016 r. Materiał nie zawierał próchnicy ani większych elementów, takich jak szyszki lub gałęzie, które utrudniłyby jego rozdrobnienie.

Zbiór wszystkich trzech rodzajów materiału roślinnego dokonano w kilku losowo wybranych punktach, w celu wyeliminowania błędu wynikającego z lokalnych uwarunkowań.

W lipcu 2016 r. w gospodarstwie szkółkarskim w Nędzy (Nadleśnictwo Rudy Raciborskie) pobrano czysty torf wysoki, stanowiący czwarty typ materiału organicznego.

Wszystkie cztery typy materiału domieszkowego poddano procesowi suszenia w kopertach z użyciem wagosuszarki laboratoryjnej w temperaturze nieprzekraczającej 38°C, w celu uzyskania wilgotności na poziomie 18%. Celowo nie stosowano wyższych temperatur, aby nie doprowadzić do uszkodzenia materiału roślinnego ani potencjalnie występujących w nim grzybów mykoryzowych. Zastosowana temperatura nie hamuje aktywności organizmów patogenicznych występujących w materiale roślinnym. Z badań przeprowadzonych w 2016 r. na przykładzie patogenu *R. solani* wynika, iż podobne temperatury nie mają negatywnego wpływu na występowanie oraz rozwój grzybów (Nagrodzka et al., 2016). Wszystkie 4 rodzaje materiału rozdrobniono w młynie do biomasy roślinnej.

Każdą z domieszek roślinnych umieszczono w trzech cylindrach o pojemności 1 litra i dokonano pomiaru gęstości objętościowej każdej z prób na uprzednio skalibrowanej wadze. Z uzyskanych wyników pomiaru obliczono średnią arytmetyczną.

Następnie część każdego rodzaju materiału roślinnego poddano granulowaniu z użyciem matrycy o ujednocionej średnicy końcowej produktu. Zastosowano w tym celu urządzenie z zamontowaną matrycą płaską. Była to linia pelletująca firmy Kovo Novak MGL 200, o maksymalnej wydajności 150 kg/h. Po procesie granulowania materiału roślinnego ponownie zmierzono jego gęstość objętościową.

Kolejnym etapem prac było umycie i wyjałowienie skażonym alkoholem etylowym 180 doniczek o pojemności 500 ml. Do każdej z doniczek wprowadzono w jednakowej ilości niemykoryzowany substrat szkółkarski, będący mieszkanką torfu wysokiego (90%) z perlitem (10%) – także pozyskanym w gospodarstwie szkółkarskim w Nędzy. Następnie odmierzono

na wadze elektronicznej po 2,5 g każdej z 8 przygotowanych domieszek organicznych (4 typy domieszek w 2 formach) w 20 powtórzeniach. Poszczególne naważki wprowadzono do substratu w 20 doniczkach, nie dopuszczając do jego zanieczyszczenia oraz nadmiernego przesuszenia. Dzięki temu uzyskano 9 wariantów podłoża do wysiewu nasion, każdy po 20 doniczek: substrat torfowo-perlitowy bez domieszki (próba kontrolna), substrat z rozdrobnioną pokrzywą, substrat z rozdrobnioną ściółą iglastą, substrat z rozdrobnioną ściółą liściastą, substrat z rozdrobnionym torfem, substrat z granulowaną pokrzywą, substrat z granulowaną ściółą iglastą, substrat z granulowaną ściółą liściastą oraz substrat z granulowanym torfem.

W dniu 12 maja 2016 r. do każdego z wariantów podłoża wprowadzono po 10 nasion sosny zwyczajnej klasy I (razem 200 szt.), uprzednio wysterylizowanych z użyciem 70% alkoholu etylowego, wg metody Nawrot-Chorabik (2016).

Tak napełnione zestawy umieszczono w fitotronie z programowalnym systemem automatycznego nawadniania. System nawadniający zaprogramowano w sposób uniemożliwiający wyschnięcie nasion (intensywność oprysku ok. 40 ml/donickę/dobę). Zbiornik z agregatem wypełniono wodą i zabezpieczono w sposób uniemożliwiający jej zanieczyszczenie, celem uniknięcia niedrożności w układzie spryskiwaczy i nierównomiernego rozprowadzania wody.

