ANNALES UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA LUBLIN-POLONIA

VOL. VII

SECTIO EEE

1999

Katedra Botaniki Akademii Rolniczej w Lublinie

ELŻBIETA WERYSZKO-CHMIELEWSKA, MAGDALENA MICHOŃSKA, MIROSŁAWA CHWIL, MARTA SZADURA

Destrukcja tkanek korzeni dwóch odmian lędźwianu siewnego (Lathyrus sativus L.) w warunkach stresu glinowego

Destruction of Root Tissues of Two Cultivars of Chickling Vetch (*Lathyrus sativus L.*) by Aluminium Excess

Rośliny uprawiane przy dużych stężeniach glinu i znacznym zakwaszeniu podłoża wykazują skrócenie i deformację systemu korzeniowego (Anioł, 1983; Andersson, 1988; Pokojska, 1989; Szymańska, 1996; Weryszko-Chmielewska i Chwil, 1998; Weryszko-Chmielewska i wsp., 1998). Jak wynika z różnych donie-^{sień}, rośliny zielne są bardziej wrażliwe na wysokie stężenia jonów Al³⁺ niż drzewiaste (Andersson, 1988).

Przeprowadzone dotychczas badania anatomiczne dotyczą w większości de-^{struk}cyjnych zmian w korzeniach kilkudniowych siewek: jęczmienia, kukurydzy, ^{owsa}, ryżu i grochu (Wagatsuma i wsp., 1987), fasoli (Szymańska i Molas, 1994) ^{oraz} ogórka (Szymańska i Molas, 1995; Szymańska, 1996). U roślin eksperymentalnych obserwowano zaburzenia w budowie komórek merystematycznych, dezintegrację i obumieranie tkanki okrywającej oraz zewnętrznych warstw kory. Hecht-Buchholz i Foy (1981) stwierdzili po 24 h traktowania glinem zmiany destrukcyjne w komórkach czapeczki polegające na autolizie elementów ultrastrukturalnych. Wissemeier i wsp. (1987) wykazali wzmożoną syntezę kallozy w komórkach ^{zewn}ętrznych warstw korzeni soi w obecności Al. W eksperymencie obejmującym ^{stars}ze siewki grochu (21 dni) uprawiane w warunkach oddziaływania glinu (Weryszko-Chmielewska i Chwil, 1998), wykazano zaburzenia w budowie wszy-^{stkich} histogenów i zewnętrznych tkanek wyżej położonych stref korzenia.

We wcześniejszych badaniach dotyczących lędźwianu (Weryszko-Chmiele-^{Wska} i wsp., 1998) stwierdzono, że różne odmiany odznaczają się niejednakową tolerancją ^{na} glin, wykazując zaburzenia we wzroście i morfologii systemu korzeniowego. W prezentowanej pracy przedstawiono zmiany anatomiczne w korzeniach kilkutygodniowych siewek dwóch odmian lędźwianu siewnego, wykazujących różną wrażliwość na jony glinu.

MATERIAŁ I METODY

Reakcję tkanek lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) na stres glinowy badano w doświadczeniach hydroponicznych, z zastosowaniem dwóch odmian: Derek i Krab.

W plastykowych pojemnikach zawierających 4 L pożywki Knopa uprawiano po 20 roślin. Na początku doświadczenia do pożywki dodawano AlCl₃ w dawkach 0 i 20 mg⁻¹ Al i obniżono pH do 4,5. Doświadczenie trwało 17 dni. W czasie eksperymentu pożywkę uzupełniano, a jej pH dla poszczególnych odmian wynosiło:

Odmiana	4 dzień		8 dzień		Zakończenie doświadczenia	
	kontrola	+Al	kontrola	+Al	kontrola	+Al
Derek	5,0	4,3	5,3	4,3	6,2	4,5
Krab	5,2	4,5	6,2	4,8	6,6	5,1

Do badań anatomicznych utrwalono w FAA (formalina aceto–alkohol) wierzchołkowe odcinki korzeni (około 4 mm). Po odwodnieniu w seriach alkoholowych, próbki zatopiono w parafinie Poly-Fin (55°), którą po przyklejeniu skrawków usuwano przy użyciu Poly Clear Solvent (Polysciences). Skrawki z przekrojów podłużnych o grubości 8-10 µm barwiono 0,05% roztworem błękitu toluidynowego lub 2% roztworem safraniny i 1% roztworem zieleni jasnej. Obserwacje wykonywano w mikroskopie typu Eclipse 400, Nikon.

