

WPLYW PARAMETRÓW SKRAWANIA NA JAKOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ SPULCHNIENIA GLEBY ZĘBAMI KULTYWATORA

Krzysztof Lejman, Zygmunt Owsiak, Krzysztof Pieczarka
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Leszek Kordas

Katedra Kształtowania Agroekosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań wpływu prędkości i głębokości skrawania na jakość i efektywność spulchnienia gleby sprężynowym zębem kultywatora. Badania przeprowadzono w warunkach polowych, w glinach piaszczystej i ilastej, przy wilgotnościach wynoszących odpowiednio 11,2 i 15,6%. Wskaźnik jakości spulchnienia wyznaczano na podstawie pomiarów przyrostu pola powierzchni przekroju poprzecznego spulchnianej gleby oraz obliczonej wartości przekroju skrawania. Wskaźnik efektywności spulchnienia obliczano jako proporcję wskaźnika jakości i oporu skrawania. Stwierdzono, że wzrost głębokości od 6 do 12 cm i wzrost prędkości skrawania od 1,0 do 3,0 m·s⁻¹ powodują spadek zarówno wskaźnika jakości spulchnienia, jak i efektywności spulchnienia, co można opisać funkcjami potęgowymi, niezależnie od gatunku gleby. Spadek wartości wskaźników wyjaśniono występowaniem dwóch stref odkształcania gleby wąskimi narzędziami oraz przyrostem parametrów wytrzymałościowych gleby przy wzroście prędkości jej odkształcania.

Słowa kluczowe: gleba, doprawianie, sprężynowy ząb kultywatora, jakość spulchnienia

Wstęp

Podstawowym przeznaczeniem maszyn i narzędzi stosowanych w uprawie i doprawianiu gleby podczas prac polowych jest osiągnięcie zamierzonego efektu agrotechnicznego. Jednym ze składników tego efektu, który bezpośrednio wpływa na kiełkowanie i wzrost roślin, jest jakość spulchnienia gleby. Jakość ta zazwyczaj wyrażana jest rozkładem agregatów glebowych po uprawie (Braunack i Dexter, 1989; Waszkiewicz i Zabielski, 2005; Arvidsson i Hillerstrom, 2010) lub wskaźnikami, które oblicza się na podstawie zmian miąższości (Talarczyk i Zbytek, 2007; Waszkiewicz i in., 2009; Kogut, 2011), albo zmian powierzchni przekroju poprzecznego skrawanej gleby (McKyes i Maswaure, 1997), przy czym ostatnia metoda jest zgodna z normą PN-90/R-55021 (1990).

W przypadku oceny rozkładu wielkości agregatów glebowych przyjmuje się, że szczególnie cenna dla wzrostu roślin jest duża liczba agregatów o średnicy 1-5 mm (Kęsik i Błażewicz-Woźniak, 2010) przy jednoczesnym ograniczeniu w trakcie siewu do 20% agregatów przekraczających 25 mm (Buliński i in., 2009). Metody oparte na analizie przyrostów przekroju poprzecznego skrawanej gleby umożliwiają wyznaczenie zmian objętości gleby, a tym samym – podstawowych parametrów charakteryzujących upakowanie cząstek glebowych, takich jak gęstość lub porowatość. Jest to szczególnie cenne, ponieważ znane są wartości optymalnych dla wzrostu roślin gęstości gleby oraz progowe wartości gęstości minimalnych i maksymalnych, których przekroczenie może ograniczać wzrost roślin i ich plon (Buliński i in., 2009).

Obliczanie wskaźników jakości spulchnienia w oparciu o zmiany miąższości jest możliwe jedynie w przypadku narzędzi pracujących w warunkach skrawania związanego, to znaczy takich, dla których jest jednoznacznie wyodrębniony przekrój skrawania (pług, zestaw uprawowy), a wartość wskaźnika oblicza się na podstawie przyrostu wysokości powierzchni pola. Natomiast wyznaczenie spulchnienia narzędziami pracującymi w warunkach skrawania swobodnego jest bardziej skomplikowane, ponieważ wymaga wyznaczenia przekroju poprzecznego skrawanej narzędziem gleby oraz przyrostu tego przekroju po uprawie. Jest to jedyna metoda umożliwiająca wyznaczenie jakości pracy pojedynczych elementów skrawających glebę, w odniesieniu do których brak jest dostatecznych informacji dotyczących wpływu podstawowych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na efekt agrotechniczny. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, przy jakim nakładzie energii efekt ten zostanie osiągnięty (McKyes i Maswaure, 1997; Buliński i in., 2009; Arvidsson i Hillerstrom, 2010).