Następnie przez kilka tygodni prowadzono systematyczne obserwacje nad przebiegiem kiełkowania nasion oraz wzrostu siewek. Co kilka dni odnotowywano informacje na temat ilości zdrowych oraz porażonych zgorzelą siewek w poszczególnych doniczkach. Okres trwania doświadczenia dostosowano do czasu niezbędnego do zaobserwowania objawów chorobowych, powodowanych przez zgorzel.

4. Wyniki badań i ich analiza

Wyniki pomiaru gęstości objętościowej materiału roślinnego, zarówno przed, jak i po procesie granulowania, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Gęstość objętościowa materiału roślinnego przed i po procesie granulowania

Table 1. Volumetric of plant material before and after the granulating process

Numer pomiaru Survey number	Gęstość objętościowa materiałów (g/cm ³) Bulk density of materials (g/cm ³)							
	Dodatek rozdrobniony Crushed admixture				Dodatek w formie granulatu Granulated admixture			
	Pokrzywa Nettle	Ściół liściasta Hardwood litter	Ściół iglasta Softwood litter	Torf Peat	Pokrzywa Nettle	Ściół liściasta Hardwood litter	Ściół iglasta Softwood litter	Torf Peat
I	0,141	0,031	0,048	0,182	1,411	0,236	0,511	1,900
III	0,133	0,024	0,041	0,189	1,321	0,247	0,529	1,940
III	0,136	0,021	0,046	0,199	1,524	0,264	0,517	1,990
Średnia: Average:	0,137	0,025	0,045	0,190	1,419	0,249	0,519	1,943

Materiał roślinny poddany granulacji w porównaniu z materiałem roślinnym rozdrobnionym charakteryzuje się około 10-krotnie większą gęstością objętościową (pokrzywa, ściółka liściasta oraz torf). Dla ściółki iglastej ten parametr jest jeszcze wyższy, bo sięga niemal 11,5. Zwiększenie gęstości objętościowej materiału jest równoznaczne ze zmniejszeniem jego objętości.

Liczebność zdrowych oraz porażonych zgorzelą siewek, stwierdzoną podczas okresowych obserwacji, a także daty ich pomiarów, zobrazowano graficznie na rycinach 1 i 2.

Zdrowotność siewek sosny zdecydowanie najslabiej kształtowała się na podłożu z domieszką materiału organicznego, pochodzącego z pokrzywy zwyczajnej. Najmniejszą liczbę siewek o dobrym stanie zdrowotnym (zaledwie 34 z 200) odnotowano w podłożu z dodatkiem rozdrobnionej pokrzywy. Wprowadzenie domieszki pokrzywowej w formie granulowanej pozwoliło na uzyskanie tylko nieznacznie wyższego wyniku (44 z 200).