WYNIKI

Rośliny kontrolne badanych odmian lędźwianu po 17 dniach doświadczen^{ia} odznaczały się stosunkowo cienkim korzeniem głównym w regionie wierzchołkowym (fot. 1), osiągającym w odległości 0,8 mm od szczytu średnicę 310-330 μm. Strefa aktywnie dzielących się komórek w przypadku odmiany Krab sięgała do 1,9 mm od szczytu korzenia, zaś u odmiany Derek do 1,5 mm.

Korzenie roślin lędźwianu traktowanych Al wykazywały wizualne symptom^y toksyczności w postaci nieregularnych zgrubień i zniekształceń (fot. 2,3,4) powiazanych ze zmniejszeniem długości. Ich średnica u odmiany Derek w odległości 0,8 mm od wierzchołka wynosiła 570-1359 μm., była zatem 1,8-4 razy większa w porównaniu z kontrolą. Podobny wzrost grubości korzenia notowano u odmiany Krab. Zwiększenie średnicy korzenia w obecności Al było przede wszystkim wynikiem wzrostu objętości komórek parenchymatycznych. Obserwowane makroskopowo lokalne zgrubienia zdeformowanych korzeni stanowią miejsca tworzenia korzeni bocznych (fot. 3, 4).



^{Fot.} 1. Przekrój podłużny wierzchołka korzenia lędźwianu siewnego odmiany Krab przy 0 mg · L⁻¹ Al, (x 70) Longitudinal section of root top of chickling vetch (cv. Krab) at 0 mg · L⁻¹ Al, (x 70)
^{Fot.} 2. Przekrój podłużny korzenia lędźwianu siewnego odmiany Krab przy 20 mg · L⁻¹ Al, (x 70)
<sup>Widoczne uszkodzenia tkanek powierzchniowych sięgające do steli korzenia (strzałki) oraz odpadająca część apikalna (A) korzenia głównego. B - korzeń boczny, M - merystem wierzchołkowy, (x 70) Longitudinal section of chickling vetch root (cv. Krab) at 20 mg · L⁻¹ Al (about 4 mm)
^{Visible} injuries of surface tissues reaching up to the root stele (arrows) and peeling off the apical part of main root (A). B – lateral root, M - apical meristem, (x 70).
</sup>

W większości korzeni po traktowaniu Al wierzchołek przybierał zabarwienie brunatne, komórki czapeczki i merystemu obumierały i stopniowo złuszczały się. W miejscu oddzielania się wierzchołkowej części występowały komórki o silniej ELŻBIETA WERYSZKO-CHMIELEWSKA, MAGDALENA MICHOŃSKA I IN.



 Fot. 3, 4. Przekroje podłużne korzeni lędźwianu siewnego odmiany Derek przy 20 mg · L⁻¹ Al Widoczne zewnętrzne warstwy komórek ulegających nekrozie
 M – merystem wierzchołkowy, S – warstwa o charakterze merystemu słupowego, B – korzenie boczne, (x 70) Longitudinal sections of chickling vetch root (cv. Derek) at 20 mg − L⁻¹ Al Visible outer layers of cells subjected to necrosis
 M – apical merystem, S – layer with the character of column meristem, B – lateral roots, (x 70).

barwiącej się treści, niekiedy o zgrubiałych i zdrewniałych ścianach (fot. 2). Po destrukcji merystemu wierzchołkowego w korzeniu głównym, obserwowano korzenie boczne rozwijające się niejednokrotnie w położeniu przywierzchołkowym, również szybko zamierające (fot. 5). W zniekształconych korzeniach nie zaobserwowano epiblemy z włośnikami.

