Fragm. Agron. 29(1) 2012, 124–133

WPŁYW PRZEJAZDÓW MASZYN ROLNICZYCH NA ZAGĘSZCZENIE GLEBY I ROZMIESZCZENIE BULW ZIEMNIAKA W REDLINIE

Hanna Niemczyk

Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

hanna_niemczyk@sggw.pl

Synopsis. W 3-letnich badaniach polowych oceniano wpływ przejazdów maszyn po polu na gęstość gleby suchej oraz plon bulw i ich rozmieszczenie w redlinie. Porównywano 3 obiekty: bez przejazdów, ze ścieżkami przejazdowymi i z uprawą tradycyjną, gdzie koła maszyn przejeżdżały po dnie bruzdy i ugniatały bok redliny. Wystąpiły istotne różnice w gęstości gleby suchej w obiektach z przejazdami na boku redliny od strony przejazdów. Na obiekcie z uprawą tradycyjną gęstość w tej części redliny była przez cały okres wegetacji większa o 0,10–0,11 $Mg \cdot m^{-3}$ niż na obiekcie ze ścieżkami. Wzrost gęstości gleby w pasie przejazdów był jedną z przyczyn obniżenia plonowania i zmian w rozmieszczeniu bulw w redlinie. Na obiekcie z uprawą tradycyjną w rzędach sąsiadujących z przejazdami masa bulw była o 14% niższa od uzyskanej na obiekcie bez przejazdów. Nastąpiła redukcja liczby i masy bulw w ugniatanej części redliny. W rzędach sąsiadujących ze ścieżkami rozmieszczenie bulw w redlinie było zbliżone do obiektu bez przejazdów, a masa bulw była o 8% wyższa.

Słowa kluczowe – *key words*: ziemniak– *potato*, ścieżki przejazdowe (technologiczne) – *tramlines,* uprawa tradycyjna – *conventional farming ,* plon bulw – *tuber yield*, gęstość gleby suchej – *dry bulk density of soil*

WSTĘP

Ziemniak do prawidłowego rozwoju potrzebuje gleb pulchnych, dobrze napowietrzonych. Jest on gatunkiem, który wymaga intensywnej ochrony, co wiąże się z wielokrotnymi przejazdami maszyn rolniczych po polu. Z badań Kozicza [1996] wynika, że sumaryczna powierzchnia śladów kół agregatów w technologii ziemniaka ponad ośmiokrotnie przewyższa powierzchnię pola, a około 10% powierzchni jest poddawane 15-krotnemu ugniataniu. Przejeżdżające agregaty powodują ugniatanie boków redliny i dna bruzdy [Fotyma 1984, Starczewski i in. 2006]. Wpływ ugniatania jest tym większy, im mniejsza jest rozstawa rzędów ziemniaka [Starczewski i in. 2006], tzn. im bliżej rzędu roślin przejeżdżają koła maszyn rolniczych. Efekt bocznego oddziaływania kół na glebę sięga do 40 cm poza ślad koleiny [Powałka 2008].

System korzeniowy ziemniaka rozrasta się głównie do 20-40 cm i jest ukształtowany stosunkowo płasko. Z badań Friesslebena [1988] wynika, że zagęszczenie gleby na śladach kół oraz w bocznej strefie redliny powoduje znaczną redukcję systemu korzeniowego. Wartości porowatości aeracyjnej poniżej 10% i oporu mechanicznego powyżej 3 MPa są przyjmowane jako wartości krytyczne dla prawidłowego rozwoju korzeni roślin [Lipiec 2002]. Redukcja systemu korzeniowego ogranicza możliwości pobierania wody i składników pokarmowych i u większości roślin wpływa na obniżenie plonu roślin. Taką reakcję ziemniaka na ugniatanie gleby stwierdzili Helmke i in. [1994], Starczewski i in. [1984, 2006] i Wolf [2000]. Zagęszczenie gleby w strefie wzrostu korzeni, stolonów i bulw nie tylko wpływa na obniżenie plonu ziemniaka, ale również powoduje niekorzystne zmiany w strukturze plonu: następuje zdrobnienie bulw i spadek