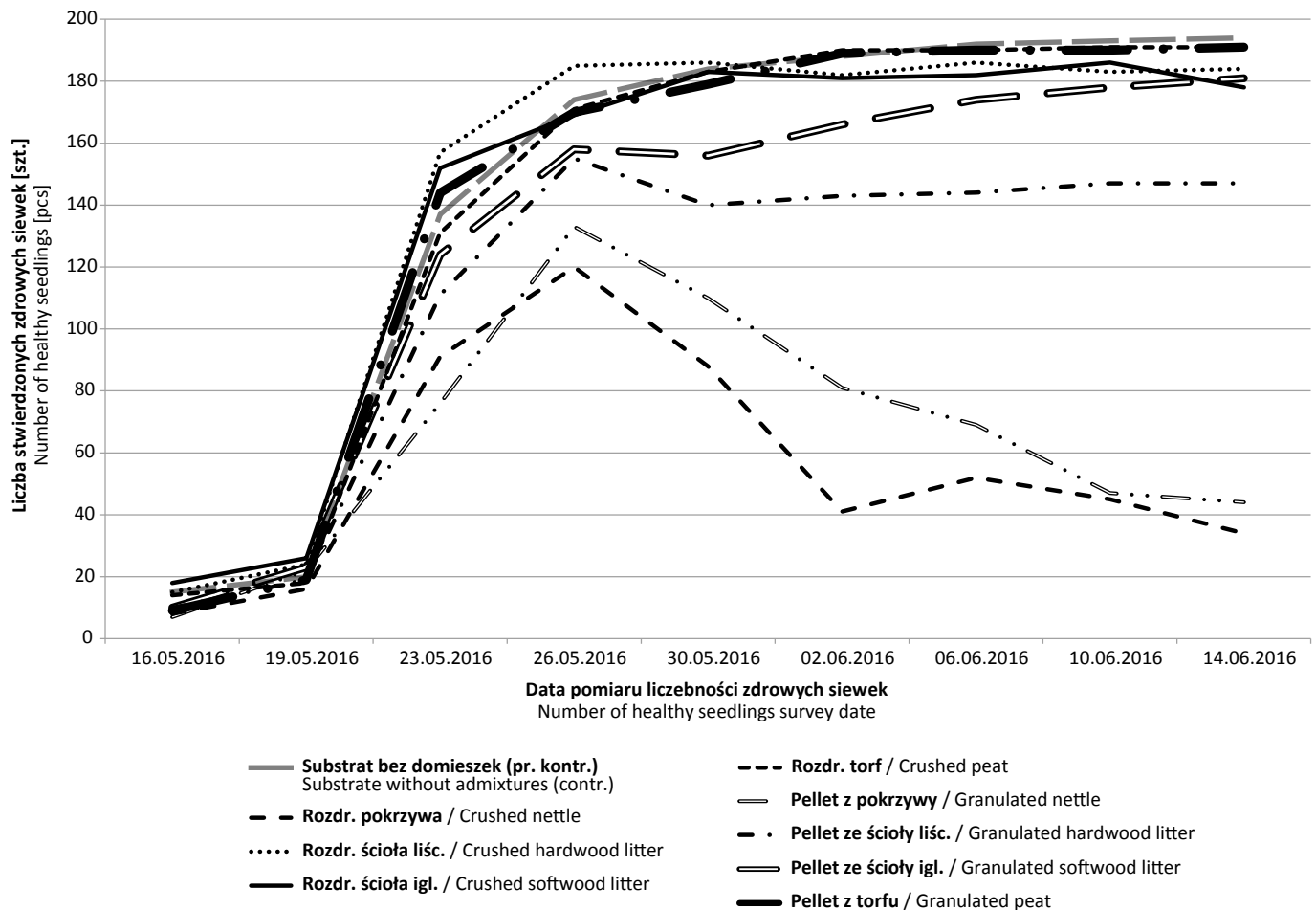
Lepsze rezultaty uzyskano w przypadku użycia substratu z domieszką granulatu ze ściółki liściastej. Liczba siewek zdrowych kształtowała się na poziomie ponad 4-krotnie wyższym niż na podłożu wzbogaconym w materiał z pokrzywy (147 z 200). W dalszym ciągu jednak uży-

skany wynik nie jest satysfakcjonujący z punktu widzenia produkcji szkółkarskiej.

Aplikacja materiału roślinnego, zarówno z pokrzywy (obie formy), jak i z granulowanej ściółki liściastej, spowodowała spadek zdrowotności siewek do poziomu znacznie poniżej próby kontrolnej (substrat torfowo-perlitowy bez domieszki).

Wszystkie pozostałe domieszki roślinne (rozdrobniona ściółka liściasta, obie formy ściółki iglastej oraz obie formy torfu) umożliwiły wyhodowanie zdrowego materiału roślinnego na poziomie niemal 90% wsadu nasiennego, przy czym różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami materiału były zdecydowanie mniejsze (od 178 do 191 zdrowych siewek z 200 nasion). Pomimo podobieństwa uzyskanych wyników, żaden ze wzbogaconych substratów nie pozwolił na wyhodowanie tak dobrego materiału roślinnego, jak podłoże stanowiące próbę kontrolną (194 zdrowe siewki z 200).

Zgromadzone dane poddano analizie statystycznej. Rozkład zmiennej liczebności siewek zdrowych okazał się różny od rozkładu normalnego, zastosowano więc test nieparametryczny Kruskala-Wallisa. Dla zgromadzonych danych uzyskano współczynnik p na poziomie 0,0044, a zatem istnieją podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej o równości dystrybuant w porównywanych grupach.



