

# Wyzwanie dla produkcji szkółkarskiej w obliczu globalnego zagrożenia

Zmiany klimatyczne są uznawane za największe globalne zagrożenie XXI wieku. Prognozy dotyczące zmian sugerują, że wiele regionów nie tylko w Europie, lecz także na świecie będzie doświadczać częstszych i bardziej dotkliwych susz potoczonych z falami upałów oraz coraz częściej dotykających nasz kontynent niszczących burz i powodzi. Czy produkcja materiału rozmnożeniowego w szkółkach leśnych musi zatem uwzględniać nadchodzące zagrożenia?

Raporty Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) jednoznacznie potwierdzają, że ekstremalne zjawiska pogodowe przestaną być przypadkowe, a ich częstotliwość i intensywność będzie wzrastać. W Polsce już od początku lat 70. XX w. obserwuje się narastającą częstotliwość i czas trwania susz. Na podstawie modeli klimatycznych przewiduje się zmniejszenie średnich rocznych opadów na obszarze półkuli północnej oraz wzrost ewapotranspiracji z powodu występowania fal upałów. Prognozy jednoznacznie wskazujące wzrost średniorocznej temperatury powietrza o co najmniej 2°C w Europie Środkowej sugerują również sezonowe zmniejszenie ilości opadów atmosferycznych. Przewiduje się, że średnia suma opadów w sezonie wegetacyjnym (kwiecień-wrzesień) w latach 2011–2050 zmniejszy się o 55 mm w porównaniu ze średnią sumą opadów z ostatnich trzech dekad XX wieku. W efekcie wzmoczonego parowania susze staną się jeszcze powszechniejszym i bardziej dotkliwym zjawiskiem. Potwierdzeniem zachodzących procesów jest nasilone występowanie przedłużających się susz i fal upałów w Europie od początku XXI w. – np. w 2003, 2010, 2013, 2015, 2018 i 2019 roku.

## Wyzwania dla lasów

Prognozy dotyczące średnich temperatur, poziomu wody gruntowej i opadów wskazują na pogorszenie warunków klimatycznych dla wzrostu sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, modrzewia europejskiego i brzozy brodawkowatej w ciągu najbliższych kilkadziesiąt lat. Obecnie te gatunki drzew stanowią aż 75% powierzchni leśnej w Polsce, a ich masowe obumieranie prowadziłoby do rozpadu istniejących drzewostanów. Niepokojąca prognoza, dotycząca ryzyka zamierania sosny zwyczajnej i świerka pospolitego, dotyczy całego obszaru ich występowania

w kraju niezależnie od przewidywanych scenariuszy zmian klimatycznych. Zachodzące i prognozowane zmiany stawiają przed nami nowe wyzwania, nie tylko w zakresie planowania odnowień, lecz także praktyk szkółkarskich i hodowlanych, łączących negatywne konsekwencje zagrożeń. Konieczne jest podjęcie działań prewencyjnych w celu zachowania drzewostanów wymienionych gatunków w dobrej kondycji i utrzymania stabilności ekosystemów leśnych. Już teraz w europejskich lasach, a zwłaszcza w Polsce, prowadzi się intensywną przebudowę drzewostanów w celu adaptacji do zmieniających się warunków siedliskowych. Przebudowa drzewostanów staje się szczególnie istotna, ponieważ lasy o ograniczonej różnorodności biologicznej są bardziej podatne na zmiany klimatyczne. Wymiernym efektem przebudowy jest wzrost udziału i roli gatunków liściastych, a zwłaszcza dębu szypułkowego i bezszypułkowego. Dęby odgrywają ważną rolę zarówno gospodarczą, jak i ekologiczną w lasach strefy umiarkowanej półkuli północnej, a z uwagi na swój potencjał poszerzania zasięgu i unikalne cechy są gatunkami mogącymi ułatwić ekosystemom leśnym adaptację do zmieniających się warunków siedliskowych. Należy jednak podkreślić, że oba gatunki dębów różnią się preferencjami ekologicznymi i dąb szypułkowy występujący na wilgotniejszych stanowiskach jest w większym stopniu wrażliwy na niedobór, a przede wszystkim duże wahania wody w glebie. Konsekwencją osłabienia drzew, w następstwie kilku występujących po sobie suchych latach, jest stopniowe obumieranie zarówno młodych, jak i dorosłych drzew.

