INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/2009, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 151–158
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Adam Szewczuk, Dariusz Dereń, Ewelina Gudarowska

WPŁYW NAWADNIANIA KROPLOWEGO NA ROZMIESZCZENIE KORZENI DRZEW JABŁONI SADZONYCH TRADYCYJNIE I „W REDLINY”

THE INFLUENCE OF DRIP IRRIGATION ON DISTRIBUTION OF ROOTS OF APPLE TREES PLANTED TRADITIONALLY AND IN RIDGES

Streszczenie

Badania przeprowadzono w Stacji Badawczo-Dydaktycznej należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Jesienią 2008 roku przeprowadzono badania dotyczące rozmieszczenia sytemu korzeniowego 9-letnich drzew odmiany Jonagored szczepionych na podkładce M9. Drzewa posadzono w rozstawie 3,5 x 0,5 m (5714 drzew ha^{-1}) dwoma sposobami: tradycyjnym i „w redliny”. Sadzenie „w redliny” polegało na ustawieniu drzewek na powierzchni gruntu, przymocowaniu ich do rozciągniętych wzdłuż rzędu drutów i obsypaniu systemu korzeniowego. Drzewa nawadniano systemem kroplowym, ustalając terminy nawodnień metodą tensjometryczną. W celu określenia rozmieszczenia korzeni zastosowano metodę profilu glebowego, przy modyfikacji polegającej na wykorzystaniu cyfrowych zdjęć gleby z korzeniami, zamiast ręcznego nanoszenia rozmieszczenia korzeni na przezroczystą folię. Ocenie poddane zostały losowo wybrane reprezentatywne drzewa (po 3 z każdej kombinacji). Obserwacje przeprowadzono na profilu o szerokości 1 m i głębokości 1,20 m. Połączenie sadzenia drzew w redliny i nawadniania wpłynęło na intensywniejsze tworzenie przez nie korzeni drobnych o średnicy poniżej 1 mm, w porównaniu do drzew kontrolnych sadzonych tradycyjnie. Zostało to udowodnione statystycznie w czterech z sześciu badanych poziomów profilu glebowego. Za wyjątkiem wierzchniej warstwy gleby (0–20 cm), zauważono tendencje do intensywniejszego tworzenia korzeni drobnych przez drzewa nawadniane, jednak nie były to różnice udowodnione statystycznie. Nawadnianie kroplowe drzew sadzonych w redliny miało wpływ na wytworzenie mniejszej liczby korzeni grubszych o średnicy > 2 mm oraz rozmieszczenie ich tylko w wierzchnich warstwach gleby do 60 cm.

Słowa kluczowe: jabłoń, nawadnianie kroplowe, system korzeniowy, sadzenie w redliny

Summary

The experiment was carried out at the Experimental Station belonging to Wrocław University of Environmental and Life Sciences. In the autumn of 2008 the distribution of root system for nine-year-old apple trees cv. 'Jonagored' on M9 rootstock was evaluated. The tress were planted at spacing 3,5 x 0,5 m (5714 trees/ha) in two different ways: traditionally – into hole, and in the ridges. Planting in ridges consists in setting trees on the top of the ground, fastening the trees to the rows of wire and hilling the soil up around their root system. The trees were irrigated by drip irrigation system. Irrigation was applied on the base of tensiometer indications. On purpose to determine the distribution of the roots the method of soil profile was used (Böhm, 1985). The method of soil profile was modified by taking digital photos of soil with roots, instead putting the roots by hand on transparent foil. The studies were prosecuted on three selected trees in each treatment, in vertical soil profile at 1m wide and 1,2 m deep.

Planting in ridge combined with irrigation affected more intensive producing of fine roots (ø < 1 mm), in comparison with control trees, planted in standard way. The significant differences of these result, were noted for four soil layers among six. With the exception of upper soil level (0–20 cm), the tendency to more intensively producing fine roots by irrigated trees was noted, However, the differences were not statistically significant. Drip irrigation of the trees planted in ridges had the influence on forming less number of thick roots (ø >2 mm) and their distribution only to the depth 60 cm of soil layer.

