

## Wpływ nawozów i fungicydów na kiełkowanie nasion oraz początkową fazę rozwoju siewek olszy czarnej *Alnus glutinosa* (Gaertn.)

The impact of fertilisers and fungicides on seed germination and the initial phase of seedling growth in black alder *Alnus glutinosa* (Gaertn.)

Mateusz Będkowski\* , Włodzimierz Buraczyk 

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk Leśnych, Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159;  
02–776 Warszawa, Polska

\*Tel. +48 601099400, e-mail: mateusz\_bedkowski@sggw.edu.pl

**Abstract.** To test the influence of selected fertilisers and fungicides on the germination of black alder seeds and the initial phase of seedling growth, we conducted a laboratory experiment outlined in this paper. Six treatments were applied on petri dishes each containing 30 seeds. The substrate for germination was sterile filter paper wetted with an aqueous solution of either one of two fungicides, two organic fertilisers, a mineral fertiliser or distilled water (control). Fungicides and fertilisers were applied according to the manufacturers' recommendations. In order to keep genetic variability to a minimum, seeds originated from a single tree in a seed stand located in the Chotyłów Forest District, eastern Poland. Germination and growth took place at a temperature of  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  with a 14 h/10 h day/night cycle. Seeds began to germinate as early as the second day after sowing, except for the mineral fertiliser treatment, in which the first sprouting was observed on day 3. Seedling length was measured daily from the day of germination of a given seed through to day 15. Germination was found to proceed most rapidly in the control, while the largest increments in length and dry mass occurred in the control and fertiliser treatment with the so-called N1 fertiliser (solely comprising growth stimulators in the form of humic acids, chitosan and silicon). The most limited growth was observed under the influence of the F1 fungicide (active compound *Thiram*) as well as the organic fertiliser N2 (a mixture of mineral components and organic growth stimulators). Roots were found to develop most rapidly in the control and in the treatment with N1 (no mineral components). These are also the only two treatments in which the roots were longer than the stems after 15 days.

Fertiliser N2 was found to have the most unfavourable influence on both, germination and the first phase of seedling development. The fact that selected fertilizers and fungicides affected black alder seeds and seedlings under laboratory conditions does not mean that they will have an impact under field conditions or on other forest tree species. Therefore, this type of research will need to be conducted individually for each forest tree species.

**Keywords:** organic fertilisers, fungicides, germination, dynamics of seedling growth, dry mass of seedlings, *Alnus glutinosa*

**Słowa kluczowe:** bionawozy, fungicydy, kiełkowanie nasion, dynamika wzrostu sadzonek, sucha masa siewek, *Alnus glutinosa*

### 1. Wstęp

Większość gatunków leśnych wykazuje dużą wrażliwość na patogeny żyjące w środowisku glebowym, do których należy zaliczyć przede wszystkim grzyby zgorzelowe, masowo uśmiercające siewki od momentu rozpoczęcia procesu kiełkowania nasion do kilku pierwszych tygodni życia roślin. Jest to okres, gdy siewki korzystają tylko z substancji zapasowych zgromadzonych w tkankach nasion i nie występuje jeszcze symbioza z grzybami mykoryzowymi. W szkółkach leśnych do bezpośredniego zabezpieczenia przed zgorzelą

grzybową stosuje się zaprawianie nasion przed siewem oraz opryski siewek fungicydami. Stosowanie częstych oprysków pestycydami zabezpiecza siewki przed zgorzelami, ale niekorzystnie wpływa na glebę, potęgując tzw. efekt „zmęczenia gleby” (Prusinkiewicz et al. 1983).

Obecnie pojawiła się formalna bariera ograniczająca stosowanie substancji chemicznych w leśnictwie, w tym fungicydów w szkółkach leśnych. Do naturalnych substancji organicznych, hamujących zgorzel grzybową w szkółkach leśnych, należy zaliczyć wyciągi wodne z cebuli i czosnku, których przygotowanie we własnym zakresie

Wpłynęło: 28.05.2020 r., recenzowano: 2.07.2020 r., zaakceptowano: 15.07.2020 r.

jest pracochłonne i kłopotliwe. Wymusza to poszukiwanie nowych preparatów ograniczających rozwój patogenów nasion i siewek drzew leśnych. Wzorumując się na produkcji rolniczej, coraz częściej testuje się i produkuje różne biopreparaty lub inne substancje niebędące typowymi pestycydami do stymulacji wzrostu i zabezpieczania sadzonek przed patogenami grzybowymi. Na rynku pojawił się preparat, zawierający między innymi chitozan, który powstaje z chityny skorupiaków morskich w wyniku jej częściowej deacetylacji (Borkowski, Dyki 2004; Placek et al. 2009). Chitozan jest nietoksyczny, biokompatybilny, biodegradowalny i charakteryzuje go wysoka sorpcyjność (Raafat, Sahl 2009). Wpływ chitozanu na rozwój roślin ogrodniczych badano wielokrotnie (Wojdyła, Orlikowski 1997; Borkowski, Kowalczyk 1999; Placek et al. 2009, Borkowski, Uliński 2012), natomiast rzadko – na rozwój drzew leśnych, głównie w szkółkach leśnych (Duda et al. 2003; Stocka 2008; Aleksandrowicz-Trzcińska 2013). Brak jest takich badań nad olszą czarną *Alnus glutinosa* (Gaertn.), prowadzonych w warunkach laboratoryjnych. Wyniki analizy wpływu chitozanu wskazują, że zwiększa on odporność roślin na różne choroby grzybowe nalistne i glebowe (Wojdyła, Orlikowski 1997; Pięta et al. 1998; Solarska et al. 1998; Borkowski, Kowalczyk 1999; Pięta, Pastucha 2002; Ben-Shalom et al. 2003; Placek et al. 2009) oraz hamuje rozwój grzybów i bakterii (Borkowski, Dyki 2003).