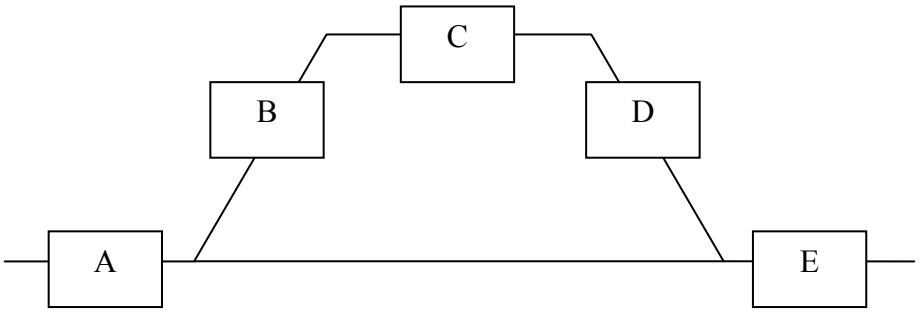
plonu handlowego [Helmke i in. 1994, Starczewski i in. 1984, Wolf 2000]. Ugniatanie gleby w redlinach i jego niekorzystne oddziaływanie na właściwości gleby i roślinę można ograniczyć stosując szerszą rozstawę rzędów, albo założyć w uprawie ziemniaka ścieżki przejazdowe.

Celem badań była ocena zakresu zmian gęstości gleby w redlinach, między którymi przejeżdżał ciągnik w czasie zabiegów pielęgnacyjnych w uprawie tradycyjnej i przy zastosowaniu ścieżek przejazdowych oraz wpływ tych przejazdów na plon i rozkład bulw w redlinie.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na polu doświadczalnym Katedry Agronomii SGGW w Chylicach (52º05′ N, 20º33′ E) w latach 2007–2009 na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej z gliny zwałowej lekkiej. Lata badań były zróżnicowane pod względem wilgotności: rok 2007 charakteryzował się rozkładem opadów najbardziej zbliżonym do średnich dla wielolecia, natomiast lata 2008 i 2009 były latami o wyższej sumie opadów i bardzo nierównomiernym rozkładzie. Determinowało to częstotliwość stosowania zabiegów ochrony i wpływało na zagęszczenie gleby. Doświadczenie założono metodą długich parceli. Ziemniaki odmiany Ditta wysadzano w rozstawie 62,5 cm i odległości w rzędzie 30 cm. Wytyczono 3 obiekty: I – łan (bez przejazdów), II – obiekt ze ścieżkami przejazdowymi, III – obiekt z uprawą tradycyjną – przejazdy w okresie wegetacji między redlinami po dnie bruzdy.

Każda ścieżka na obiekcie II powstała kosztem jednej nieobsadzonej redliny i miała szerokość 125 cm. Na obiektach wytyczono po 5 poletek o długości 1 m i szerokości 4 rzędów roślin: na obiekcie II były to dwa rzędy między ścieżkami i dwa zewnętrzne sąsiadujące ze ścieżkami; na obiekcie III podobnie usytuowane w stosunku do śladów wyjeżdżonych przez koła agregatów rolniczych przejeżdżających po dnie bruzdy. W okresie wegetacji w poszczególnych latach wykonano po 5-7 przejazdów. Na obiekcie ze ścieżkami stosowano ciągnik Massey Fergusson 355, a z uprawą tradycyjną Ursus C 330. Dokładne warunki pogodowe i schemat doświadczenia przedstawione są we wcześniej opublikowanej pracy [Niemczyk 2011].



Rys. 1. Schemat pobierania prób glebowych: A – ze śladów kół (ścieżka lub bruzda), B – bok redliny od strony przejazdów, C – szczyt redliny, D – bok redliny niesąsiadujący z przejazdami, E – bruzda nieugniatana

Fig 1. Outline of soil sample collection: A – wheel tracks (tramline or furrow), B – side of the ridge adjacent to wheel traffic, C – top of the ridge, D – ridge side not adjacent to wheel traffic, E – furrow with no wheel traffic

Próbki na gęstość gleby suchej pobierano w stanie naturalnym w cylinderki o objętości 50 cm^3 z dwóch obiektów, na których wykonywane były przejazdy: ze ścieżkami i z uprawą tradycyjną. Pierwszy raz próbki pobrano przed sadzeniem, a potem 4-krotnie w okresie wegetacji ziemniaka z redlin w następujących terminach: I – w drugiej połowie maja, II – w połowie czerwca, III – w pierwszej połowie lipca, IV – przed zbiorem. Są to terminy orientacyjne, były powiązane z zabiegami ochronnymi. Próbki gleby były pobierane z warstwy 1 – 6 cm z następujących miejsc: A– ze śladów kół (ścieżka lub dno bruzdy), B – boku redliny od strony przejazdów, C– szczytu redliny, D – boku redliny nie sąsiadującego z przejazdami, E – dna bruzdy (rys. 1). Zbiór ziemniaków wykonano ręcznie w ten sposób, że zebrano bulwy oddzielnie ze strefy bocznej redliny od strony przejazdów, części środkowej redliny i drugiej strefy bocznej. Oznaczono masę i liczbę bulw w każdej strefie redliny z 1 m rzędu na każdym poletku. Wyniki opracowano metodą analizy wariancji, a istotność różnic szacowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$.