Key words: *apple tree, drip irrigation, root system, planting in ridges*

WSTĘP

Intensywna uprawa jabłoni wymaga od producentów doskonalenia agrotechniki poprzez m.in. wprowadzanie nawadniania. Obecnie najbardziej rozpowszechnione jest nawadnianie kroplowe, łączące w sobie zarówno optymalne wykorzystanie wody, jak i energii, w celu uzyskania dodatkowego efektu produkcyjnego. Liczne doświadczenia przeprowadzone w naszym klimacie wskazują na dużą efektywność tego zabiegu stosowanego w uprawie jabłoni [Sokolska, Szewczuk 2007]. Niewielki jest natomiast zakres wiedzy na temat efektów stosowania nawadniania przy innym niż tradycyjny sposobie sadzenia drzew, a mianowicie sadzeniu drzew w redliny. W tej metodzie drzewa przy sadzeniu ustawia się na powierzchni gruntu, a system korzeniowy drzew obsypuje się ziemią, tworząc redlinę. Ten sposób sadzenia może mieć zastosowanie przy zakładaniu sadu na stanowisku z wysokim poziomem wody gruntowej [Perry 1996], lub usprawniać replantacje drzew [Bootsma1995]. Nie stwierdzono, aby ta metoda sadzenia drzew w istotny sposób zróżnicowała wielkość uzyskiwanego plonu i jego jakość [Perry 1996; Treder i Mika 2001]. Nie udowodniono również, aby sposob sadzenia drzew jabłoni różnicował plonowanie jabłoni, w zależności od odmiany [Wagenmakers, Tazelaar 1998]. Uważa sie, że można w ten sposób osłabić wzrost drzew, co jest wskazane w nowoczesnych uprawach

sadowniczych [Sosna, Szewczuk 1998]. Jednak obserwacje dotyczące wzrostu drzew rosnących w redlinach są niejednoznaczne. Treder i Mika [2001] słabszy wzrost drzew rosnących w redlinach obserwowali od trzeciego roku po posadzeniu, natomiast Sako i Laurinen [1986] wykazali, że drzewa tak prowadzone charakteryzowały się silniejszym wzrostem niż drzewa kontrolne sadzone w sposób klasyczny. W warunkach replantacji Bootsma [1995] uzyskał początkowo silniejszy wzrost drzew, jednak w następnych latach wzrost drzew sadzonych w redliny był nieznacznie słabszy niż przy sadzeniu tradycyjnym. Ograniczenie wzrostu drzew rosnących w redliny łączono z zahamowanym rozwojem systemu korzeniowego, zwłaszcza w pierwszych latach po posadzeniu. Ponadto sadzenie drzew w redliny powoduje silniejsze przesuszanie gleby i większe narażenie drzew na suszę [Perry 1996; Treder, Mika 1996]. Dlatego nawadnianie drzew jabłoni rosnących w redlinach wpłynęło na ich silniejszy wzrost i lepsze plonowanie. Było to tłumaczone połączeniem dwóch czynników sprzyjających rozwojowi wegetatywnemu i generatywnemu drzew, takich jak wzrost temperatury gleby uformowanej w redlinę [Szewczuk 2004] oraz jej odpowiednie uwilgotnienie poprzez wprowadzenie nawadniania.

Celem przeprowadzonych badań było określenie, czy stwierdzone różnice we wzroście i plonowaniu drzew nawadnianych sadzonych w redliny w porównaniu do drzew sadzonych tradycyjnie i nienawadnianych mają związek z pionowym rozmieszczeniem korzeni drzew jabłoni rosnących w dużym zagęszczeniu. Ponadto wyniki badań nad rozmieszczeniem korzeni jabłoni sadzonych w redlinach mogą być wykorzystane przy projektowaniu najbardziej optymalnych systemów nawodnień umiejscowionych, tak niezbędnych przy tym sposobie sadzenia.

METODYKA BADAWCZA I OPIS BADAŃ

Badania nad rozmieszczeniem korzeni drzew jabłoni w zależności od nawadniania i sposobu sadzenia przeprowadzono w Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Samotworze należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Drzewa odmiany ‘Jonagored’ szczepione na podkładce M9 wysadzono wiosną 2000 roku. Zastosowano dwa sposoby sadzenia: tradycyjny i „w redliny”. Sadzenie „w redliny” polegało na ustawieniu drzewek na powierzchni gruntu, przymocowaniu ich do rozciągniętych wzdłuż rzędu drutów i obsypaniu systemu korzeniowego. Drzewa posadzono w rozstawie 3,5 x 0,5 m (5714 drzew ha^{-1}) w układzie zależnym, w czterech powtórzeniach, po pięć drzew na poletku. Drzewa były prowadzone w formie korony osiowej, przy zastosowaniu cięcia odnawiającego. Drzewa nawadniano systemem kroplowym, emiterami o wydatku 5 l h^{-1}, ustalając terminy nawodnień metodą tensjometryczną. Jesienią 2008 roku (9 rok po posadzeniu) przeprowadzono badania rozmieszczenia sytemu korzeniowego. Zastosowano metodę profilu glebowego, opracowaną przez