Celem badań było wyznaczenie wpływu prędkości i głębokości skrawania gleby sprężynowym zębem kultywatora na wartość wskaźników jakości i efektywności spulchnienia gleb gliniastych – piaszczystej i ilastej.

Zakres, metody i warunki badań

Badania przeprowadzono w warunkach polowych w glebach gliniastej piaszczystej i gliniastej ilastej, których uziarnienie wyznaczono według klasyfikacji PTG (2008) i przedstawiono w tabeli 1. Przed przystąpieniem do badań wykonano orkę na głębokość 25 cm, a następnie przeprowadzono ujednorodnianie gleb glebogryzarką. Tak uprawione gleby zagęszczano, stosując ośmiokrotny przejazd wałem croskill-cambridge. Średnie wartości parametrów charakteryzujących stan gleb w trakcie badań, takich jak wilgotność, gęstość objętościowa, wytrzymałość na ścinanie w warunkach równowagi granicznej oraz zwięzłość zamieszczono w tabeli 1. Wilgotność i gęstość objętościową wyznaczano według norm ISO 11508 (1998) i ISO 11461 (2001). Zwięzłość mierzono zwięzłościomierzem z napędem mechanicznym i elektronicznym systemem zapisu danych. Stosowano sondę stożkową o kącie wierzchołkowym 60° i polu podstawy 3 cm², przy czym jej prędkość zagłębiania wynosiła 3 cm s⁻¹, a częstość rejestracji – 50 Hz. Wytrzymałość na ścinanie mierzono sondą skrzydełkową VANE H-60. Wszystkie parametry wyznaczano w ośmiu powtórzeniach, a wartości odchyleń standardowych zamieszczono w tabeli 1 w nawiasach.

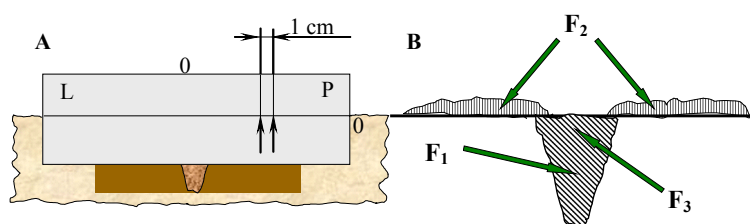
Tabela 1
Uziarnienie gleb i ich podstawowe parametry
 Table 1
Soil texture and their basic parameters

| Parametr | Gatunek gleby | |
|--|-------------------|--------------|
| | Gлина piaszczysta | Gлина ilasta |
| | Żwir | 3 |
| Udział grupy frakcji Piasek | 4 | 29 |
| gleby (%) | 67 | 41 |
| | Pył | 27 |
| | II | 11 |
| Wilgotność (%) | 11,2 (0,5) | 15,6 (0,6) |
| Gęstość objętościowa ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) | 1470 (30) | 1590 (20) |
| Wytrzymałość na ścinanie (kPa) | 44 (8) | 43 (9) |
| Zwięzłość (kPa) | 600 (70) | 520 (40) |

W nawiasach zamieszczono odchylenia standardowe pomiarów



Rysunek 1. Widok stanowiska pomiarowego
 Figure 1. View of the measurement stand



Rysunek 2. Metoda wyznaczania przekroju spulchnianej gleby: A – wyznaczanie rzędnych powierzchni gleby po spulchnieniu, B – przyrost powierzchni przekroju gleby ($F_2 - F_3$) i przekrój skrawania (F_1)

Figure 2. A method of determination of the cross section of scarified soil: A – determination of ordinates of scarified soil area, B – increase of the soil cross-section area ($F_2 - F_3$) and cutting cross-section (F_1)

