Konstrukcja dużego wazonu cylindrycznego do badań systemu korzeniowego ziemniaka i metoda pomiarów

ANNA GŁUSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, 05-140 Serock
Głuska A. (Department of Potato Agronomy, Plant Breeding and Acclimatization Institute,
Jadwisin, 05-140 Serock, Poland). The method for potato root system measurements.

(Otrzymano: 16.05.2001)

S u m m a r y

Extracting of a root system from the soil without losses is the main difficulty in investigations of the potato root system.

In the years 1992-1998 at The Potato Research Institute, Jadwisin (Poland) an original method for potato root system investigation was developed. A special pot (40 cm in diameter, 100 cm high) made of zinc coated steel sheet 0,8 mm was constructed. This device may be opened lengthwise to obtain the whole intact root system of potato plant. Soil profile in the pot is formed in 10 horizontal layers separated by circles made of plastic mesh which enable distinguishing of roots related to certain soil horizons.

The method described makes possible (in a relatively easy way) taking measurements of weight and length of roots in every 10-cm layer of soil up to depth of 1 meter, so as to assess: the weight of fresh and/or dry matter and length of the whole potato plant root system and its distribution in the soil profile.

This method might be useful also for investigation of root systems of another species.

Key words: potato, root measurements, method

WSTĘP

Wielkość systemu korzeniowego rośliny i jego rozmieszczenie w glebie jest cechą bardzo ważną, warunkującą sprawność pobierania wody i składników pokarmowych z gleby. Ważne są zarówno różnice odmianowe w budowie systemu korzeniowego jak i zależność jego rozwoju od czynników siedliskowych i agrotechniki.

Badania systemów korzeniowych są trudne technicznie i bardzo pracochłonne. Podstawową trudnością jest wyodrębnienie z podłoża całego systemu korzeniowego rośliny w stanie nienaruszonym.

Celem pracy było opracowanie nieskomplikowanej metody badania systemu korzeniowego ziemniaka.

Metoda powinna zapewniać możliwie prawidłowe warunki rozwoju dużym roślinom, które budują system korzeniowy sięgający głęboko (80–100 cm), a równocześnie zajmujący sporą powierzchnię w płaszczyźnie poziomej (standardowe odstępy między roślinami ziemniaka w uprawie polowej wynoszą 40 cm). Ponadto powinna umożliwiać dostęp do systemu korzeniowego roślin dla wykonania pomiarów jego wielkości i rozkładu w glebie.

Aby spełnić te wymagania postanowiono skonstruować specjalny wazon.

PRZEGLĄD METOD BADAŃ SYSTEMÓW KORZENIOWYCH

Historia badania systemów korzeniowych sięga końca XIX wieku. Od tego czasu opracowano wiele metod obserwacji i badania korzeni roślin. Nadal udoskonalane są i modyfikowane stare metody badawcze, a jednocześnie opracowywane są nowe, przy wykorzystaniu nowoczesnych urządzeń technicznych. Nadal jednak nie ma metody doskonałej, pozwalającej zrealizować precyzyjne pomiary kompletnych systemów korzeniowych roślin.

Najstarsza z metod tzw. metoda profilu ściennego (Böhmer, 1985) polegała na wykonaniu odkrywki glebowej dla odsłonięcia korzeni. Umożliwiała jedynie uzyskanie bardzo ogólnych informacji o systemach korzeniowych gatunków roślin, ich fotografowanie lub rysunki.

Kolejna metoda tzw. deski z igłami (Böhmer, 1985), stosunkowo popularna, polega na odcięciu monolitu glebowego zawierającego system korzeniowy, zabezpieczonego deską „przypiętą” wystającymi, długimi gwoździami bez łebków. Metoda ta jest również niedoskonała, gdyż nie zapewnia wydobycia całego systemu korzeniowego rośliny. Odcina się nieokreśloną bliżej część korzeni wyrastających poza monolit. Ponadto, samo wydobycie na powierzchnię dużego i ciężkiego monolitu bez jego uszkodzenia jest bardzo trudne.