WYNIKI BADAŃ

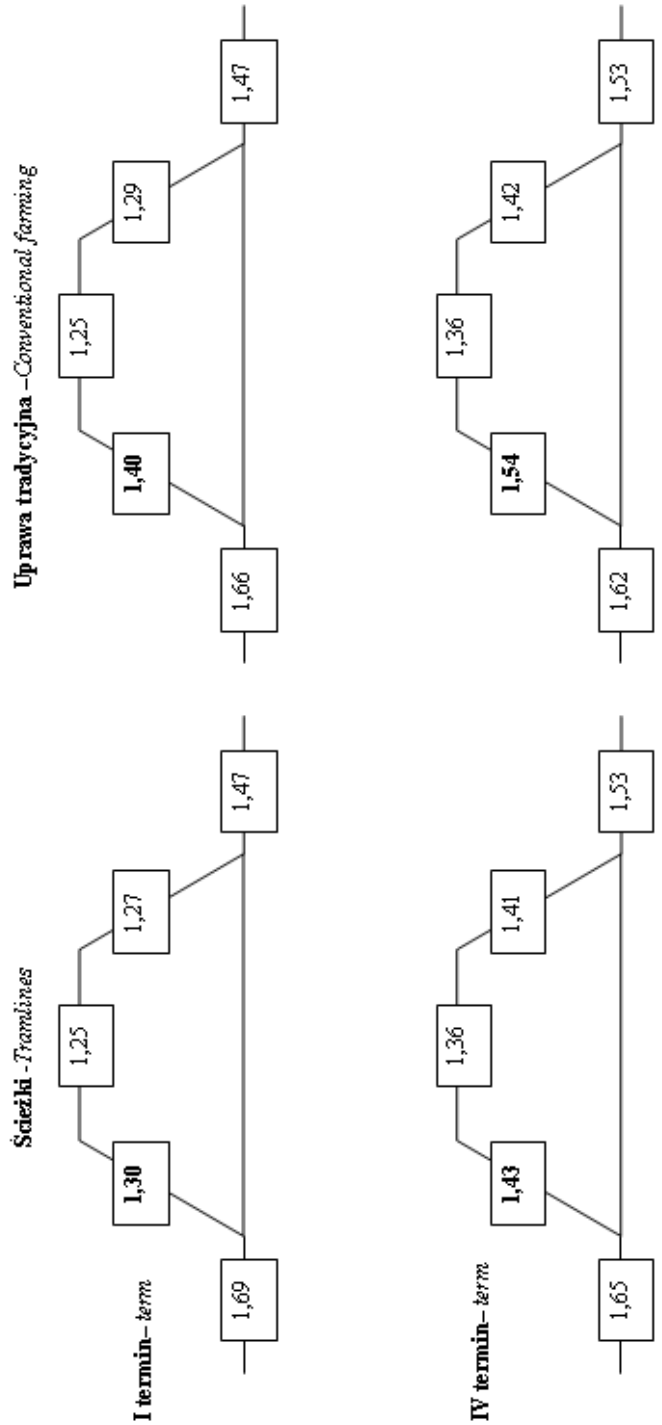
Gęstość objętościowa gleby w momencie sadzenia ziemniaków średnio za 3 lata wynosiła 1,31 $Mg \cdot m^{-3}$. Po uformowaniu redlin i po wykonaniu zabiegu herbicydowego na śladach kół (ścieżki lub ślady między redlinami) na obu obiektach z przejazdami gęstość wzrosła do 1,66 –1,69 $Mg \cdot m^{-3}$ i na takim poziomie utrzymywała się do końca okresu wegetacji (rys. 2). Różnice w gęstości gleby stwierdzono między obiektami na boku redliny od strony przejazdów. Na obiekcie ze ścieżkami, gdzie koła ciągnika przejeżdżały w pewnym oddaleniu od redliny, gęstość w I terminie pobrania prób wynosiła 1,30 $Mg \cdot m^{-3}$ i do końca okresu wegetacji wzrosła do 1,43 $Mg \cdot m^{-3}$. Na obiekcie z uprawą tradycyjną, gdzie koła ciągnika przejeżdżały po dnie bruzdy i ugniatały bok redliny, gęstość w I terminie wynosiła 1,40 $Mg \cdot m^{-3}$ i wzrosła do 1,54 $Mg \cdot m^{-3}$. Analiza statystyczna wykazała istotność różnic w gęstości na boku redliny między obiektami i terminami (tab. 1). Gęstość gleby suchej w pozostałych miejscach redliny wzrastała w okresie wegetacji powoli, w zbliżonym tempie na obu obiektach. Nie stwierdzono istotnych różnic między odpowiadającymi sobie punktami pobrań na obiektach.