Przygotowaną glebę spulchniano esowym zębem sprężynowym kultywatora wyposażonym w redliczkę o szerokości 0,045 m, promieniu krzywizny 0,170 m i statycznym początkowym kącie wzniosu wynoszącym 40°. Wyznaczony w warunkach statycznych współczynnik sprężystości zęba wynosił 0,0953 m·kN⁻¹. W trakcie spulchniania mierzono wartości siły poziomej działającej na ząb przy użyciu stanowiska zagregatowanego z ciągnikiem C-360 (rys. 1). Pierwotną konstrukcję stanowiska przedstawiono w pracy Lejmana i Owsiaka (1993), przy czym uległa ona modernizacji polegającej na zastąpieniu istniejącego układu pomiarowego wieloosiowym przetwornikiem siły z elektronicznym systemem rejestracji danych pomiarowych. Stanowisko wyposażono również w układ do pomiaru chwilowej głębokości pracy (Owsiak i in., 2006). Błąd pomiaru oporu skrawania wynosił 5 N, natomiast głębokości skrawania – 1 cm.

Jakość spulchnienia gleby wyznaczano, obliczając przyrosty powierzchni przekroju poprzecznego gleby skrawanej przez narzędzie. Ogólna koncepcja obliczeń jest zgodna z metodyką stosowaną w badaniach McKyes'a i Maswaure (1997) oraz normą PN-90/R-55021 (1990). Przyrosty powierzchni przekroju wyznaczano odwzorowując zarys gleby po spulchnieniu na prostokątnym arkuszu blachy z naniesionymi na nim pionową i poziomą linią bazową (rys. 2A) oraz zaznaczonym położeniem strony lewej (L) i prawej (P) względem kierunku jazdy. Arkusz umieszczano w glebie w taki sposób, aby pionowa linia bazowa (0) pokrywała się z osią pracy narzędzia, natomiast linia pozioma (0) – z powierzchnią niewypiętrzonej gleby. Rzędne powierzchni gleby odniesione do poziomej linii bazowej mierzono stosując podziałkę 1 cm. Przyrost powierzchni przekroju poprzecznego ($F_2 - F_3$), który przedstawiono na rysunku 2B, obliczano stosując całkowanie numeryczne. Przykładowe zarysy gleby po spulchnieniu naniesione w układzie współrzędnych h-x przedstawiono na rysunku 3. Wskaźnik jakości spulchnienia (p) obliczano ze wzoru:

$$p = \frac{F_2 - F_3}{F_2 - F_3 + F_1} \quad (-) \quad (1)$$

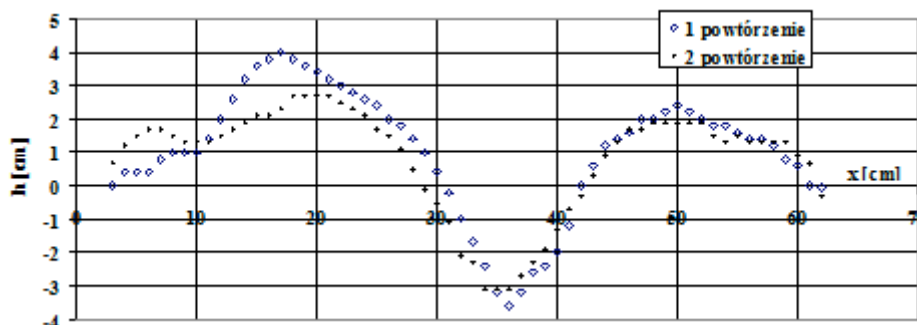
gdzie:

$F_2 - F_3$ – przyrost powierzchni przekroju poprzecznego skrawanej gleby (cm²),
 F_1 – powierzchnia przekroju skrawania (cm²).

Jak wynika z przedstawionego wzoru (1), wskaźnik jakości spulchnienia jest proporcją przyrostu przekroju poprzecznego do całkowitego przekroju gleby spulchnionej narzędziem, co odpowiada proporcji spadku gęstości gleby do gęstości początkowej (McKyes i Maswaure, 1997). Powierzchnię przekroju skrawania (F_1) obliczano w oparciu o szerokość redliczki (s), głębokość skrawania (a) oraz kąt tarcia wewnętrznego gleby (ρ) ze wzoru:

$$F_1 = a \cdot (s + a \cdot \tan \rho) \quad (\text{cm}^2) \quad (2)$$

W trakcie badań kąty tarcia wewnętrznego gleb gliniastej piaszczystej i gliniastej ilastej wynosiły odpowiednio 33° i 21°, przy czym przyjęto, że prędkość skrawania nie wpływa na wartości tych kątów (Lejman i in., 2009; Stafford i Tanner, 1983).