Bardziej zaawansowane technicznie były obserwatoria systemów korzeniowych tzw. rhizotrony budowane w latach sześćdziesiątych XX wieku. Naturalny fragment profilu glebowego obudowywano taflami szklanymi, a części nadziemne badanych roślin znajdowały się w ich naturalnym środowisku. Rhizotrony umożliwiały obserwacje dynamiki rozwoju korzeni roślin i ich zasięgu, oraz szacowanie gęstości ukorzenienia, ale nie pozwalały na pomiar całego systemu korzeniowego rośliny.

Nowoczesne laboratoria korzeniowe tzw. rhizolaby to sztucznie uformowane lub naturalne duże bryły glebowe w których rosną rośliny, a specjalne urządzenia umożliwiają kontrolę przesączy glebowych, obserwacje zasięgu korzeni i wielu innych parametrów. Jak wykazali S m i t i n. (1994) rhizolaby również nie są pozbawione wad. Nawet jeśli pominąć bardzo wysokie koszty ich budowy i eksploatacji, to również w tych warunkach nie ma możliwości wykonania pomiaru wielkości systemu korzeniowego.

Dość często sięga się po metody pośrednie (S t a l h a m, 1989; I w a m a i n., 1995; R u i j t e r, 1998) np. pobieranie wielu niedużych fragmentów profilu glebowego, ocenianie masy korzeni w tych próbkach, a następnie przeliczanie i wnioskowanie na tej podstawie o całym systemie korzeniowym. O precyzji tych pomiarów i poprawności wnioskowania decyduje metoda pobierania prób, ich liczba i reprezentatywność.

Najnowsze rozwiązania tzw. minirhizotrony (T a y l o r i n., 1990; B o x 1996) to szklane tuby wprowadzane do gleby, sięgające głębokości 1,2-1,5 m. Umożliwiają one wprowadzanie specjalnej video-kamery pozwalającej na wielokrotne obserwacje i pomiary korzeni w bezpośrednim sąsiedztwie tuby. Są modyfikacją dużych rhizotronów, niewątpliwie poszerzającą możliwości badawcze. R u i j t e r (1995), porównywał tą metodę z metodą próbek glebowych i stwierdził, że minirhizotron daje wyniki jedynie przybliżone. Ponadto, metoda ta wymaga kalibracji przy pomocy innych metod pomiaru korzeni.

Prace własne

Badania systemu korzeniowego ziemniaka rozpoczęto w Instytucie Ziemniaka w Jadwisinie w latach dziewięćdziesiątych pod kątem poszukiwania różnic odmianowych w budowie i aktywności systemu korzeniowego roślin. Próbowano wielu metod, opierając się zarówno na literaturze jak i na pomysłach własnych.

Rozpoczęto od obserwacji systemu korzeniowego kilku odmian ziemniaka w naturalnym profilu glebowym. Obserwacje prowadzono w prymitywnym obserwatorium, które powstało po wykonaniu wykopu głębokości 1,5 m tuż obok rzędu roślin ziemniaka i obudowaniu ściany profilu szybą szklaną. Obserwacje tam przeprowadzone wykazały, że odmiany ziemniaka różnią się znacznie tempem rozwoju systemu korzeniowego, jego zasięgiem i rozmieszczeniem w glebie, jak również gęstością ukorzenienia.

Prowadzono też różnorodne próby wykorzystania do badania korzeni różnego rodzaju wazonów – typowych i nietypowych (także np. worków z folii polietylenowej). Wszystkie te rozwiązania miały jednak wiele mankamentów.

Po wielu próbach opracowano konstrukcję dużego wazonu, umożliwiającego prawidłowy rozwój rośliny ziemniaka i jej systemu korzeniowego. Wazon ten może być otwierany wzdłuż, co stwarza techniczną możliwość wydobycia całego systemu korzeniowego rośliny bez uszkodzeń. Ponadto, konstrukcja wazonu i opracowana wraz z nią metoda formowania podłoża umożliwia wyodrębnienie warstw korzeni odpowiadających poszczególnym warstwom podłoża.