Odtwarzanie się merystemu wierzchołkowego następowało w obrębie stref nieuszkodzonych komórek, co spowodowało, że centra merystematyczne występowały w sąsiedztwie spękanych i rozsuniętych tkanek stałych (fot. 3, 4). Grupy komórek merystematycznych powstawały w obrębie parenchymy występującej pod oddzielającą się, znekrozowaną warstwą komórek (fot. 6). Podziały komórko-

74



Fot. 5. Fragment przekroju podłużnego wierzchołkowej części korzenia głównego lędźwianu siewnego odmiany Derek z destrukcją merystemów korzenia głównego i bocznego przy 20 mg · L⁻¹ Al

H – komórki wykazujące hipertrofię, W – rozgałęzienia wiązek przewodzących, (x 70) Fragment of longitudinal section of top part of chickling vetch main root (cv. Derek) with destruction of main and lateral root merystems at 20 mg · L⁻¹ Al

H – cells showing hypertrophy, W – ramifications of the vascular bundle, (x 70) Fot. 6. Fragment wierzchołkowej części korzenia lędźwianu siewnego odmiany Derek przy 20 mg· L⁻¹ Al. Widoczne centrum merystematyczne (M) wśród komórek parenchyny o różnym stopniu zgrubienia ścian, (x 14)

Fragment of top part of chickling vetch root (cv. Derek) at 20 mg · L⁻¹ Al. Visible merystematical center (M) among parenchyma cells with different level of wall thickness, (x 140).

^{we} odbywały się w różnych płaszczyznach. Strefa wierzchołkowa korzenia, mimo znacznego zwiększenia średnicy i wytwarzania korzeni bocznych, zachowywała ^{bud}owę pierwotną, o czym świadczy układ tkanek waskularnych. Zarówno szczytowa część korzenia, jak i wyżej położone regiony, otoczone były grubościenymi komórkami, tworzącymi warstwy o różnej grubości, złuszczające się nierównomiernie (fot. 2-6). Merystemy zachowane na wierzchołku korzenia głównego oraz korzeni bocznych nie były osłonięte czapeczką, a otaczała je warstwa komórek, które uległy nekrozie (fot. 2-4).

W niektórych korzeniach odmiany Derek, za wierzchołkową strefą merystematyczną obserwowano około 10-pokładową warstwę nieręgularnie ułożonych komórek parenchymatycznych różniących się wielkością i zgrubieniami ścian. Ponad nimi położona była strefa komórek o charakterze merystemu słupowego (fot. 4). We fragmentach korzeni destrukcja peryferycznych tkanek sięgała głęboko i obejmowała wszystkie warstwy kory (fot. 2). Korzenie boczne formowały się z perycyklu w wyżej położonych fragmentach korzeni (fot. 2, 3) oraz z tkanek strefy przywierzchołkowej (fot. 5).

Tkanki waskularne niektórych korzeni różnicowały się blisko szczytowej części korzenia głównego (240 µm od wierzchołka), rozgałęziając się do korzeni bocznych (fot. 5) lub też występowały znacznie wyżej – ponad segmentami strefy merystemu słupowego.

Korzenie formowane w obecności Al wykazywały zaburzenia w rozmieszczeniu stref. Począwszy od części dystalnej wyróżniono kolejno:

1) warstwę znekrozowanych, grubościennych komórek (brak czapeczki);

 merystem wierzchołkowy korzenia głównego lub merystemy korzeni bocznych;

3) warstwę komórek parenchymatycznych o różnej wielkości oraz nieregularnych zgrubieniach i zdrewnieniach ścian;

4) strefę komórek o charakterze merystemu słupowego lub strefę zróżnicowanych komórek z wyraźnymi tkankami trachealnymi.

W organizacji tkanek korzenia tworzących się w warunkach stresu glinowego zaznacza się wyraźnie redukcja strefy elongacyjnej. Wytwarzanie korzeni bocznych przebiega również w sposób anormalny, gdyż rozpoczyna się już w strefie apikalnej korzenia.

W korzeniach obydwu odmian lędźwianu siewnego obserwowano podobne zmiany destrukcyjne tkanek.

DYSKUSJA

Na podstawie wcześniejszych badań morfometrycznych lędźwianu wykazano, że odmiana Derek jest bardziej wrażliwa na stres glinowy niż odmiana Krab (Weryszko-Chmielewska i wsp., 1998). W strukturze wewnętrznej korzeni lędźwianu przy stresie wywołanym obecnością jonów glinu stwierdzono zaburzenia związane z obumieraniem merystemów komórek stref powierzchniowych, a także sektorów głębiej położonych tkanek.