Oprócz chitozanu w biopreparatach występują również kwasy humusowe. Są one specyficznymi, bezpostaciowymi substancjami, naturalnie występującymi w środowisku wodnym i lądowym. W glebie powstają wskutek procesu humifikacji, któremu podlega martwa materia organiczna (Dziadowiec 2003). Kwasy humusowe posiadają bezpośredni lub pośredni wpływ na rośliny uprawne. Wpływ pośredni dotyczy poprawy właściwości środowiska glebowego, natomiast bezpośredni związany jest z pobieraniem substancji huminowych przez rośliny i indukowaniem procesów biochemicznych (Katkat et al. 2009). Właściwości biostymulujące biopreparatów wynikają z obecności kwasów huminowych i fulwowych, chitozanu oraz krzemu (Gawrońska, Przybysz 2011).

W niniejszej pracy oceniono wpływ wybranych preparatów chemicznych na kiełkowanie nasion i rozwój siewek olszy czarnej w warunkach laboratoryjnych. Wybrano ten gatunek drzewa, gdyż ma on znaczenie gospodarcze w Polsce oraz ze względu na znaczne zagrożenie fytoftorą (chorobą powodowaną przez grzyby pierwotne z rodzaju *Phytophthora* spp.), która jest niezwykle groźna dla nasion i siewek olszy czarnej (Haque, Diez 2012), ale też i innych gatunków lasotwórczych (Oszako 2005).

## 2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono w 2017 roku w laboratorium Katedry Hodowli Lasu Instytutu Nauk Leśnych SGGW w Warszawie. W eksperymencie wykorzystano nasiona zebrane w listopadzie 2014 r. w 100-letnim gospodarzynie

drzewostanie nasiennym (GDN) w Nadleśnictwie Chotyłów, w Leśnictwie Wólka Dobryńska (oddział 125i). Po zbiorze nasiona podszuszono do wilgotności 8–9% i do czasu wysiania przechowywano w szczelnie zamkniętym pojemniku w temperaturze -3°C. W celu wyeliminowania wpływu zmienności genetycznej, nasiona pochodziły z jednego drzewa i charakteryzowały się wysoką zdolnością kiełkowania.

Doświadczenie składało się z sześciu wariantów. Podłoża do kiełkowania nasion stanowiły sterylne bibuły, które były nawilżane podsiąkowo następującymi roztworami wodnymi:

- F1 – fungicyd 1 (zaprawa nasienna) z substancją czynną Tiuram 75% (związek z grupy ditiokarbaminianów) stosowany do ograniczania chorób powodowanych przez patogeny grzybowe bytujące w glebie i na okrywach nasion;
- F2 – fungicyd 2 z substancją czynną Tiofanat metylowy 41,7% (związek z grupy benzimidiazoli) stosowany do zaprawiania nasion i odkażania gleby;
- N1 – bionawóz (stymulator wzrostu) zawierający kwasy humusowe, chitozan i krzem, przeznaczony do nawożenia roślin oraz poprawy jakości gleby, zaś obecność chitozanu wpływa stymulująco na wzrost roślin (pęd i korzeń). Bionawóz nie zawiera mikro- i makroelementów;
- N2 – bionawóz zawierający mikroelementy takie jak: bor–1,7%, żelazo–0,4%, miedź–0,1%, cynk–0,1%, mangan–0,1% i kobalt–0,022% rozpuszczone w kwasach humusowych z chitozaniem, poprawia właściwości gleby, stymuluje wzrost roślin i dostarcza im składniki pokarmowe;
- N3 – wieloskładnikowy nawóz mineralny, zawierający mikro- i makroelementy takie jak: azot–3%, potas–2%, żelazo–400 mg/l, mangan–170 mg/l, cynk–150 mg/l, miedź–70 mg/l, molibden–20 mg/l oraz siarkę, wapń i magnez;
- K – wariant kontrolny stanowiła woda destylowana pozbawiona jakichkolwiek związków organicznych i mineralnych.

Roztwory wodne preparatów zostały przygotowane według zaleceń producentów. W poszczególnych wariantach na 0,5 litra wody destylowanej zastosowano następujące dawki preparatów: F1 – 1,5 g, F2 – 1 ml, N1 – 2 ml, N2 – 2 ml, N3 – 2 ml.

Przed siewem każde nasiono zostało zważone przy wykorzystaniu precyzyjnej wagi laboratoryjnej (Sartorius), co pozwoliło na wyselekcjonowanie nasion zdrowych i w pełni wykształconych. Kolejnym wyznacznikiem jakości nasion była ocena wzrokowa stanu nasion z użyciem szkła powiększającego. W trakcie kiełkowania siewki zaczęły zrzucać okrywy nasienne. Delikatnie je oddzielano od liścieni siewek i suszono przez 48 godzin w temperaturze 40°C. Na podstawie masy suchej okrywy nasiennej obliczano masę zarodka poszczególnych nasion.

Pęseta używana do układania nasion i wyjmowania siewek była dezynfekowana środkiem odkażającym na bazie spirytusu, zaś szalki i bibuły przed założeniem doświadczenia były wyparzone w wysokiej temperaturze. Woda destylowana użyta w doświadczeniu pochodziła z jednego źródła, a nasiona układane na bibułach nie były odkażane.