W rezultacie uzyskuje się możliwość określenia następujących parametrów systemu korzeniowego: długości całego systemu korzeniowego rośliny, jego świeżej i suchej masy oraz rozkładu systemu korzeniowego w profilu glebowym, czyli określenie długości i suchej masy korzeni w poszczególnych 10-cm warstwach podłoża do głębokości 1 metra.

Metoda umożliwia obserwację różnic odmianowych (G ł u s k a, 1992, 1996, 1999).

Opis konstrukcji wazonu

Wazon do badania systemu korzeniowego ziemniaka ma kształt cylindrycznej rury o średnicy 40 cm i długości (wysokości) 100 cm (nie posiada dna), z możliwością otwierania wzdłuż. Wykonany jest z blachy stalowej ocynkowanej o grubości 0,8 mm. W celu zmniejszenia nagrzewania wazonu w okresach dużego nasłonecznienia, blacha winna być pomalowana od strony zewnętrznej na białą.

Wazon może być ustawiony na dowolnym podłożu w hali wegetacyjnej lub na zewnątrz. Jest bardzo stabilny i nie wymaga dodatkowego podparcia, nawet gdy jest narażony na podmuchy wiatru. Szczegóły konstrukcji przedstawiono na rysunku 1.

Wazon składa się z trzech części: dwu połówek rury (A) i (B) oraz wąskiej listwy (C), która jest rygłem spinającym te połówki. Krawędzie wzdłużne wszystkich części zostały wyprofilowane w taki sposób, że tworzą połączenia suwliwe, bardzo łatwe w obsłudze i nie wymagające żadnej konserwacji.

Montaż wazonu jest bardzo prosty i sprowadza się do dwu operacji:

1. Wykonanie połączenia (z) „zawiasowego” czyli połączenie połówek (A) i (B) poprzez wsunięcie brzegu połówki (B) w tunelikowato uformowany brzeg połówki (A).
2. Domknięcie obwodu rury i wykonanie połączenia (r) „ryglowego” poprzez nasunięcie listwy – rygla (C) na przylegające do siebie brzegi obu połówek.

Po zmontowaniu wazonu należy go ustawić na docelowym miejscu i tam wykonać jego napełnienie, gdyż przenoszenie wazonu napełnionego nie jest możliwe (wazon nie posiada dna). Jako podłoża używa się piasku o różnym udziale części spławialnych ($< 0,02$ mm) od 0 do 20%, ponieważ wymywanie korzeni z podłoża piaskowego jest dość łatwe. Nie jest wskazane stosowanie mieszanin torfowych, gdyż oddzielenie cząstek organicznych od korzeni rośliny badanej jest bardzo trudne.

Technika napełniania wazonu

Napełnianie wazonu piaskiem odbywa się warstwami o miąższości 10 cm. Warstwy oddzielane są krążkami plastikowej siatki o średnicy równej średnicy wazonu (40 cm); wielkość oczek siatki ok. 5 mm.

Dla ułatwienia precyzyjnego uformowania tych warstw namalowano na wewnętrznej powierzchni wazonu linie poziome w odstępach co 10 cm. Linie te oznaczają miejsca rozgraniczenia warstw, czyli te miejsca, gdzie w procesie napełniania wazonu należy na warstwie piasku ułożyć siatkowy krążek.

Rys. 1. Schemat wazonu do badania systemu korzeniowego rośliny ziemniaka

Fig. 1. Sketch of the pot for potato root system investigations

A, B, C – części wazonu / parts of the pot

(r) – połączenie ryglowe / bolt joint

(z) – połączenie zawiasowe / hinge joint

W ten sposób napełniony wazon stanowi profil glebowy o wysokości 100 cm i średnicy 40 cm, podzielony na 10 poziomych warstw o miąższości 10 cm każda, oddzielonych krążkami siatki. Bulwę sadzeniakową lokuje się ok. 10 cm poniżej górnej powierzchni gleby. Roślina ziemniaka, przy zapewnieniu dobrego zaopatrzenia w wodę i składniki pokarmowe, rozwija się prawidłowo. System korzeniowy przetrasta w głąb profilu, a krążki siatki nie stanowią przeszkody dla wzrostu korzeni. Rosnąc w dół korzenie oplatają siatkę, a po usunięciu podłoża (wypłukaniu piasku) krążki siatki są „przytrzymywane” przez korzenie, co umożliwia przyporządkowanie korzeni odpowiednim warstwom gleby.

