

WPŁYW MIEJSCOWEGO ZAGĘSZCZENIA I UWILGOTNIENIA GLEBY NA WZROST I FUKCJONOWANIE KORZENI PSZENICY

A. Nosalewicz, J. Lipiec

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie. W doświadczeniu modelowym określono wpływ trzech stanów zagęszczenia gleby płowej wytworzonej z lessu, w połowie pionowo podzielonej kolumny cylindrycznej (średnica 15 cm i wysokość 30 cm) na wzrost korzeni pszenicy i pobieranie wody. W drugiej połowie kolumny była gleba luźna. Badania przeprowadzono w fitotronie przy dwu potencjałach wody glebowej (-8 kPa i -35 kPa). Zmniejszony wzrost korzeni w glebie zagęszczonej był w części kompensowany przez zwiększony wzrost w sąsiadującej glebie luźnej. Efektywność pobierania wody przez korzenie roślin na jednostkę długości była większa w glebie zagęszczonej niż luźnej.

Słowa kluczowe: podzielony system korzeniowy, pobór wody, gęstość gleby.

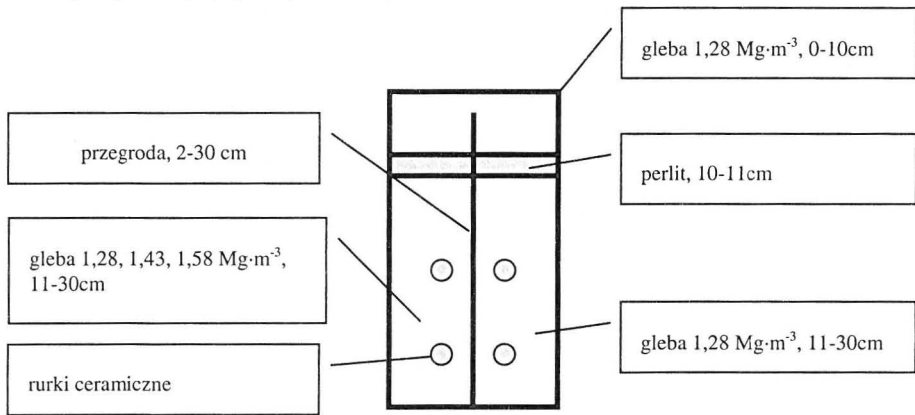
WSTĘP

Zmiana gęstości gleby pociąga za sobą zmianę szeregu innych czynników, takich jak: opór mechaniczny, natlenienie, oraz zdolności przewodzące gleby. W większości przypadków przejazdu ciężkim sprzętem rolniczym dotyczą tylko fragmentów pola i powodują ich znaczne zagęszczenie [2]. Na przykład w przypadku uprawy pszenicy 13% powierzchni pola podlega 5-krotnemu zagęszczeniu kołami maszyn i narzędzi rolniczych, podczas gdy 15% jest wolna od śladów kół [7]. Nierównomierne zagęszczenie gleby w mniejszej skali występuje na granicy śladów kół i przylegającej gleby, przy czym różnice gęstości między tymi obszarami zwiększają się wraz ze wzrostem nacisku jednostkowego przejeżdżających kół [2]. Nierównomierne rozmieszczenie przestrzenne zagęszczenia wywiera istotny wpływ na wzrost i funkcjonowanie systemu korzeniowego roślin [9,14]. Szczególnie ważne jest oddziaływanie gęstości gleby na początkowy wzrost korzeni, które mają istotny wpływ na wzrost roślin w późniejszych fazach fenologicznych [1,4].

Celem pracy było zbadanie, w doświadczeniu modelowym, wpływu miejscowego zagęszczenia i zróżnicowanej wilgotności gleby na wzrost korzeni i pobieranie wody w początkowym okresie wzrostu pszenicy.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie fitotronowe przeprowadzono w kolumnach cylindrycznych o średnicy 15 cm i wysokości 30cm wypełnionych materiałem glebowym z wierzchniej warstwy (0 - 20 cm) gleby płowej wytworzonej z lessu. W osi cylindrów od głębokości 2 cm w dół umieszczono przegrodę pionową rozdzielającą kolumnę glebową na połowy (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat cylindrycznej kolumny glebowej.

Fig. 1. Scheme of the cylindrical soil column.

Doświadczenie obejmowało 3 obiekty różniące się gęstością gleby w obrębie warstwy 11-30 cm: LL z glebą luźną o gęstości $1,28 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ w obu połowach kolumny; LSZ z glebą luźną ($1,28 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) w jednej połowie kolumny i średnio zagęszczoną ($1,43 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) – w drugiej; LMZ z glebą luźną ($1,28 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) w jednej połowie kolumny i i mocno zagęszczoną ($1,58 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) – w drugiej. Gęstości $1,28$, $1,43$ i $1,58 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ stanowią odpowiednio 79, 88 i 97% gęstości maksymalnej tej samej gleby określonej edometrycznie [6]. Warstwa perlitu i pionowa przegroda rozdzielające glebę pozwoliły na określenie wpływu zagęszczenia gleby w każdej połowie kolumny na wzrost korzeni i pobieranie wody. Doświadczenie przeprowadzono przy dwu potencjałach wody glebowej tj. -8 kPa (większa wilgotność) i -35 kPa (mniejsza wilgotność) w 4 powtórzeniach.

korzenie roślin zastosowano system regulacji potencjału wody glebowej [8,16]. W tym celu w warstwie 11-30 cm każdej połowy kolumny glebowej umieszczono rurki ceramiczne i połączono je szczelnie węzami polietylenowymi z cylindrami miarowymi w zamkniętą pętlę. Następnie układ ten wypełniono wodą i połączono z pompą próżniową z systemem regulacji podciśnienia. Ilość wody pobranej przez korzenie roślin określono na podstawie różnicy poziomu wody w cylindrach miarowych. Odczyty wykonywano co 24 godziny.

Rośliną testową była pszenica (odmiana Ismena). W każdej kolumnie umieszczono dwie pięciodniowe siewki z czterema korzeniami zarodkowymi na głębokości 2 cm tak, aby do każdej połowy gleby w cylindrze wznosiły się 2 korzenie zarodkowe każdej rośliny.

Podczas 25-dniowego okresu doświadczenia warunki wzrostu były następujące: wilgotność względna powietrza 75%, temperatura 22°C w dzień (dzień trwał 14 godzin) i 18°C w nocy; sztuczne oświetlenie 5 klx. Wzrost w kontrolowanych warunkach pozwolił wyeliminować wpływ różnych warunków pogodowych.

Po zakończeniu doświadczenia zmierzono długość korzeni (po oddzieleniu ich od gleby), na podstawie liczby przecięć linii skanujących (miernik Delta-T z kamerą 110V) z korzeniami. Jako miarę efektywności korzeni w pobieraniu wody przyjęto stosunek pobranej objętości wody do długości korzeni zmierzonych w ostatnim dniu doświadczenia.

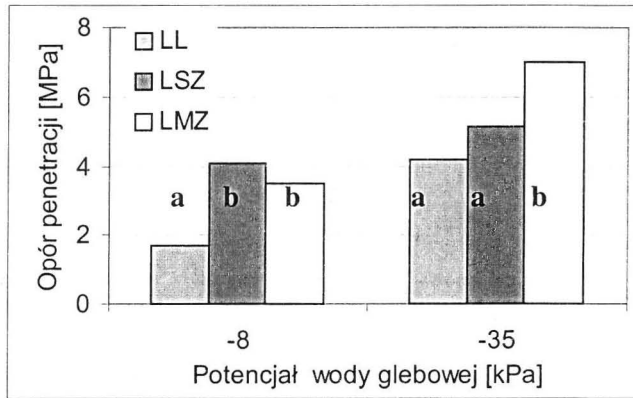
Pomiary oporu penetrometrycznego w warstwie 11 - 16 cm wykonano tuż przed zakończeniem doświadczenia przy użyciu systemu pomiarowego opisanego przez Pawłowskiego i in. [11] sondą stożkową o średnicy 1,8 mm i kącie stożka 30° (szybkość penetracji ok. 5 mm·s⁻¹, 100 odczytów·s⁻¹). W tym samym czasie wykonano pomiary wydatku dyfuzji tlenu na elektrodach platynowych [9] w 10 powtórzeniach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Właściwości fizyczne gleby

Uśrednione wartości oporu penetracji stożka przedstawiono na Rys. 2. Przy obu potencjałach wody glebowej były one znacznie większe w obu obiektach z glebą zagęszczoną niż luźną. Przy porównywalnych gęstościach większy opór penetracji gleby stwierdzono przy potencjale wody glebowej -35 niż -8 kPa.

Wartości wydatku dyfuzji tlenu we wszystkich obiektach badań były większe od wartości krytycznej 30 μg·m⁻²·s⁻¹ (Rys. 3), przy której występuje znaczne ograniczenie lub zahamowanie wzrostu i funkcjonowania korzeni roślin [5].



Rys. 2. Średni opór penetracji gleby w warstwie 11-16cm, zmierzony w dniu zakończenia doświadczenia w części o glebie luźnej, średni i mocno zagęszczonej. Średnie opisane tą samą literą dla danej wartości potencjału glebowego nie różnią się na poziomie ufności 5%.

*LL – obiekt z glebą luźną w całej kolumnie;

**LSZ – obiekt z glebą luźną w jednej połowie kolumny i średnio zagęszczoną w drugiej;

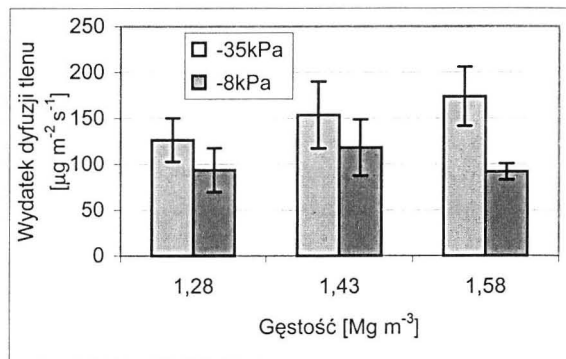
***LMZ – obiekt z glebą luźną w jednej połowie kolumny i mocno zagęszczoną w drugiej;

Fig. 2. Average penetration resistance at the layer 11-16 cm as measured on last day of the experiment, measured in a loose, average and heavy compacted soil. Means with the same letter within the same water potential are not significantly different at the 5% level.

*LL – loose soil in whole column;

**LSZ – loose soil in one half of the column, average compacted soil in another one;

***LMZ - loose soil in one half of the column, heavy compacted soil in another one;



Rys. 3. Wydatek dyfuzji tlenu i odchylenie standardowe w dniu zakończenia doświadczenia na głębokości 11cm, dla potencjałów wody glebowej –8 i –35 kPa.

Fig. 3. Oxygen diffusion rate (ODR) at the depth 11cm as determined on last day of the experiment and standard deviation, two soil water potentials: -8 and -35 kPa.

Niezależnie od gęstości gleby wydatek dyfuzji tlenu był większy przy potencjale wody glebowej -35 kPa niż -8 kPa, przy czym różnica ta była relatywnie największa w obiekcie z glebą o gęstości $1,58 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Wpływ różnej gęstości gleby w warstwie 11-30 cm w połowie kolumny badanych obiektów na długość korzeni był zależny od potencjału wody glebowej (Tab. 1 i 2). Przy potencjale -8 kPa (Tab. 1) zarówno w obiekcie LSZ jak i LMZ długość korzeni w warstwie 11-30 cm była nieznacznie większa w połowach kolumny z glebą luźną niż zagęszczoną. Średnia długość korzeni w tej warstwie dla całej kolumny była największa w obiekcie LL, natomiast w warstwie 0-10 cm - większa w obiektach LSZ i LMZ niż LL.

Tabela 1. Długość korzeni na jednostkę objętości gleby, ($\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$) przy potencjale wody glebowej -8 kPa. Odchylenie standardowe podano w nawiasach. Objaśnienia skrótów podano pod Rys. 2.

Table 1. Root length density, (cm cm^{-3}) at soil water potential -8 kPa. Standard deviation is given in brackets. For explanation of abbreviations see Fig. 2.

Głębokość [cm]	LL*		LSZ**		LMZ***	
	Gęstość ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
0 - 10	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
	0,026	0,026	0,030	0,032	0,032	0,036
	(0,004)	(0,004)	(0,009)	(0,001)	(0,013)	(0,008)
Średnia dla całej kolumny	LL: 0,026		LSZ: 0,031		LMZ: 0,034	
	Gęstość ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
11 - 30	1,28	1,28	1,28	1,43	1,28	1,58
	0,029	0,029	0,024	0,021	0,024	0,021
	(0,013)	(0,013)	(0,018)	(0,003)	(0,012)	(0,080)
Średnia dla całej kolumny	LL: 0,029		LSZ: 0,022		LMZ: 0,022	

Przy potencjale -35 kPa (Tab. 2) długość korzeni w połowie kolumny z glebą luźną w porównaniu do połowy z glebą średnio i mocno zagęszczoną była, w warstwie 11-30 cm, prawie dwukrotnie większa. Ograniczony wzrost korzeni w glebie zagęszczonej był w części kompensowany przez wzmożony wzrost w połowie kolumny z glebą luźną, charakteryzującej się mniejszym oporem mechanicznym dla wzrostu korzeni. Kompensacyjny wzrost korzeni zaobserwowano również w warstwie 0-10 cm, zwłaszcza w połowie kolumny obiektu LMZ z glebą mocno zagęszczoną ($1,58 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tabela 2. Długość korzeni na jednostkę objętości gleby, ($\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$) przy potencjale wody glebowej – 35 kPa. Odchylenie standardowe podano w nawiasach. Objasnienia skrótów podano pod Rys. 2.

Table 2. Root length density, ($\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$) at soil water potential – 35 kPa. Standard deviation is given in brackets. For explanation of abbreviations see Fig. 2.

Głębokość [cm]	LL		LSZ		LMZ	
	Gęstość ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
0 - 10	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
	0,038	0,038	0,039	0,040	0,055	0,049
	(0,014)	(0,014)	(0,060)	(0,012)	(0,015)	(0,013)
Średnia dla całej kolumny	LL: 0,038		LSZ: 0,039		LMZ: 0,052	
	Gęstość ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)					
11 - 30	1,28	1,28	1,28	1,43	1,28	1,58
	0,033	0,033	0,045	0,023	0,038	0,021
	(0,007)	(0,007)	(0,006)	(0,008)	(0,014)	(0,004)
Średnia dla całej kolumny	LL: 0,033		LSZ: 0,033		LMZ: 0,029	

Długość korzeni dla całej kolumny była w warstwie 11-30 cm najmniejsza w obiekcie LMZ, podczas gdy w warstwie 0-10 cm – największa. Długość ta w obu warstwach nie różniła się znacznie między obiektami LL i LSZ. Wartość średnia długości korzeni dla całej kolumny glebowej (0-30 cm) była największa w obiekcie LL o potencjale wody glebowej -8 kPa i wynosiła 377 cm. W obiektach LMZ i LSZ zmniejszyła się ona o 32-34%. Przy o potencjale -35 kPa długość korzeni była podobna we wszystkich obiektach badań.

Pobieranie wody

Przy potencjale wody glebowej -8 kPa (Rys. 4) i w początkowym okresie wzrostu (do 13 dni od umieszczenia siewek w kolumnach) ilość pobranej wody była podobna we wszystkich połowach kolumn cylindrycznych badanych obiektów. W dalszym okresie pobór wody w obiekcie LSZ był wyraźnie większy z połowy gleby umiarkowanie zagęszczonej (SZ) niż luźnej (L). Również w obiekcie LMZ pobór wody był większy z połowy kolumny z glebą mocno zagęszczoną (MZ) niż luźną (L), przy czym zróżnicowanie to wystąpiło znacznie później niż w obiekcie LSZ. Zwiększony pobór wody z gleby zagęszczonej niż

sąsiadującej gleby luźnej może być wynikiem większego współczynnika przewodnictwa wodnego i większej powierzchni kontaktu korzeni z glebą pomimo mniejszej długości korzeni (Tab. 1). Łączny pobór wody przy tym potencjale był największy w obiekcie LMZ – 417g i mniejszy o około 25% w obiektach LL i LSZ.

Przy potencjale -35 kPa (Rys. 5) pobór wody z porównywalnych części obiektów badań był znacznie mniejszy niż przy potencjale -8 kPa. W obiekcie LSZ był podobny z gleby luźnej i średnio zagęszczonej przez cały okres wzrostu, natomiast w obiekcie LMZ począwszy od 17-go dnia od umieszczenia siewek był większy w części z glebą luźną niż mocno zagęszczoną. Łączny pobór wody z całej kolumny o potencjale wody glebowej -35 kPa wynosił 92; 63 i 81 cm³ kolejno w obiektach LL; LSZ i LMZ.

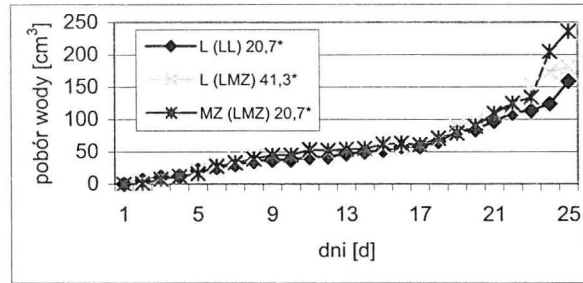
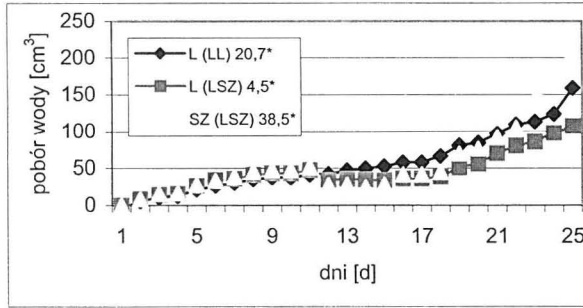
Wyniki powyższe wskazują na to, że ilość pobranej wody z gleby o zróżnicowanej gęstości i strukturze nie jest proporcjonalna do wielkości systemu korzeniowego. Ma to duże znaczenie w przewidywaniu zużycia wody przez rośliny i uwilgotnienia profilu glebowego [10,12,15].

Ilość wody pobranej z warstwy 11-30 cm na jednostkę długości korzeni i czasu, będąca wskaźnikiem efektywności korzeni, różniła się znacznie w zależności od gęstości gleby i potencjału wody glebowej (Tab. 3). Efektywność ta była w większości przypadków większa w obiektach z glebą zagęszczoną niż luźną. Niezależnie od gęstości gleby efektywność pobierania wody była większa przy potencjale – 8 kPa niż –35 kPa. Stwierdzony wzrost efektywności systemu korzeniowego w obiektach z glebą zagęszczoną i bardziej wilgotną jest prawdopodobnie wynikiem większej powierzchni kontaktu korzeni z cząstkami gleby i zwiększonego współczynnika przewodnictwa wodnego gleby.

Tabela 3. Efektywność pobierania wody na jednostkę długości korzeni w ostatnim dniu doświadczenia (g cm⁻¹·doba⁻¹). Objasnienia skrótów podano pod Rys. 2.

Table 3. Root water use efficiency on last day of the experiment (g cm⁻¹ day⁻¹). For explanation of abbreviations see Fig. 2.

Potencjał wody glebowej, [kPa]	LL		LSZ		LMZ	
	Gęstość gleby [Mg·m ⁻³]					
	1,28	1,28	1,28	1,43	1,28	1,58
- 8	0,08	0,08	0,25	0,37	0,22	0,24
- 35	0,07	0,07	0,04	0,10	0,12	0,090



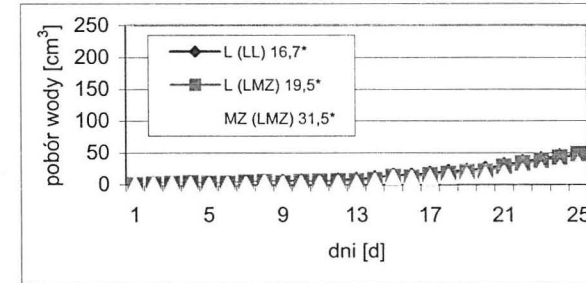
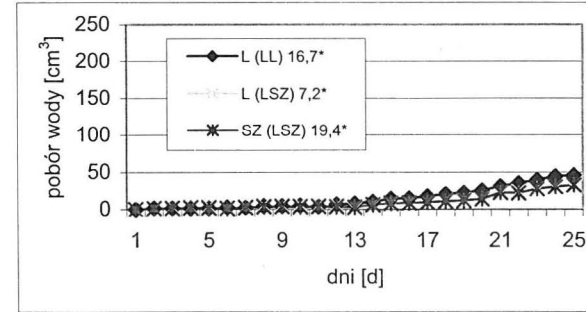
Rys. 4. Sumaryczny pobór wody z połowy kolumny, potencjał wody glebowej -8 kPa, od dnia umieszczenia siewek w cylindrach; *średnie odchylenie w ostatnim dniu.

Objaśnienia skrótów podano pod Rys. 2.

Fig. 4. Cumulative water uptake from half of soil column, water potential -8 kPa, first day is the day of planting seedling.

For explanation of abbreviations see Fig. 2.

*average deviation at the last day of the experiment.



Rys. 5. Sumaryczny pobór wody z połowy kolumny, potencjał wody glebowej -35 kPa, od dnia umieszczenia siewek w cylindrach; *średnie odchylenie w ostatnim dniu.

Objaśnienia skrótów podano pod Rys. 2.

Fig. 5. Cumulative water uptake from half of soil column, water potential -35 kPa, first day is the day of planting seedling.

For explanation of abbreviations see Fig. 2.

*average deviation at the last day of the experiment.

WNIOSKI

Zróznicowana gęstość gleby w kolumnach cylindrycznych ma wpływ na początkowy wzrost korzeni pszenicy i pobieranie wody. Wykazano, że ograniczony wzrost korzeni w połowie kolumny z glebą zagęszczoną jest w części kompensowany przez wzmożony wzrost w glebie luźnej, charakteryzującej się mniejszym oporem mechanicznym dla wzrostu korzeni. Kompensacyjny wzrost korzeni zaznaczył się w większym stopniu w obiektach z glebą o potencjale -35 niż -8 kPa. Ilość wody pobranej przez korzenie była większa z połowy kolumny z glebą zagęszczoną niż luźną, pomimo mniejszej długości korzeni w glebie zagęszczonej. Większa efektywność korzeni w pobieraniu wody z gleby zagęszczonej może być związana z większym współczynnikiem przewodnictwa wodnego i większą powierzchnią kontaktu korzeni z glebą.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bennicelli R.:** Wpływ zlokalizowanego stresu tlenowego w glebie na rozwój korzeni i części nadziemnych kukurydzy (modelowanie rizotronowe). Praca doktorska IA PAN w Lublinie, 1993.
2. **Buliński J.:** Zagęszczenie gleby w różnych technologiach uprawy roślin i związane z tym opory orki. Wydawnictwo SGGW, 1999.
3. **Domżał H., Gliński J., Lipiec J.:** Soil compaction research in Poland. Soil and Tillage Research, 19, 99-109, 1991.
4. **Gliński J., Lipiec J.:** Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press. Boca Raton. Fl. 1990.
5. **Gliński J., Stepniowski W.:** Soil Aeration and Its Role for Plants. CRC Press, Boca Raton FL, USA, 1990.
6. **Håkansson I., Lipiec, J.:** A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. Soil & Tillage Research, 53, 71-85, 2000.
7. **Kozicz J.:** Ugniatanie gleby mechanizmami jezdnyimi agregatów przy uprawie roślin zbożowych i okopowych. Post. Nauk Roln., 4/96, 51-64, 1996.
8. **Lipiec J.:** Stan fizyczny gleby i jego wpływ na wzrost i funkcjonowanie korzeni roślin – metody badań, X Szkoła Fizyka Z Elementami Agrofizyki, 5-29, 1998.
9. **Lipiec J., Kubota T., Iwama H., Hirose J.:** Measurement of plant water use under controlled soil moisture conditions by the negative pressure water circulation technique. Soil Sci.Plant Nutr. 34 (3), 417-428, 1988.
10. **Malicki M., Walczak R.:** A gauge of redox potential and oxygen diffusion rate in the soil with automatic regulation of cathode potential. Zesz. Probl. Post. nauk Roln., 220, 447-451, 1983.
11. **Novak V.:** Evaporation of water in the environment and methods of its modeling. Slovakia Academy of Sciences, VEDA, 253, 1995.

12. **Pawłowski M., Lipiec J., Dębicki R.:** Computer - aided penetrometer system for measuring soil strength. Polish J. Soil Sci., 29 (1), 1, 1996.
13. **Schmidhalter U., Selim, H.M., Oertli J.J.:** Measuring and modelling root water uptake based on ³⁶chloride discrimination in a silt loam soil affected by groundwater. Soil Sci. 158, 97-105, 1994.
14. **Szustak A.:** Początkowy wzrost pszenicy i zużycie wody wybranych rodów pszenicy zwyczajnej. Praca doktorska – IA PAN im. B. Dobrzańskiego w Lublinie, 1999.
15. **Walczak R.T., Witkowska-Walczak B., Baranowski P.:** Soil structure parameters in models of crop growth and yield prediction. Physical models. Int. Agrophysics, 11, 111-127, 1997.
16. **Whalley W. R., Lipiec J., Stępniewski W., Tardieu F.:** Control and measurement of the physical environment in roots growth experiments. – Kluwer, In Smith A. L., Bengough A. G., Engels C., Van Noordwijk M., Van de Geijn S. C., (Eds.), Root Methods A Handbook. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 76-112, 2000.

EFFECT OF LOCALISED SOIL COMPACTION AND WETNESS ON EARLY ROOT GROWTH AND FUNCTIONS

A. Nosalewicz, J. Lipiec

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Summary. The effect of three bulk densities (low, medium and high) of silty loam in half of vertically divided cylindrical column (diameter 15 cm, height 30 cm) on root growth and water uptake of wheat (var. Ismena) was investigated. Another half of the soil column was of low bulk density in all columns. The study was conducted in growth chamber at two soil water potentials (-8 kPa and -35 kPa). Reduced root growth in compacted soil was partly compensated for in loose soil. Root water use efficiency was greater in compacted than loose soil.

Key words: split root system, soil compaction, root growth, water uptake.