Wybrane losowo i zważone nasiona w liczbie po 30 w każdym wariacie umieszczano za pomocą pęsety na bibułach, którymi były owinięte szalki Petriego. Nasiona układano w wyznaczonych miejscach na okrągłej tarczy w odległości około 3 cm od wyznaczonego poziomu roztworu. Odległość między poszczególnymi nasionami ułożonymi na okręgu wynosiła 2 cm. Nasiona układano tak, żeby kielki korzeniowe kierowały się ku roztworowi (w kierunku obwodu szalki), zaś pędy rosły w kierunku centralnej części szalki. Takie ułożenie kiełkujących nasion ułatwiało pomiar długości siewek. Kiełkowanie nasion i wzrost siewek odbywały się w komorze vegetacyjnej w temperaturze 23°C ( $\pm$  2°C) i przy 14-godzinnym sztucznym oświetleniu o natężeniu 20 000 lux i barwie światła 2000 K.

Pomiar każdej siewki prowadzono przez 15 kolejnych dni od momentu wykiełkowania nasiona na bibule. Codziennie wykonywano pomiary całkowitej długości siewek i uzupełniano roztwory wodne testowanych preparatów do poziomu wyznaczonego na szalkach. Po 15 dniach wzrostu siewki delikatnie zdjęto z bibuły, oddzielono część pędową od korzeniowej i wykonano pomiar długości pędów oraz korzeni. Następnie po suszeniu przez 48 godzin w temperaturze 40°C obie części każdej siewki zważono.

Ze względu na stabilność czynników warunkujących wzrost siewek w laboratorium, w analizach danych przyjęto, że w każdym wariacie powtórzeniem będą pojedyncze nasiona i siewki.

W programie Statgraphics Plus wykonano testy statystyczne ANOVA, sprawdzono istotność statystyczną poszczególnych parametrów siewek i wyznaczono grupy jednorodne za pomocą testu post hoc Duncana. Następnie utworzono grupy pochodzeń charakteryzujące się wielocechowym podobieństwem siewek na podstawie tempa kiełkowania nasion oraz parametrów siewek. W tym celu zastosowano grupowanie metodą Warda, a jako miarę podobieństwa wykorzystano kwadrat odległości Euklidesa (Jędrzejczak 1998).

### 3. Wyniki

#### 3.1. Parametry nasion

Średnio najlżejsze nasiona (1,75 mg) i zarodki nasion (0,75 mg) były w wariacie kontrolnym (K), a średnio najcięższe nasiona (1,98 mg) i zarodki nasion (0,89 mg) – w wariacie z bionawozem N2 z kwasami humusowymi i składnikami mineralnymi, jednak nie stwierdzono różnic statystycznych pomiędzy wariantami ( $p < 0,05$ ) (tab. 1).

#### 3.2. Przeżywalność nasion

W trzech wariantach doświadczenia (F2, N1 i N3) stwierdzono minimalny udział nasion nieskiełkowanych, a w dwóch (F1 i K) nasiona skiełkowały w 100%. W wariacie N2 nasiona skiełkowały również w 100%, lecz po kilku dniach pojawiła się pleśń, która spowodowała zamieranie większości siewek. Procent skiełkowanych nasion nie różnił się statystycznie pomiędzy wariantami (ryc. 1).

#### 3.3. Tempo kiełkowania nasion

Użyte preparaty miały istotny wpływ na tempo kiełkowania nasion olszy czarnej, które rozpoczęło się już drugiego dnia po wysiewie nasion. Kulminacja kiełkowania nastąpiła w trzecim dniu, kiedy większość nasion miała już widoczny kiełek. Wyjątkiem był wariant z nawozem mineralnym (N3), w którym nastąpiło przesunięcie czasowe tego procesu i nasiona zaczęły kiełkować w trzecim dniu, z kulminacją w czwartym dniu. Różnice między liczbą kiełkujących nasion w kolejnych dniach były istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ) (ryc. 2).

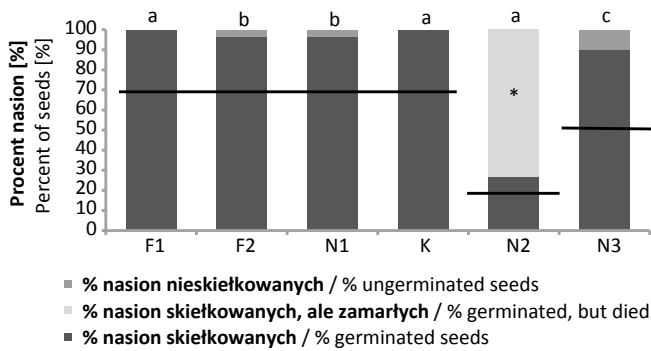
#### 3.4. Przebieg wzrostu siewek

Ze względu na szybkość rozwoju siewek w badaniu zaobserwowano trzy fazy przyrostu ich długości. Pierwsza faza