## Zagrożenia w hodowli dębów

Drzewostany dębowe możemy odnawiać przez wysiew żołądźki lub sadzenie. Siew zapewni wyższą stabilność przyszłych drzewostanów, ponadto jest to najlepsza metoda

z biologicznego punktu widzenia. Warto jednak zauważyć, że z uwagi na straty powodowane przez gryzonie i dziki wskaźnik przeżywalności dębów na uprawach leśnych z wysianych żołądźki jest często niższy od wskaźnika określonego w przypadku zastosowania sadzonek wyhodowanych w szkółce. Odnowienie za pomocą sadzonek wyprodukowanych w szkółkach leśnych jest zatem najczęściej stosowaną metodą. W przypadku wysiewu żołądźki dęby posiadają prawidłowo ukształtowany palowy system korzeniowy, który w początkowym okresie wzrostu składa się z korzenia palowego i korzeni bocznych. Korzeń palowy, docierając do głębiej zlokalizowanych poziomów wody, umożliwia skuteczniejsze radzenie sobie z trudnościami wynikającymi z długotrwałych okresów suszy. W odpowiedzi na suszę gatunki roślin cechujących się występowaniem palowego systemu korzeniowego zdecydowaną większość wody wykorzystywanej w procesie transpiracji pozyskują z dostępnej wody gruntowej. Ten rodzaj adaptacji jest szczególnie charakterystyczny dla roślin zasiedlających obszary o niedoborze opadów, u których stwierdza się często występowanie głęboko umiejscowionego korzenia palowego pozyskującego wodę z głębszych warstw oraz płytko rozmieszczonych korzeni bocznych pozyskujących wodę opadową z warstw płytszych, ale jednocześnie szczególnie narażonych na przesuszenie i zamieranie w okresach upałów. Badania przeprowadzone w lesie suchym, gdzie roczne opady wynoszą od 90 do 400 mm, wykazały, że maksymalna głębokość ukorzenienia wynosiła ok. 23 m dla dębu z rodzaju *Quercus wislizenii* i 11 m dla dębu wieczniezielonego, natomiast w przypadku lasu liściastego, w strefie umiarkowanej, wynosiła ok. 4 m dla dębu wielkoowocowego. Należy jednocześnie pamiętać, że dominacja korzenia głównego zmniejsza się u niektórych gatunków wraz z upływem wieku np. u buka system korzeniowy ulega przekształceniu w sercowaty. Penetracja głębszych warstw gleby przez palowy system korzeniowy będzie odgrywała coraz większą, i nieoczoną, rolę w prawidłowym funkcjonowaniu drzew zwłaszcza podczas okresów suszy.

Pomimo ogólnie rozpowszechnionej wiedzy na temat wpływu suszy na zamieranie



**Widoczny na bryłce substratu intensywny wzrost korzeni zastępujących korzeń palowy u dębowych sadzonek kontenerowych**

drzew niewiele uwagi poświęca się morfologii i kondycji systemów korzeniowych podczas produkcji sadzonek. Podcinanie korzeni w szkółkach odgrywa istotną rolę w kształtowaniu architektury systemu korzeniowego drzew liściastych i jest stosowane od końca XIX wieku. Praktycznie nie zostało to zmienione przez ostatnie 100 lat. Zabieg ma na celu przecięcie korzenia głównego i zwiększenie liczby korzeni drobnych powyżej miejsca cięcia, które są istotne dla pobierania wody i składników odżywczych z gleby. Przy produkcji sadzonek dębu z odkrytym systemem korzeniowym naturalny rozwój korzenia palowego jest zahamowany przez przycinanie na głębokości 10–15 cm. W wyniku takiego postępowania systemy korzeniowe skupiają się na górnej warstwie gleby i składają się głównie z drobnych korzeni. Ponadto w szkółkach polowych korzenie dodatkowo ulegają skróceniu podczas wyjmowania sadzonek z gruntu. To może bezpośrednio wpływać na udatność zakładanych upraw, ponieważ w przeciwieństwie do innych praktyk szkółkarskich w tym przypadku system korzeniowy nie ma wystarczającego czasu na regenerację przed wysadzeniem, a sam korzeń palowy się nie regeneruje.