Rycina 1. Liczebność zdrowych siewek sosny zwyczajnej w zależności od rodzaju substancji organicznej wprowadzonej do podłoża
Figure 1. The number of healthy Scots pine saplings depending on the type of organic substance introduced into the ground

5. Dyskusja i podsumowanie wyników

Podłoża wzbogacone różnymi domieszkami oceniono na podstawie dwóch zbadanych empirycznie cech: liczby prawidłowo rozwijających się siewek sosny oraz liczby roślin porażonych zgorzelą. Obie wspomniane cechy nie są ze sobą równoznaczne, ze względu na wystąpienie przypadków nieskiełkowania pewnej liczby nasion. Przed wysiewem wszystkie nasiona poddano procesowi sterylizacji, dlatego wykluczono możliwość wystąpienia zgorzeli przedwzrostowej, natomiast brak procesu kiełkowania mógł być spowodowany jedynie uszkodzeniem nasion. Biorąc pod uwagę fakt, iż wszystkie nasiona zostały pobrane ze wspólnego zasobu, autorzy przyjęli założenie, iż takie uszkodzenie ma charakter wyłącznie losowy.

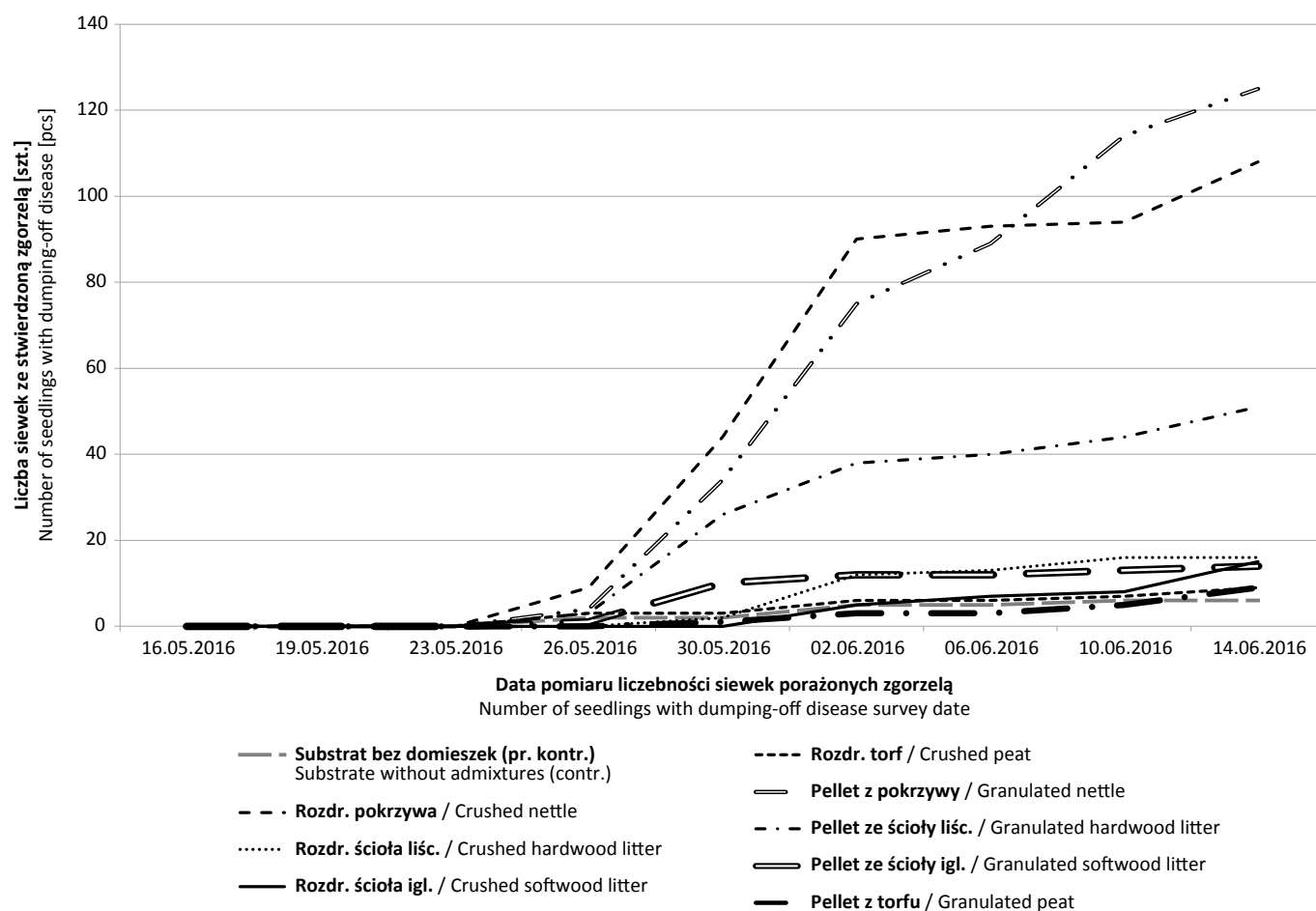
Wpływ stosowanych w doświadczeniu domieszek roślinnych na kiełkowność nasion i rozwój siewek sosny zwyczajnej, tak odmienny od oczekiwanego, może wynikać z faktu, iż wraz z aplikacją nieprzetworzonego termicznie materiału roślinnego do podłoża mogły dostać się zawarte w roślinach organizmy patogeniczne, powodujące zgorzel siewek. Ze względów sanitarnych podłoża szkółkarskie w gospodarstwie w Nędzy jest poddawane działaniu wysokiej temperatury, co