**Tabela 1. Masa nasion i zarodków użytych w doświadczeniu**

Table 1. Mass of seeds and embryos used in the experiment

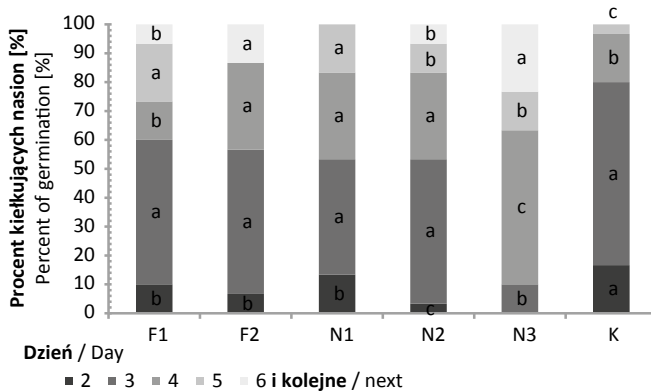
Wariant Variant	Liczba nasion [szt.] Number of seeds [pcs.]	Średnia masa nasion [mg] Average weight of seeds [mg]	Liczba zarodków [szt.] Number of embryos [pcs.]	Średnia masa zarodków [mg] Average weight of embryos [mg]
F1	30	1,96	30	0,85
F2	30	1,85	29	0,77
N1	30	1,91	29	0,84
N2	30	1,98	8	0,89
N3	30	1,97	30	0,86
K	30	1,75	26	0,75
p-value		0,0008		0,0020



**Rycina 1. Procent skielkowanych nasion potraktowanych fungycydami i bionawozami; liniami oznaczono grupy jednorodnie wariantów, w których nasiona skielkowały, a literami określono grupy wariantów, w których nasiona nie skielkowały**

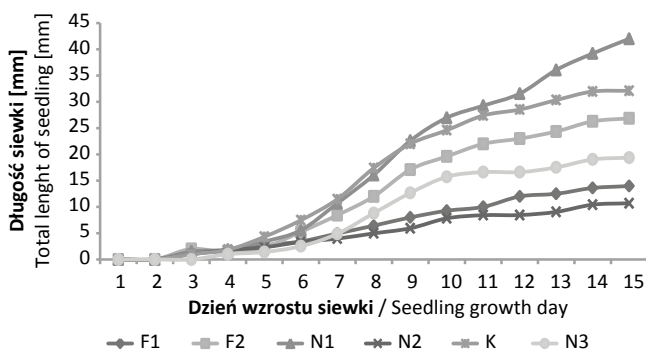
Figure 1. Germination of seeds treated with fungicides and biofertilisers the groups of homogeneous connections in which the seeds are selected are indicated by lines, and the letters indicate the groups of connections in which the seeds are not selected,

\* pojawienie się grzybów pleśniowych / the appearance of mold fungi



**Rycina 2. Udział kielkujących nasion w kolejnych dniach po wysiewie (2/3/4/5/6 i kolejne); literami określono jednorodnie statystycznie grupy wariantów, w kolejnych dniach kielkowania nasion**

Figure 2. Share of seeds germinating after sowing on days 2, 3, 4, 5, 6 and next; letters indicate statistically homogeneous groups of variants in the following days of seed germination



**Rycina 3. Przebieg przyrostu całkowitej długości siewek olszy czarnej**

Figure 3. Course of the increase in total length of black alder seedlings

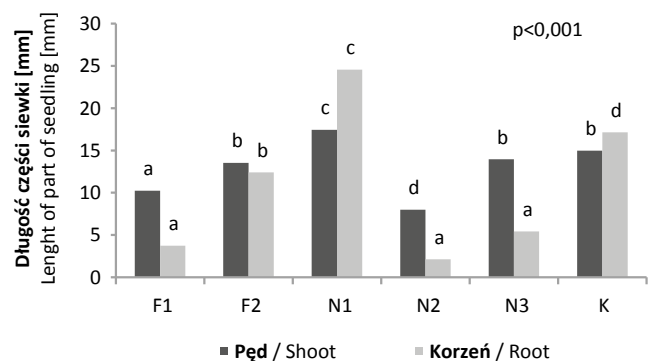
przyrostu (kiełkowanie nasion) trwała od założenia doświadczenia do czwartego dnia. Druga, najdłuższa faza wzrostu, trwająca od piątego do trzynastego dnia doświadczenia, charakteryzowała się dużym różnicowaniem całkowitej długości siewek, w zależności od wariantu doświadczenia. W trzeciej fazie nastąpiło zahamowanie przyrostu siewek. Wyjątkiem był wariant N1 z biostymulatorem, który zawierał kwasy humusowe z chitozanem, bez obecności składników mineralnych, w którym siewki dalej zwiększały wymiary (ryc. 3). Siewki w wariantach kontrolnych (woda destylowana) były o wiele większe niż w wariantach N2 i N3 z nawozami zawierającymi składniki mineralne, o właściwościach stymulujących wzrost roślin.

### 3.5. Długość siewek

Po 15 dniach najdłuższe pędy (17 mm) miały siewki w wariantach N1, a najkrótsze (8 mm) w wariantach N2. Długość pędów siewek w trzech wariantach (F2, N3 i K) była jednorodna, a długość pędu wahała się między 14 a 15 mm. Różnice między średnimi długościami pędów we wszystkich wariantach doświadczenia były istotne statystycznie. Najkrótsze korzenie (4 mm) miały siewki rosnące w wariantach z bionawozem (N2), a najdłuższe (25 mm) te potraktowane biostymulatorem (N1). Warianty F1, N2 i N3 tworzyły grupę jednorodną, w której długości korzeni nie różniły się statystycznie między sobą. Natomiast różnice między wszystkimi średnimi długościami korzeni były istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ) (ryc. 4).

### 3.6. Sucha masa siewek

Najcięższe pędy (1,1 mg) miały siewki potraktowane nawozem (N3), a najlżejsze (0,65 mg) były w wariantach z bionawozem (N2). Warianty z fungycydami oraz z bionawozem (N2) tworzyły grupę jednorodną, gdzie średnie wartości nie różniły się statystycznie między sobą (ryc. 5).