Rysunek 3. Przykładowe zarysy gleby po spulchnieniu w przyjętym układzie $h-x$
 Figure 3. Exemplary outlines of soil after scarification in the accepted $h-x$ system

Wskaźnik efektywności spulchnienia (k) obliczano w oparciu o wartość wskaźnika jakości spulchnienia (p) i wartość oporu skrawania gleby zębem kultywatora (F_x):

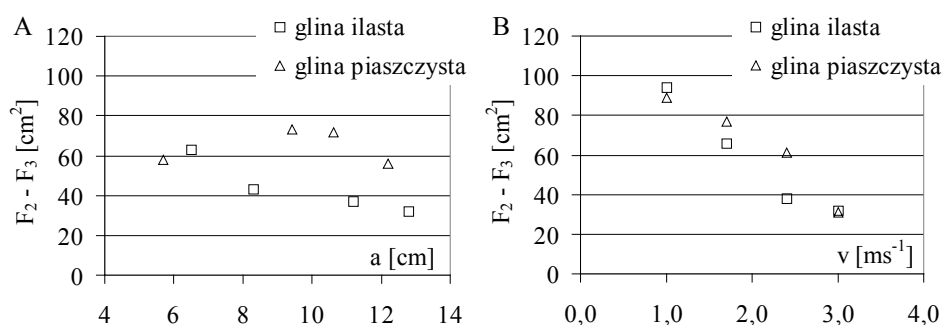
$$k = \frac{p}{F_x} \text{ (kN}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Zarysy powierzchni skrawanej gleby, wykorzystywane do obliczania jakości i efektywności spulchnienia, oraz wartości oporu skrawania wyznaczano w dwóch niezależnych próbach. Badania jakości i efektywności spulchnienia przeprowadzono w dwóch seriach. W pierwszej serii stosowano zmienne prędkości skrawania (1,0; 1,7; 2,4; 3,0 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) przy stałej głębokości pracy wynoszącej 12 cm. W serii drugiej, przeprowadzonej przy stałej prędkości (3,0 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), zmieniano głębokości, zakładając, że będą one wynosiły 6, 8, 10 i 12 cm. Do obliczeń przyjęto rzeczywiste głębokości skrawania wyznaczone w oparciu o zarejestrowane odczyty z układu do pomiaru chwilowej głębokości pracy.

Wyniki badań

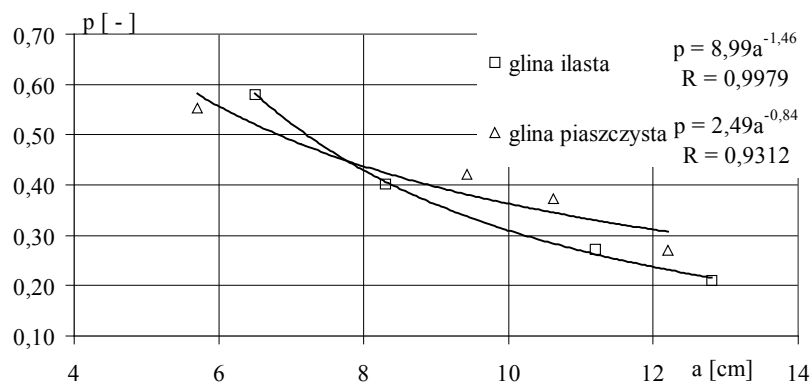
Wzrost prędkości skrawania zęba kultywatora powoduje zmniejszenie pola powierzchni przekroju wypiętrzonej gleby ($F_2 - F_3$), co przedstawiono na rysunku 4B. Natomiast zmiany pola powierzchni przekroju przy wzroście głębokości (rys. 4A) są niejednoznaczne, ponieważ w glinie ilastej można zaobserwować niewielki spadek wartości tego pola, a w glinie piaszczystej nie obserwuje się wyraźnego wpływu głębokości. Zmniejszanie pola powierzchni wypiętrzonej gleby przy wzroście prędkości można przypisać hipotetycznie zmniejszeniu intensywności kruszenia, które jest efektem przyrostu parametrów wytrzymałościowych gleby w trakcie wzrostu prędkości jej odkształcania. W trakcie badań zaobserwowano jednak, że pomimo zmniejszania pola przekroju przy wzroście prędkości występuje zwiększenie szerokości strefy przemieszczania gleby, przy jednoczesnym zmniejszaniu nierównomierności rzędnych powierzchni gleby, co jest jednoznaczne z lepszym wyrównaniem powierzchni pola.

Brak wyraźnego wpływu głębokości na wartość pola przekroju w przypadku gliny piaszczystej oraz jej niewielki wpływ w glinie ilastej można wyjaśnić teorią opisującą istnienie dwóch stref przemieszczania gleby, jakie występują przy jej skrawaniu wąskimi narzędziami (Godwin i Spoor, 1977). Zgodnie z tą teorią ku górze wypiętrzana jest tylko ta część gleby, która znajduje się w strefie przemieszczania trzykierunkowego. Strefa ta znajduje się powyżej głębokości krytycznej. Poniżej tej głębokości występuje strefa przemieszczeń dwukierunkowych, w której gleba nie jest wypychana ku górze, a jedynie na boki. Niewielkie różnice w zmianach pola przekroju przy zmianie głębokości skrawania, obserwowane dla obydwu gleb, można przypisać różnej wartości głębokości krytycznej, która uzależniona jest od parametrów wytrzymałościowych gleby. Należy również zwrócić uwagę, że wzrost głębokości i prędkości skrawania powoduje zwiększenie oporów, a tym samym – odchylenie zęba i wzrost kąta wzniosu redliczki, co wpływa na położenie głębokości krytycznej.



Rysunek 4. Wartości pól powierzchni przekroju wypiętrzonej gleby ($F_2 - F_3$): A – wpływ głębokości skrawania, B – wpływ prędkości skrawania

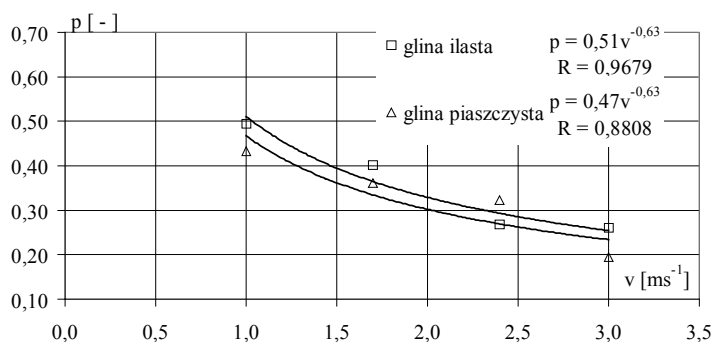
Figure 4. Values of surface areas of the cross section of the elevated soil ($F_2 - F_3$): A – influence of cutting depth, B – influence of cutting speed



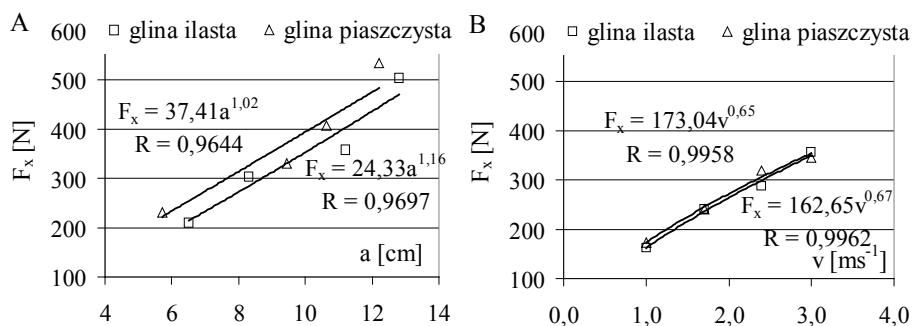
Rysunek 5. Wpływ głębokości skrawania (a) na wartość wskaźnika jakości spulchnienia (p)

Figure 5. Influence of cutting depth (a) on the value of the scarification quality index (p)

Wynikiem przedstawionych wcześniej tendencji zmian przyrostów przekrojów wypiętrzanej gleby oraz obliczonych wartości przekrojów skrawania według wzoru (2) są zmiany wskaźników jakości spulchnienia gleby w zależności od głębokości skrawania (rys. 5) i prędkości skrawania (rys. 6). Wskaźnik jakości spulchnienia maleje potęgowo przy wzroście głębokości skrawania, przy czym większą intensywność spadku tego wskaźnika można zaobserwować dla gleby gliniastej ilastej, w przypadku której, dla przyjętego zakresu badań, jego wartość zmniejszyła się o 0,5. Głina piaszczysta charakteryzuje się spadkiem tego wskaźnika o 0,3. Efektem wyraźniejszego zmniejszania przyrostów przekroju wypiętrzanej gleby, jaki obserwowano w przypadku gliny ilastej (rys. 4), jest uzyskana wysoka wartość współczynnika korelacji, który jest istotny na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha=0,02$. Korelacja wskaźnika jakości spulchnienia i głębokości dla gliny piaszczystej jest niższa i istotna na poziomie $\alpha=0,1$. Przedstawiona analiza sugeruje, że nie powinno się zwiększać głębokości doprawiania redliczkami kultywatora ponad zalecaną względami agrotechnicznymi głębokość, ponieważ będzie to skutkowało zmniejszeniem przyrostu porowatości po uprawie.



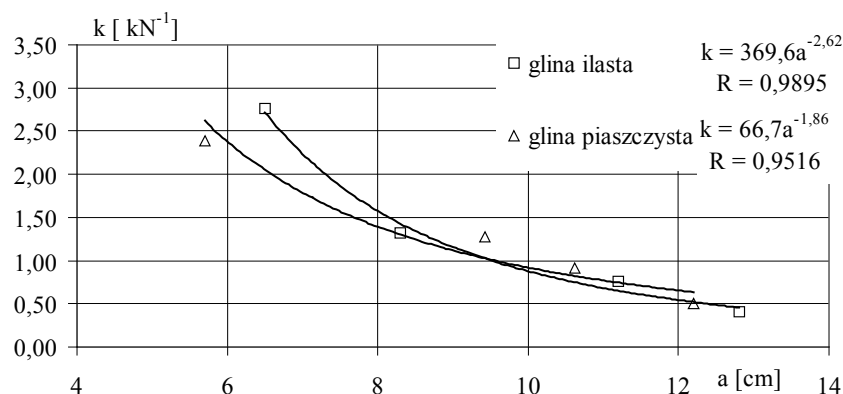
Rysunek 6. Wpływ prędkości skrawania (v) na wartość wskaźnika jakości spulchnienia (p)
 Figure 6. Influence of cutting speed (v) on the value of the scarification quality index (p)



Rysunek 7. Wpływ głębokości skrawania (a) – A i prędkości skrawania (v) – B na wartość oporu skrawania (F_x)
 Figure 7. Influence of the cutting depth (a) - A and cutting speed (v) - B on the value of cutting resistance (F_x)

Wzrost prędkości skrawania powoduje również zmniejszanie wskaźnika jakości spulchnienia, co można opisać funkcją potęgową, przy czym gradienty tego wskaźnika są zbliżone dla obu gatunków gleb. Wzrost prędkości skrawania z $1,0$ do $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ powoduje porównywalne zmniejszenie wartości wskaźnika o około $0,25$, przy czym dla analogicznych prędkości skrawania nieznacznie wyższymi wartościami wskaźnika spulchnienia charakteryzuje się glina ilasta, dla której współczynnik korelacji jest istotny na poziomie $\alpha=0,05$. Zdecydowanie niższą korelacją, istotną na poziomie $0,2$, cechuje się zależność pomiędzy prędkością i wskaźnikiem jakości spulchnienia dla gliny piaszczystej. Należy jednak zwrócić uwagę, że prawdopodobieństwo rzędu 80% należy uznać za wystarczające w przypadku badań polowych, charakteryzujących się dużą zmiennością zarówno parametrów skrawania, jak i zmiennością parametrów gleby.

Analizując uzyskane wartości wskaźników jakości spulchnienia dla większych głębokości i prędkości, odpowiadających prędkościom stosowanym w uprawie gleby ($2-3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), można stwierdzić, że są one porównywalne z wartościami wskaźników uzyskanych przez McKyes'a i Maswaure (1997) oraz Talarczyka i Zbytka (2007).

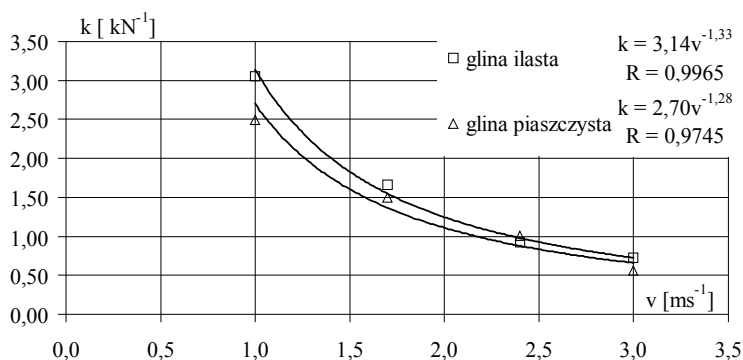


Rysunek 8. Wpływ głębokości skrawania (a) na wartość wskaźnika efektywności spulchnienia (k)

Figure 8. Influence of cutting depth (a) on the value of the scarification efficiency index (k)

Konieczne do wyznaczenia wskaźników efektywności spulchnienia (równanie 3) wartości oporu skrawania gleby przedstawiono na rysunku 7. Zarówno przebiegi oporu w funkcji głębokości (rys. 7A), jak i prędkości (rys. 7B) opisano równaniami potęgowymi przy korelacji istotnej na poziomie $0,05$. Charakter uzyskanych przebiegów jest zgodny z przebiegami uzyskanymi przez Lejmana i in. (2011). Przebiegi wskaźników efektywności spulchnienia w zależności od głębokości i prędkości skrawania przedstawiono odpowiednio na rysunkach 8 i 9. Zgodnie z oczekiwaniami spadek wartości wskaźnika jakości spulchnienia, przy jednoczesnym wzroście oporu skrawania, powoduje zmniejszanie wskaźnika efektywności spulchnienia, który jest miarą względnego spadku gęstości spulchnianej przez narzędzie gleby odniesionego do oporu jej skrawania. Zarówno w przypadku wzrostu głębokości (rys. 8), jak i wzrostu prędkości wskaźnik efektywności maleje potęgowo, przy czym stwierdzone korelacje są istotne na poziomie $\alpha=0,05$. Zaobserwowa-

no, że zarówno wzrost głębokości z około 6 do 12 cm, jak i wzrost prędkości z 1 do 3 m·s⁻¹ powodują zmniejszenie wskaźnika efektywności o około 2 kN⁻¹, przy czym nieznacznie wyższymi gradientami charakteryzuje się glina ilasta w porównaniu z gliną piaszczystą.



Rysunek 9. Wpływ prędkości skrawania (v) na wskaźnik efektywności spulchnienia (k)
 Figure 9. Influence of cutting speed (v) on the value of the scarification efficiency index (k)

Wnioski

1. Jakość spulchnienia glin piaszczystej i ilastej skrawanych sprężynowym zębem kultywatora maleje wraz ze wzrostem głębokości, co można opisać funkcją potęgową, przy czym spadek ten można hipotetycznie wyjaśnić występowaniem dwukierunkowych i trzykierunkowych stref przemieszczania gleby charakterystycznych dla wąskich narzędzi skrawających glebę.
2. Zwiększanie głębokości skrawania gliny ilastej charakteryzuje się większymi gradientami spadków wartości wskaźnika jakości spulchnienia w porównaniu z gliną piaszczystą.
3. Wzrost prędkości skrawania powoduje potęgowy spadek jakości spulchnienia, co można wyjaśnić przyrostem parametrów wytrzymałościowych gleby, jaki towarzyszy wzrostowi prędkości jej odkształcania, przy czym gradienty spadku są porównywalne w glinie piaszczystej i glinie ilastej.
4. Efektywność spulchnienia gliny piaszczystej i gliny ilastej maleje potęgowo zarówno przy wzroście głębokości, jak i prędkości skrawania, przy czym gradienty spadku są nieznacznie wyższe przy doprawianiu gliny ilastej niż gliny piaszczystej.

Literatura

- Arvidsson, J.; Hillerstrom, O. (2010). Specific draught, soil fragmentation and straw incorporation for different tine and share types. *Soil & Tillage Research*, 110, 154-160.
- Braunack, M. V.; Dexter, A. R. (1989). Soil aggregation in the seedbed: a review II. Effect of aggregate sizes on plant growth. *Soil & Tillage Research*, 3(14), 281-298.