oznacza, iż jest wolne od obecności organizmów patogenicznych, a wszelkie różnice w kiełkowności nasion i rozwoju siewek są spowodowane czynnikami trzecimi, w tym przypadkiem domieszką do podłoża.

Prawdopodobnie proces suszenia materiału domieszkowego w temperaturze powyżej zastosowanych 38°C pozwoliłby na sterylizację materiału z organizmów patogenicznych, jednak mogłoby to jednocześnie zahamować pożądaną aktywność grzybów mykoryzowych.

Negatywny wpływ pokrzywy na kiełkowanie nasion i wzrost siewek roślinnych znajduje częściowe potwierdzenie w wynikach przeprowadzonych w Hiszpanii w 2016 r. badań nad możliwością wzbogacenia podłoża do hodowli ziemniaka *Solanum tuberosum* L. w rolnictwie ekologicznym, z wykorzystaniem płynnej zawiesiny z pokrzywy. Badania te nie wykazały pozytywnego wpływu zawiesiny nie tylko na wielkość plonów, ale także na zawartość chlorofilu w nadziemnej części roślin oraz na obecność szkodników i chorób w organicznych uprawach ziemniaka (Garmendia et al. 2018).

Próba wzbogacenia podłoża szkółkarskiego w ściółę drzewną także nie zawsze przynosi rezultaty zgodne z oczekiwaniami. Wykazano to w Zimbabwie po zbadaniu wpływu ścióły, pochodzącej z opadu liści rodzimych gatunków drzew



Rycina 2. Liczebność siewek sosny zwyczajnej porażonych zgorzelą w zależności od rodzaju substancji organicznej wprowadzonej do podłoża

Figure 2. The number of Scots pine saplings infected with dumping-off depending on the type of organic substance introduced into the ground

Brachystegia spiciformis Benth. (miombo) oraz *Leucaena leucocephala* Lam. de Witt, na wzrost i rozwój kukurydzy zwyczajnej *Zea mays*. Ściółę dodawano do podłoża bez dodatkowych domieszek lub w formie mieszaniny z nawozem NPK oraz obornikiem, w różnych kombinacjach. Ściółę z drzewa *Leucaena leucocephala* spowodowała wyraźny spadek suchej masy nadziemnej części rośliny oraz plonów ziarna w stosunku do próby kontrolnej. Nieco lepsze wyniki uzyskano przy zastosowaniu mieszanki ścióły z drzewa miombo z nawozem oraz samego nawozu, jednak wyniki nie przewyższały wyraźnie próby kontrolnej. Tym samym nie udowodniono pozytywnego wpływu ścióły drzewnej na wzrost produktywności siedliska przy uprawie kukurydzy zwyczajnej (Nyathi et al. 1995).

Odmienne wyniki uzyskano na Uniwersytecie Rolniczym w Bangladeszu, przy badaniach przydatności różnych rodzajów ścióły we wzbogacaniu podłoża, wykorzystywanego w produkcji rolnej. Badania takie przeprowadzono na podstawie pomiarów wysokości nadziemnej części szarlatu wyniosłego *Amaranthus cruentus* L., powszechnie występującego w południowej Azji. Autorzy badań wykazali znaczący wpływ ścióły na zmniejszenie kwasowości podłoża oraz wyraźne zwiększenie zawartości mikrośladków w podłożu (N, P, K), co znalazło odzwierciedlenie we wzroście wysokości nadziemnej części rośliny. Co prawda efekty stosowania takiej domieszki dalekie były od tych uzyskanych przy zastosowaniu nawozów chemicznych, ale za to znacząco przewyższały efekty uzyskane na podłożu niewzbogaconym, stanowiącym próbę kontrolną (Sarkar et al. 2010). Autorzy badań zasugerowali nawet, iż ściółę drzewną może być z powodzeniem stosowana jako ekologiczny substytut nawozów chemicznych, stosowanych w hodowli warzyw liściastych.