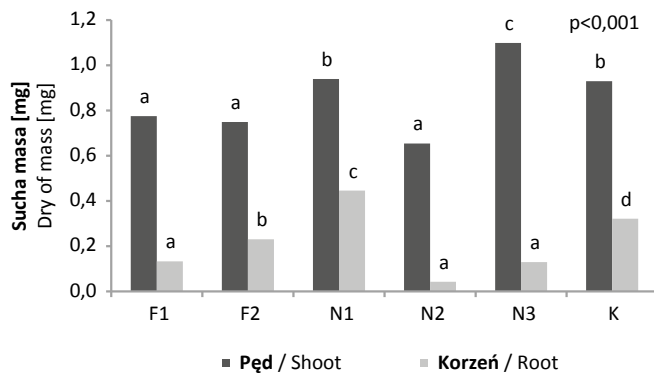


**Rycina 4. Długość siewek po 15 dniach od wykiełkowania z podziałem na pęd i korzeń; literami określono jednorodnie statystycznie grupy wariantów oddzielnie dla pędów i korzeni**

Figure 4. Length of seedlings as divided into shoot and root 15 days on from germination; letters indicate statistically homogeneous groups of variants separately for shoots and roots

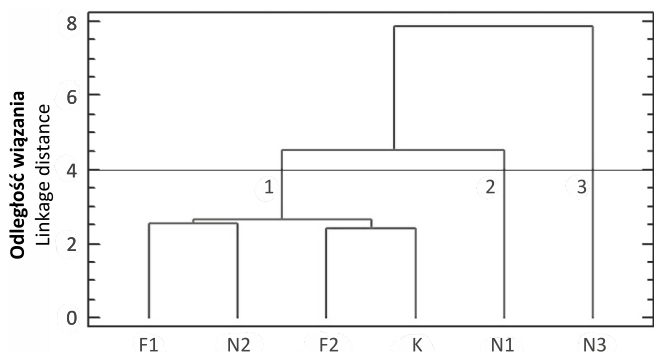
Kolejną grupę jednorodną tworzyły warianty z bionawozem (N1) oraz z wodą destylowaną (K). Natomiast różnice między wszystkimi wariantami były istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ). Z kolei najcięższe korzenie (0,45 mg) miały siewki potraktowane bionawozem (N1), a najlżejsze (0,06 mg) w wariantcie z bionawozem (N2). Grupę jednorodną z najlżejszymi korzeniami tworzyły siewki z wariantów: F1, N2 i N3. Pomiędzy wszystkimi średnimi różnice były tak samo istotne statystycznie jak w przypadku masy pędu ( $p < 0,001$ ).

Analiza skupień wykonana na podstawie tempa kiełkowania nasion oraz parametrów siewek pozwoliła wyróżnić 3 grupy wariantów (ryc. 6). Pierwsza grupa, składająca się z 4 wariantów: fungicydy (F1, F2), biostymulator (N2) i woda destylowana (K), charakteryzowała się szybko kiełkującymi nasionami, ale siewki miały niskie parametry pędu. Korzenie siewek w tej grupie były przeciętnej długości i miały przeciętną masę. Biostymulator (N1) różnił się od pozostałych tym, że nasiona kiełkowały słabiej niż w grupie 1, lecz siewki miały dłuższe i cięższe pędy. Korzenie tych siewek



**Rycina 5. Sucha masa pędów i korzeni siewek po 15 dniach od ich wykiełkowania; literami określono jednorodne statystycznie grupy wariantów oddzielnie dla pędów i korzeni**

Figure 5. Dry weight of seedling shoots and roots 15 days on from germination letters indicate statistically homogeneous groups of variants separately for shoots and roots



**Rycina 6. Grupowanie (1–3) wariantów na podstawie szybkości kiełkowania nasion oraz parametrów siewek**

Figure 6. Clustering (1–3) of variants based on seed germination rate and seedling parameters

były przeciętnej długości, ale miały największą suchą masę spośród pozostałych wariantów. Nawóz wieloskładnikowy (N3) wpłynął negatywnie na tempo kiełkowania nasion, pędy miały przeciętną długość, ale były najcięższe w stosunku do pozostałych grup. Z kolei korzenie były najkrótsze i najlżejsze.

## 4. Dyskusja

Aby ograniczyć wpływ zróżnicowania genetycznego poszczególnych nasion na wzrost siewek, do badań wybrano materiał siewny pochodzący z jednego drzewa. Jest to zgodne z badaniami Bodyła (2007), który wykazał istotność różnic pod względem energii i zdolności kiełkowania nasion pochodzących z różnych krain przyrodniczo-leśnych Polski. O dużym zróżnicowaniu właściwości nasion pochodzących z różnych drzew i będących w różnym wieku donoszą też Kaliniewicz i Trojanowski (2011).