Technika wypłukiwania systemu korzeniowego

Zbiór rośliny ziemniaka, dla wydobycia jej systemu korzeniowego, należy przeprowadzić przed początkiem dojrzewania roślin, zanim korzenie zaczną obumierać.

Konstrukcja wazonu sprawia, że wydobywanie systemu korzeniowego nie jest operacją trudną, choć wymaga zespołu co najmniej 2-osobowego i dobrej organizacji pracy.

Kolejność czynności jest następująca:

1. Zdjęcie listwy ryglującej (C) poprzez jej zsuniecie do góry.

Otwiera się połączenie ryglowe (r), pozwalające na stopniowe otwieranie stojącego pionowo wazonu wzdłuż i rozpoczęcie wypłukiwania piasku strumieniem wody z węża.

2. Wymywanie podłoża strumieniem wody wprowadzanym od góry przy równoczesnym, stopniowym otwieraniu wazonu.

Połączenie zawiasowe (z) pozostaje zamknięte, a jego ruchomość umożliwia równomierny dostęp strumienia wody na całym obwodzie bryły korzeniowej i stopniowe usuwanie jej osłony, jaką tworzą ściany wazonu.

3. Usunięcie wazonu.

Pozostaje stojący pionowo słupek gleby częściowo wymytej, z krążkami siatki i kompletnym systemem korzeniowym (fot. 1).

4. Kontynuowanie wymywania aż do zupełnego usunięcia piasku.

Pozostają krążki siatki z systemem korzeniowym.

5. Podział systemu korzeniowego na warstwy.

Korzenie odcina się nożyczkami na linii siatek i w ten sposób dokonuje się podziału całego systemu korzeniowego rośliny na części odpowiadające warstwom profilu glebowego.

Otrzymuje się z każdej rośliny do 10 porcji korzeni (zależnie od głębokości uкорнення rośliny badanej) gotowych do pomiarów.

Fot. 1. Wazony do badania systemu korzeniowego ziemniaka z rosnącymi roślinami
(fot. Autor)

Photo 1. The pots for potato root system measurements with plants. (photo: Author)

Fot. 2. System korzeniowy rośliny ziemniaka w trakcie procesu
wymiwania podłoża piaskowego (fot. Autor)

Photo 2. Root system of potato plant during washing out (photo: Author)

Pomiar długości korzeni

Przygotowane korzenie, podzielone na „porcje” odpowiadające określonym poziomom podłoża, starannie zaetykietowane, umieszcza się w torebkach plastikowych i zalewa roztworem fioletu (1 gram $C_{25}H_{30}N_3Cl$ rozpuszczony w 100 ml alkoholu etylowego stanowi roztwór bazowy do sporządzania roztworu barwiącego poprzez rozcieńczenie z wodą w stosunku objętościowym 1:100). Materiał ten umieszcza na 48 godzin w temp. pokojowej w celu wybarwienia korzeni.

Jeżeli zaistnieje konieczność opóźnienia pomiarów, korzenie można przetrzymać w roztworze barwiącym nawet do miesiąca, po dodaniu do roztworu niewielkich ilości alkoholu etylowego i przechowywaniu w obniżonej temperaturze (2–4°C).