Destrukcja tych tkanek stanowi podstawową przyczynę hamowania wzrostu ^{systemu} korzeniowego w obecności Al³⁺. Obumieranie komórek czapeczki, które ^{są} miejscem syntezy hormonów endogennych, a także komórek epiblemy zawie-^{raj}ących receptory sygnałów hormonalnych wywołuje również silne zaburzenia we ^wzroście korzeni (Marschner, 1991).

Z literatury wiadomo, że akumulacja glinu na poziomie komórkowym dotyczy w największym stopniu struktur jądrowych, czego konsekwencją jest zahamowanie podziałów komórek oraz ich destrukcja (Foy i wsp., 1978). Zgodnie z danymi uzyskanymi przez wymienionych autorów glin odkłada się również w ścianach komórko-^{wych} powodując zmniejszenie ich elastyczności i zahamowanie wzrostu komórek.

Jednakże w wyniku przedstawionych badań stwierdzono, że komórki parenchymatyczne w korzeniach lędźwianu ulegały nadmiernemu rozrostowi i przyspie-^{sz}onym procesom starzenia się, gdyż w ich ścianach obserwowano modyfikacje ^{pole}gające na zwiększeniu ich grubości i drewnieniu.

Rozwijanie się bocznych korzeni lędźwianu w niewielkiej odległości od uszkodzonego wierzchołka, obserwowane także u innych gatunków roślin (Andersson, 1988), świadczy o zniesieniu dominacji wierzchołkowej w korzeniach uszkodzonych przez Al.

W wierzchołkowych częściach korzeni lędźwianu, które osiągnęły większą grubość, obserwowano pierwotny układ tkanek. Uzyskane wyniki są zbliżone do danych Van Praag i wsp. (1985), którzy stwierdzili występowanie tylko pierwotnych wiązek przewodzących w korzeniach świerka uszkodzonych przez jony glinu.

Mimo znacznej dezintegracji tkanek korzeni obu odmian lędźwianu należy ^{podkreślić}, że u odmiany Krab zaznaczył się silniej zewnątrzkomórkowy me-^{chani}zm tolerancyjności na Al, przejawiający się w podwyższeniu pH rizosfery.

WNIOSKI

 W zmienionych morfologicznie korzeniach badanych odmian lędźwianu (Derek, Krab) stwierdzono podobne zmiany anatomiczne polegające na obumieraniu tkanek wierzchołkowych i peryferycznych oraz występowaniu zaburzeń w ^{różni}cowaniu tkanek miękiszowych i przewodzących. 2. Po destrukcji merystemu wierzchołkowego korzenia formowały się centra merystematyczne wśród wyżej położonych, żywych tkanek.

3. Korzenie boczne powstawały zarówno w strefie przywierzchołkowej korzenia głównego, jak też w wyżej położonych sektorach tego organu.