Tylkowski (2014) w swoich badaniach wykazał, że przechowywanie przez 6 zim nasion olszy czarnej podsuszonych do 8–9% nie wpłynęło na obniżenie ich początkowej zdolności kiełkowania. Nasiona użyte w doświadczeniu również były przechowywane w tych warunkach, lecz krócej, bo tylko przez 3 lata. Także ten czynnik nie powinien mieć negatywnego wpływu na proces kiełkowania nasion olszy czarnej. Z kolei Gosling i in. (2009) zauważyli, że nasiona olszy czarnej chłodzone w temperaturze +4°C przez 3 tygodnie wykazują: wcześniejsze kiełkowanie, bardziej równomierne wschody i tolerancję na szerszy zakres temperatur (10–30°C) w trakcie kiełkowania nasion. W tej pracy również zauważono brak negatywnego wpływu chłodzenia nasion przechowywanych przez 3 lata na ich właściwości. W większości wariantów ponad połowa nasion (w kontroli nawet 80% nasion) skiełkowała do trzeciego dnia doświadczenia. Wyjątkiem był wariant N3 (wieloskładnikowy nawóz mineralny), w którym proces kiełkowania był wydłużony o 1 dzień. Kaliniewicz i in. (2018) stwierdzili, że na proces kiełkowania nasion olszy czarnej istotny wpływ ma ich masa. Jednak należy pamiętać, że średnia masa nasion użytych w doświadczeniu nie różniła się statystycznie między poszczególnymi wariantami. Dodatkowo warunki panujące w trakcie przechowywania i kiełkowania nasion oraz wzrostu siewek były jednakowe, więc czynniki te nie wpłynęły na zróżnicowanie procesu kiełkowania.

Badania wykazały, że roztwory wodne zastosowanych fungicydów i nawozów spowolniły proces kiełkowania nasion olszy czarnej, ale nie obniżyły zdolności kiełkowania. Zamorski i Mileczarek (1977) stwierdzili, że środki grzybobójcze mają różny wpływ (negatywny lub pozytywny) na kiełkowanie nasion roślin ozdobnych i wykazali, że fungicyd ze środkiem czynnym tiuram w stężeniu 75% miał korzystny wpływ na kiełkowanie. Zauważono podobny wpływ na kiełkowanie nasion olszy, które w wariantcie z fungicydem F1 zawierającym tiuram skiełkowały w stu procentach.

W składzie wykorzystanego w doświadczeniu bionawozu (N1) znajdują się kwasy humusowe, które mogły bezpośrednio przyczynić się do silnego wzrostu korzeni siewek olszy. Stymulujący wpływ związków huminowych na wzrost roślin wykazali Jankiewicz (1997) oraz Katkat i in. (2009), natomiast Schnitzer i Poapst (1991) odnotowali, że związki te pobudzają wzrost korzeni fasoli. Znany jest także wpływ kwasów huminowych i fulwowych na wzrost zielonej masy roślin uprawnych, nawet o 28% więcej w stosunku do kontroli (Sarir et al. 2005). Pozytywne działanie kwasów huminowych na wzrost roślin (winogron deserowych) znajduje również potwierdzenie w pracy Ferrary i in. (2007) oraz w badaniach Xu (1986). Kwasy huminowe ograniczają także niektóre choroby powodowane przez *Fusarium* spp. (Yigit, Dikilitas 2008).

W prezentowanym doświadczeniu stwierdzono, że w porównaniu do wariantu kontrolnego preparaty zawierające kwasy humusowe oraz chitozan wpłynęły pozytywnie na kiełkowanie nasion, a także na wymiary i suchą masę korzeni. Natomiast w wariantcie z bionawozem N2, o bogatym składzie, w którym występują kwasy humusowe, chitozan i składniki mineralne (mikro- i makroelementy), wymiary i sucha masa, zarówno korzeni, jak i pędów, były najniższe. W literaturze można znaleźć informację, że mimo tego, że olsza czarna jest jednym z mniej wymagających gatunków rodzimych, to reaguje dobrze na nawożenie mineralne, szczególnie fosforem i potasem, ale jest wrażliwa na niedobór wapnia (Baule, Fricker 1973). Dlatego ewentualny niedobór tego pierwiastka mógł być jedną z przyczyn uzyskania najgorszych parametrów przez siewki. Zasobny w składniki pokarmowe skład roztworu wodnego w wariantcie N2 mógł też stymulować rozwój mikroorganizmów pleśniowych, które osłabiły i uśmierciły część siewek.

W wariantcie N2 chitozan oraz kwasy humusowe, współdziałając z mikroelementami, nie wykazały silnego działania grzybobójczego – bowiem nie ograniczyły rozwoju grzybów pleśniowych. Natomiast w wariantcie N1, gdzie również zastosowano te substancje, nie doszło do pojawienia się grzybów pleśniowych, a odsetek martwych siewek był zerowy. Oba warianty (N1 i N2) różniły się tym, że biostymulator (N1) nie miał w składzie składników mineralnych, a bionawóz (N2) zawierał mikroelementy. Obecność składników mineralnych raczej nie powinna być główną przyczyną pojawu grzybów pleśniowych, gdyż tylko w wariantcie z wieloskładnikowym nawozem mineralnym (N3) siewki rozwijały się prawidłowo, bez oznak pleśni. Przy zastosowanych sposobach zachowania sterylności, opisanych w metodyce badań, należy podkreślić, że obecność grzybów pleśniowych stwierdzono tylko w jednym wariantcie doświadczenia.

Zamorski i Milczarek (1977) zauważyli, że każdy gatunek rośliny ma różną biologię i trzeba do niego podchodzić indywidualnie. Fakt, że wybrane nawozy i fungicydy tak wpłynęły na nasiona i siewki olszy czarnej w warunkach

laboratoryjnych nie oznacza, że wpływ ten będzie podobny w warunkach terenowych, gdzie wieloczynnikowe oddziaływanie środowiska i pogody może w jeszcze większym stopniu zmodyfikować wyniki podobnych doświadczeń. Także inne gatunki drzew leśnych, np. sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. czy buk *Fagus sylvatica* L., mogą wykazać odmienną reakcję na badane fungicydy i bionawozy. Szołtyk i Walendzik (2003) stwierdzili, że rośliny leśne mają mniejsze wymagania pokarmowe niż rośliny rolnicze, ale charakteryzują się bardziej zróżnicowaną indywidualną reakcją na poszczególne składniki pokarmowe. Potwierdza to konieczność prowadzenia osobnych badań dla poszczególnych gatunków drzew leśnych.