Otrzymane wyniki nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie zależności w skuteczności stosowania poszczególnych form materiału domieszkowego – rozdrobnionego lub granulowanego. W większości przypadków obie formy pozwoliły na uzyskanie wyników na zbliżonym poziomie. Świadczy to o tym, iż proces granulowania, pomimo narażenia biomasy na wysoką temperaturę oraz ciśnienie, nie musi powodować zmian właściwości wzbogacających domieszki.

Wyjątkiem od tej reguły okazała się ściółę liściasta, dla której zdecydowanie gorsze wyniki uzyskano przy użyciu materiału granulowanego niż rozdrobnionego. Jest to zastanawiające o tyle, iż granulaty był przecież tym samym rozdrobnionym materiałem roślinnym, który później został jedynie poddany określonym procesom fizycznym (prasowaniu ciśnieniowemu i wysokiej temperaturze). Przypadek ten pokazuje, iż poznanie zależności pomiędzy granulowaniem materiału roślinnego a utratą jego właściwości biologicznych wymaga przeprowadzenia odrębnych badań. Dla potrzeb niniejszego opracowania nie ma to jednak większego znaczenia z uwagi na fakt, iż obie formy aplikacji ścióły liściastej okazały się nieskuteczne we wzbogacaniu podłoża szkółkarskiego.

Proces granulowania biomasy pozwolił niemal dziesięciokrotnie zwiększyć jej gęstość objętościową, co jest równoznaczne ze zmniejszeniem jej objętości. W przypadku

wykazania skuteczności badanych domieszek we wzbogacaniu podłoża miałyby to kluczowe znaczenie dla procesu magazynowania substratu w gospodarstwach szkółkarskich. Substrat granulowany zajmuje zdecydowanie mniejszą powierzchnię magazynową, co może realnie przełożyć się na aspekt finansowy funkcjonowania przechowalni (mniejsza projektowana powierzchnia magazynów przekłada się bezpośrednio na oszczędności na etapie inwestycyjnym, koszty administrowania budynkiem, wysokość podatku od nieruchomości itp.).

Na podstawie uzyskanych wyników wnioskować można, iż:

1) Żadna z czterech domieszek wprowadzonych do podłoża, bez względu na formę jej aplikacji, nie wpłynęła pozytywnie na kiełkowanie nasion i wczesny rozwój siewek sosny zwyczajnej.

2) Największą liczbę zdrowych i prawidłowo rozwijających się siewek odnotowano w doniczkach stanowiących próbę kontrolną, tj. wypełnionych substratem torfowo-perlitowym bez domieszki.

3) Pierwsze objawy chorobowe występowały we wszystkich wariantach, nie wcześniej niż po 14 dniach od wysiewu nasion.

4) Proces granulowania materiału roślinnego pozwolił na 10-krotne zwiększenie jego gęstości objętościowej, co jest równoznaczne ze zmniejszeniem jego objętości.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródła finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2004. Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w uprawie założonej z sadzonek w różnym stopniu zmikoryzowanych. *Acta Scientiarum Polonorum Silvorum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 3: 5–15.
- Asgarpanah J., Mohajerani R. 2012. Phytochemistry and pharmacologic properties of *Urtica dioica* L. *Journal of Medicinal Plants Research* 6(46): 5714–5719. DOI 10.5897/JMPR12.540.
- Buraczyk W., Szeligowski H., Drozdowski S., Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2012. Wpływ wilgotności i gatunku gleby na wzrost mikoryzowanych sadzonek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Leśne Prace Badawcze* 73(1): 57–64. DOI 10.2478/v10111-012-0006-4.
- Dziadowiec H. 1990. Rozkład ściółek w wybranych ekosystemach leśnych (mineralizacja, uwalnianie składników pokarmowych, humifikacja), w: *Rozprawy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika*, Toruń, 117–133. ISBN 8323102287.
- Garmendia A., Raigón Dolores M., Marques O., Ferriol M., Royo J., Merle H. 2018. Effects of nettle slurry (*Urtica dioica* L.) used as foliar fertilizer on potato (*Solanum tuberosum* L.) yield and plant growth. *Journal of Life and Environmental Sciences* 6: e4729. DOI 10.7717/peerj.4729.

