

WPŁYW SPOSOBU UPRAWY NA OPÓR PENETRACJI GLEBY

Artur Nosalewicz¹, Jan Kuś², Jerzy Lipiec¹

¹Institut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: a.nosalewicz@ipan.lublin.pl

²Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

Streszczenie. Przeprowadzono pomiary oporu penetracji mady brunatnej, którą uprawiano w sposób tradycyjny, uproszczony ze spulchnianiem na naprzemienną głębokość, płytką i siew bezpośredni stosowane przez okres 18-stu lat. Analiza rozkładów oporów penetracji wykazała, że w warstwie 4-6cm gleba z siewem bezpośrednim miała najwyższy opór penetracji a w warstwie 16-18cm gleba uprawiana tradycyjnie. Wzrost oporu penetracji gleby z głębokości 4-6 do 16-18cm był największy dla gleby uprawianej tradycyjnie. Opór penetracji gleby z siewem bezpośrednim w całym analizowanym zakresie wilgotności gleby był najwyższy spośród wszystkich analizowanych sposobów uprawy.

Słowa kluczowe: opór penetracji, wilgotność gleby, uprawa roli, uprawa tradycyjna, uprawa zredukowana

WSTĘP

Stan fizyczny gleby uzależniony jest od naturalnych i antropogenicznych czynników, które przyczyniają się do zmiany stanu zagęszczenia gleby. Do czynników tych zaliczyć można między innymi zabiegi uprawowe i agrotechniczne, naturalne osiadanie gleby pod wpływem sił ciężkości i warunków meteorologicznych (Usowicz i in. 2004). Łatwość pomiaru sprawia, że opór penetracji jest często stosowany do szybkich pomiarów i wstępnych analiz stanu fizycznego gleby (Dexter i in. 2007).

Opór penetracji gleby jest cennym wskaźnikiem oporu mechanicznego gleby podczas wzrostu korzeni roślin (Gliński i Lipiec 1990), jego wielkość zależy w dużym stopniu od sposobu uprawy. Opór penetracji zależy również w istotnym stopniu od wilgotności gleby dlatego do oceny oddziaływania różnych sposobów uprawy na opór mechaniczny gleby wymagane jest określenie zależności między

wilgotnością a oporem penetracji gleby z uwzględnieniem stosowanych zabiegów agrotechnicznych oraz sposobów uprawy kształtujących strukturę i stan zagęszczenia gleby. Poznanie tych zależności zwiększa również zdolności predykcyjne modeli opisujących zmiany oporu penetracji wywołane sposobem użytkowania gleb (Lapen i in. 2004).

Do opisu wpływu wilgotności na opór penetracji gleby często stosuje się zależności wykładnicze lub eksponentialne (Busscher i in. 1997), jakkolwiek istnieją także podejścia zakładające bardziej złożony związek między właściwościami gleby a oporem penetracji, które mają na celu aplikacje tych zależności do gleb o różnym składzie granulometrycznym (Dexter i in. 2007, To i Kay 2005).

Niniejsze badania miały na celu określenie wpływu czterech sposobów uprawy roli na opór penetrometryczny gleby i jego zmiany ze zmianą wilgotności gleby.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na madzie brunatnej o uziarnieniu gliny średniej. Gleba zawierająca 25% ilu (<2 μm) 62% pyłu (2-50 μm) i 13% piasku (50-2000 μm) (Kuś, 1999) pochodziła z doświadczenia mikropoletkowego (1x1,5 m) prowadzonego w IUNG w Puławach. Przez okres osiemnastu lat stosowano następujące sposoby uprawy:

- tradycyjna (**CT**): spulchnianie każdego roku na głębokość 20 cm (uprawa przedsiewna) i 10 cm (uprawa późniwna),
- uproszczona/tradycyjna (**R**): spulchnianie na przemienną głębokość – 20 cm (co 6lat) i 4-5cm w każdym roku,
- płytką (**S**): spulchnianie płytkie – na głębokość 4-5 cm w każdym roku;
- siew bezpośredni (**NT**) w rolę niespulchnioną.

Płodozmian obejmował uprawę kukurydzy, jęczmienia jarego, rzepaku ozimego, pszenicy ozimej i fasoli. Wieloletnia uprawa zmieniła zawartość materii organicznej z początkowej wartości 2,30% do wartości 2,16; 2,20; 2,43; 2,51% w ostatnim roku doświadczenia odpowiednio w **CT**, **R**, **S** i **NT** (Kuś 1999).

Glebę do badań oporu penetracji pobrano do kolumn glebowych o średnicy 21,5 cm i wysokości 20 cm bezpośrednio po zbiorze jęczmienia jarego.

Pomiary oporu penetracji wykonano, przy aktualnej wilgotności gleby w warstwach 4-6 cm i 16-18 cm, w 100 równomiernie rozmieszczonych punktach na powierzchni kolumn, sondą o średnicy i kącie stożka odpowiednio 1,8 mm i 30°. Sonda pomiarowa zagłębiana była z prędkością 1 mm·s⁻¹, rejestracja aktualnej wartości oporu penetracji prowadzona była z prędkością 10 odczytów na sekundę.

Do pomiarów oporu penetracji w funkcji wilgotności gleby, glebę pobrano do cylindrów o objętości 100 cm³ (w 4 powtórzeniach) z warstw odpowiadających warstwom, w których mierzono opór penetracji w kolumnach glebowych. Zmiany

oporu penetracji z wilgotnością określono po nawilżeniu ich do pojemności polowej, pomiary przeprowadzano w czasie powolnego suszenia cylindrów w temperaturze pokojowej (monitorując ich wilgotność). Do opisu tych zmian wykorzystano proste równanie, zakładając zależność między oporem penetracji a wilgotnością gleby w formie $Q = a \cdot W^b$ (Busscher i in. 1997, da Silva i Kay 1997), gdzie Q – opór penetracji gleby, W – wilgotność gleby, b - współczynnik.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obserwowany, we wszystkich typach uprawy, wzrost średniej wartości oporu penetracji w warstwie 16-18cm w porównaniu do warstwy 4-6cm wynikał ze wzrostu gęstości i zmniejszenia wilgotności gleby (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Wilgotność gleby w/w (%) na poszczególnych głębokościach, w nawiasach podano błąd standartowy

Table 1. Soil moisture w/w (%) at specified depths, standard error is given in brackets

Głębokość – Depth (cm)	NT*	S*	R*	CT*
4-6	24,97 (0,57)	24,07 (0,07)	24,43 (0,20)	24,63 (0,27)
16-18	23,07 (0,24)	23,30 (0,32)	23,97 (0,43)	23,63 (0,33)

*NT, S, R, CT – objaśnienie w metodyce badań

*NT, S, R, CT – explanations in Materials and methods

Tabela 2. Gęstość gleby na poszczególnych głębokościach ($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$), w nawiasach podano błąd standartowy

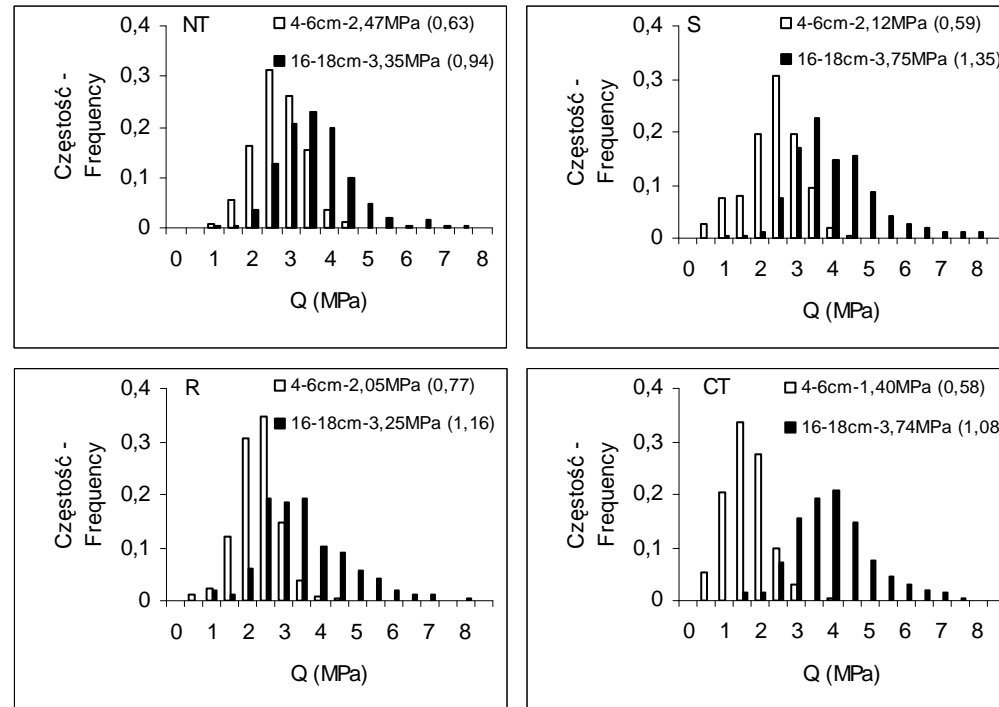
Table 2. Soil bulk density at specified depths ($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$), standard error is given in brackets

Głębokość – Depth (cm)	NT*	S*	R*	CT*
4-6	1,36 (0,01)	1,33 (0,02)	1,35 (0,02)	1,28 (0,01)
16-18	1,40 (0,02)	1,41 (0,02)	1,40 (0,03)	1,35 (0,02)

*NT, S, R, CT – objaśnienie w metodyce badań

*NT, S, R, CT – explanations in Materials and methods

Wartości średnie oporu penetracji w warstwie wierzchniej gleby (4-6 cm) były największe w obiekcie z siewem bezpośrednim (NT), najmniejsze zaś w obiekcie z glebą uprawianą tradycyjnie (CT) (rys. 1). Zwiększenie gęstości gleby z siewem bezpośrednim w porównaniu do uprawy tradycyjnej jest często obserwowane (Bujak i Frant 2005, Idkowiak i Kordas 2004, Unger i Jones 1998). Na głębokości 16-18 cm różnicowanie oporu penetracji między badanymi sposobami uprawy było relatywnie mniejsze.



Rys. 1. Rozkład wartości, średnie i odchylenia standardowe (w nawiasie) oporu penetracji gleby o różnym sposobie uprawy na głębokościach 4-6 i 16-18 cm
Fig. 1. Penetration resistance distribution, average values and standard deviation (in brackets) of soils under different tillage systems at 4-6 and 16-18 cm depths

Tylko na głębokości 4-6 cm poletka CT średni opór penetracji był niższy od wartości 2 MPa uznawanej za wartość nieograniczającą wzrostu korzeni (Hanza i Anderson 2005). Na przedstawionych rozkładach wartości oporu penetracji widoczny jest duży udział punktów pomiarowych, w których opór penetracji był niższy od wspomnianej wartości progowej, dodatkowo ujemna kurtoza (informująca o smukłości rozkładu) w wypadku rozkładu pomiarów z poletek NT i S (tab. 3.) wskazuje, że otrzymany rozkład pomiarów jest stosunkowo płaski. Największe przesunięcie rozkładów oporu penetracji między głębokościami 4-6 i 16-18 cm widoczne jest dla obiektu CT, co znajduje odzwierciedlenie w największej różnicy między średnimi oporami penetracji na tych głębokościach wynoszące 1,63 MPa. Wyższe wartości skośności (informującej o asymetrii rozkładu) dla oporu penetracji gleby na głębokości 16-18 cm niż 4-6 cm dla każdego ze sposobów uprawy wskazują na asymetrię rozkładów oporu penetracji rozciągającą się w stronę większych wartości oporu penetracji. Wartości skośności dla głębokości 4-6 i 16-18 cm są najmniejsze dla uprawy CT z corocznym spulchnianiem, co wskazuje, że niewiele z punktów pomiarowych cechowało się wysokim oporem penetracji.

Tabela 3. Kurtoza i skośność analizowanych rozkładów
Table 3. Kurtosis and skewness of analysed distributions

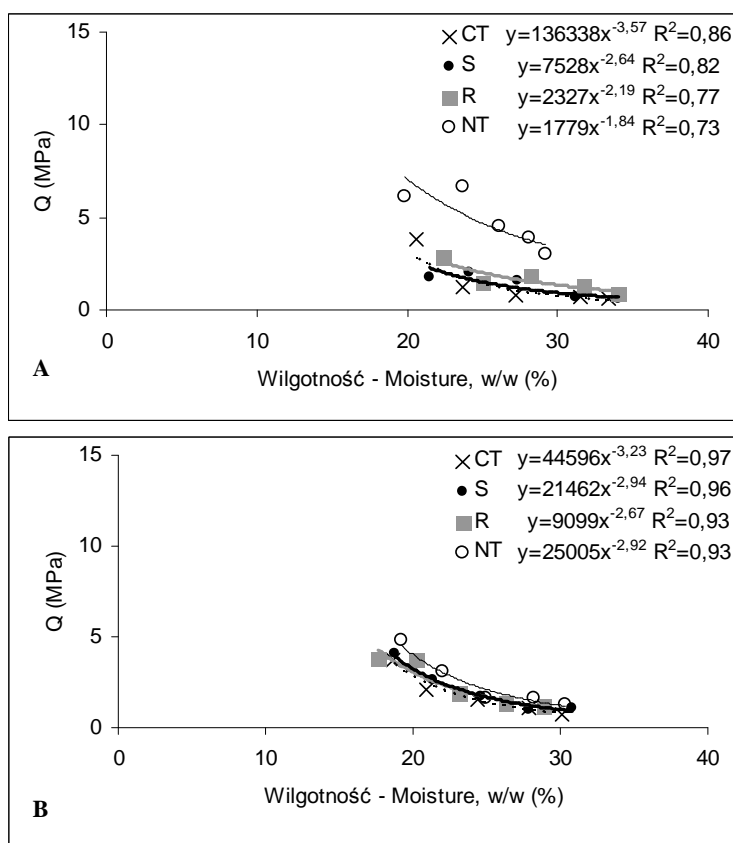
Parametry rozkładu Distribution parameters	Głębokość – Depth (cm)							
	4-6	16-18	4-6	16-18	4-6	16-18	4-6	16-18
	NT*		S*		R*		CT*	
Kurtoza Kurtosis	-0,02	1,83	-0,08	1,94	0,91	1,05	0,96	0,67
Skośność Skewness	0,05	0,86	-0,30	1,05	-0,03	0,78	0,49	0,65

*NT, S, R, CT – objaśnienie w metodyce badań – explanations in Materials and methods.

Zwiększenie średniego oporu penetracji w warstwie 0-20 cm w uprawie uproszczonej w porównaniu do uprawy tradycyjnej można zaobserwować już po 2 latach od wprowadzenia uproszczeń (Białczak i in. 2006), przy czym gleba uprawiana tradycyjnie cechowała się najwyższym oporem penetracji jedynie w najgłębszej analizowanej warstwie 15-20 cm.

Uprawa z siewem bezpośrednim skutkowała wyraźnie podwyższonym oporem penetracji w trakcie wysychania gleby na głębokościach 4-6 i 14-16 cm, w porównaniu do pozostałych sposobów uprawy (rys. 2). Pomiarzy te znajdują

odzwierciedlenie w wartości oporu penetracji gleby z siewem bezpośrednim (2,47MPa) stwierdzonego na głębokości 4-6 cm (rys. 1.) i przy wilgotności 24,97% (tab. 1), największym spośród analizowanych sposobów uprawy. W innym wieloletnim doświadczeniu porównującym różne sposoby uprawy, uprawa z siewem bezpośrednim charakteryzowała się, podobnie, większym oporem penetracji niż uprawa tradycyjna do głębokości 15 cm (da Veiga i in. 2007). Analiza pomiarów prowadzonych w całym okresie wegetacyjnym (Lapen i in. 2004) wykazała, że zmniejszenie wilgotności w wyniku stosowania siewu bezpośredniego było czynnikiem, który w sposób zbliżony do liniowego powodował zwiększanie oporu penetracji gleby, zależności takiej nie zaobserwowano dla gleby uprawianej tradycyjnie.



Rys. 2. Zmiany oporu- penetracji gleby (Q) w funkcji wilgotności w zależności od sposobu uprawy na głębokościach 4-6 (A) i 16-18 cm (B)

Fig. 2. Penetration resistance (Q) as a function of soil moisture for different soil cultivation methods at 4-6 (A) and 16-18 cm (B) depths

Wykorzystując równanie $Q = a \cdot W^b$ opisujące zależność oporu penetracji gleby od wilgotności (rys. 2) do przewidywania oporu penetrometrycznego gleby w szerszym zakresie wilgotności niż w zakresie uzyskanym w pomiarach. Można stwierdzić, że ze wzrostem wilgotności od 10 do 35% (w/w) różnice między przewidywanymi wartościami oporu penetracji na głębokościach 4-6 i 16-18 cm zmniejszają się we wszystkich obiektach, w szczególności w przypadku uprawy CT.

Badania laboratoryjne podatności na zagęszczenie gleb lessowych w zależności od zawartości materii organicznej (Tarkiewicz i Nosalewicz 2005) wykazały, że ze wzrostem zawartości materii organicznej w glebie maleje jej opór mechaniczny. Przeprowadzone badania nie potwierdzają takiej zależności, największym oporem penetracji cechowała się gleba o najwyższej zawartości materii organicznej, prawdopodobnie zmodyfikowana zabiegami uprawowymi struktura gleby miała decydujący wpływ na opór penetracji gleby.

WNIOSEK

Wieloletnie stosowanie uproszczeń uprawowych zróżnicowało gęstość, wilgotność i zawartość materii organicznej w glebie. Pomiarzy oporu penetracji wykazały szczególnie duże różnice między glebą z siewem bezpośrednim a uprawą tradycyjną, uproszczoną i płytką na głębokości 4-6 cm w całym analizowanym zakresie wilgotności. Gleba uprawiana tradycyjnie cechowała się najniższym oporem penetracji na głębokości 4-6 cm i najwyższym na głębokości 16-18 cm, ale ta różnica malała najszybciej ze wzrostem wilgotności gleby, spośród wszystkich typów uprawy.

PIŚMIENNICTWO

- Białczak W., Cudzik A., 2006. Czarniecki J., Pieczarka K.: Ocena zmian niektórych parametrów wytrzymałościowych gleby w wybranych technologiach uprawy. *Inżynieria Rolnicza*, 2, 103-109.
- Bujak K., Frant M., 2005. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i poziomu nawożenia mineralnego na zapas wody i niektóre fizyczne właściwości gleby w płodozmianie. *Acta Agrophysica*, 6(2), 333-342.
- Busscher W. J., Bauer P. J., Camp C. R., Sojka R. E., 1997. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil Till. Res.*, 43, 205-217.
- da Silva, A.P., Kay, B.D., 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 877-883.
- da Veiga M., Horn R., Reinert D. J., Reichert J. M., 2007. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. *Soil & Tillage Research*, 92, 104-113.
- Dexter A.R., Czyż E.A., Gate O.P., 2007. A method for prediction of soil penetration resistance. *Soil & Tillage Research*, 93, 412-419.
- Gliński J., Lipiec J., 1990. *Soil Physical Conditions and Plant Root*. CRC Press.
- Hamza M.A., Anderson W.K., 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, 82, 121-145.

- Idkowiak M., Kordas L., 2004. Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azotem na zmiany właściwości fizycznych gleby w uprawie pszenżyta ozimego. *Annales Universitatis Mariae Curie –Skłodowska*, LIX, 3 Sectio E, 1097-1104.
- Kuś J., 1999. Wpływ różnej intensywności uprawy roli na jej właściwości i plonowanie roślin. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie* 195, *Agricultura*, 74, 33-38.
- Lapen D.R., Topp G.C., Edwards M.E., Gregorich E.G., Curnoe W.E., 2004. Combination cone penetration resistance/water content instrumentation to evaluate cone penetration–water content relationships in tillage research. *Soil & Tillage Research*, 79, 51-62.
- Tarkiewicz S., Nosalewicz A., 2005. Effect of organic carbon content on the compactibility and penetration resistance of two soils formed from loess. *Int. Agrophysics*, 19, 345-350.
- To, J., Kay, B.D., 2005. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Goedermia*, 126, 261-276.
- Unger P. W., Jones O. R., 1998. Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil & Tillage Research*, 45, 39-57.
- Usovich B., Ferrero A., Lipiec J., 2004. Opór penetracji gleby na zboczu winnicy. *Acta Agrophysica*, 3(3), 603-613.

EFFECT OF TILLAGE METHODS ON SOIL PENETRATION RESISTANCE

Artur Nosalewicz¹, Jan Kuś², Jerzy Lipiec¹

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences
ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: a.nosalewicz@ipan.lublin.pl

²Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

Abstract. An 18-year long experiment was carried out to study the effect of traditional, reduced, shallow and no-tillage methods on soil (Eutric Fluvisol) penetration resistance. Analyses of soil penetration resistance showed that at the depth of 4-6cm the soil with direct sowing had the highest penetration resistance, at the depth of 16-18cm the highest penetration resistance was measured in the traditionally cultivated soil. The increase in penetration resistance value from the depth of 4-6 cm to that of 16-18 cm was the highest in the traditionally cultivated soil. Soil penetration resistance was the highest in the whole analysed soil moisture range under the no-tillage system.

Keywords: penetration resistance, soil moisture, tillage methods, conventional tillage, no-tillage