Wyniki uzyskane w badaniu laboratoryjnym jednoznacznie wskazują, że użycie biostymulatora (wariant N1), który zawiera kwasy humusowe, pozytywnie wpływał na wzrost pędu i korzeni olszy czarnej w początkowej fazie wzrostu. Korzenie siewek wykształcone przy działaniu tego biostymulatora były najdłuższe i najcięższe, co świadczy o tym, że w krótkim czasie (zaledwie 15 dni) siewki tworzyły dość rozbudowane systemy korzeniowe, dzięki którym będą mogły pobierać więcej wody i substancji pokarmowych z gleby. Informacja ta jest istotna w szkółkarstwie leśnym, którego zadaniem jest produkcja materiału sadzeniowego o dobrej jakości hodowlanej. Rozbudowany na starcie system korzeniowy jest podstawowym gwarantem prawidłowego wzrostu sadzonek, ale też wysokiej udatności upraw leśnych. Chemiczna stymulacja wzrostu i prawidłowego rozwoju siewek ma szczególne znaczenie w produkcji materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym w szkółkach kontenerowych.

## 5. Wnioski

1. Fungicydy pozytywnie wpłynęły na tempo kiełkowania nasion, ale bez pozytywnego wpływu na parametry wzrostowe siewek.

2. Wpływ bionawozów opartych na chitozanie i kwasach humusowych na siewki olszy czarnej był zależny od udziału komponentów mineralnych. Bionawóz zawierający mikroelementy wyraźnie osłabił wzrost siewek, a szczególnie ich części korzeniowej oraz stymulował rozwój grzybów pleśniowych.

3. Nawóz mineralny bez żadnych bioskładników sprawił, że siewki miały mocno ukształtowane pędy i liścienie, przez co sucha masa pędu była najwyższa, ale przy małej masie części korzeniowej.

4. Dalsze badania należy skoncentrować na poszukiwaniu skutecznych mieszanek wieloskładnikowych z udziałem biostymulatorów, nadających się do zastosowania głównie w produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródło finansowania badań

Badania sfinansowano ze środków własnych autorów.

## Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcńska M., Hamera-Dzierzanowska A., Żybu-  
ra H., Drozdowski S. 2013. Wpływ mykoryzacji i chitozanu  
na wzrost sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w szkół-  
ce i na uprawie. *Sylwan* 157(12): 899–908. DOI 10.26202/  
sylwan.2012071.
- Baule H., Fricker C. 1973. Nawożenie drzew leśnych. Wydanie  
II. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa,  
314 s.
- Ben-Shalom N., Ardi R., Pento R., Arkil C., Fallik E. 2003. Control-  
ling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants  
by means of chitosan. *Crop Protection* 22(2): 285–290. DOI  
10.1016/S0261-2194(02)00149-7.
- Borkowski J., Kowalczyk W. 1999. Influence of tytanit and chito-  
san sprays and other treatments on the tomato plant growth and  
the development of powdery mildew (*Oidium lycopersicum*).  
*Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Biological Sciences*  
47(2–4): 129–132.
- Borkowski J., Dyki B. 2003. Wpływ chitozanu i tytanitu i innych  
preparatów na ograniczenie rozwoju mączniaka prawdziwego  
na pomidorach w szklarni. *Folia Horticulturae* 1: 559–561.
- Borkowski J., Dyki B. 2004. Kilka uwag o chitozanie. *Wiadomości  
Botaniczne* 48(1/2): 66–67.
- Borkowski J., Uliński Z. 2012. Wpływ odpadów z pieczarek i chito-  
zanu na plon i zdrowotność pomidorów uprawianych w szklarni.  
*Nowości Warzywnicze* 54–55: 45–51.
- Bodył M. 2007. Masa oraz żywotność nasion olszy czarnej (*Alnus  
glutinosa* Gaertn.) na terenie Polski w latach 1995–2004. *Syl-  
wan* 5: 17–22. DOI 10.26202/sylwan.2006028.
- Buraczyk W. 2010. Właściwości nasiona a cechy morfologiczne sie-  
wek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Leśne Prace Ba-  
dawcze* 71(1): 13–20. DOI 10.2478/v10111-009-0044-8.
- Duda B., Oszako T., Piwnicki J. 2003. Possibilities of chitosan use  
in forestry. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biologi-  
cal Sciences* 51(3): 213–220.
- Dziadowiec H. 2003. Wybrane problemy badań próchnicy gleb  
leśnych, w: Dębska B., Gonet S.S. Substancje humusowe  
w glebach i nawozach. Polskie Towarzystwo Substancji Humu-  
sowych, Wrocław, 141–166. ISBN 8390640384.
- Ferrara G., Pacifico A., Simone P., Ferrara E. 2007. Preliminary  
study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Ita-  
lia' table grape. *Journal International des Sciences de la Vigne  
et du Vin* 42(2): 87–79. DOI 10.20870/oeno-one.2008.42.2.822.
- Gawrońska H., Przybysz A. 2011. Biostymulatory: mechanizmy  
zastosowania i przykłady zastosowań, w: Targi Sadownictwa  
i Warzywnictwa. Materiały konferencyjne, 5–6 stycznia 2011  
(red. M. Sroczyński, J. Miecznik). TSW, Warszawa, 7–13. ISBN  
978-83-929987-7-8.
- Gosling P., McCartan S., Peace A. 2009. Seed dormancy and ger-  
mination characteristics of common alder (*Alnus glutinosa* L.)  
indicate some potential to adapt to climate change in Britain.  
*Forestry* 82(5): 573–582. DOI 10.1093/forestry/cpp024.
- Haque M.M., Diez J.J. 2012. Susceptibility of common alder (*Alnus  
glutinosa*) seeds and seedlings to *Phytophthora alni* and other *Phytophthora* species. *For-  
est Systems* 21(2): 313–322. DOI 10.5424/fs/2012212-02267.
- Jankiewicz L. 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Właściwo-  
ści i działanie. PWN, Warszawa, 281 s. ISBN 83-01-12141-6.
- Jędrzejczak E. 1998. Zastosowanie metody analizy skupień w po-  
równawczych badaniach wpływu czynników na różne cechy  
roślin. *Postępy Nauk Rolniczych* 45(4): 67–75.
- Kaliniewicz Z., Trojanowski A. 2011. Analiza zmienności i korela-  
cji wybranych cech fizycznych nasion olszy czarnej. *Inżynieria  
Rolnicza* 8(133): 167–171.
- Kaliniewicz Z., Markowski P., Anders A., Jadwisieńczyk B., Po-  
znański A. 2018. Correlations between Germination Capacity  
and Selected Properties of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.)  
Achenes. *Baltic Forestry* 24(1): 68–76.
- Katkat A.V., Celik H., Turan M.A., Asik B. 2009. Effects of soil  
and foliar applications of humic substances on dry weight and  
mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil condi-  
tions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2):  
1266–1273.
- Oszako T. 2005. Zagrożenie szkółek i drzewostanów, ze szczegól-  
nym uwzględnieniem olszy przez gatunki rodzaju *Phytophtho-  
ra*. *Sylwan* 149(6): 55–61. DOI 10.26202/sylwan.9200501.
- Pięta D., Pastucha A., Patkowska E. 1998. Wpływ chitozanu na  
grzyby chorobotwórcze przeżywające w glebie. *Zeszyty Nauko-  
we Akademii Rolniczej w Krakowie* 333: 825–828.
- Pięta D., Pastucha A. 2002. Efektywność ochronnego działania chi-  
tozanu w ograniczaniu chorób grzybowych soi. *Acta Scientia-  
rum Polonorum, Hortorum Cultus* 1(1): 31–43.
- Placek M., Dobrowolska A., Wraga K., Zawadzińska K., Żurawik P.  
2009. Wykorzystanie chitozanu w uprawie, przechowywaniu  
i ochronie roślin ogrodniczych. *Postępy Nauk Rolniczych* 3–4:  
101–110.
- Prusinkiewicz Z., Kowalkowski A., Królikowski L. 1983. Ochro-  
na i rekultywacja gleb leśnych. *Roczniki Gleboznawcze* 34(3):  
185–201.
- Raafat D., Sahl H.-G. 2009. Chitosan and its antimicrobial poten-  
tial – a critical literature survey. *Microbial Biotechnology* 2(2):  
186–201. DOI 10.1111/j.1751-7915.2008.00080.x.
- Sarir M.S., Sharif M., Ahmed Z., Akhlaq M. 2005. Influence of dif-  
ferent levels of humic acid application by various methods on  
the field and field components of maize. *Sarhad Journal of Agri-  
culture* 21(1): 75–81.
- Schnitzer M., Poapst P.A. 1991. Effect of soil humic compound on  
root initiation. *Nature* 213: 598–599. DOI 10.1038/213598a0.
- Solarska S., Struszczyk H., Pospieszny H. 1998. Chitosan in the  
control of *Pseudoperonospora humulion* hops. Biological  
agents and their effectiveness in the control of plant patho-  
gens. IX Conference of the section for biological control  
of plant diseases of the Polish Phythopathological Society,  
Skierniewice, 183–185.
- Stocka T. 2008. Biologiczne metody ochrony przed chorobami grzy-  
bowymi w szkółkach leśnych. *Postępy Techniki w Leśnictwie*  
104: 28–38.
- Szołtyk G., Walendzik R. 2003. Nawozy wieloskładnikowe – nowe  
możliwości dla leśnictwa. Notatnik Naukowy 5(59)/2003/XI.  
Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Tylkowski T. 2014. Wpływ luszczenia i czasu przechowywania na-  
sion olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner) na kiełkowa-  
nie, wschody i wzrost siewek. *Sylwan* 158(11): 821–828. DOI  
10.26202/sylwan.2014031.

- Wojdyła A.T., Orlikowski L.B. 1997. Chitozan w zwalczaniu grzybów odglebowych i nalistnych. *Progress Plant Protection* 37(1): 301–305.
- Xu X. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and field in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 37: 343–350. DOI 10.1071/AR9860343.
- Yigit F., Dikilitas M. 2008. Effect of humic acid applications on the root-rot diseases caused by *Fusarium* spp. on tomato plants. *Plant Pathology Journal* 7(2): 179–182. DOI 10.3923/ppj.2008.179.182.

- Zamorski Cz., Milczarek K. 1977. Wpływ zapraw na kiełkowanie nasion roślin ozdobnych. *Acta Agrobotanica* 30(2): 335–340. DOI 10.5586/aa.1977.025.

### **Wkład autorów**

- M.B. – koncepcja pracy, analiza statystyczna, przygotowanie rycin i tabel, przegląd literatury, napisanie pracy,  
W.B. – konsultacja naukowa, analiza statystyczna, korekta pracy.