Masa bulw z 1 m w obiekcie kontrolnym (łan) średnio za 3 lata badań wynosił 2,39 kg. W obiekcie ze ścieżkami rośliny w rzędach brzegowych miały większą powierzchnię życiową

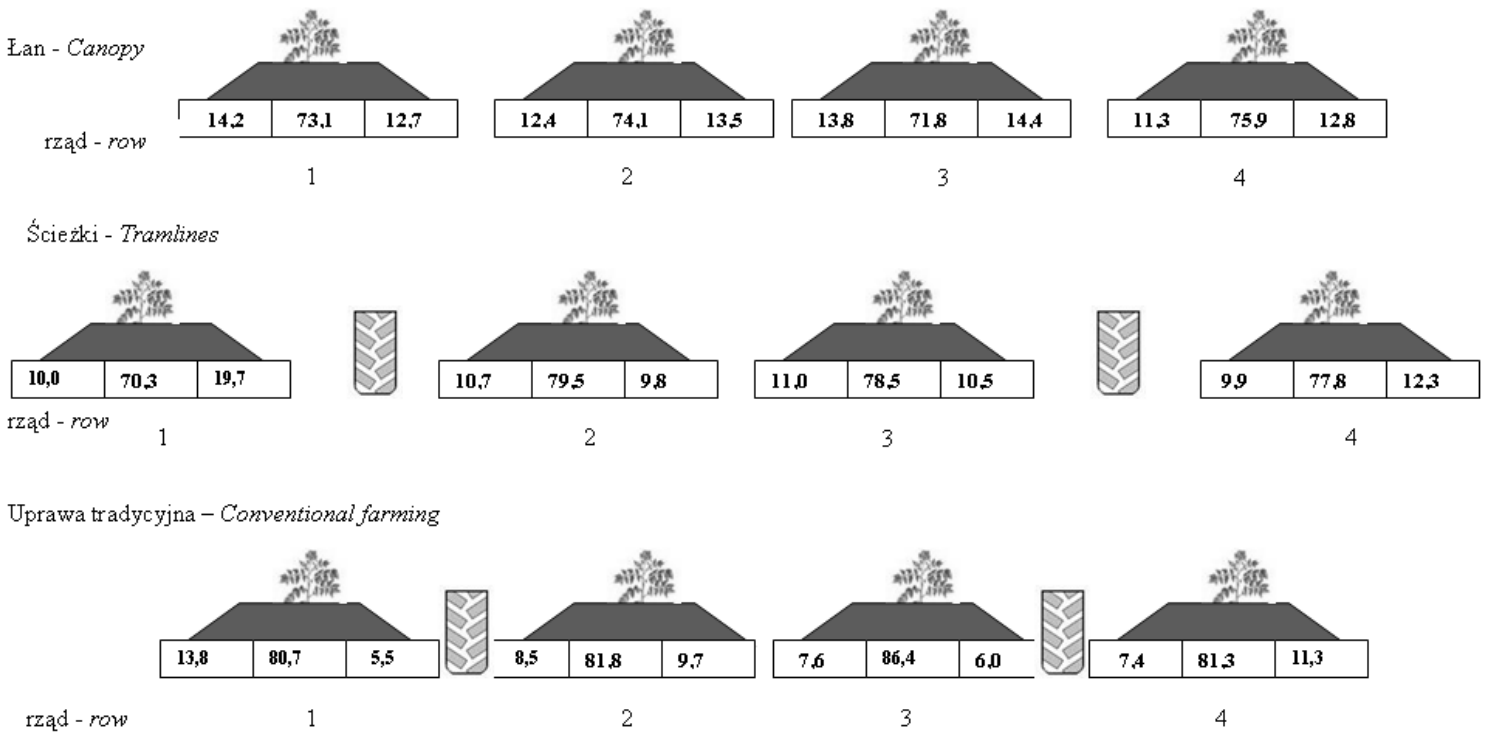
Tabela 1. Gęstość gleby suchej na ugniatanym boku redliny ($Mg \cdot m^{-3}$)
Table 1. Dry bulk density of soil on the side of the compacted ridge ($Mg \cdot m^{-3}$)