- Buliński, J.; Gach, S.; Waszkiewicz, Cz. (2009). Energetyczne i jakościowe aspekty procesu uprawy gleby narzędziami biernymi. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 51-57.
- Godwin, R. J.; Spoor, G. (1977). Soil failure with narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 22(3), 213-228.
- Kęsik, T.; Błażewicz-Woźniak, M. (2010). Indicators of soil aggregation and their changes in conservation tillage for onion. *Acta Sci. Pol., HortorumCultus*, 9(1), 73-85.
- Kogut, Z. (2011). Jakość pracy bron talerzowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 3, 53-67.
- Lejman, K.; Owsiak, Z. (1993). Stanowisko do pomiaru sił działających na narzędzia pracujące w glebie. *Roczniki Nauk Rolniczych, Technika Rolnicza, T. 79-C-4*, 103-106.
- Lejman, K.; Lesiak, J.; Owsiak, Z. (1999). Wpływ prędkości odkształcania na wybrane parametry charakteryzujące glebę. *Inżynieria Rolnicza*, 5(11), 173-179.
- Lejman, K.; Owsiak, Z.; Szewczyk, A. (2011). Wpływ wybranych parametrów wytrzymałościowych gleby lekkiej na jej opory skrawania zębami kultywatora. *Inżynieria Rolnicza*, 8(133), 173-180.
- McKyes, E.; Maswaure, J. (1997). Effect of design parameters of flat tillage tools on loosening of a clay soil. *Soil&TillageResearch*, 43, 195-204.
- Owsiak, Z.; Lejman, K.; Wołoszyn, M. (2006). Wpływ zmienności głębokości pracy narzędzia na opory skrawania gleby. *Inżynieria Rolnicza*, 4(79), 45-53.
- PTG. (2008). *Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych*. Pozyskano z: http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie_PTG_2008.pdf.
- Stafford, J. V.; Tanner, D. W. (1983). Effect of rate on soil shear strength and soil-metal friction. I. Shear strength. *Soil & Tillage Research*, 3, 245-260.
- Talarczyk, W.; Zbytek, Z. (2007). Badania porównawcze pługów podczas orki po zbiorze kukurydzy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 4(52), 89-93.
- Waszkiewicz, Cz.; Zabielski, M. (2005). Stopień spulchnienia gleby i wyrównanie powierzchni pola uprawianego kultywátorem. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*, 6, 22-23.
- Waszkiewicz, Cz.; Klonowski, J.; Klimkowski, J. (2009). Effect of auxiliary plough elements on ploughing quality. *Annals of Warsaw University of Life Science, Agriculture*, 53, 11-16.
- ISO 11461.(2001). *Soil quality - Determination of soil water content as a volume fraction using coring sleeves - Gravimetric method*.
- ISO 11508.(1998). *Soil quality - Determination of particle density*.
- PN-90/R-55021. (1990). *Maszyny rolnicze. Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych*.

IMPACT OF CUTTING PARAMETERS ON THE QUALITY AND EFFICIENCY OF SOIL SCARIFICATION WITH CULTIVATOR PRONGS

Abstract. Research results of the impact of speed and depth of cutting on the quality and efficiency of soil scarification with the spring cultivator's prong were presented. The research was carried out in field conditions in sandy and loamy clay at the moisture amounting to respectively 11.2 and 15.6%. Index of scarification quality was determined based on measurements of increase of the cross section surface area of the scarified soil and the calculated value of cutting cross section. Scarification efficiency index was calculated as proportion of the quality index and cutting resistance. It was determined that the increase of depth from 6 to 12 cm and the increase of cutting speed from 1.0 to 3.0 ms⁻¹ cause decrease of both scarification quality index as well as scarification efficiency, which may be described with power functions independently from the soil type. Decrease of the index value was explained with occurrence of two spheres of soil deformation with narrow tools and the increase of soil strength parameters at the increase of its deformation speed.

Key words: soil, treatment, spring cultivator's prong, scarification quality

Adres do korespondencji:

Zygmunt Owskiak: e-mail: zygmunt.owskiak@up.wroc.pl

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ul. Chełmońskiego 37/41

51-630 Wrocław