W produkcji sadzonek w pojemnikach palowy system korzeniowy jest tracony w dużej



**Sadzonka dębu bezszypułkowego z zakrytym systemem korzeniowym po jednym sezonie wzrostu na uprawie**

frakcji sadzonek na etapie produkcji szkółkarskiej z powodu działania „noża powietrznego”, który powstaje w wyniku umieszczenia kontenerów na stelażach. Utrata korzenia głównego z powodu działania noża powietrznego na dnie pojemnika powoduje zwiększenie liczby korzeni bocznych, które rozwijają się z pozostałego fragmentu korzenia głównego w kontenerze szkółkarskim. W rezultacie dochodzi do intensywnego wzrostu korzeni bocznych jako substytutu korzenia palowego, cechujących się intensywnym i szybkim rozwojem w kierunku dna doniczki. Efekty tego zjawiska są wyraźnie widoczne po wyjściu sadzonki z doniczki (fot. 1). U dębu regeneruje się średnio od 2 do 5 takich korzeni (fot. 2). Zregenerowane korzenie z wyglądu przypominają korzeń palowy, zazwyczaj są grubsze i bardziej zdrewniałe niż korzenie boczne oraz mają stosunkowo niewiele rozgałęzień. Stwierdzono, że tempo wydłużania zregenerowanych korzeni jest wyższe niż w przypadku korzeni bocznych, ale niższe jak w przypadku pierwotnego korzenia głównego. Dostępne badania, poza wczesnym etapem produkcji w kontenerze, nie potwierdzają dalszej regeneracji korzeni bocznych po zastosowaniu „noża powietrznego”.

Obserwacje przeprowadzone na terenie Nadleśnictwa Dobrzejewice (RDLP w Toruniu) wskazują, że w pierwszych latach sadzonki dębu ze szkółki kontenerowej wykazują znacznie lepsze parametry wzrostowe na uprawach leśnych w porównaniu z sadzonkami z nagim systemem korzeniowym (fot. 3–4). W warunkach suszy brak korzenia palowego może prowadzić do stopniowego obumierania młodych oraz dorosłych drzew. Sadzonki produkowane w szkółkach kontenerowych wykazują tendencję do posiadania dobrze rozbudowanego systemu korzeniowego, co zwiększa ich zdolność do pobierania wody z górnych warstw gleby. Dodatkowo można zaobserwować u nich obecność kilku zregenerowanych korzeni, które po wysadzeniu do gruntu szybko, tj. zazwyczaj w ciągu kilku lat, penetrują glebę na większą głębokość, co umożliwia drzewkom korzystanie z zasobów wody gruntowej już w pierwszych latach po założeniu uprawy (fot. 4).

### Wyzwanie dla produkcji sadzonek dębu w szkółkach

Dominacja korzenia palowego u sadzonek dębu jest istotnym wyzwaniem w produkcji szkółkarskiej. Warto jednak podkreślić, że jeśli wzrost korzenia głównego zostanie zahamowany w trakcie produkcji szkółkarskiej, to po wysadzeniu sadzonki na uprawie może kontynuować swój wzrost. Początkowa faza wzrostu korzeni u większości drzew jest uwarunkowana przez czynniki genetyczne, które są jednak modyfikowane w większym lub mniejszym stopniu przez czynniki środowiskowe, takie jak woda, nawożenie mineralne czy warunki fizyczne gleby lub substratu:

**1. Hormony roślinne** pełnią istotną rolę w regulacji wzrostu i rozwoju roślin w odpowiedzi na czynniki środowiskowe. Auksyny są syntetyzowane głównie w szczytowej części pędu rośliny, a po dotarciu do korzeni są odpowiedzialne za ich wydłużanie. Interesująca jest odpowiedź roślin występujących w warunkach optymalnego stężenia fosforu na podanie auksyn, które powodują u nich zahamowanie wzrostu korzenia głównego, ale jednocześnie korzystnie wpływają na rozwój korzeni bocznych. Kwas absycynowy (ABA) pełni ważną rolę w regulacji różnych procesów fizjologicznych jest syntetyzowany głównie w tkankach korzeniowych i jest transportowany do innych części rośliny w odpowiedzi na różne bodźce środowiskowe, takie jak stres osmotyczny, susza, niska temperatura czy stres solny. Wpływ ABA na rozwój korze-

ni jest zależny od jego stężenia w roślinie. Niskie stężenie ABA stymuluje, natomiast wyższe stężenie hamuje tworzenie korzeni.

**2. Temperatura** jest jednym z istotnych czynników abiotycznych, które wpływają na rozwój systemu korzeniowego roślin oraz zdolność roślin do pobierania wody

i składników mineralnych. Korzenie roślin dwuliściennych reagują na zmiany temperatury poprzez zmniejszenie długości korzeni głównych i redukcję liczby korzeni bocznych. Warto podkreślić, że różne gatunki roślin mają różne preferencje dotyczące temperatury, które są optymalne dla

rozwoju ich systemu korzeniowego. Badania nad stresem spowodowanym niską i wysoką temperaturą u rzodkiewnika wykazały, że przy określonej temperaturze występuje hamowanie tempa wydłużania korzeni spowodowane zaburzeniami transportu auksyn.

**3. Zasolenie gleby** to sytuacja, w której w glebie występuje nadmiar soli mineralnych, zwłaszcza jonów sodu (Na<sup>+</sup>). Zasolenie gleby jest jednym z czynników stresowych, które mogą negatywnie wpływać na wzrost i rozwój roślin. W badaniach dla 32 linii rzodkiewnika stwierdzono istnienie czterech różnych strategii odpowiedzi korzeni na zasolenie. Niektóre linie w odpowiedzi na stres wykazywały zahamowanie wzrostu korzenia głównego w porównaniu do korzeni bocznych.

## Podsumowanie

Troska i zabiegi mające na celu wykształcenie dobrze rozwiniętego systemu korzeniowego, efektywnie pobierającego wodę i składniki odżywcze oraz zapewniającego strukturalne wsparcie, jest kluczowym czynnikiem w skutecznym odnawianiu i utrzymaniu lasów. Utrata korzenia głównego ogranicza zdolność do pobierania wody z głębszych warstw gleby, co wpływa negatywnie na ich przystosowanie do przyszłych warunków suszy oraz obniżającego się poziomu wód gruntowych. W przypadku zwiększenia obszarów odnawianych sadzonkami dębów pozbawionymi korzenia palowego istnieje ryzyko masowego zamierania przyszłych drzewostanów. Nowe podejście badawcze może przyczynić się do lepszego zrozumienia biologii wzrostu palowego systemu korzeniowego i dostarczyć informacji, które będą podstawą do opracowania skutecznych procedur produkcji materiału szkółkarskiego. Jednocześnie należy podkreślić, że w dłuższej perspektywie wszystkie działania umożliwiające produkcję sadzonek z zachowaniem korzenia palowego pozwolą uzyskać drzewostany dębowe, mniej podatne na stres uwarunkowany występowaniem długotrwałych susz, dostarczając wysokiej jakości surowiec drzewny, a przede wszystkim przyczyniając się do utrzymania stabilności biologicznej drzewostanów dębowych. 🌀



Dąb bezszypułkowy ze szkółki polowej. Uprawa założona wiosną 2015 sadzonkami czteroletnimi z odkrytym systemem korzeniowym. Leśnictwo Łochocin, oddz. 399k, BMśw, średnia wysokość drzewek to ok. 1,2 m



Dąb bezszypułkowy ze szkółki kontenerowej. Uprawa założona jesienią 2014 sadzonkami jednorocznymi z zamkniętym systemem korzeniowym. Leśnictwo Łochocin, oddz. 399k, BMśw, średnia wysokość drzewek to ok. 2,5 m. Przy wyjmowaniu drzewka z gruntu konieczne było przycięcie korzeni



**Maria Hauke-Kowska,**  
**Marcin Zadworny, Robert Korzeniewicz,**  
**Wojciech Kowalkowski (UP w Poznaniu),**  
**Winiacusz Kasprzyk (Nadleśnictwo Złotoryja),**  
**Maciej Kuss (RDLP w Toruniu),**  
**Paulina Kościelniak (Instytut Dendrologii PAN w Kórniku)**