

STRESZCZENIE

Korzeń rosnący w glebie narażony jest na działanie stresu mechanicznego, którego występowanie i charakter zależą od stopnia upakowania podłoża oraz kształtu i wielkości jego elementów. Te cechy podłoża mają wpływ na sposób wzrostu oraz morfologię korzenia. Korzenie rosnące w ośrodkach o dużej gęstości są krótsze i mają większe średnice niż korzenie rosnące w luźnym podłożu. Zmiany morfologiczne nie pozostają bez wpływu na cechy anatomiczne korzenia, takie jak zwiększenie grubości pokładu kory pierwotnej, związane niekiedy ze zwiększeniem liczby warstw komórek lub radialnego wymiaru komórek tej tkanki.

W doświadczeniach badających odpowiedź morfologiczną korzeni na warunki wzrostu stosuje się na ogół podłoże jednego typu, ale o różnym stopniu upakowania lub różnych rozmiarach cząstek. Brak jednak doniesień o reakcji korzeni danego gatunku na ośrodki o różnych własnościach fizycznych. Stosunkowo niewiele wiadomo także o wpływie warunków wzrostu na własności mechaniczne korzeni. Wreszcie brakuje badań, które pozwoliłyby sprawdzić, czy istnieje związek między morfologią, anatomią oraz mechanicznymi własnościami korzeni.

Obiektem opisanych tu badań były korzenie dwóch gatunków roślin uprawnych: kukurydzy zwyczajnej (*Zea mays* L.) oraz kapusty głowiastej (*Brassica oleracea* L.). Rośliny te mają odpowiednio wiązkowy i palowy system korzeniowy. Celem badań było sprawdzenie wpływu ośrodków o różnej gęstości i strukturze oraz wpływu dostępnej przestrzeni wzrostu na cechy morfologiczne i anatomiczne korzeni tych roślin, a także wyznaczenie najważniejszych modułów i parametrów mechanicznych korzeni zarodkowych kukurydzy.

W doświadczeniu zastosowano trzy rodzaje podłoży: glebę piaszczysto-gliniastą, szklane kulki o różnych średnicach (po dwa rozmiary dla każdego gatunku roślin) i wermikulit, a także pojemniki o dwóch różnych kształtach: obszerne cylindry oraz ciasne, niemal dwuwymiarowe akwaria. Rośliny hodowano w pojemnikach z podłożami przez 14 (kukurydza) lub 21 (kapusta) dni w kontrolowanych warunkach, następnie ekstrahowano je z podłoży i wykorzystywano do analiz. Badania obejmowały trzy części, w których wykorzystano różne metody.

W pierwszej części, dotyczącej badania wpływu ośrodka na cechy morfologiczne korzeni, systemy korzeniowe skanowano, a uzyskane obrazy analizowano uzyskując dane

morfometryczne korzeni zarodkowych kukurydzy i głównych kapusty oraz ich odgałęzień. Dane te porównywano między wariantami doświadczenia, osobno dla obu gatunków. Wyniki pokazały, że znaczny wpływ na cechy morfologiczne korzeni tak kukurydzy jak i kapusty ma podłoże wzrostu, nieco mniejszy interakcja między czynnikami, a sam pojemnik ma mniejsze znaczenie. Spośród korzeni różnych wariantów szczególnie wyróżniały się te pochodzące z wermikulitu; były one najdłuższe i zwykle bardzo cienkie. Korzenie pozostałych wariantów były krótsze i grubsze. U kukurydzy najkrótsze korzenie pochodziły z mniejszych szklanych kulek, tak jak u kapusty. Długość korzeni dodatnio korelowała z ich powierzchnią i objętością, natomiast ujemnie ze średnicą korzeni. Zarówno u kukurydzy jak i kapusty najwięcej korzeni bocznych obserwowano u roślin rosnących w wermikulicie.

Druga część dotyczyła badania wpływu podłoża wzrostu na cechy anatomiczne korzeni zarodkowych kukurydzy i głównych kapusty. Za pomocą mikrotomu sporządzano przekroje poprzeczne przez korzenie w strefie elongacyjnej i strefie tkanek dojrzałych. W celu wykrycia ligniny i suberyny w tkankach korzeni zastosowano barwienia histochemiczne z użyciem, odpowiednio, floroglucynolu i Sudanu czerwonego 7B. U korzeni obu gatunków układ komórek w strefie elongacyjnej był bardziej regularny niż w strefie tkanek dojrzałych. Korzenie kukurydzy rosnące w szklanych kulkach i wermikulicie miały znaczne uszkodzenia komórek ryzodermy i zaburzony układ komórek kory pierwotnej i walca osiowego. W tych korzeniach egzoderma i endoderma różnicowały się bliżej szczytu korzenia niż w korzeniach glebowych, których układ komórek był najbardziej regularny. W korzeniach kapusty rosnących w glebie, w mniejszych kulkach i w wermikulicie w korze pierwotnej wykryto zgrubienia typu fi. Natomiast w korzeniach rosnących w większych kulkach i niekiedy także w wermikulicie, zamiast typowo diarchicznego układu elementów ksylemu, występował typ triarchiczny.

W ostatniej części badań za pomocą maszyny wytrzymałościowej wyznaczano moduły i parametry mechaniczne korzeni zarodkowych kukurydzy rosnących w cylindrach. Największym modułem sprężystości i największą wytrzymałością wyróżniały się korzenie z wermikulitu, a najmniejsze wartości tych cech miały korzenie z gleby. Te ostatnie miały największą sztywność. Testy wytrzymałościowe fragmentów dolnych, centralnych i górnych korzeni pokazały, że wartości modułów i parametrów mechanicznych rosną wzdłuż osi korzenia w kierunku bazalnym.

Wyniki wszystkich trzech części badań wskazują, że podłoże w jakim rośnie korzeń ma istotny wpływ na jego morfologię, anatomię oraz własności mechaniczne. Spośród zastosowanych tu ośrodków wzrostu wermikulit, podłoże lekkie i porowate, ma najmniej korzystny wpływ na te cechy. Korzenie z tego ośrodka są najcieńsze, choć najdłuższe, mają zaburzenia układu komórek sięgające najgłębiej położonych tkanek, mają też najmniejszą sztywność. Ciężkie podłoże ze sztywnych szklanych kulek także wydaje się niekorzystne, gdyż ogranicza wzrost korzeni oraz powoduje zmiany w układzie komórek porównywalne do zmian w korzeniach z wermikulitu. Natomiast najbardziej sprzyjającym środowiskiem wzrostu korzeni jest gleba, to jest ośrodek o dużej gęstości i niewielkich przesuwalnych cząstkach. Korzenie rosnące w glebie mają największe średnice, regularny układ komórek i największą sztywność. Badania pokazały także, że korzenie roślin o różnych typach systemów korzeniowych reagują w podobny sposób na warunki podłoża wzrostu.