Pomiary długości korzeni są prowadzone przy pomocy aparatu elektronicznego opartego na metodzie przecięć opracowanej przez N e w m a n a w 1966 r. i zmodyfikowanej przez T e n n a n t a (1975) weryfikowanej przez B l a n d (1990). Aparat prod. Delta T(GB), o nazwie Root Length Measurement System Area Meter Mark 2, złożony jest z kamery, która obserwuje porcje korzeni rozłożone na podświetlonej tacy i przekazuje obraz do urządzenia elektronicznego z monitorem. Na monitorze sprawdza się prawidłowość rozłożenia korzeni i odczytuje liczbę przecięć korzeni z liniami monitora. Można te liczby transformować na wartość długości korzeni przy pomocy przygotowanego wcześniej grafu, można też włączyć do systemu komputer z programem przeliczającym.

Po zmierzeniu długości, korzenie suszy się w suszarce (105°C) i określa ich suchą masę. Nie mając wspomnianego aparatu do pomiaru elektronicznego długości korzeni można długość korzeni oznaczyć metodą Newmana-Tennanta ręcznie, co jest bardzo pracochłonne, lub ograniczyć się do ustalenia świeżej masy i suchej masy korzeni w poszczególnych warstwach profilu oraz sporządzenia schematu graficznego rozlokowania masy korzeni w całym profilu.

LITERATURA

- B l a n d W. L., M e s a r c h M. A., 1990. Counting error in the line-intercept method of measuring root length. *Plant and Soil* 125, 155–157.
- B ö h m W., 1985. Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL. Warszawa
- B o x J. E., 1996. Modern methods for root investigations. In: *Plant roots. The hidden half*. 2-nd ed. M. Dekker, N. York, 193–237.
- G ł u s k a A., 1992. The relationship between size of the root system and tolerance to drought of potato varieties. *Proc. 2nd ESA Congress*. Warwick Univ.
- G ł u s k a A., 1996. Root system size of several potato varieties. *Abstracts of 13th EAPR Conference*. Veldhoven, 178–179
- G ł u s k a A., 1999. Root system measurement in assessment of potato cultivar resistance to drought. *Abstracts of 14th EAPR Conference*. Sorrento, 186–187.
- I w a m a K., T a k a t a O., O h n a m i M., N a k a s e k o K., 1995. Effects of scion and stock on root growth of grafting plants between two potato varieties with different root mass. *Jpn. J. Crop Sci.* 64(1), 86–92.

- Ruijter F., 1998: Potato crop growth as influenced by potato cyst nematodes (*Globodera pallida*) and abiotic factors. Thesis Agricultural Univ. Wageningen.
- Smit A. L., Groenwold J., Vos J., 1994. The Wageningen Rhizolab – a facility to study soil-root-atmosphere interactions in crops. II. Methods of root observations. Plant and Soil 161, 289–298.
- Stallham M., 1989. Growth and water use of potato variety (...) Ph. D. Thesis. Cambridge Univ.
- Taylor H. M., Upchurch D. R., McMichael B. L., 1990. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons. Plant Soil 129, 29–35.
- Tennant D., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol. 63, 995–1001.

Konstrukcja dużego wazonu cylindrycznego do badań systemu korzeniowego ziemniaka i metoda pomiarów

Streszczenie

W badaniach systemu korzeniowego ziemniaka główną trudnością jest wyodrębnienie z podłoża całego systemu korzeniowego rośliny w stanie nienaruszonym.

W latach 1992–1998 w Instytucie Ziemniaka, Oddział w Jadwisinie, opracowano oryginalną metodę badania systemu korzeniowego ziemniaka. Opracowano konstrukcję wazonu o średnicy 40 cm i wysokości 1 m, który można otwierać wzdłuż, aby wydobyć system korzeniowy rośliny bez uszkodzeń. Formowanie podłoża w sposób warstwowy umożliwia wyodrębnienie warstw korzeni, odpowiadających poszczególnym warstwom gleby.

Opisana metoda umożliwia określenie masy i długości korzeni rośliny ziemniaka w 10-centymetrowych warstwach podłoża do głębokości 1 m. W efekcie określa się całkowitą masę i długość systemu korzeniowego rośliny oraz jego rozkład w profilu glebowym.

Metoda ta nadaje się do zastosowania również w badaniach systemów korzeniowych innych roślin.