PIŚMIENNICTWO

- A n d e r s s o n M., 1988. Toxicity and tolerance of aluminium in vascular plants. Water, Air and Soil Poll. 39: 439-462.
- A n i o ł A., 1983. Aluminium uptake by roots of two winter wheat varieties of different tolerance to aluminium. Biochem. Physiol. Pflanzen 178: 11-20.
- Foy C.D., Chaney R.L., White M.C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 511-566.
- Hecht-Buchholz Ch., Foy C.D., 1981. Effect of aluminium toxicity on root morphology of barley. Plant and Soil 63: 93-95.
- Marschner H., 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. Plant and Soil 134: 1-20.
- P o k o j s k a U., 1989. Różne aspekty toksyczności glinu dla roślin. Przegląd Nauk. Lit. Rol.¹ Leśnej 35(1): 97-104.
- S z y m a ń s k a M., 1996. Uszkodzenia korzeni siewek dwóch odmian ogórka w obecności glinu-Mat. Ogólnopol. Konf. Kraków 23-25.11.1996, Wyd. PAN: 517-522.
- S z y m a ń s k a M., M o l a s J., 1994. Reakcja siewek dwóch odmian fasoli szparagowej na stres glinowy w warunkach zróżnicowanego zakwaszenia środowiska. Ogólnopol. Konf. Nauk. nl. Strączkowych roślin białkowych, I. Fasola, AR Lublin 25.11.1994: 131-134.
- S z y m a ń s k a M., M o l a s J., 1995. The cytotoxic influence of aluminium on *Cucumis sativus* L. seedling roots. Acta Agrobot. 48 (2): 83-93.
- Van Praag H.J., Weissen F., Sdignez-Remy S., Carletti G., 1985. Aluminium effects on spruce and beech seedlings. Plant and Soil 83: 339-356.
- Wagatsuma T., Kaneko M., Hayasaka Y., 1987. Destruction of plant root cells by aluminium. Soil Sci. Plant Nutr. 33: 161-175.
- W er y s z k o C h m i e l e w s k a E., C h w i l M., 1998. Rozwój korzeni grochu zwyczajneg⁰ (*Pisum sativum* L.) w warunkach stresu glinowego i silnego zakwaszenia środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 629-636.
- Weryszko-Chmielewska E., Szadura M., Chwil M., 1998. Tolerancyjność trzech odmian lędźwianu siewnego na stres glinowy. III Środowisk. Lubelska Konf. Magnezologiczna, Lublin 30.05.1998.
- Wissemeier A.H., Klotz F., Horst W.J., 1987. Aluminium induced callose synthesis in root of soybean (*Glycine max* L.). J. Plant Physiol. 129: 487-492.

SUMMARY

The effect of aluminium stress on root anatomy of two chickling vetch (*Lathyrus sativus* L.) cultivars: Derek and Krab was studied. Experiments were carried out in hydroponical cultures at 0 and 20 mg \cdot L⁻¹ Al.

Similar injuries of surface and deeper lying tissues were found in an inner structure of thickened ^{roots} in both varieties: destruction, necrotic changes and gradual peeling off the apical meristems, rhizodermis and peripheral parenchyma. Deeper damages locally occurring included all primary ^{cortex}. Apical meristems were reconstructed from parenchyma tissue localised above injuried apical ²⁰ne of the root. Some parenchyma cells situated above meristem and within the cortex showed hypertrophy, significant thickness and wall lignification. The lateral roots, forming on the main root ^{starting} from the top zone, were characterised by similar tissue destruction.

ARIA MIKOS-BIELAR", BARBARA SAWICKA"" IENATA ICZECZKO", BARBARA RUDZIŃSKIA

itetyczne regulatory wzrosłu w uprawie ziemniaka. Cześć I. Wpływ Poleilinu na wybrane składalki

chemiczne bulw różnych odmian ziemniaka -

Synthesia Growth Regulators of the Columbusor of Poene of LEPers of the Propagation Potence on Some Cherne at Conseguence of Australia Television of International Conseguence

Stalinov wzrostu różnorodnie odciriałają na rośliny korerolnije zachodzy i janoczy lizjologiczne i biochemiczne, cierojąc zachodzywie i koreforencyczy z okorzych karalinowska. 1995. Mecka 1995. Mecka Bielski i ba o c ka. 1996.
Midnos Bielski i ba o c ka. 1996.
Dutwie zierociała regulatory w zrostu pioźna stosować przed sodzenieć do bitwi a w bkiesie wszectneji do poryska naci (Korikowa i Karonak bala karonak bala starować przed sodzenieć do bitwi a w bkiesie wszectneji do poryska naci (Korikowa i Karonak bala karonak bala starować przed sodzenieć do bitwi a w bkiesie wszectneji do poryska naci (Korikowa i Karonak bala karonak bala starować przed sodzenieć do bitwi a w bkiesie wszectneji do poryska naci (Korikowa i Karonak bala karonak bala starować przed sodzenieć przed sodzenieć do bitwi a w bkiesie wszectneji do poryska naci (Korikowa i Karonak bala bitwi bit

MARRINE I MERTINY

andre pressen provinsioner all file institut in pieter betronen independent i all bege Prinkeys. Ene organiserer materiale beta 40.000 oranilogo della saisseme i severaria et deveranda az 200 oranezetter 100 kg Sillaneviski i 100 kg Prise meterio in 1.000 kg K az taletra 100 kg