- Górski R. 2006. Aparatura do ochrony roślin uprawianych pod osłonami (cz. V). Urządzenia do termicznej dezynfekcji gleby lub podłoża. *Hasło Ogrodnicze* 1.
- Grosch R., Scherwinski K., Lottmann J., Berg G. 2006. Fungal antagonists of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*: selection, control efficacy and influence on the indigenous microbial community. *Mycological Research* 110:1464–1474. DOI 10.1016/j.mycres.2006.09.014.
- Hadizadeh I., Peivastegan B., Kolahi M. 2009. Antifungal Activity of Nettle (*Urtica dioica* L.), Colocynth (*Citrullus colocynthis* L. Schrad), Oleander (*Nerium oleander* L.) and Konar (*Ziziphus spina-christi* L.) Extracts on Plants Pathogenic Fungi. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12: 58–63. DOI 10.3923/pjbs.2009.58.63.
- Hamera-Dzierżanowska A. 2014. Aktualna sytuacja dotycząca środków ochrony roślin w leśnictwie. Konferencja PTL „Aktualne problemy ochrony lasu-2014” 22–24.10.2014 r. Ustroń-Jaszowiec.
- Hilszczańska D. 2000. Wpływ podłoża szkółkarskich na rozwój mikoryz sosny *Pinus sylvestris* L. *Sylwan* 144(4): 93–97.
- Klimek A., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Długosz J., Kuss M. 2011. Wykorzystanie próchnicy leśnej do rewitalizacji gleby w rocznym cyklu produkcji sadzonek sosny zwyczajnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 6: 175–186.
- Mańka K. 2005. Fitopatologia Leśna. PWRiL, Warszawa, 394 s. ISBN 8309017936.
- Mańka K., Mańka M. 1993. Choroby drzew i krzewów leśnych. Oficyna Edytorska Wydawnictwo Świat, Warszawa, 86 s.
- Mańka M., Mroczkiewicz K. 1991. A contribution to *Mycelium radialis atrovirens* Melin occurrence in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) roots. *Phytopathologia Polonica* 2: 102–105.
- Nagrodzka K., Moliszewska E., Grata K., Nabrdalik M. 2016 Biologiczna kontrola *Rhizoctonia solani* AG 2-2IIIB przez metabolity *Bacillus subtilis*. *Proceedings of ECOpole* 10(2). DOI 10.2429/proc.2016.10(1)081.
- Nawrot-Chorabik K. 2016. Plantlet regeneration through somatic embryogenesis in Nordmann's fir (*Abies nordmanniana*). *Journal of Forestry Research* 27(6): 1219–1228. DOI 10.1007/s11676-016-0265-7.
- Nyathi P., Campbell B.M. 1995. Interaction Effect of Tree Leaf Litter, Manure and Inorganic Fertilizer on the Performance of Maize in Zimbabwe. *African Crop Science Journal* 3(4): 451–456.
- Rutkowski K. 1995. Energochłonność termicznej dezynfekcji podłoża szklarniowego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 415: 321–328.
- Sarkar U.K., Saha B.K., Goswami C., Chowdhury M.A.H. 2010.. Leaf litter amendment in forest soil and their effect on the yield quality of red amaranth. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 8(2): 221–226.
- Sayer E.J. 2006. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews* 81: 1–31. DOI 10.1017/S1464793105006846.
- Słowiński K. 2011. Promieniowanie ultrafioletowe w ograniczaniu zgorzeli siewek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Inżynieria Rolnicza* 6(131): 207–213.
- Słowiński K., Stępniewska H. 2010. Efekt oddziaływania promieniowania mikrofalowego na poziom zagrożenia siewek sosny przez *Rhizoctonia solani* i na cechy wzrostowe siewek. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych* 14: 143–152.
- Szabla K. 2009. Hodowlane i ekonomiczne aspekty produkcji materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym poddanego zabiegowi sterowanej mikoryzacji. *Sylwan* 153(4): 253–259.
- Szabla K., Pabian R. 2003. Szkółkarstwo kontenerowe. Warszawa, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, 213 s.

Wkład autorów

D.K. – przegląd literatury, pisanie, zestawienie danych, analiza statystyczna, interpretacja wyników, przygotowanie manuskryptu, redagowanie; K.S. – koncepcja, założenia, metody, korekta, koordynacja badań; J.K. – realizacja badań problemowych, obsługa sprzętu badawczego, weryfikacja danych w tabelach.