Obiekt *Treatment*	Termin – *Term*				Średnio *Average*
	I	II	III	IV	
Ze ścieżkami *Tramlines*	1,30	1,34	1,40	1,43	1,36
Uprawa tradycyjna *Conventional farming*	1,40	1,43	1,50	1,54	1,46
Średnio – *Average*	1,35	1,39	1,45	1,49	–

$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.0}$ dla – *for*: obiektów – *treatments* – 0,04; terminów – *terms* – 0,09; interakcji – *interaction* – r.n.
r.n. – różnice nieistotne – *non significant differences*



Rys. 2. Gęstość gleby suchej w redlinie (Mg·m-3) (średnio z 2007–2009)
Fig. 2. Dry bulk density of soil in the ridge (Mg·m-3) (mean of 2007–2009



Rys. 3. Procentowy rozkład masy bulw w redlinie (średnio z 2007–2009)
Fig. 3. Percentage distribution of tuber weight in the ridge (mean of 2007–2009)

niż w pozostałych obiektach i dlatego wytworzyły większa masę bulw. Wynosiła ona 2,58 kg z 1 m rzędu (108% w stosunku do łanu), natomiast na obiekcie z uprawą tradycyjną, gdzie rośliny przez cały okres wegetacji były narażone na ugniatające działanie kół maszyn rolniczych, masa bulw z 1 m rzędu wynosiła 2,06 kg (86% w stosunku do obiektu bez przejazdów) i była istotnie niższa niż na pozostałych obiektach. Porównując obiekt ze ścieżkami i uprawą tradycyjną ta różnica w masie bulw wynosiła 25%. Analiza rozmieszczenia bulw w redlinie wskazuje, że przyczyną tych zmian była mniejsza masa i liczba bulw w ugniatanej części redliny.

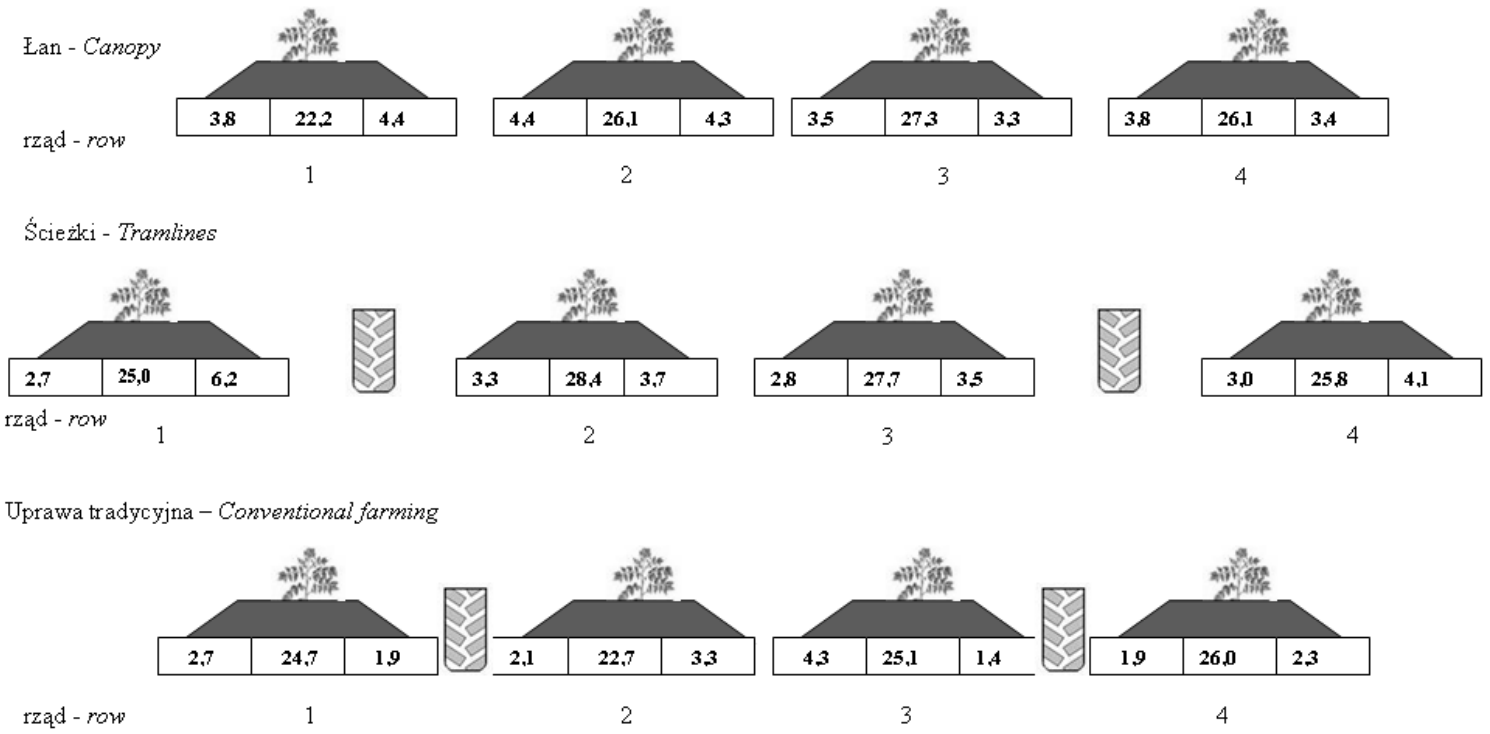
Na obiekcie kontrolnym bulwy były rozmieszczone w ten sposób, że 74% masy bulw znajdowało się w środkowej części redliny, a w bocznych częściach po około 12–14% (tab. 2). Na obiekcie II przejazdy maszyn rolniczych po ścieżkach spowodowały niewielkie przesunięcie masy bulw do środkowej części redliny, w bocznych strefach znajdowało się po około 10% masy bulw. Jedynie w rzędzie 1 nastąpiło przesunięcie masy i liczby bulw z części środkowej do bocznej od strony ścieżki. Natomiast na obiekcie z uprawą tradycyjną nastąpiło przesunięcie masy bulw z części ugniatanej redliny do części środkowej. W strefie bocznej od strony przejazdów nastąpiła redukcja masy bulw do 5,5–8,5%, natomiast w części środkowej redliny znajdowało się ponad 80% masy bulw (rys. 3).

Tabela 2. Masa bulw z 1 m rzędu (kg) i procentowe jej rozmieszczenie w redlinie na poszczególnych obiektach

Table 2. Weight of tubers per 1 m of row (kg) and its percentage distribution in the ridge in respective treatments

Obiekt *Treatment*	Masa bulw z 1 m rzędu *Tuber weight per 1m of row* (kg)	Procentowe rozmieszczenie masy bulw w części redliny *Percentage distribution of tuber weight in parts of the ridge*		
		bocznej od strony przejazdów *side, adjacent to wheel traffic*	środkowej *middle*	bocznej nie sąsiadującej z przejazdami *side, not adjacent to wheel traffic*
Bez przejazdów *No wheel traffic*	2,39	12,6	73,7	13,7
Ze ścieżkami *Tramlines*	2,58	12,7	76,5	10,8
Uprawa tradycyjna *Conventional farming*	2,09	6,8	82,6	10,6
$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.05}$	0,14	–	–	–

Podobne zależności wystąpiły w rozmieszczeniu liczby bulw w redlinie. Na obiekcie kontrolnym rozkład liczby bulw na 1 m rzędu kształtował się to następująco: 25 bulw w części środkowej i prawie po 4 bulwy w częściach bocznych (tab. 3). W rzędach przy ścieżkach nastąpił niewielki wzrost liczby bulw i podobne zmiany liczby bulw w środkowej części redliny. Natomiast na obiekcie z uprawą tradycyjną stwierdzono istotnie niższą liczbę bulw niż na obiekcie ze ścieżkami. Z analizy rozkładu liczby bulw wynika, że w części środkowej jest ona zbliżona do obiektu kontrolnego, a redukcji uległa liczba bulw w części bocznej ugniatanej przez koła maszyn rolniczych (rys. 4).



Rys. 4. Rozmieszczenie liczby bulw na 1 m w poszczególnych strefach redliny (średnio z 2007–2009)
Fig. 4. Number of tubers per 1 m of row in respective parts of the ridge (mean of 2007–2009)

Tabela 3. Liczba i rozmieszczenie w redlinie bulw ziemniaka na 1 m rzędu na poszczególnych obiektach
Table. 3. Number and distribution of tubers in the ridge per 1 m of row in respective treatments

Obiekt *Treatment*	Razem *Total*	Strefa redliny – *Part of the ridge*		
		boczna od strony przejazdów *side, adjacent to wheel traffic*	środkowa *middle*	boczna nie sąsiadująca z przejazdami *side, not adjacent to wheel traffic*
Bez przejazdów *No wheel traffic*	32,9	3,9	25,2	3,8
Ze ścieżkami *Tramlines*	34,0	3,8	26,7	3,5
Uprawa tradycyjna *Conventional farming*	29,5	1,8	24,6	3,1
$NIR_{0,05}$ – $LSD_{0.05}$	4,0	–	–	–

DYSKUSJA

Ziemniak wymaga gleb pulchnych, dobrze napowietrzonych [Starczewski i in. 1984]. Nadmierne zagęszczenie powoduje hamowanie wzrostu systemu korzeniowego [Grzebisz 1989, Friessleben i in. 1988, Lipiec 2002]. Tymczasem ziemniak jest rośliną, która wymaga intensywnego zwalczania chorób, szkodników i chwastów, a zatem istniej potrzeba wielokrotnego wjeżdżania w łan w okresie wegetacji, co powoduje ugniatanie boków redliny i dna bruzdy [Fotyma 1984, Starczewski i in. 2006].

W badaniach własnych porównywano wpływ przejazdów kół maszyn rolniczych na gęstość gleby w redlinie i plonowanie ziemniaka w pasie przejazdów przy uprawie tradycyjnej i ze ścieżkami przejazdowymi. Przy uprawie tradycyjnej koła ciągnika ugniatają bok redliny, natomiast uprawa ze ścieżkami stwarza możliwość odsunięcia śladu kół od rzędu roślin. Ponadto umożliwia zastosowanie szerszego ogumienia, dzięki któremu oddziaływanie pionowe nacisku sięga płycej [Brunotte i Sommer 1993, Kozicz 1996]. Na obiekcie ze ścieżkami we wszystkich terminach badań gęstość gleby na boku redliny od strony przejazdu była tylko nieznacznie większa w porównaniu do nieugniatanego boku redliny. Różnice wynosiły 0,02–0,04 $Mg \cdot m^{-3}$, natomiast w uprawie tradycyjnej te różnice wynosiły 0,11– 0,16 $Mg \cdot m^{-3}$. Porównując te obiekty między sobą należy stwierdzić, że przez cały okres wegetacji gęstość gleby na boku redliny była istotnie wyższa na obiekcie z uprawą tradycyjną; różnice wynosiły 0,10–0,11 $Mg \cdot m^{-3}$. W badaniach Friesslebena i in. [1988] uzyskano na boku redliny od strony przejazdów w fazie kwitnienia gęstość gleby w granicach 1,31–1,40 $Mg \cdot m^{-3}$, a na boku redliny nieugniatanej poniżej 1,30 $Mg \cdot m^{-3}$. Różnice gęstości w takim zakresie spowodowały zmiany rozmieszczenia systemu korzeniowego: w części bocznej redliny nieugniatanej znajdowało się 20,4% masy korzeni, a w części ugniatanej – 14,8%.

Wzrost gęstości gleby w redlinie i związana z tym zmiana właściwości fizycznych gleby jest jedną z przyczyn obniżenia plonu i rozmieszczenia bulw w redlinie. W badaniach własnych

na obiekcie z uprawą tradycyjną uzyskano masę bulw w rzędach sąsiadujących z przejazdami o 14% niższą niż w obiekcie bez przejazdów. Obniżenie masy bulw wynikało z mniejszej masy bulwy i nieco mniejszej liczby zawiązanych bulw w ugniatanej części redliny. Zmniejszenie masy bulw w pasie przejazdu o 11% stwierdzili Helmkie i in. [1994], natomiast Wolf [2000] uzyskał obniżkę plonu w porównaniu z obiektem bez przejazdów o 7%.

Na obiekcie ze ścieżkami zasięg oddziaływania kół na rośliny był znacznie mniejszy, rośliny miały większą powierzchnię życiową, dlatego plonowały wyżej niż w pozostałych obiektach. Różnica w masie bulw między obiektem z uprawą tradycyjną i ścieżkami wynosiła 25%. Rozmieszczenie bulw w redlinie było zbliżone do obiektu bez przejazdów. Różnice w masie bulw między uprawą tradycyjną i ze ścieżkami uzyskane w badaniach niemieckich wynosiły 29% [Wolf 2000].

WNIOSKI

1. Przejazdy maszyn rolniczych w uprawie tradycyjnej ziemniaka spowodowały istotny wzrost gęstości gleby suchej w ugniatanej części redliny.
2. Ugniatanie boku redliny w uprawie tradycyjnej spowodowało obniżenie masy bulw i wpłynęło na zmniejszenie liczby bulw w tej części redliny.
3. Założenie ścieżek przejazdowych w uprawie ziemniaka wpłynęło na wzrost masy bulw w redlinach sąsiadujących ze ścieżkami i nie spowodowało znacznych zmian w rozmieszczeniu bulw.

PIŚMIENNICTWO

Brunotte J, Sommer C. 1993. Fahrgassen im Zuckerrübenanbau. Landtechnik 48(8–9): 468– 470.
Fotyma M. 1972. Intensywna uprawa ziemniaka. PWRiL Warszawa: ss. 160.
Friessleben R. 1988. Untersuchungen zur Ausarbeitung von Kartoffelwurzeln unter Praxisbedingunsen und Schlußfolerungen für gezielte agrotechnische Maßnamen. Feldwirtschaft 1: 40– 42.
Grzebisz W. 1989. Wzrost korzeni roślin w glebie zagęszczonej. Fragm. Agron. 6(3):19– 31.
Helmke F., Peters R., Koch H.J. 1994. Fahrgassen in Kartoffeln. Kartoffelbau 45(9):375–378.
Kozicz J. 1996. Ugniatanie gleb mechanizmami jezdnymi agregatów przy uprawie roślin zbożowych i okopowych. Post. Nauk Rol. 4: 51–64.
Lipiec J. 2002. Wpływ stanu zagęszczenia gleby na wzrost i funkcjonowanie roślin. Acta Agrophys. 63: 49–62.
Niemczyk H. 2011. Plonowanie ziemniaka w uprawie ze ścieżkami przejazdowymi. Fragm. Agron. 28(3): 82–90.
Powałka M. 2008. Zmiany właściwości gleby warstwie ornej pod wpływem nacisków kół agregatów ciągnikowych. Inż. Rol. 1: 339–343.
Starczewski J., Droese H., Śmierzchalski L. 1984. Wpływ uprawy roli i zagęszczenia gleby na plony ziemniaków. Rocz. Nauk Rol., Ser. A 106(1): 65–81.
Starczewski J., Turska E., Czarnocki S. 2006. Wpływ zagęszczenia gleby spowodowanego różną liczbą przejazdów ciągnikiem i różną szerokością międzyrzędzi na plon i jakość bulw ziemniaka. Pam. Puł. 142: 480–488.
Wolf H. 2000. Gassen statt Spuren. DLZ – Agrarmagazin 51 (2): 46–50.

H. Niemczyk

IMPACT OF FARM MACHINERY WHEEL TRAFFIC ON SOIL DENSITY AND DISTRIBUTION OF POTATO TUBERS IN THE RIDGE

Summary

The impact of wheel traffic of farm machinery on dry bulk soil density, potato tuber yield and the distribution of tubers in the ridge was investigated in a three-year field study. Three treatments were compared: with no wheel traffic, with tramlines (wheel traffic in tramlines, away from plant rows), and farmed conventionally (wheel traffic in furrows, wheels pressing on the side of the ridge). Soil density in the ridge was measured in five spots. The tubers from the sides and the middle part of the ridge were harvested separately. Significant differences in dry bulk soil density were observed in the part of the ridge adjacent to wheel traffic. In the treatment farmed conventionally, throughout the entire vegetation period, soil density in this part of the ridge was 0.10–0.11 $Mg \cdot m^{-3}$ higher than in the treatment with tramlines. The increase of soil density in wheel tracks and the resulting changes of soil properties were one of the factors for both the yield loss and the changes in tuber distribution in the ridge. In the treatment farmed conventionally in the rows adjacent to wheel traffic the yield was 14% lower compared to the treatment with no wheel traffic. The number and weight of tubers in the pressed part of the ridge were reduced. In the treatment with tramlines, due to the greater area and lower negative impact of wheel traffic, the yield was 8% higher than in the treatment with no wheel traffic, and the distribution of tubers was comparable.