Oskampa, a opisaną przez Bőhma [1985], dającą najlepszy obraz rozmieszczenia korzeni roślin uprawnych rosnących w rzędach. Wprowadzono modyfikację tej metody polegającą na wykorzystaniu cyfrowych zdjęć gleby z korzeniami, zamiast ręcznego nanoszenia rozmieszczenia korzeni na przezroczystą folię. Zdjęcia wykonano lustrzanką cyfrową Olimpus E510 w rozdzielczości 300 dpi. Ocenie poddane zostały losowo wybrane reprezentatywne drzewa (po 3 z każdej kombinacji). Obserwacje przeprowadzono na profilu o szerokości 1 m i głębokości 1,20 m. Każdy profil podzielono na kwadraty 20 x 20 cm, w których określono liczebność korzeni w trzech klasach grubości: <1 mm, 1–2 mm i >2 mm. W celu uchwycenia zmian w pionowym rozmieszczenia korzeni, zsumowano ich występowanie z pięciu kwadratów na każdym poziomie, przedstawiając liczebność w przeliczeniu na 0,2 m^2 poszczególnych poziomów profilu glebowego. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, a istotność różnic oceniono testem T-Duncana na poziomie istotności 5%.

WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzone obserwacje dotyczyły drzew bardzo gęsto posadzonych, dlatego nie stwierdzono zróżnicowania rozmieszczenia korzeni w układzie poziomym. Drzewa były sadzone co 50 cm, dlatego ich system korzeniowy, podobnie jak część nadziemna wzajemnie sie przenikał. Nie stwierdzono również, aby w miejscu emisji nawadniania nastąpiło zróżnicowanie liczebności korzeni poszczególnych frakcji. Nie jest to zgodne z badaniami przeprowadzonymi przez Sokalską i in. [2009], która stwierdziła, że wieloletnia eksploatacja nawadniania kroplowego wpłynęła na zmiany w rozkładzie przestrzennym systemu korzeniowego, jednak badania dotyczyły drzew posadzonych w rozstawie 1,2 m. Różnice pomiędzy badanymi kombinacjami zaobserwowano natomiast w pionowym rozmieszczeniu korzeni. Wyniki przedstawione w tabelach 1–3 obrazują łączną liczbę korzeni w warstwie o długości 1 m i głębokości 20 cm. Stwierdzono silniejsze zróżnicowanie pomiędzy badanymi kombinacjami w pionowym rozmieszczeniu korzeni najdrobniejszych o średnicy < 1 mm.

W przypadku tej frakcji można zauważyć, że połączenie sadzenia drzew w redliny i nawadniania wpłynęło na intensywniejsze tworzenie przez drzewa takich korzeni w porównaniu do drzew kontrolnych sadzonych tradycyjnie. Zostało to udowodnione statystycznie w czterech z sześciu badanych poziomów profilu glebowego (tab. 1). Może to mieć związek z poprawą warunków termicznych [Szewczuk 2004] i uwilgotnienia gleby przy sadzeniu drzew w redliny i stosowaniu nawadniania. Z wyjątkiem wierzchniej warstwy gleby (0–20 cm), zauważono również tendencje do intensywniejszego tworzenia korzeni drobnych przez drzewa nawadniane, jednak nie były to różnice udowodnione statystycznie.

Tabela 1. Liczba korzeni o średnicy < 1 mm przypadająca na 0,2 m^2 poszczególnych poziomów profilu glebowego, w zależności od nawadniania i sposobu sadzenia
Table1. Number of roots with diameter < 1 mm on 0,2 m^2 space of particular layer of soil profile, depending on irrigation and method of planting

Poziom cm Soil layer cm	Liczba korzeni o średnicy < 1 mm przypadająca na 0,2 m^2 Number of roots with diameter < 1 mm on 0,2 m^2			
	Sadzenie tradycyjne Standard planting		Redliny Ridge	
	kontrola control	Nawadnianie irrigation	kontrola control	nawadnianie irrigation
do 20	76 a*	70 a	86 a	81 a
20–30	36 a	46 ab	50 ab	53 b
40–60	28 a	35 a	31 a	55 b
60–80	17 a	37 b	31 b	31 b
80–100	14 a	19 a	15 a	23 a
100–120	8 a	7 a	7 a	22 b
Łącznie wszystkie poziomy All layers together	179 a	214 ab	220 ab	265 b

*Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie poszczególnych poziomów nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana
*Means marked by the same letter for every layers are not significantly differ (5%), according to Duncan's t-test

Tabela 2. Liczba korzeni o średnicy 1–2 mm przypadająca na 0,2 m^2 poszczególnych poziomów profilu glebowego w zależności od nawadniania i sposobu sadzenia
Table 2. Number of roots with diameter 1–2 mm on 0,2 m^2 space of particular layer of soil profile, depending on irrigation and method of planting

Poziom cm Soil layer cm	Liczba korzeni o średnicy 1–2 mm przypadająca na 0,2 m^2 Number of roots with diameter 1–2 mm on 0,2 m^2			
	sadzenie tradycyjne standard planting		redliny ridge	
	kontrola control	nawadnianie irrigation	kontrola control	nawadnianie irrigation
do 20	15 ab	20 c	17 bc	12 a
20–30	10 a	9 a	10 a	12 a
40–60	4 a	7 ab	8 b	6 ab
60–80	4 ab	6 b	2 a	3 ab
80–100	3 a	2 a	3 a	3 a
100–120	1 a	2 a	0 a	1 a
Łącznie wszystkie poziomy All layers together	37 a	46 b	40 ab	37 a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie poszczególnych poziomów nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana
*Means marked by the same letter for every layers are not significantly differ (5%), according to Duncan's t-test

Tabela 3. Liczba korzeni o średnicy > 2 mm przypadająca na 0,2 m^2 poszczególnych poziomów profilu glebowego w zależności od nawadniania i sposobu sadzenia
Table 3. Number of roots with diameter > 2 mm on 0,2 m^2 space of particular layer of soil profile, depending on irrigation and method of planting

Poziom cm Soil layer cm	Liczba korzeni o średnicy > 2 mm przypadająca na 0,2 m^2 Number of roots with diameter > 2 mm on 0,2 m^2			
	sadzenie tradycyjne standard planting		redliny ridge	
	kontrola control	nawadnianie irrigation	kontrola control	nawadnianie irrigation
do 20	22 c	21 c	16 b	10 a
20–30	10 a	16 b	14 ab	10 a
40–60	6 a	3 a	7 ab	11 b
60–80	4 b	4 b	4 b	0 a
80–100	3 a	1 a	2 a	0 a
100–120	2 a	0 a	2 a	0 a
Łącznie wszystkie poziomy All layers together	47 b	45 b	45 b	31 a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie poszczególnych poziomów nie różnią się istotnie (5%) wg testu t-Duncana
*Means marked by the same letter for every layers are not significantly differ (5%), according to Duncan's t-test

W przypadku korzeni frakcji 1–2 mm stwierdzono, że nawadnianie drzew sadzonych tradycyjnie wpłynęło na ich intensywniejsze tworzenie w wierzchniej warstwie gleby (do 20 cm) oraz ogólnie większą ich liczbę (tab. 2). Podobnych zależności nie stwierdzono przy nawadnianiu drzew sadzonych w redliny, a nawet w warstwie 0–20 cm stwierdzono istotnie mniej takich korzeni u drzew nawadnianych.

Rozmieszczenie przestrzenne korzeni najgrubszych o średnicy > 2 mm u drzew nawadnianych i kontrolnych było zbliżone, z wyjątkiem warstwy 20–40 cm, gdzie korzeni tej frakcji było istotnie więcej u drzew nawadnianych. Natomiast nawadnianie kroplowe drzew sadzonych w redliny miało z jednej strony wpływ na wytworzenie ogólnie mniejszej liczby korzeni grubszych o średnicy > 2 mm, a z drugiej spowodowało ich rozmieszczenie w wierzchnich warstwach gleby do 60 cm (tab. 3). W warstwie 40–60 cm stwierdzono nawet istotnie więcej takich korzeni w porównaniu do drzew sadzonych tradycyjnie i nienawadnianych. Jest to zgodne z obserwacjami Szewczuka [2004], który stwierdził, że taki czynnik jak ściółkowanie gleby poprawiający warunki jej uwilgotnienia, ma wpływ na intensywniejsze tworzenie się korzeni o średnicy > 2 mm w wierzchniej warstwie gleby.

Badania Szewczuka i Gudarowskiej [2004] wykazały, że połączenie sadzenia drzew w redliny z ich nawadnianiem stwarza dobre warunki do utrzymania właściwej równowagi pomiędzy wzrostem i plonowaniem drzew jabłoni gęsto posadzonych. Drzewa tak prowadzone charakteryzowały się wyższym poziomem plonowania w porównaniu do drzew nienawadnianych czy sadzonych tradycyjnie oraz wyższym współczynnikiem plenności. Można przypuszczać, że ten fakt jest związany z rozwojem systemu korzeniowego. Udowodniony w tych badaniach intensywny rozwój korzeni drobnych, biorących zasadniczy udział w procesach pobierania wody i składników pokarmowych, przekładał się na poprawę poziomu plonowania drzew.

Tendencja do rozmieszczenia korzeni drzew jabłoni i to bez względu na ich frakcje w wierzchniej warstwie gleby (od 0 do 40 cm) może być cenną wskazówką przy projektowaniu sytemu nawadniania kroplowego dla drzew jabłoni na podkładkach karłowych, sadzonych w intensywnym zagęszczeniu.

WNIOSKI

1. Nawadnianie drzew sadzonych tradycyjnie wpłynęło na większą łączną liczbę korzeni o średnicy 1–2 mm. W przypadku korzeni drobnych, o średnicy < 1 mm, zauważono tendencje do intensywniejszego ich tworzenia przez drzewa nawadniane, jednak nie były to różnice udowodnione statystycznie. Rozmieszczenie przestrzenne korzeni najgrubszych, o średnicy > 2 mm, u drzew nawadnianych i kontrolnych było zbliżone, z wyjątkiem warstwy 20–40 cm, gdzie tych korzeni było istotnie więcej u drzew nawadnianych.
2. Połączenie sadzenia drzew w redliny i nawadniania wpłynęło na intensywniejsze tworzenie przez drzewa korzeni drobnych o średnicy poniżej 1 mm w większości obserwowanych poziomach głębokości, w porównaniu do drzew kontrolnych sadzonych tradycyjnie.
3. Nawadnianie kroplowe drzew sadzonych w redliny miało wpływ na wytworzenie mniejszej ogólnie liczby korzeni grubszych o średnicy > 2 mm oraz rozmieszczenie ich tylko w wierzchniej warstwie gleby do 60 cm.

BIBLIOGRAFIA

Bootsma J. *Replanting is improved by planting on a ridge.* Fruitteelt (Den Haag), 85, 1995, s. 10–11.

Bőhm W. *Metody badania systemów korzeniowych*. PWRiL, Warszawa, 1985, s.1–248.

Perry R. L. *Planting stone fruit on ridges: effects on tree longevity*. Pennsylvania Fruit News, 76, 1996, s. 44–50.

Sako J., Laurinen E. *Apple trees in ridge planting.* Acta Hort., 160, 1986, s. 285–292.

Sokalska D., Szewczuk A. *Wpływ nawadniania kroplowego na wzrost i plonowanie drzew jabłoni w warunkach klimatycznych Polski.* Na pograniczu chemii i biologii., Wydawnictwo Naukowe Poznań, tom XIX, 2007, s. 29–34.

Sokalska D., Haman D., Szewczuk A, Sobota J., Dereń D. *Spatial root distribution of mature apple trees under drip irrigation system*. Agricultural Water Management, 2009 – w druku.

Sosna I., Szewczuk A. *Wpływ różnych sposobów sadzenia oraz ciecia korzeni na plonowanie i wzrost młodych drzew jabłoni.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, 57, 1998, s. 603–606.

Szewczuk A. *Skuteczność ściółkowania gleby w uprawie wybranych gatunków roślin sadowniczych przy różnych metodach sadzenia i prowadzenia drzew.* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, rozprawy 474, 2004, s. 1–118.

Szewczuk A., Gudarowska E.. *The effect of soil mulching and irrigation on yielding of apple trees in ridge planting.* Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12, 2004, s. 139–145.

Szewczuk A., Gudarowska E. *Performance of young peach trees planted in ridges and mulched in tree rows.* Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14, 2006, s.135–141.

Treder W., Mika A. *The effect of irrigating apple trees cv. Lobo planted in two systems.* J.Fruit Ornam. Plant Res., 4, 1996, s. 109–116.

Treder W., Mika A. *Relationships between yield, crop density coefficient and average fruit weight in 'Lobo' apple trees under various planting systems and irrigation.* HortTechnology, 11, 2001, s. 248–254.

Wagenmakers P. S., Tazelaar M. *Good lighting gives efficient fruit production.* Fruitteelt (Den Haag), 88, 1998, s. 16–17.

Dr hab. inż. Adam Szewczuk prof. nadzw.
Mgr inż. Dariusz Dereń
Dr inż. Ewelina Gudarowska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Katedra Ogrodnictwa
50-363 Wrocław
pl. Grunwaldzki 24a
tel. 071 320
e-mail: adam.szewczuk@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski*