

## PRZYROSTY ZWIĘZŁOŚCI GLEBY LEKKIEJ UGNIATANEJ WIELOKROTNIE I WIELOŚLADOWO

Zygmunt Owskiak, Krzysztof Lejman

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań przyrostów zwięzłości gleby zagęszczanej wielokrotnie ciągnikiem ze zmodyfikowanym układem jezdnym do wielośladowego zagęszczania gleby. Badania prowadzono w warunkach polowych w glebie gliniastej lekkiej. Stwierdzono, że do czwartego przejazdu koła przedniego i do piątego przejazdu koła tylnego i obydwu kół następuje przyrost zwięzłości gleby, przy czym największy udział w tym przyroście ma pierwszy przejazd. Kolejne przejazdy powodują na ogół spadek przyrostów zwięzłości. Przejazd tym samym śladem koła przedniego, a następnie tylnego, powoduje nieznacznie wyższe przyrosty zwięzłości w koleinie i niższe przyrosty zwięzłości obok koleiny w porównaniu z tymi, które uzyskuje się po przejeździe tylko koła tylnego.

**Słowa kluczowe:** gleba, zwięzłość, wielokrotne zagęszczanie, wielośladowe ustawienie kół ciągnika

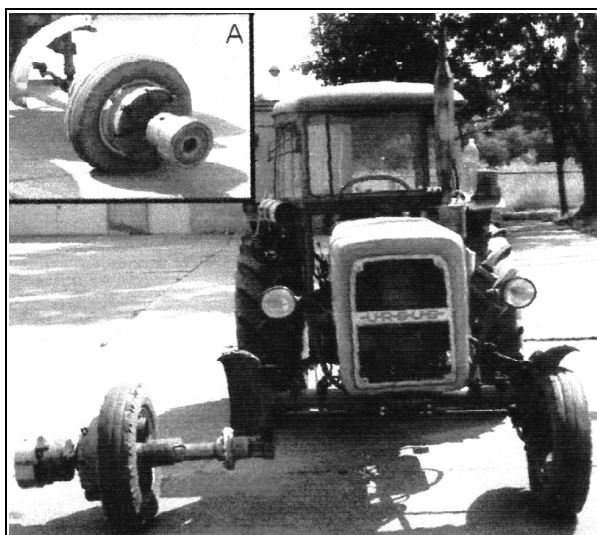
### Wstęp i cel pracy

Poruszający się po polu ciągnik kołowy powoduje powstawanie dwóch kolein, czego konsekwencją jest niekorzystny wzrost zwięzłości gleby, który w większości przypadków prowadzi do zmniejszenia plonowania i zwiększenia nakładów energetycznych na uprawę i doprawianie gleby [Schafer i in. 1992]. Jedynie w specyficznych warunkach, jakie występują w glebach suchych, ugniatanie gleby może korzystnie wpływać na plonowanie roślin. Przemieszczanie tym samym śladem koła przedniego i tylnego utrudnia możliwość prowadzenia badań zmierzających do oceny udziału w przyrostach zwięzłości poszczególnych kół, ponieważ pomiary można wykonać na ograniczonej przestrzeni pomiędzy kołem przednim i tylnym [Błaszkiwicz 1998] lub przy wykorzystaniu zastępczych układów kołowych [Walczyk 2001]. Możliwość taką można uzyskać stosując zmodyfikowaną konstrukcję układu jezdneho polegającą na asymetrycznym ustawieniu kół przednich [Owskiak i Lejman 2007]. Należy zauważyć, że niektóre specjalistyczne ciągniki kołowe wyposażone są w układy jezdne pozostawiające na polu więcej niż dwa ślady. Stosowanie klasycznych i zmodyfikowanych ciągników zarówno do podstawowej uprawy gleby oraz jej doprawiania, jak i do prac prowadzonych w międzyrzędziach, stwarza konieczność prowadzenia badań dotyczących optymalnego doboru parametrów układu jezdneho w aspekcie zmniejszania negatywnych skutków jego oddziaływania na glebę.

Celem badań było wyznaczenie wpływu wielokrotnego przejazdu ciągnika z asymetrycznie ustawionymi kołami na przyrosty zwięzłości w warstwie ornej gleby gliniastej lekkiej z uwzględnieniem ich rozkładu poprzecznego.

## Metodyka badań

Badania przeprowadzono w glebie o składzie granulometrycznym gliny lekkiej (piasek – 55%; pył – 17%; il – 28% według BN-79/9180-11). Średnia wartość wilgotności wagowej wynosiła 13,0%. Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono głębokie spulchnianie gleby glebogryzarką z jednoczesnym wyrównaniem powierzchni pola. Tak przygotowaną glebę zagęszczano kołami ciągnika Ursus C-360, w którym dokonano modyfikacji układu jezdnego polegającej na poprzecznym przestawieniu przedniego koła prawego (rys. 1). Modyfikacja miała na celu umożliwienie przeprowadzenia badań skutków ugniatania gleby oddzielnie kołem przednim, tylnym i obydwoma kołami. Szczegółowy opis konstrukcji zmodyfikowanego układu jezdnego ciągnika wraz z układem równoważenia sił przedstawiono w pracy Owsia i Lejmana [2007].



Rys. 1. Ciągnik Ursus C-360 przystosowany do wielośladowego zagęszczania gleby  
Fig. 1. Tractor Ursus-C-360 adapted to multi-track soil compaction

W ciągniku zastosowano standardowe ogumienie o wymiarach opon tylnych - 14,9/13-28 i przednich - 6,00-16. Obciążenie koła przedniego wynosiło 3,8 kN, a koła tylnego – 7,4 kN, przy czym ciśnienie w oponach wynosiło odpowiednio 0,2 i 0,1 MPa. Prędkość jazdy ciągnika wynosiła 1 m·s<sup>-1</sup>.

Glebę ugniatano stosując sześciokrotny przejazd tymi samymi śladami, przy czym pomiarów poszczególnych parametrów gleby dokonywano przed ugnieceniem i po kolejnych przejazdach ciągnika. Po przejeździe ciągnika uzyskiwano trzy oddzielne koleiny, w których dokonywano pomiarów gęstości objętościowej i wytrzymałości na ścinanie. Wytrzymałość na ścinanie mierzono przy użyciu sondy VANE-H60, natomiast gęstość wyznaczano metodą wagową pobierając próbki gleby cylinderkiem o objętości 100 cm<sup>3</sup>. Parametry te użyto tylko do opisu stanu gleby i przedstawiono w tabeli 1.

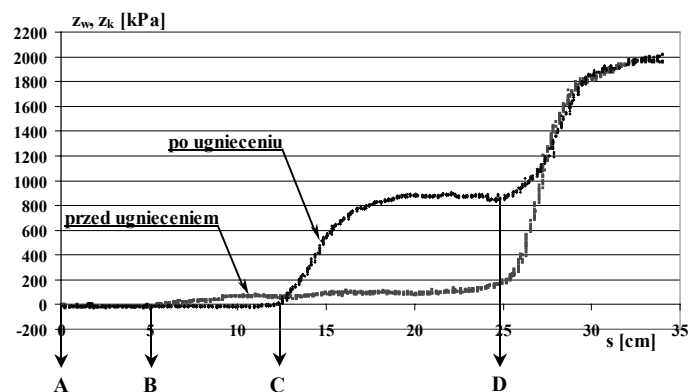
## Przyrosty zwięzłości gleby...

Tabela 1. Parametry gleby przed i po kolejnych ugnieceniach  
Table 1. Soil parameters before and after successive compactions

Parametr	Koło	Krotność przejazdu						
		0	1I	2	3	4	5	6
Gęstość objętościowa [g·cm <sup>-3</sup> ]	Przednie	1,26	1,60	1,76	1,78	1,83	1,87	1,72
	Tylne		1,65	1,71	1,84	1,78	1,80	1,82
	Przednie i tylne		1,67	1,76	1,82	1,79	1,83	1,99
Wytrzymałość na ścinanie [kPa]	Przednie	4	68	79	117	88	80	127
	Tylne		43	54	83	76	103	102
	Przednie i tylne		43	103	97	95	111	128

Źródło: pomiary własne autorów

Analizowano przyrosty zwięzłości w warstwie gleby od jej powierzchni do zaobserwowanego w danym pomiarze początku występowania podeszwy płużnej (rys. 2), przy czym rozmieszczenie punktów pomiarowych w poszczególnych koleinach i w ich otoczeniu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Przebiegi zwięzłości gleby przed przejazdem koła ( $z_w$ ) i po przejeździe ( $z_k$ ) w zależności od głębokości pomiaru ( $s$ ): A – początek pomiaru, B – początek zagłębienia stożka przed przejazdem koła, C – początek zagłębienia stożka po przejeździe koła, D – położenie początku podeszwy płużnej

Fig. 2. Courses of soil cone index before wheel passage ( $z_w$ ) and after wheel passage ( $z_k$ ) as a function of depth measurement ( $s$ ): A – beginning of measurement, B – beginning of cone sink before passing wheel, C – beginning of cone sink after passing wheel, D – location of ploughpan beginning

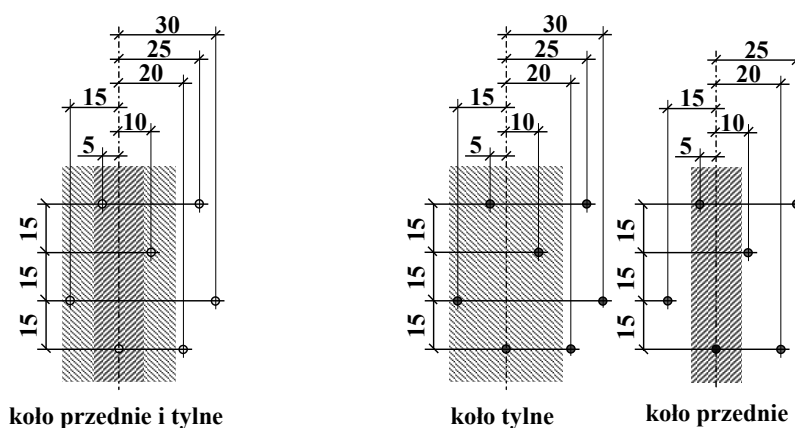
Do pomiarów zwięzłości użyto zwięzłościomierza z napędem mechanicznym i elektronicznym zapisem danych. Stosowano sondę w kształcie stożka o polu podstawy 3 cm<sup>2</sup> i kącie wierzchołkowym wynoszącym 60°. Prędkość penetracji wynosiła 3 cm·s<sup>-1</sup>. Średnia zwięzłość warstwy ornej gleby przed jej ugnieceniem wynosiła 125 kPa z odchyleniem standardowym 13 kPa. Przyrosty zwięzłości po kolejnych przejazdach obliczano ze wzoru:

$$\Delta z = \int_C^D \frac{z_k(s) ds}{D-C} - \int_B^D \frac{z_w(s) ds}{D-B} \quad (1)$$

gdzie:

- $\Delta z$  – przyrost zwężłości gleby w warstwie ornej [kPa],
- $s$  – głębokość pomiaru [cm],
- $z_k$  – zwężłość po ugnieceniu kołami [kPa],
- $z_w$  – zwężłość przed ugnieceniem [kPa].

Pozostałe oznaczenia zgodne z oznaczeniami rysunku 2.



Rys. 3. Odległości [cm] punktów pomiaru zwężłości od osi kolein

Fig. 3. Distance [cm] of soil cone index measurement points from wheel track axial

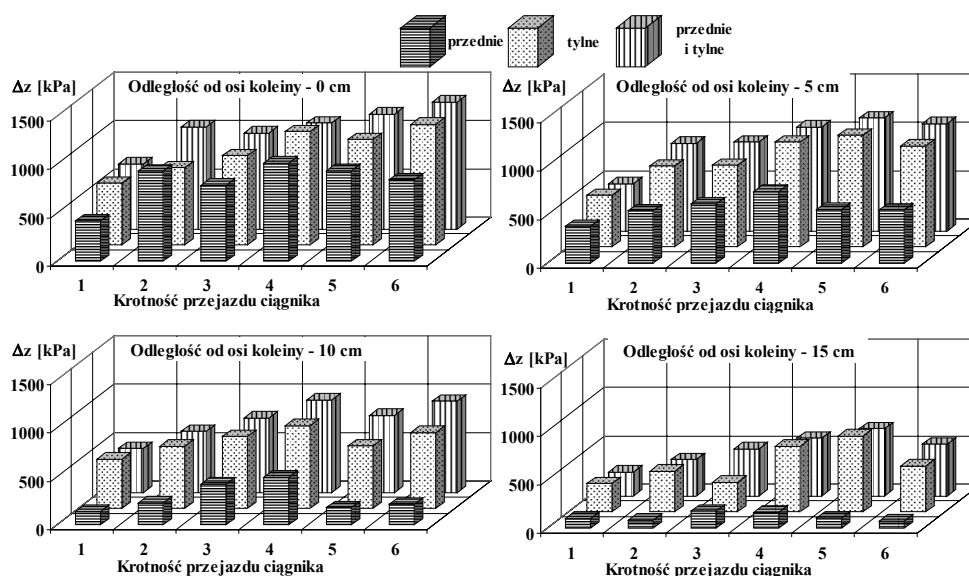
Wzrost odległości od osi kolejiny powoduje spadki przyrostów zwężłości niezależnie od tego, czy gleba była ugniatana kołem przednim, tylnym, czy też obydwo naraz. Niezależnie od krotności przejazdu i odległości punktu pomiarowego od osi kolejiny, najniższe przyrosty zwężłości obserwuje się po przejeździe koła przedniego. Relacje pomiędzy przyrostami zwężłości po przejeździe obydwu kół i koła tylnego są niejednoznaczne i uzależnione od położenia punktu pomiarowego względem osi kolejiny. Zagęszczające oddziaływanie kół ciągnika, objawiające się przyrostami zwężłości, zanika w odległości około 25 cm od osi koła przedniego i w odległości 30 cm od osi przejazdu obydwu kół tym samym śladem. Ponieważ dla koła tylnego w odległości 30 cm zaobserwowano wyraźne przyrosty zwężłości należy przypuszczać, że zagęszczające oddziaływanie tego koła zanika powyżej tej odległości. Sugeruje to, że wcześniejszy przejazd koła przedniego powoduje zawężenie strefy oddziaływania poprzecznego jadącego tym samym śladem koła tylnego. Znajduje to również potwierdzenie w wynikach, jakie uzyskano dla pomiarów prowadzonych w odległościach przekraczających połowę szerokości kolejiny koła przedniego (15, 20, 25 cm), ponieważ przyrosty zwężłości w tych odległościach są niższe po przejeździe koła przedniego i tylnego tym samym śladem w porównaniu z tymi, jakie uzyskano po

## Przyrosty zwięzłości gleby...

przejeździe tylko koła tylnego. W punktach pomiarowych usytuowanych w osi koleiny i w odległości 5 cm od osi przejazd koła przedniego i tylnego tym samym śladem generuje wyższe przyrosty zwięzłości w porównaniu z tymi, jakie uzyskujemy tylko po przejeździe koła tylnego. Przedstawiona analiza sugeruje, że w trakcie stosowania ciągnika do uprawy międzyrzędowej korzystne jest wcześniejsze zagęszczenie gleby węższymi przednimi kołami ciągnika, ponieważ nastąpi zmniejszenie strefy bocznego oddziaływania kół przy jednoczesnym niewielkim przyroście zwięzłości w osi koleiny i w jej bezpośrednim otoczeniu.

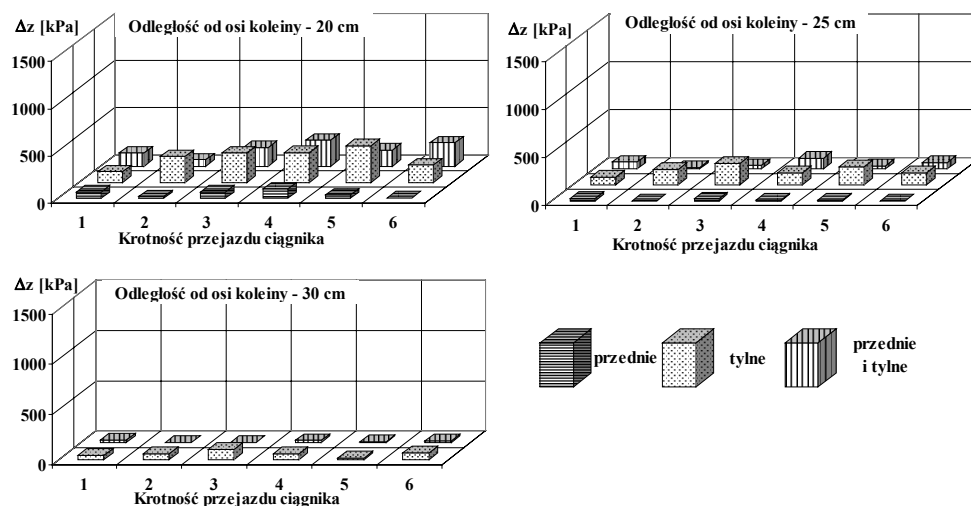
## Wyniki badań i ich omówienie

Przyrosty zwięzłości gleby po kolejnych przejazdach ciągnika w osi koleiny i w odległościach 5, 10 i 15 cm od osi koleiny przedstawiono na rys. 4. Przyrosty w punktach pomiarowych usytuowanych w odległościach 20, 25 i 30 cm od osi koleiny (koło tylne i obydwie koła) oraz w odległościach 20 i 25 cm (koło przednie) zamieszczono na rys. 5. Przyrosty zwięzłości analizowano oddzielnie po przejeździe koła przedniego, tylnego i obydwu kół dzięki zastosowaniu metodyki badań opartej na wielośladowym ustawieniu kół ciągnika.



Rys. 4. Przyrosty zwięzłości gleby po kolejnych przejazdach koła przedniego, tylnego i obydwu kół w odległościach 0, 5, 10 i 15 cm od osi koleiny

Fig. 4. Soil cone index increments after successive passages of front, rear and both wheels in 0, 5, 10 and 15 cm distances from wheel track symmetry axis



Rys. 5. Przyrosty zwięzłości gleby po kolejnych przejazdach koła przedniego w odległościach 20 i 25 cm od osi koleiny oraz koła tylnego i obydwu kół w odległościach 20, 25 i 30 cm

Fig. 5. Soil cone index increments after successive passages of front wheel in 20 and 25 cm distances from wheel track symmetry axis and rear and both wheels in distances 20, 25 and 30 cm

Analizując przyrosty zwięzłości po kolejnych przejazdach stwierdzono, że, zgodnie z oczekiwaniami [Dawidowski 1995, Walczyk 1995, Buliński 2000], największy udział w tych przyrostach ma na ogół pierwszy przejazd ciągnika. Udział kolejnych przejazdów w zmianach przyrostów zwięzłości jest mniejszy i niejednoznaczny, ponieważ w przypadku koła przedniego (nienapędzanego) obserwuje się spadki przyrostów po czwartym przejeździe, natomiast dla obydwu kół i koła tylnego spadki także można zaobserwować po piątym przejeździe oprócz osi koleiny, dla której obserwujemy ciągły przyrost zwięzłości. O ile w przypadku kół napędzanych spadek zwięzłości można wytłumaczyć spulchniającym oddziaływaniem występów bieżnika, to w przypadku kół nienapędzanych zjawisko to wymaga wyjaśnienia.

## Wnioski

1. Przyrosty zwięzłości w warstwie ornej gleby pod koleiną i w jej otoczeniu można zaobserwować do czwartego przejazdu kołem przednim oraz piątego przejazdu kołem tylnym i obydwoma naraz, natomiast dalsze przejazdy powodują na ogół zmniejszenie zwięzłości.

2. Przejazd tym samym śladem kół przedniego i tylnego powoduje nieznaczne zwiększenie przyrostów zwięzłości pod koleiną i ich zmniejszenie poza koleiną w porównaniu z tymi, jakie obserwuje się po przejeździe tylko kołem tylnym.
3. Przyrosty zwięzłości gleby ugniatanej kołami ciągnika zanikają w odległości około 25 cm od osi koła przedniego, 30 cm – od osi przejazdu obydwu kół tym samym śladem i powyżej 30 cm w przypadku przejazdu tylko koła tylnego.
4. Wcześniejszy przejazd węższego koła przedniego powoduje zawężenie strefy oddziaływania poprzecznego, objawiającej się wyraźnymi przyrostami zwięzłości, jadącego tym samym śladem koła tylnego w porównaniu ze strefą oddziaływania, jaką obserwuje się po przejeździe tylko koła tylnego.
5. Niezależnie od tego czy gleba jest ugniatana kołem przednim, tylnym, czy obydwoma kołami oraz niezależnie od krotności przejazdu przyrosty zwięzłości zmniejszają się wraz ze wzrostem odległości od osi koleiny.

## Bibliografia

- Błaszkiwicz Z.** 1998. Badania rozkładu oporu penetracji gleby lekkiej powodowanego oponami ciągników rolniczych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1. s. 5-14.
- Buliński J.** 2000. Wpływ prędkości ruchu i rodzaju agregatu ciągnikowego na zagęszczenie gleby kołami. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6. s. 111-117.
- Dawidowski J.B.** 1995. Proces ugniatania gleby i metoda prognozowania jej zagęszczenia w zmechanizowanych technologiach prac polowych. AR Szczecin. Rozprawy 163. ISSN 0239-6467.
- Owsiak Z., Lejman K.** 2007. Wpływ asymetrycznie ustawionych kół ciągnika na zagęszczenie gleby. *Zeszyty Naukowe UP Wrocław. Inżynieria Rolnicza* VI. s. 109-116.
- Schafer R. I., Johnson C. E., Koolen A. J., Gupta S. C., Horn R.** 1992. Future research needs in soil compaction. *Transactions of the ASAE* 35 (6). s. 1761-1769.
- Walczyk M.** 1995. Wybrane techniczne i technologiczne aspekty ugniatania gleb agregatami ciągnikowymi. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*. ISSN 1233-4189.
- Walczyk M.** 2001. Oddziaływanie kół pneumatycznych na odkształcanie gleby rolniczej. *Prace Komisji Nauk Rolniczych* 2. s. 141-151.

## **COMPACTNESS INCREMENTS FOR LIGHT SOIL PACKED SEVERAL TIMES AND IN MULTIPLE TRACKS**

**Abstract.** Results of investigations on soil cone index increments in the soil multiple compacted by tractor wheels are presented. Tractor with modified carried for multi-track soil compaction was used. Research was conducted in field conditions in sandy loam soil. It has been found that the first passage has the greatest participation in soil cone index increment. It was also observed that cone index increment decreases after fourth passage of front wheel and after fifth passage of rear wheel and both wheels. Passage of front wheel and rear wheel on the same place in the field causes higher increments of cone index under wheel track and lower increments outside the wheel track in comparison to cone index increments after passing of rear wheel only.

**Key words:** soil, compactness, repeated compacting, multi-track setting of tractor wheels

**Adres do korespondencji:**

Zygmunt Owsiak; e-mail [owski@imr.ar.wroc.pl](mailto:owski@imr.ar.wroc.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław