

**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIwersYTETU PRZYRODNICZEGO  
WE WROCŁAWIU**

**NR 552**

**INŻYNIERIA ROLNICZA  
VI**



**ZESZYTY NAUKOWE  
UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO  
WE WROCŁAWIU**

**NR 552**

**INŻYNIERIA ROLNICZA  
VI**

**WROCŁAW 2007**

*Redaktor merytoryczny serii*  
**prof. dr hab. inż. Włodzimierz Białczyk**

*Korekta:*  
**mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz**  
**Janina Szydłowska**

*Łamanie:*  
**Teresa Alicja Chmura**  
**Halina Sebzda**

*Projekt okładki*  
**Grażyna Kwiatkowska**

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2007

ISSN 1897–208X  
ISSN 1897–8215

**WYDAWNICTWO UNIwersytetu PRZYRODniczego WE WROCLAWIU**  
**Redaktor naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki**  
**ul. Sopocka 23, 50–344 Wrocław, tel. (71) 328–12–77**  
**e-mail: [wyd@ozi.ar.wroc.pl](mailto:wyd@ozi.ar.wroc.pl)**

---

Nakład: 100 + 16 egz. Ark. druk. 9,0  
Druk i oprawa: TESON

## SPIS TREŚCI

	<b>Str.</b>
1. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Analiza właściwości trakcyjnych w odmiennych technologiach uprawy .....	9
2. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Ocena skuteczności poprawy właściwości trakcyjnych pojazdu poprzez stosowanie łańcuchów antypoślizgowych.....	15
3. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Analiza zmienności sił trakcyjnych w warunkach drogi leśnej .....	23
4. M. Kormanek, M. Walczykova – Wyznaczanie parametrów trakcyjnych ciągników zrywkowych .....	29
5. M. Zagórda, M. Walczyk – Analiza właściwości gleby dla potrzeb rolnictwa precyzyjnego .....	35
6. M. Śnieg, D. Błażejczak, T. Tomaszewicz – Badania wytrzymałości na ścinanie warstwy podornej czarnych ziem Niziny Szczecińskiej .....	41
7. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Ocena zmian parametrów wytrzymałościowych gleby w wybranych technologiach uprawy .....	49
8. L. Zimny, R. Waclawowicz – Zmiany właściwości fizycznych gleby w uprawie buraka cukrowego pod wpływem zagęszczania roli oraz zróżnicowanego nawożenia organicznego.....	55
9. L. Kordas – Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azotowego na respirację gleby .....	65
10. R. Waclawowicz – Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia liśćmi buraka cukrowego na wybrane wskaźniki struktury gleby pod pszenicą jarą.....	73
11. H. Niemczyk – Zmiany właściwości fizycznych gleby pod wpływem przejazdów maszyn rolniczych po polu w czasie zabiegów pielęgnacyjnych.....	85
12. A. Szewczyk, G. Wilczok – Wpływ ustawienia rozpylacza na stopień pokrycia powierzchni pionowych .....	93
13. A. Szewczyk, G. Wilczok – Badania wpływu wybranych kryteriów przy podejmowaniu decyzji zakupu opryskiwacza wśród rolników.....	101
14. Z. Owsiak, K. Lejman – Wpływ asymetrycznie ustawionych kół ciągnika na zagęszczenie gleby .....	109
15. Z. Owsiak – Zmiana kształtu narzędzi skrawających glebę na skutek użytkowania .....	117

16. K. Lejman – Wpływ zwięzłości gleby na wartości sił działających na narzędzia kultywacyjne..... 125
17. D. Materek, J. Sowiński – Wpływ technologii uprawy na wielkość plonu i zużycie paliwa..... 131
18. D. Łuczycka – Wpływ stopnia rozdrobnienia ziarna pszenicy na cechy dielektryczne badanego materiału..... 137

## CONTENTS

	<b>Page</b>
1. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Analysis of traction properties in different technologies of tillage .....	9
2. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – The evaluation of effectiveness traction properties of vehicle using anti slip wheel chain .....	15
3. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Analysis of variability of traction force on the forrest paths .....	23
4. M. Kormanek, M. Walczykova – Determination of traction parameters of the skidding tractors .....	29
5. M. Zagórda, M. Walczyk – Analysis of soil properties for precision farming purposes .....	35
6. M. Śnieg, D. Błażejczak, T. Tomaszewicz – Investigations of the shear strength of soil in the subsoil of the black soils of the Szczecin Lowland .....	41
7. W. Białczyk, A. Cudzik, J. Czarnecki, K. Pieczarka – Evaluation of changes mechanical parameters of soil in different technologies of tillage .....	49
8. L. Żimny, R. Waclawowicz – Changes in physical properties of soil in cultivation of sugar beet under the influence of soil compaction and different organic fertilization .....	55
9. L. Kordas – The effect of tillage system and nitrogen fertilization on soil respiration .....	65
10. R. Waclawowicz – The effect of varying tillage and fertilization of sugar beet leaves on soil structure stability in spring wheat .....	73
11. H. Niemczyk – Changes of soil physical properties after agricultural machine traffic during cultivation measures .....	85
12. Antoni Szewczyk, Grzegorz Wilczok – Influence of setting the sprayer on coverage vertical surfaces .....	93
13. A. Szewczyk, G. Wilczok – Research on influence of selected criteria by farmers, who are making a decision about buying a sprayer .....	101
14. Z. Owsiak, K. Lejman – Influence of tractor wheels asymmetrical arrangement on soil compaction .....	109
15. Z. Owsiak – Change of soil-engaging tools shape as a result of operation .....	117
16. K. Lejman – The influence of soil cone index on forces acting on cultivator tools .....	125

17. D. Materek, J. Sowiński – The influence of cultivation technology on crop and fuel usage ..... 131
18. D. Łuczycka – Influence of degree of crumbling on dielectric features of wheat's grain..... 137



**Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,  
Krzysztof Pieczarka**

**ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI TRAKCYJNYCH W ODMIENNYCH  
TECHNOLOGIACH UPRAWY**

**ANALYSIS OF TRACTION PROPERTIES IN DIFFERENT  
TECHNOLOGIES OF TILLAGE**

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences*

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości trakcyjnych układu opona napędowa-podłoże odkształcalne w różnych technologiach uprawy. W pracy analizowano również wpływ zmiennego obciążenia pionowego. Stwierdzono, że analizowana opona generuje większe siły trakcyjne oraz uzyskuje większe wartości współczynnika przyczepności na glebie, na której stosowano uproszczoną technologię uprawy.

SŁOWA KLUCZOWE: siła trakcyjna, współczynnik przyczepności, uprawa uproszczona

### WSTĘP

Kierunki rozwoju współczesnego rolnictwa podlegają ciągłej modernizacji. Przeobrażenia te wiążą się z koniecznością wprowadzenia nowych technologii, wydajniejszych maszyn oraz obniżki kosztów wytworzonych produktów.

Dominującym trendem w rolnictwie jest stosowanie tradycyjnej technologii uprawy, w której podstawowym zabiegiem jest orka. Metoda ta cechuje się dużą energochłonnością oraz wiąże się ze znaczną ilością przejazdów maszyn po polu. Tradycyjna uprawa charakteryzuje się dużymi stratami energii w układzie opona napędowa-podłoże odkształcalne zużytej na odkształcenie gleby [Haman 1987, Krysztofiak i in. 1996]. Przeprowadzone badania dowodzą również, że zwiększona liczba przejazdów oznacza większą powierzchnię pola ugniataną przez agregaty, wynikiem której są niekorzystne i nieodwracalne zmiany właściwości fizycznych gleby [Błaszkiwicz 1999].

Uprawa uproszczona charakteryzuje się natomiast wieloma zaletami, tzn. mniejszymi nakładami energetycznymi, co wiąże się bezpośrednio z obniżeniem kosztów produkcji, poprawą gospodarki wodnej gleby, zwiększeniem zawartości substancji organicznej, skróceniem czasu na wykonanie siewu [Kordas i in. 2002].

W literaturze przedmiotu brak opracowań dotyczących wpływu uproszczeń uprawowych na właściwości trakcyjne układu opona napędowa-podłoże odkształcalne. Podjęto zatem próbę rozpoznania tego zagadnienia.

## CEL

Celem pracy była analiza wartości sił trakcyjnych oraz współczynników przyczepności, jakie generuje opona napędowa na glebie z zastosowaniem uproszczeń uprawowych. W pracy analizowano również wpływ zmiennego obciążenia pionowego koła na wybrane właściwości trakcyjne.

## PRZEDMIOT, WARUNKI I METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Swojec. Obiekt badań stanowiły cztery poletka, na których prowadzono zróżnicowaną agrotechnikę, co przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1  
Table 1

Zestawienie zabiegów agrotechnicznych dla analizowanych technologii uprawy  
Listing of agrotechnical practices for analysed cultivation technologies

Technologia Technology	Uprawa poźniwna After harvesting tillage	Uprawa przedsięwna Before sowing tillage	Siew Sowing
Tradycyjna (obiekt 1) Traditional (object 1)	podorywka 10 cm + bronowania – skimming 10 cm + harrowing	2-3 tygodnie przed siewem orka siewna (18 cm ) + bronowanie 2-3 weeks before sowing sow ploughing (18 cm) + harrowing	siewnik tradycyjny conventional sowing
Uproszczona I (obiekt 2) Simplified I (object 2)	1- tydzień po zbiorze kultywator (10 cm), później w miarę potrzeby 1-2 zabiegi – 1 week after harvesting ripper tillage (10 cm), after that other tillage, if needed	bezpośrednio przed siewem kultywator podorywkowy (10 cm) z wałem ugniatającym directly before sowing ripper tillage (10 cm), ground roller	siewnikiem talerzowym disc sowing
Uproszczona II (obiekt 3) Simplified II (object 3)	1- tydzień po zbiorze brona talerzowa (10 cm), później w miarę potrzeby 1-2 zabiegi – 1 week after harvesting disc harrowing tillage (10 cm), after that 1-2 other tillage, if needed	bezpośrednio przed siewem brona talerzowa (10 cm) z wa- łem ugniatającym – directly before sowing disc harrowing tillage (10cm), ground roller	siewnikiem talerzowym disc sowing

Tabela 1 cd.  
Table 1 cont.

1	2	3	4
Uproszczona III (obiekt 4) Simplified III (object 4)	bez uprawy poźniwej no-tillage	2-3 tygodnie przed siewem oprysk Roundupem, bezpośrednio przed siewem uprawa kultywATOREM podorywkowym (10 cm) z wałem ugniatającym 2-3 weeks before sowing spray of Roundup directly before ripper tillage (10cm), ground roller	siewnikiem talerzowym disc sowing

Pomiary przeprowadzono po zbiorze ziarna oraz słomy na nienaruszonym ściernisku. Do pomiaru sił trakcyjnych zastosowano uniwersalne stanowisko do badań trakcyjnych opon mikrociągników w warunkach polowych [Białczyk i in. 2001]. W badaniach wykorzystano oponę napędową o rozmiarze 4.00–10, której nośność wynosi 205 kG. Stosowano również cztery wartości obciążenia pionowego koła wynoszące odpowiednio: 710, 800, 890 oraz 980 N. Wartości obciążeń dobrano w oparciu o materiały reklamowe producentów mikrociągników. Właściwości mechaniczne gleby dla analizowanych obiektów scharakteryzowano za pomocą średniej zwięzłości warstwy dla głębokości profilu 0–0,05; 0,05–0,1; 0,1–0,15 oraz 0,15–0,2 m i wynosiły one odpowiednio: 1,52; 1,42; 1,16 oraz 1,09 MPa. Średnie wyznaczono z pięciu powtórzeń. Skład granulometryczny wyznaczono zgodnie z PN-R-04033 i glebę określono jako glinę piaszczystą.

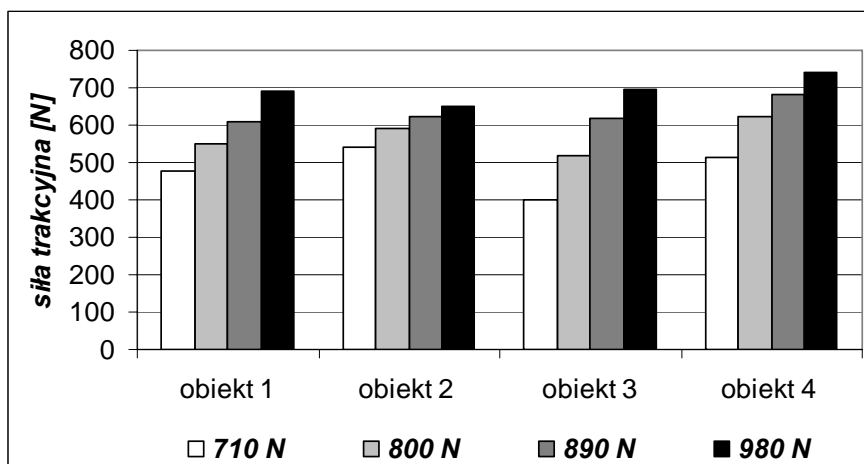
## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunku 1 przedstawiono wartości sił trakcyjnych dla analizowanych obiektów oraz przyjętych do badań wartości obciążeń pionowych.

Analizując diagram przedstawiony na rysunku 1 można zauważyć, że dla każdego analizowanego obiektu zwiększenie obciążenia pionowego koła powoduje generowanie większej siły trakcyjnej. Przyrosty te nie są jednak takie same. Zwiększenie obciążenia z wartości 710 do 980 N przejawia się największym przyrostem siły trakcyjnej dla obiektu 3 i przyrost ten wynosi około 295 N, co stanowi około 74%. Najmniejszy przyrost zmierzono na obiekcie 2 wynoszący około 110 N, co stanowi około 20%. Dla obiektów 1 oraz 4 zwiększenie obciążenia z najmniejszej do największej wartości to wzrost siły trakcyjnej o wartość około 220 N, czyli około 45%.

Analizując wpływ technologii uprawy stwierdzono, że najwyższe siły trakcyjne zmierzono dla obiektu 4 dla obciążeń z przedziału 800–980 N. Jest to zapewne spowodowane tym, że na danym obiekcie występowała najmniejsza spośród analizowanych obiektów zwięzłość gleby i wynosiła ona 1,09 MPa. Zatem można stwierdzić, że dla tej technologii wystąpiła największa deformacja pionowa gleby, a co za tym idzie, największa powierzchnia kontaktu, wynikiem czego było generowanie wyższych

w porównaniu z innymi obiektami sił trakcyjnych. Ciekawy wydaje się również fakt, że na obiekcie 4, na którym nie prowadzono uprawy późniejszej, a uprawa przedsięwzięta sprowadzała się jedynie do użycia kultywatora podorywkowego, wystąpiła najniższa zwięzłość gleby. To zapewne wynik większej ilości resztek późniejszych występujących w wierzchniej warstwie gleby oraz większej intensyfikacji życia biologicznego.



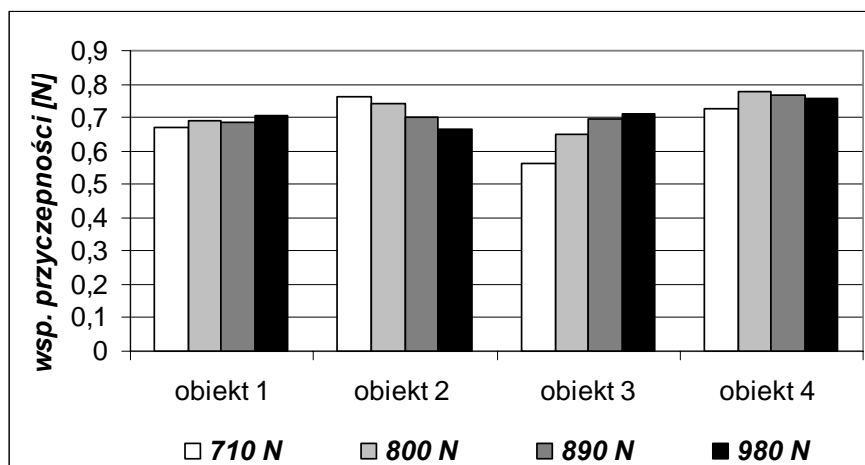
Rys. 1. Wartości sił trakcyjnych dla obiektów o zróżnicowanej agrotechnice oraz przyjętych do badań obciążeń pionowych koła

Fig. 1. Values of traction forces for object with diversified agrotechnique and different vertical wheel load

Na rysunku 2 przedstawiono wartości współczynników przyczepności dla analizowanych obiektów oraz przyjętych do badań wartości obciążeń pionowych.

Analizując diagram przedstawiony na rysunku 2 można stwierdzić, że analizowane obiekty w odmienny sposób reagują na zmianę obciążenia pionowego koła. Wzrost obciążenia dla obiektu 2 powoduje spadek wartości współczynnika, natomiast dla obiektu 3 powoduje wzrost. Wartości współczynnika dla analizowanych obciążeń dla obiektu 1 oraz 4 nie różnią się znacząco. Podobnie jak w przypadku sił trakcyjnych najwyższe wartości współczynnika przyczepności są udziałem obiektu 4 dla obciążeń z przedziału 800–980 N. Sytuacja taka jest zapewne również spowodowana większą niż w przypadku innych obiektów powierzchnią kontaktu opony z podłożem, co wpływa na zwiększenie przyczepności.

W celu określenia wpływu analizowanych czynników na wartości sił trakcyjnych oraz współczynników przyczepności uzyskane wyniki badań poddano wieloczynnikowej analizie wariancji. Obliczenia wykonano za pomocą pakietu Statistica 7.1, a wyniki zestawiono w tabeli 2.



Rys. 2. Wartości współczynników przyczepności dla obiektów o zróżnicowanej agrotechnice oraz przyjętych do badań obciążeń pionowych koła

Fig. 2. Values of adhesion rate for object with diversified agrotechnique and different vertical wheel load

Tabela 2  
Table 2

Wartości poziomów istotności  $\alpha$  dla analizowanych czynników  
Values of statistical significance  $\alpha$  for analyzed parameters

Czynnik Parameter	Siła trakcyjna Traction force	Współczynnik przyczepności Adhesion rate
Technologia uprawy Tillage technology	0.0428	0.0517
Obciążenie pionowe Vertical load	0.0000	0.7049

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że na wartość siły trakcyjnej wpływa istotnie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$  technologia uprawy oraz obciążenie pionowe. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono również, że obciążenie pionowe oraz technologia uprawy nie wpływa istotnie na wartość współczynnika przyczepności.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Zwiększenie obciążenia pionowego koła dla każdego z analizowanych obiektów oznacza zawsze generowanie większych sił trakcyjnych. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu obciążenia pionowego na wartości współczynników przyczepności.

2. Analizowana opona generuje największe wartości sił trakcyjnych oraz współczynników przyczepności dla technologii, w której nie stosowano uprawy późniejszej, a uprawa przedsięwzięta ograniczona została do użycia kultywatora ścierniskowego.

## PIŚMIENNICTWO

- Białczyk W., Materek D., Pieczarka K.: 2001. Badania przyczepności koła mikrociagnika w zmiennych warunkach glebowych. *Inżynieria Rolnicza* 13 (33), 77–84.
- Błaszkiwicz Z.: 1999. Studies on the effect of standard and wide tyres of a tractor on the density and air-water properties of light soil. *Annual review of agricultural Engineering*, 2(2), 33–40.
- Haman J.: 1998. Agroekologiczne aspekty mechanizacji rolnictwa. *Nauka polska*, 6.
- Kordas L.: 2002. Nowe tendencje w uprawie roli. Materiały konferencyjne nt. Uproszczenia w uprawie roli i roślin jako forma zwiększania efektywności produkcji roślinnej, 16–24.
- Krysztofiak A., Podsiadłowski S., Michałak M.: 1996. Oddziaływanie ciągników i maszyn rolniczych na glebę. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, jest to periodyk wydawany wspólnie z Instytutem Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER). Redakcja PIR mieści się w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa, 1, 29–36.

## ANALYSIS OF TRACTION PROPERTIES IN DIFFERENT TECHNOLOGIES OF TILLAGE

### S u m m a r y

The paper presents the results of investigations of traction properties in the system driving tyre-deformed ground at different soil tillage technologies. The different vertical load were also analyzed. The experiment showed that analysed tyres generate larger traction forces and coefficient of adhesion in simplified technologies of tillage.

KEY WORDS: traction forces, coefficient of adhesion, tyres, simplified tillage

Recenzent: prof. dr hab. Józef Walczyk, Akademia Rolnicza w Krakowie

### Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Białczyk  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław

**Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,  
Krzysztof Pieczarka**

**OCENA SKUTECZNOŚCI POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI  
TRAKCYJNYCH POJAZDU POPRZEZ STOSOWANIE  
ŁAŃCUCHÓW ANTYPOŚLIZGOWYCH**

**THE EVALUATION OF EFFECTIVENESS TRACTION  
PROPERTIES OF VEHICLE USING ANTI SLIP WHEEL CHAIN**

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences, Poland*

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości trakcyjnych opon 18x7.00-8 i 18x8.50-8 wyposażonych w różne łańcuchy antypoślizgowe. Badania prowadzono na leśnych drogach gruntowych w obrębie drzewostanu liściastego i młodej sosny. Wykazano dużą skuteczność poprawy analizowanych właściwości trakcyjnych.

SŁOWA KLUCZOWE: siła trakcyjna, łańcuch antypoślizgowy

### WSTĘP

Współcześnie produkowane ciągniki rolnicze są uniwersalnymi źródłami energii, co oznacza, że za ich pomocą można mechanizować wszystkie prace polowe i transportowe w rolnictwie i leśnictwie. Wspólną cechą tych prac jest sezonowość oraz duża różnorodność warunków eksploatacyjnych. Dotyczy to w szczególności leśnictwa, gdzie najbardziej energochłonne prace związane ze zrywką drewna prowadzi się także w okresie jesieni, zimy oraz wiosny, kiedy występują ekstremalnie niekorzystne warunki eksploatacyjne powodowane głównie dużą wilgotnością podłoża [Cudzik 2006].

Prace transportowe w obrębie zrębu prowadzone są po drogach gruntowych, w żaden sposób nie przystosowanych do przejazdu ciężkiego sprzętu mechanicznego. Drogi te cechują się niską nośnością, a w przypadku dużych opadów (zarówno deszczu, jak i śniegu) przejazdem ciągników towarzyszą duże straty. Są to z jednej strony straty

wynikające z degradacji dróg gruntowych, gdzie powstająca duża koleina eliminuje taką drogę z dalszego jej użytkowania. Nie bez znaczenia są straty wynikające z pionowej i poziomej deformacji podłoża, które w przypadku dużych poślizgów mogą nawet osiągnąć poziom 20–30% mocy silnika.

Ograniczanie strat powstających w trakcie eksploatacji nabiera w ostatnich latach dużego znaczenia, bowiem jest ono jednym z czynników obniżania kosztów produkcji. Nie powinno się jednak oczekiwać, że w najbliższym czasie krajowe leśnictwo będzie dysponowało środkami wystarczającymi do modernizacji dróg leśnych, w tym głównie dróg gruntowych. Ale należy mieć świadomość, że problematyka ta będzie z każdym rokiem coraz bardziej znacząca, bowiem w polskie lasy wkracza nowoczesny, a zarazem bardzo ciężki sprzęt mechanizacyjny. Wydaje się więc zasadnym podejmowanie wszelkich działań, które ograniczą w znacznym stopniu powyżej opisane negatywne skutki mechanizacji pozyskiwania, a zwłaszcza zrywki drewna.

### CEL

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy była ocena skuteczności poprawy właściwości trakcyjnych opon 18x8.50–8 i 18x7.00–8 na leśnych drogach gruntowych poprzez zastosowanie łańcuchów antypoślizgowych. Celem było także wykazanie, w jaki sposób zmiana konstrukcji łańcucha może skutkować zmianą analizowanych właściwości trakcyjnych. Dla przyjętych do badań układów jezdnych analizowano maksymalne siły trakcyjne, współczynniki siły wzdłużnej (współczynniki przyczepności), które informują o tym, jaka część obciążenia pionowego odbierana jest w postaci siły trakcyjnej. Ostatnim analizowanym parametrem była sprawność trakcyjna, informująca o stratach energetycznych powstających w trakcie generowania siły trakcyjnej.

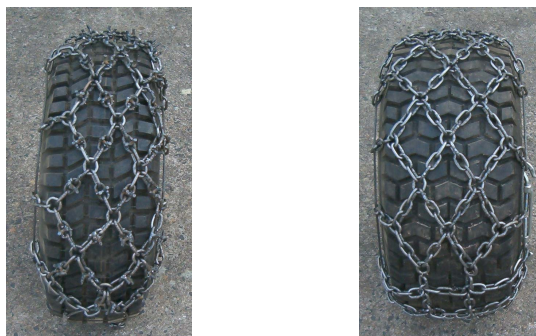
### PRZEDMIOT, WARUNKI I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono na gruntowych drogach leśnych zlokalizowanych w obrębie drzewostanu liściastego i młodej sosny w Leśnictwie Chrzóstawa należącym do Nadleśnictwa Oława. Podłożem, w przypadku drzewostanu młodej sosny, była gleba bielicowa właściwa wytworzona z piasku słabo gliniastego na piasku luźnym, a w przypadku drzewostanu liściastego gleba rdzawa właściwa wytworzona z piasku słabo gliniastego na piasku luźnym. Badania prowadzono przy wilgotności podłoża wynoszącej 17%, którą wyznaczono metodą wagowo-suszarkową.

Do badań użyto specjalnego stanowiska pomiarowego umożliwiającego równoczesny pomiar sił trakcyjnych, poziomej deformacji podłoża oraz wielkości momentu obrotowego doprowadzonego do badanego koła [Białczyk i in. 2001]. Zmiennym parametrem było pionowe obciążenie badanych opon wynoszące kolejno: 710, 800, 890 i 980 N.

Do badań użyto dwóch rozmiarów opon 18x7.00–8 i 18x8.50–8 oraz dwóch typów łańcuchów antypoślizgowych własnej konstrukcji: bez ostróg i z ostrogami (rys. 1).



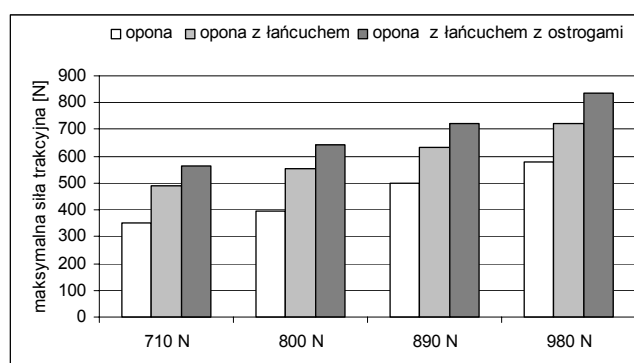


Rys. 1. Widok użytych do badań opon oraz łańcuchów antypoślizgowych (z ostrogami i bez ostrog)

Fig. 1. View of examined tires and anti slip wheel chains (V-bar and regular tire chains)

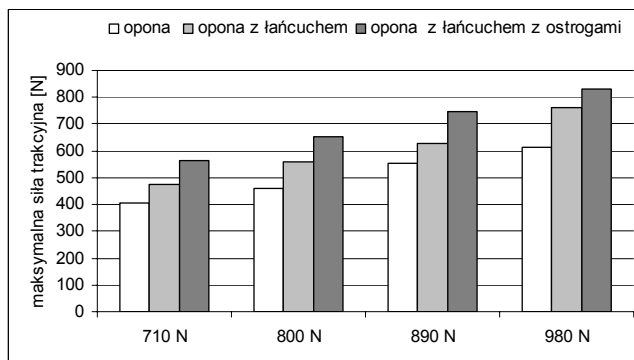
## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunkach 2 i 3 przedstawione są wartości maksymalnych sił trakcyjnych generowanych przez oponę 18x7.00-8 na gruntowej drodze leśnej w obrębie drzewostanu młodej sosny (rys. 2) i drzewostanu liściastego (rys. 3). Z wykresów wynika, że w drzewostanie liściastym badana opona generowała nieznacznie większą maksymalną siłę trakcyjną niż w obrębie drzewostanu młodej sosny. Wzrost obciążenia zawsze skutkował wzrostem sił trakcyjnych. Znamienne jest jednak to, że zastosowanie obu typów łańcuchów antypoślizgowych zawsze powodowało wzrost maksymalnych sił trakcyjnych, przy czym ten wzrost, w porównaniu do opony bez łańcucha, wynosił 17-40% dla łańcucha bez ostrog i 34-60% dla łańcucha z ostrogami.



Rys. 2. Maksymalne siły trakcyjne generowane przez oponę 18x7.00-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu młodej sosny

Fig. 2. Maximum traction forces generated by 18x7.00-8 tire on unsurfaced road in newly grown pine trees condition

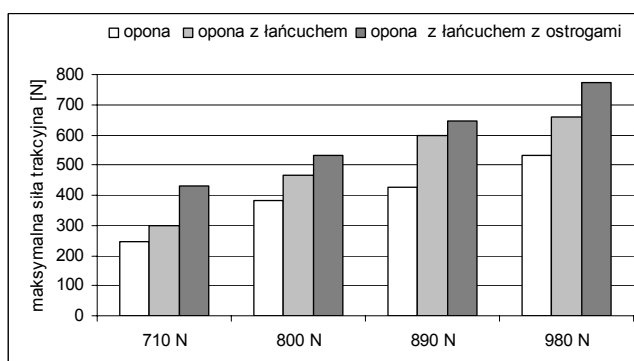


Rys. 3. Maksymalne siły trakcyjne generowane przez oponę 18x7.00-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu liściastego

Fig. 3. Maximum traction forces generated by 18x7.00-8 tire on unpaved road in deciduous trees condition

Na rysunku 4 przedstawione są maksymalne siły trakcyjne generowane przez oponę 18x8.50-8 na gruntowej drodze leśnej w obrębie drzewostanu liściastego. Porównując maksymalne siły trakcyjne generowane przez dwie badane opony można stwierdzić, że opona 18x8.50-8 generowała zawsze mniejsze o (5–64%) maksymalne siły trakcyjne niż opona 18x7.00-8. Ta prawidłowość dotyczy opon wyposażonych w zwykły łańcuch antypoślizgowy, jak również w łańcuch z ostrogami.

Większe maksymalne siły trakcyjne opon wyposażonych w łańcuchy antypoślizgowe są oczywistym skutkiem zwiększonego udziału sił ścinania w generowanych siłach trakcyjnych.



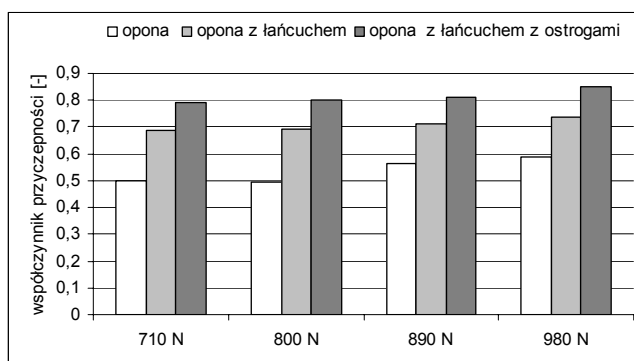
Rys. 4. Maksymalne siły trakcyjne generowane przez oponę 18x8.50-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu liściastego

Fig. 4. Maximum traction forces generated by 18x8.50-8 tire on unpaved road in deciduous trees condition

Na rysunkach 5 i 6 przedstawione są przykładowe wartości współczynników przyczepności (współczynników siły wzdłużnej) wyliczone dla opony 18x7.00-8 oraz 18x8.50-8 na drodze w obrębie drzewostanu młodej sosny.

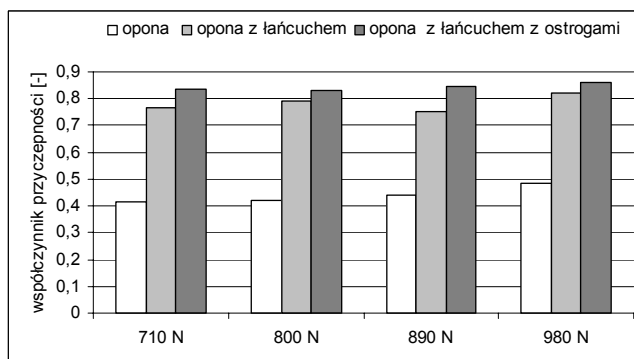
Przedstawione wykresy potwierdzają, że niezależnie od rozmiaru opony oraz wielkości pionowego obciążenia badanych opon zastosowanie łańcuchów antypoślizgowych zawsze skutkuje wzrostem wartości współczynników przyczepności. Osiągają one bardzo duże, wręcz niespotykane wartości. Dotyczy to głównie opon z łańcuchami posiadającymi ostrogi, gdzie dla wszystkich badanych dróg, opon i obciążeń prostopadłych wartości tego współczynnika nie były mniejsze niż 0,6–0,7. W tych samych warunkach wartości tego współczynnika dla opon bez łańcuchów antypoślizgowych osiągały nawet wartości rzędu 0,3–0,4.

Pełna jakościowa ocena skuteczności poprawy właściwości trakcyjnych badanych opon i ich modyfikacji możliwa jest na podstawie analizy sprawności trakcyjnych.



Rys. 5. Wartości współczynników przyczepności wyliczone dla opony 18x7.00-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu młodej sosny

Fig. 5. Values of adhesion rate for 18x7.00-8 tire on unsurfaced road in newly grown pine trees condition

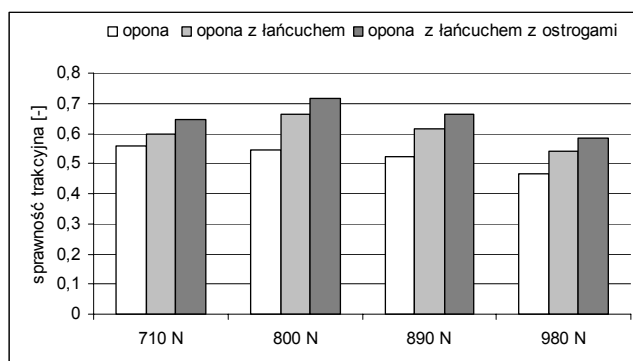


Rys. 6. Wartości współczynników przyczepności wyliczone dla opony 18x8.50-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu młodej sosny

Fig. 6. Values of adhesion rate for 18x8.50-8 tire on unsurfaced road in newly grown pine trees condition

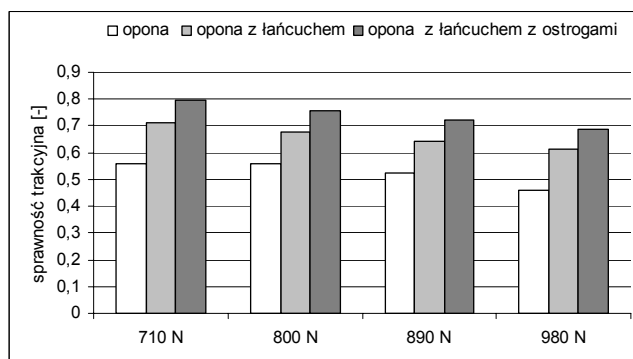
Na rysunkach 7 i 8 przedstawione są wartości sprawności trakcyjnych wyliczone dla obu badanych opon na drodze w obrębie drzewostanu liściastego.

Z zaprezentowanych wykresów wynika, że zastosowanie łańcuchów antypoślizgowych zawsze skutkuje wzrostem wartości sprawności trakcyjnych (dla łańcucha z ostrogami nawet o 50%). Oznacza to, że dla pojazdu o mocy silnika rzędu 50 kW zastosowanie łańcucha z ostrogami skutkować będzie ograniczeniem strat energetycznych o 25 kW. Nie ulega wątpliwości, że ten sposób poprawy właściwości trakcyjnych jest sposobem bardzo skutecznym i tanim. Dlatego też warto podjąć działania popularyzujące łańcuchy antypoślizgowe, głównie w wersji z ostrogami.



Rys. 7. Sprawności trakcyjne wyliczone dla opony 18x7.00-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu liściastego

Fig. 7. Values of adhesion rate for 18x7.00-8 tire on unsurfaced road in deciduous trees condition



Rys. 8. Sprawności trakcyjne wyliczone dla opony 18.8.50-8 na drodze gruntowej w obrębie drzewostanu liściastego

Fig. 8. Values of adhesion rate for 18x7.00-8 tire on unsurfaced road in deciduous trees condition

## STATYSTYCZNE OPRAWOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Analizę statystyczną uzyskanych wyników badań wykonano przy wykorzystaniu pakietu statystycznego STATYSTICA 7.1. W celu określenia wpływu rodzaju drzewostanu, zastosowanego układu jezdnygo oraz obciążenia na analizowane właściwości trakcyjne przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji, przyjmując poziom istotności  $\alpha=0,05$ . Wyniki analizy zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1  
Table 1

Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji

Czynnik Factor	Drzewostan Standing trees	Układ jezdny Driving system	Obciążenie Load
Siła trakcyjna Traction force	0,0377	0,0000	0,0000
Sprawność trakcyjna Traction efficiency	0,0566	0,0000	0,0000
Współczynnik przyczepności Coefficient of traction	0,0322	0,0000	0,0034

Na wartości sił trakcyjnych, sprawności trakcyjnych oraz współczynników przyczepności istotnie stwierdzono istotny wpływ obciążenia oraz układu jezdnygo (opona bez łańcucha, z łańcuchem oraz z łańcuchem z ostrogami). Stwierdzono również istotny wpływ warunków siedliskowych (drzewostanu) na wartości sił trakcyjnych i współczynników przyczepności.

W celu określenia, w jaki sposób rodzaj układu jezdnygo (opona bez łańcucha, z łańcuchem, z łańcuchem z ostrogami) wpływa na siły trakcyjne, sprawność trakcyjną i współczynniki przyczepności wykonano test grup jednorodnych Tukeya [HSD]. Przeprowadzona analiza pozwoliła wyodrębnić opony wyposażone w łańcuchy z ostrogami jako te, które uzyskiwały najwyższe wartości analizowanych właściwości trakcyjnych oraz opony bez łańcuchów, dla których wartości analizowanych parametrów trakcyjnych były najmniejsze.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie łańcuchów antypoślizgowych jest skutecznym sposobem poprawy właściwości trakcyjnych opon na badanych drogach gruntowych. Użycie takich łańcuchów, szczególnie wyposażonych w ostrogi, może przyczynić się do znacznego ograniczenia strat energetycznych towarzyszących generowaniu sił napędowych. Zastosowanie łańcuchów oznacza nawet 60% wzrost wartości maksymalnych sił trakcyjnych oraz podobny wzrost wartości współczynników przyczepności.

## PIŚMIENNICTWO

- Cudzik A.: 2006. Analiza właściwości trakcyjnych opon na wybranych drogach leśnych. Rozprawa doktorska. Instytut Inżynierii Rolniczej AR Wrocław.
- Białczyk W., Materek D., Pieczarka K.: 2001. Badania przyczepności koła mikrociagnika w zmiennych warunkach glebowych. Inżynieria Rolnicza 13 (33), 77–84.

### THE EVALUATION OF EFFECTIVENESS TRACTION PROPERTIES OF VEHICLE USING ANTI SLIP WHEEL CHAIN

#### S u m m a r y

This paper presents the result of investigations of traction properties of tyres 18x7.00–8 and 18x8.50–8 with different anti spin wheel chain. The research was carried out on forest ways localized in deciduas and young pine type of wood. Experiment revealed a big effectiveness of improvement of analyzed traction properties.

KEY WORDS: traction force, anti slip wheel chain

Recenzent: prof. dr hab. Krystian Ledwoń, Uniwersytet Opolski

#### **Adres do korespondencji:**

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Białczyk  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław

**Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,  
Krzysztof Pieczarka**

**ANALIZA ZMIENNOŚCI SIŁ TRAKCYJNYCH  
W WARUNKACH DROGI LEŚNEJ**  
**ANALYSIS OF VARIABILITY OF TRACTION FORCE  
ON THE FORREST PATHS**

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences, Poland*

W pracy przedstawiono analizę sił trakcyjnych generowanych na gruntowej drodze leśnej przez pojedyncze i podwójne koła 5.00-10 dla czterech różnych obciążeń kół przy dwóch wilgotnościach podłoża. Określono procentowe udziały ścinania i tarcia w generowanej sile trakcyjnej.

SŁOWA KLUCZOWE: siła trakcyjna, opona, tarcie, ścinanie

### WSTĘP

Transport stanowi integralną część składową produkcji leśnej. W procesie produkcyjnym pozyskiwania i transportu drewna stanowi on ogniwo łączące poszczególne operacje [Kubiak 1990]. Transport leśny charakteryzuje się wieloma specyficznymi cechami, takimi jak sezonowość wynikająca z rytmu biologicznego drzew i okresowych gradacji szkodników i patogenów oraz różnorodność warunków drogowych i atmosferycznych. Pracom transportowym realizowanym w głównej mierze po drogach gruntowych w okresie od jesieni do wiosny towarzyszą często niesprzyjające warunki pogodowe, tj. opady deszczu i śniegu [Sosnowski 2003]. W takich warunkach gruntowe drogi leśne, charakteryzujące się na ogół małą nośnością, narażone są na poważne uszkodzenia wynikające z poruszania się po nich coraz cięższych środków transportowych. Przemieszczaniu się pojazdów po podłożach nie przystosowanych do przenoszenia ogromnych naprężeń stycznych i normalnych towarzyszą straty energetyczne. Prowadzone liczne zabiegi na rzecz poprawy cech trakcyjnych pojazdów poprzez np. wy-

posażanie kół w łańcuchy antypoślizgowe bądź stosowanie kół bliźniaczych nie powinny skutkować wzrostem uszkodzeń podłoża leśnych.

## CEL

Celem badań było wyznaczenie sił trakcyjnych generowanych przez pojedyncze i bliźniacze koła o rozmiarze 5.00–10 na gruntowej drodze leśnej przy różnych wilgotnościach podłoża. Ponadto celem badań było wyznaczenie, w jakiej części siła trakcyjna jest generowana w wyniku tarcia oraz w wyniku ścinania, a także w jaki sposób na analizowane siły trakcyjne wpływa zmiana obciążenia kół.

## PRZEDMIOT, WARUNKI I METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono na terenie Nadleśnictwa Międzylesie na gruntowej drodze leśnej. Podłoże glebowe badanej drogi stanowił pył zwykły na utworze słabo kamienistym. Eksperyment badawczy przeprowadzono przy dwóch odmiennych wilgotnościach podłoża: 12,4 oraz 21,5%.

Do pomiaru sił trakcyjnych zastosowano uniwersalne stanowisko do badań trakcyjnych opon mikrociągników w warunkach polowych [Białczyk i in. 2001]. Do badań zastosowano koło wyposażone w klasyczną oponę napędową o rozmiarze 5.00–10 oraz koła bliźniacze.

Powierzchnię styku opony z podłożem wyznaczono analitycznie, wykorzystując pomiary zagłębienia pionowego oraz ugięcia opony [Piecarka 2001]. Spójność podłoża wyznaczono wykorzystując wartości obciążenia i wilgotności.

W oparciu o równanie Coulomba obliczono, jaki procent maksymalnej siły trakcyjnej generowany jest w wyniku ścinania, a jaki w wyniku tarcia.

$$P_{T_{\max}} = c \times S_s + G \times \operatorname{tg} \varphi \quad [\text{N}]$$

Naprężenia ścinające dla każdego pomiaru wyznaczono jako iloraz maksymalnej siły trakcyjnej do powierzchni kontaktu koła z podłożem, natomiast naciski jednostkowe jako iloraz obciążenia koła do powierzchni kontaktu.

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

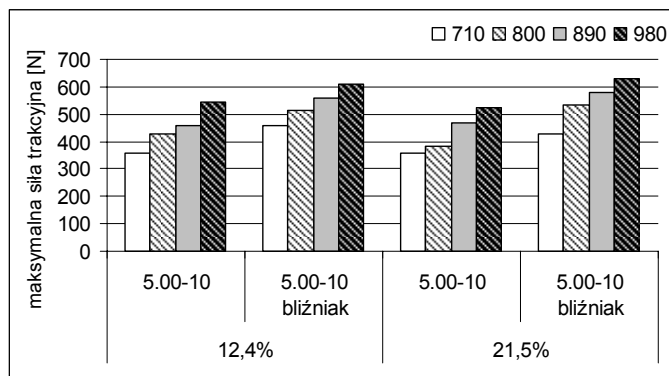
Na rysunku 1 przedstawiono wartości sił trakcyjnych generowanych przez pojedyncze i podwójne koła o rozmiarze 5.00–10 na gruntowej drodze leśnej o wilgotności podłoża 12,4 oraz 21,5% dla czterech różnych obciążeń kół. Analizując poniższy diagram można zauważyć, że wartości sił trakcyjnych wyznaczonych dla badanych układów jezdnych przy znacznie różniących się wilgotności podłoża różniły się bez względu na wielkość zastosowanego obciążenia kół średnio o około 5% zarówno dla kół pojedynczych, jak i bliźniaczych. Wartości sił trakcyjnych generowanych przez koła pojedyncze kształtowały się na poziomie 360–540 N. Zastosowanie modyfikacji układu



jezdnego poprzez bliźniakowanie kół spowodowało wzrost generowanej siły trakcyjnej w granicach (20–25)% niezależnie od wilgotności podłoża.

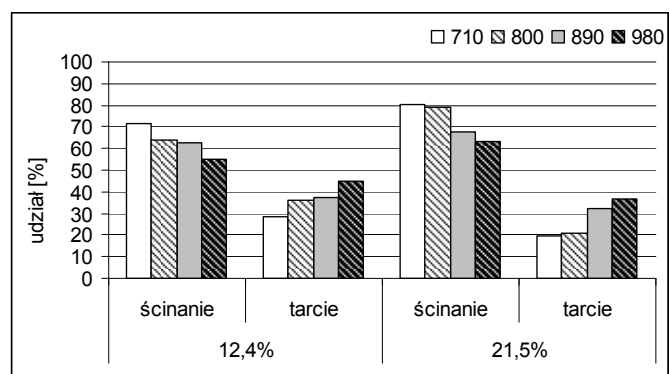
Nieznaczne zróżnicowanie wartości sił trakcyjnych ze względu na wilgotność podłoża sprawiło, że przeprowadzono badania mające na celu określenie, w jaki sposób generowana jest siła trakcyjna i czy ten sposób jest zależny od stanu podłoża.

Na rysunku 2 przedstawiono procentowe udziały sił ścinania i tarcia w sile trakcyjnej generowanej przez pojedyncze koło 5.00–10 przy wilgotności podłoża 12,4 i 21,5%.



Rys. 1. Wartości maksymalnych sił trakcyjnych generowanych przez pojedyncze i bliźniacze koła 5.00–10 przy wilgotności podłoża 12,4% oraz 21,5%

Fig. 1. Values of maximum traction forces generated by single and doubled 5.00–10 wheels by 12,4% and 21,5% soil moisture

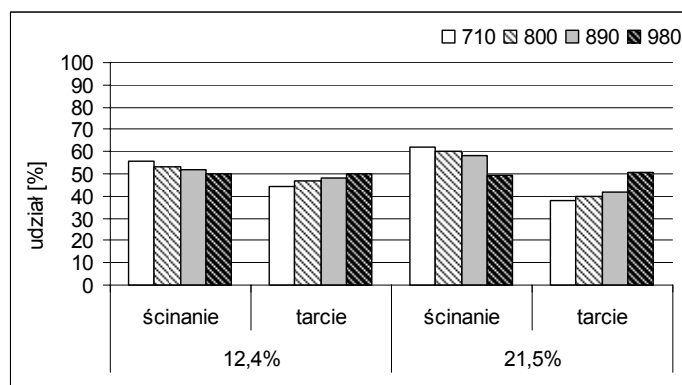


Rys. 2. Procentowe udziały ścinania oraz tarcia w sile trakcyjnej generowanej przez oponę 5.00–10 przy wilgotności podłoża 12,4% i 21,5%

Fig. 2. Percentage share of shearing and friction in process of generating traction force by 5.00–10 tire, by the 12,4% and 21,5% soil moisture

Na badanej gruntowej drodze leśnej siła trakcyjna generowana była głównie w wyniku ścinania podłoża. Przy wilgotności 12,4% udział sił ścinania kształtował się na poziomie 72–55%. Wzrost obciążenia koła skutkowało zmniejszeniem się udziału ścinania na rzecz wzrostu udziału tarcia w generowanej sile trakcyjnej. Wzrost wilgotności podłoża przejawiał się (średnio dla wszystkich zastosowanych obciążeń) 15% wzrostem udziału ścinania w generowanej sile trakcyjnej.

Na rysunku 3 przedstawiono procentowe udziały sił ścinania oraz tarcia w sile trakcyjnej generowanej przez bliźniacze koła 5.00–10 przy dwóch różnych wilgotnościach podłoża.



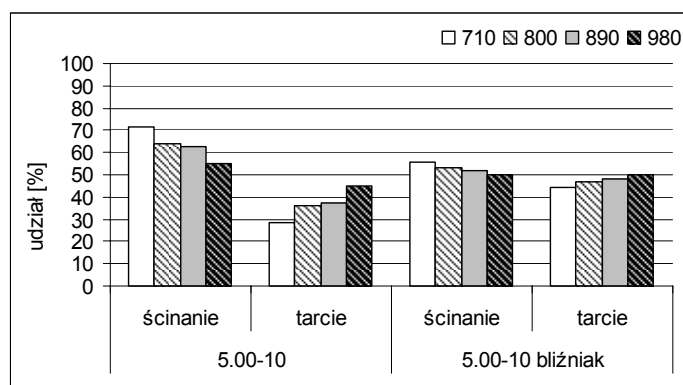
Rys. 3. Procentowe udziały ścinania oraz tarcia w sile trakcyjnej generowanej przez podwójne koła 5.00–10 przy wilgotności podłoża 12,4% i 21,5%

Fig. 3. Percentage share of shearing and friction in process of generating traction force by doubled wheels with 5.00–10 tire, by the 12,4% and 21,5% soil moisture

Przy wilgotności 12,4% siła trakcyjna wyznaczona dla kół bliźniaczych (niezależnie od wielkości obciążenia) była wynikiem prawie w równej mierze ścinania i tarcia. Przy wilgotności 21,5% zaobserwowano, że udział sił ścinania zwiększył się o 10%, przy obciążeniu maksymalnym (980 N) udziały sił ścinania i tarcia wynosiły po 50%.

Rysunek 4 przedstawia procentowe udziały ścinania oraz tarcia w sile trakcyjnej generowanej przez opony 5.00–10 w wersji pojedynczej i bliźniaczej wyznaczone przy wilgotności podłoża 12,4%.

Z diagramów przedstawionych na rysunku 1 wynika, że stosowanie modyfikacji układu jezdnego poprzez bliźniakowanie kół skutkuje poprawą właściwości trakcyjnych. Obserwując rysunek 4 można zauważyć, że siła trakcyjna generowana przez koła podwójne powstaje przy większym udziale tarcia niż w przypadku opon pojedynczych. Oznacza to, że stosowanie kół podwójnych skutkuje poprawą właściwości trakcyjnych i w znacznie mniejszym stopniu przyczynia się do degradacji podłoża.



Rys. 4. Procentowe udziały ścinania oraz tarcia w generowanej sile trakcyjnej przy wilgotności podłoża 12,4%

Fig. 4. Percentage share of shearing and friction in process of generating traction force, by the 12,4% soil moisture

## STATYSTYCZNE OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Analizę statystyczną uzyskanych wyników badań wykonano przy wykorzystaniu pakietu statystycznego STATYSTICA 7.1. W celu określenia wpływu wielkości obciążenia kół, wilgotności podłoża oraz rodzaju opony na wartości generowanych sił trakcyjnych i procentowych udziałów tarcia i ścinania w tych siłach przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji ANOVA przyjmując poziom istotności  $\alpha=0,05$ . Wyniki analizy zestawiono w tabeli 1.

Przeprowadzona analiza wykazała brak istotnego wpływu wilgotności na generowane siły trakcyjne, natomiast parametr ten istotnie wpływał na procentowe wartości udziałów tarcia i ścinania w generowanej sile trakcyjnej. Zastosowane opony oraz obciążenia istotnie wpływały zarówno na wartości sił trakcyjnych, jak i na udziały w siłach trakcyjnych ścinania i tarcia.

Tabela 1  
Table 1

Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji  
Performance of multivariate analysis of variance

Czynnik Parameter	Obciążenie Load	Wilgotność soil Moisture	Opona Tire
Siła trakcyjna Traction force	0,0028	0,0949	0,0152
% udziały tarcia i ścinania % share of shearing and friction	0,0263	0,0147	0,0023

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Wartości sił trakcyjnych generowanych przez pojedyncze koło 5.00–10 kształtowały się na poziomie 360–540 N w zależności od wielkości obciążenia i nie wykazywały znaczącego zróżnicowania ze względu na wilgotność podłoża.
2. Zastosowanie kół bliźniaczych skutkowało 20–25% wzrostem sił trakcyjnych w porównaniu do kół pojedynczych.
3. Koła pojedyncze siłę trakcyjną w głównej mierze generują w wyniku ścinania, zastosowanie kół bliźniaczych powoduje wzrost udziału sił tarcia w maksymalnej sile trakcyjnej.
4. Wzrost wilgotności podłoża skutkuje wzrostem udziału sił ścinania w stosunku do sił tarcia w generowanej sile trakcyjnej.
5. Wzrost obciążenia kół skutkuje wzrostem udziału sił tarcia w sile trakcyjnej.

## PIŚMIENNICTWO

- Kubiak M.: 1990. Transport leśny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Białczyk W., Materek D., Pieczarka K.: 2001. Badania przyczepności koła mikrociagnika w zmiennych warunkach glebowych. Inżynieria Rolnicza 13 (33), 77–84.
- Pieczarka K.: 2001. Analiza sprawności trakcyjnych w zmiennych warunkach gruntowych. Rozprawa doktorska. AR Wrocław.
- Sosnowski J.: 2003. Zasady proekologicznej zrywki drewna w warunkach gospodarki leśnej w górach. Sylwan nr 5.

## ANALYSIS OF VARIABILITY OF TRACTION FORCE ON THE FORREST PATHS

### S u m m a r y

This article contains the analysis of traction forces on the forrest path. It was generated by single and double wheels 5.00-10 for four different loads by two different soil moisture. It was defind percentige content of the cutting and friction in generated traction force.

KEY WORDS: traction force, tyre, friction, cutting

Recenzent: prof. dr hab. Krystian Ledwoń, Uniwersytet Opolski

### Adres do korespondencji

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Białczyk  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
ul. Chełmońskiego 37/41,  
51-630 Wrocław

**Mariusz Kormanek<sup>1</sup>, Maria Walczykova<sup>2</sup>**

**WYZNACZANIE PARAMETRÓW TRAKCYJNYCH  
CIĄGNIKÓW ZRYWKOWYCH**

**DETERMINATION OF TRACTION PARAMETERS  
OF SKIDING TRACTORS**

<sup>1</sup> *Katedra Mechanizacji Prac Leśnych, Akademia Rolnicza w Krakowie*

*Department of Mechanisation of Forest Works, Agricultural University in Kraków*

<sup>2</sup> *Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie*  
*Department of Machinery Management, Ergonomics and Fundamentals of Agriculture, Agricultural University in Kraków*

Artykuł przedstawia obliczenia sił napędowych na podstawie modeli Bekkera, Janosiego i Hanamoto, Wismera-Lutha, jak również na podstawie współczynnika przyczepności. Parametry zastosowane do obliczeń wyznaczono we wcześniejszych badaniach terenowych. Obliczeń dokonano dla trzech typów siedliskowych lasu, dla obciążonego pełnym ładunkiem ciągnika typu forwarder Timberjack 1010. Wynikowe wartości siły napędowych uzyskane na podstawie modelu Wismera-Lutha znacznie się różnią od tych uzyskanych na podstawie modelu Bekkera. Współczynniki oporu toczenia wyznaczone na podstawie modelu Bekkera i Wismera-Lutha różnią się do 30%.

SŁOWA KLUCZOWE: gleby leśne, siedliska leśne, modele, siły napędowe, opory toczenia

### WSTĘP

Posługiwanie się maszynami w warunkach leśnych wiąże się z ich przejazdami po szlakach zrywkowych lub po powierzchniach leśnych. Przemieszczanie to można rozpatrywać w dwóch aspektach. Pierwszy z nich to konsekwencje dla środowiska leśnego [Wronski i Murphy 1994]. Drugi aspekt to zagadnienia związane z trakcją maszyn w warunkach leśnych, albowiem zdolność koła do przenoszenia siły napędowej w danych warunkach decyduje o właściwościach trakcyjnych pojazdu – sile uciągu, wielkości i skutkach poślizgu kół, a w końcowym efekcie o możliwości stosowania pojazdów kołowych w danych warunkach glebowych i terenowych [Walczyk i Walczykova 2002].

## CEL

Celem badań było wyznaczenie sił napędowych i współczynników oporów toczenia przy zastosowaniu metod znanych w literaturze przedmiotu, a następnie wzajemne porównanie uzyskanych wyników. Wykonano to na przykładzie ciągnika zrywkowego Timberjack 1010, zakładając obciążenie maksymalnym ładunkiem przewidzianym przez producenta oraz pracę na glebach trzech siedlisk lasu, a mianowicie boru mieszanego świeżego (**BMśw**), lasu mieszanego wilgotnego (**LMw**), lasu wilgotnego (**Lw**), przy wilgotności umożliwiającej wykonywanie prac.

## METODYKA

### 3.1. Siły napędowe

Wyznaczano je z zastosowaniem czterech metod:

- Z przyczepności, gdzie  $Q_k$  to ciężar spoczywający na kołach napędowych ciągnika, zaś  $\mu$  to współczynnik wykorzystania przyczepności [Grečenko 1994]:

$$F_k = Q_k \cdot \mu \quad (1)$$

- Z równania ogólnego Bekkera [1960],m w którym siła napędowa  $F_k$  zależy od współczynnika stopnia spistości gleby  $K_1$ , bezwymiarowego współczynnika charakteru krzywej ścinania gleby  $K_2$  oraz spójności  $c$  i kąta tarcia wewnętrznego  $\varphi$ . Uwzględniony jest również wpływ szerokości koła  $b$  i długości powierzchni jego styku z podłożem  $L$  oraz poślizg  $s$ :

$$F_k = \left( \frac{Lb(c + ptg\varphi)}{K_1 s Y_{max}} \right) \left( \frac{1 - \exp(-K_2 - \sqrt{K_2^2 - 1} K_1 s L)}{-K_2 - \sqrt{K_2^2 - 1}} + \frac{-1 - \exp(-K_2 - \sqrt{K_2^2 - 1} K_1 s L)}{-K_2 - \sqrt{K_2^2 - 1}} \right) \quad (2)$$

- Z uproszczonego równania Janosiego i Hanamoto [1961]. Siła napędowa  $F_k$  uzależniona jest od współczynnika poziomego odkształcenia gleby  $K$ , pozostałe parametry są jak w równaniu ogólnym Bekkera:

$$F_k = bL(c + ptg\varphi) \left[ 1 + \frac{K}{s} \exp\left(\frac{-sL}{K}\right) - \frac{K}{s} \right] \quad (3)$$

- Na podstawie liczb trakcyjnych [Wismer i Luth 1974], metody w której siła napędowa  $F_k$  uzależniona jest od zwięzłości podłoża  $C$  określonej za pomocą penetrometru stożkowego oraz szerokości  $b$  i średnicy pracującego koła  $D$ :

$$F_k = Q_k \cdot 0,75 \cdot \left( 1 - e^{-0,3C_n s} \right); \quad \text{gdzie } C_n (\text{liczba koła}) = \frac{CbD}{Q_k}; \quad (4)$$

Parametry charakteryzujące w tych równaniach glebę, tj.:  $\mu$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K$ ,  $c$ ,  $\varphi$  określono eksperymentalnie podczas badań terenowych z zastosowaniem bewametry kołowego [Kormanek i Walczykova 2003].

### 3.2. Współczynniki oporów toczenia

Do wyznaczenia oporów toczenia wszystkich kół analizowanego ciągnika, będących podstawą do określenia współczynnika oporów toczenia, zastosowano dwie metody:

- Równanie Bekkera [1960], według którego głębokość koleiny  $z$  i w efekcie opory toczenia zależą od modułu spoistości  $k_c$  i tarcia wewnętrznego  $k_\varphi$  oraz bezwymiarowego wykładnika stanu gleby  $n$ :

$$p = \left( \frac{k_c}{b} + k_\varphi \right) z^n = \left( \frac{k_c}{r} + k_\varphi \right) z^n \quad (5)$$

Parametry charakteryzujące podłoże takie jak  $k_c$ ,  $k_\varphi$ ,  $n$  wyznaczono na podstawie danych pomiarowych uzyskanych za pomocą bewametry płytkowego [Kormanek i Walczykova 2003].

- Na podstawie liczb trakcyjnych. W metodzie tej opór toczenia uzależniony jest od zwięzłości podłoża  $C$  określonej za pomocą penetrometru stożkowego oraz wymiarów koła  $b$ ,  $D$  i obciążenia  $Q_k$  [Wismer i Luth 1974]:

$$f = \frac{1,2}{C_n} + 0,04, \text{ gdzie } C_n = \frac{CbD}{Q_k} \quad (6)$$

## WYNIKI

Tabela 1 przedstawia parametry podłoża zastosowane do obliczeń, a wyznaczone z zastosowaniem bewametrów i penetrometru stożkowego.

Tabela 1

Table 1

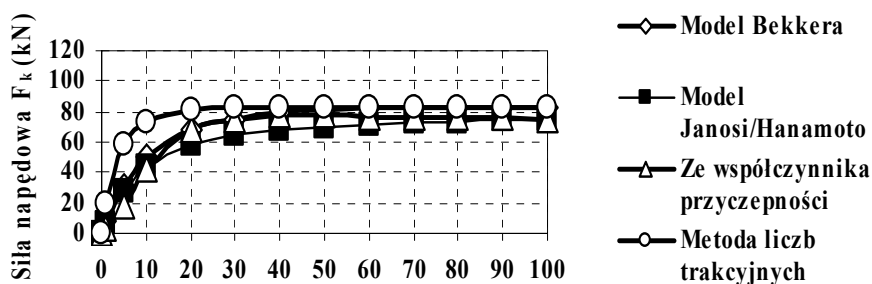
Parametry do modeli zastosowane w obliczeniach  
Parameters used for models applied for calculation

Typ siedliskowy lasu Type of forest	Siła napędowa Driving force						Opór toczenia Rolling resistance		
	$K_1$ ( $m^{-1}$ )	$K_2$ –	$K$ (m)	$c$ (kPa)	$\varphi$ ( $^\circ$ )	$C$ (Pa)	$k_c$ (MPa/ $m^n$ )	$k_\varphi$ (MPa/ $m^{n+1}$ )	$n$ –
BMśw	3,0	5,2	0,029	1,57	34,7	1,99	0,52	56,2	1,4
LMw	4,6	3,1	0,030	6,50	35,6	1,51	0,16	47,9	1,2
Lw	2,4	4,2	0,043	0,00	33,3	2,84	0,23	17,4	1,0

#### 4.1. Obliczenia sił napędowych

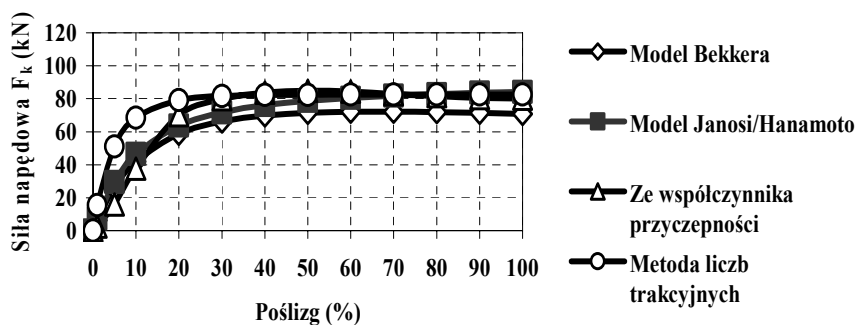
W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano przebiegi sił napędowych w funkcji poślizgu dla poszczególnych podłoży.

Na podstawie rysunków 1, 2, 3 można stwierdzić, że przebiegi otrzymane metodą liczb trakcyjnych najbardziej odbiegają od obliczeń z wykorzystaniem pozostałych 3 modeli. Dotyczy to praktycznie wszystkich badanych podłoży.



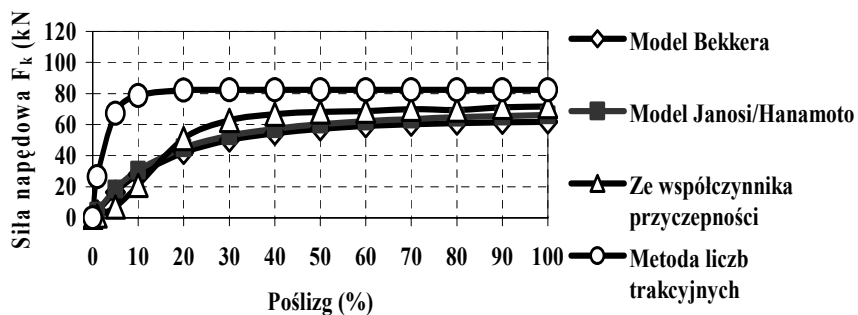
Rys. 1. Krzywe przebiegu siły napędowej – *BMśw*

Fig. 1. Driving forces curves – *BMśw*



Rys. 2. Krzywe przebiegu siły napędowej – *LMw*

Fig. 2. Driving forces curves – *LMw*



Rys. 3. Krzywe przebiegu siły napędowej – *Lw*

Fig. 3. Driving forces curves - *Lw*



Matematyczny model Bekkera uwzględnia najwięcej czynników zarówno w odniesieniu do podłoża, jak też koła, co stwarza możliwość dokładnego odzwierciedlenia przebiegu procesu ścinania gleby.

W szacowaniu sił ze współczynnika wykorzystania przyczepności nie uwzględnia się wpływu zmian parametrów kół czy ogumienia, jednakże znając dla danego podłoża przebieg poślizgu w funkcji współczynnika przyczepności, można uzyskać wyniki porównywalne z tymi, jakie daje np. model Bekkera (tab. 2).

Przebiegi sił uzyskane na podstawie modelu Janosiego i Hanamoto oraz Wismera i Lutha mają charakter asymptotyczny, nie wykazując maksymalnych wartości sił napędowych.

W tabeli 2 przedstawiono procentowe różnice średnich wartości sił napędowych uzyskanych trzema rozpatrywanymi metodami w stosunku do wyników z modelu Bekkera.

Tabela 2

Table 2

Procentowe różnice średnich wartości sił napędowych dla poślizgu do 20%  
Percentage differences in mean values of driving forces for slip to 20%

Typ siedliskowy Lasu Type of forest	Model Janosi/Hanamoto do modelu Bekkera Janosi/Hanamoto model to Bekkers model (%)	Obliczenie z przyczepności do modelu Bekkera (%) Calculation of adhesion for Bekkers model	Metoda liczb trakcyjnych do modelu Bekkera (%) Traction figures method for Bekkers model
BMśw	-12,6	-18,8	51,3
LMw	11,1	-9,8	65,0
Lw	9,7	-20,6	195,0

#### 4.2. Obliczenia oporów toczenia

Wyniki obliczeń współczynników oporu toczenia oraz różnice procentowe pomiędzy wartościami wyliczonymi różnymi metodami dla forwardera T1010 przedstawia tabela 3.

Tabela 3

Table 3

Wartości współczynników oporów toczenia wyliczone dla forwardera T1010  
Values of rolling resistance rate calculated for T1010 forwarder

Typ siedliskowy lasu Type of forest	Współczynnik oporów toczenia – Rolling resistance rate		Proc. różnica wartości (%) Percentage difference in mean value (%)
	Model Bekkera Bekkers Model	Metoda liczb trakcyjnych Traction number method	
BMśw	0,063	0,054	-14,9
LMw	0,054	0,062	+14,8
Lw	0,047	0,053	-32,3

Wobec braku bezpośrednich pomiarów oporów toczenia można tylko przez analogię ze znanymi współczynnikami oporów toczenia na podłożach rolniczych stwierdzić, że wyniki uzyskane z modelu Bekkera są adekwatne do warunków. Wyniki uzyskane na podłożach bardzo małej i bardzo dużej nośności metodą liczb trakcyjnych można uznać za znacznie odbiegające od rzeczywistości.

## WNIOSKI

1. Model Janosiego i Hanamoto jest dobrze dopasowany do asymptotycznego przebiegu ścinania wierzchniej warstwy podłoża leśnych.
2. Metoda określania siły napędowej na podstawie przyczepności daje zadowalające wyniki w przypadku znanego dla danego podłoża przebiegu tzw. poślizgu standardowego.
3. Zastosowanie metody liczb trakcyjnych do obliczania sił napędowych i oporów toczenia wymaga dopasowania modeli do warunków panujących na danym podłożu leśnym.

## PIŚMIENNICTWO

- Bekker M. G.: 1960. Off-the-road locomotion. Ann Arbor. University of Michigan Press, s. 200.
- Grečenko A.: 1994. Vlastnosti terénnych vozidel. Vysoká škola zemědělská v Praze, Technická fakulta, s. 118.
- Janosi Z., Hanamoto B.: 1961. The analytical determination of drawbar pull, as a function of slip for tracked vehicles in deformable soils. First International Conference Mechanics of Soil-Vehicle Systems, Torino-St Vincent.
- Kormanek M., Walczykova M.: 2003. Zastosowanie komputerowej karty pomiarowej w badaniach parametrów trakcyjnych podłoży odkształcalnych. Inżynieria Rolnicza, 11, (53).
- Walczykova M., Walczyk J., Kormanek M.: 2002. Determination of forest soil traction parameters. EJPAAU, Vol. 5, Wydanie 2.
- Wismer R., Luth H.: 1974. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. Trans. ASAE, Vol. 17, 1, 8–14.
- Wronski E. B., Murphy G.: 1994. Responses of forest crops to soil compaction. In: Soil compaction in crop production. Elsevier Science B. V., 317–342.

## DETERMINATION OF TRACTION PARAMETERS OF SKIDING TRACTORS

### S u m m a r y

The paper presents calculation of the driving forces with the help of well known traction models of Bekker, Janosi and Hanamoto, Wismer and Luth, and a simple model employing adhesion. Determination of the parameters present in those models, made by the Authors *in situ*, was described elsewhere. Calculation was carried out for three forest sites, assuming work of fully loaded Timberjack 1010. Concerning driving forces, the Wismer and Luth model gave results considerably different from those of Bekkers's. Coefficients of rolling resistance calculated from the Bekker's and Wismer-Luth's models differed by up to cca 30%.

KEY WORDS: forest soils, forest sites, models, driving force, rolling resistance

Recenzent: prof. dr hab. Krystian Ledwoń, Uniwersytet Opolski

### Adres do korespondencji:

Dr inż. Mariusz Kormanek  
Katedra Mechanizacji Prac Leśnych  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 listopada 46  
31-425 Kraków, [rlkorma@cyf-kr.edu.pl](mailto:rlkorma@cyf-kr.edu.pl)

**Mirosław Zagórda, Maria Walczyk**

**ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI GLEBY DLA POTRZEB  
ROLNICTWA PRECYZYJNEGO\***

**ANALYSIS OF SOIL PROPERTIES FOR PRECISION  
FARMING PURPOSES**

*Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Akademia Rolnicza  
w Krakowie*

*Department of Machinery Management, Ergonomics and Fundamentals of Agriculture,  
Agricultural University of Kraków*

W artykule przedstawiono mapy przestrzennej zmienności plonu pszenicy ozimej, jak również zwężności i wilgotności gleby. Obszary o niskich, średnich i wysokich wartościach zostały wyznaczone na podstawie pomiarów przeprowadzonych w decydujących okresach rozwoju roślin. Nałożenie map plonu i mierzonych parametrów gleby wykazało związki pomiędzy nimi. Stwierdzono, że na obszarach ze średnimi i wysokimi plonami przeważała niska i średnia wilgotność. Natomiast najwyższe wartości zwężności przypadały na obszarach o niskim plonowaniu.

SŁOWA KLUCZOWE: właściwości gleby, plon, zmienność przestrzenna, GIS

### WSTĘP

Mapowanie plonów jako najważniejszy element rolnictwa precyzyjnego dostarcza pierwszą informację o danym polu. Zmienność plonowania zależy jednak od szeregu czynników i może być spowodowana m.in. zmiennością właściwości gleby [Kroulík i in. 2004]. Ich analiza może znacząco poprawić sposób użytkowania pola. Pomiar i mapowanie czynników glebowych dostarcza zarządzającemu wsparcia informacyjnego w rozpoznaniu czynników limitujących wzrost i plony w różnych częściach pola [Stafford 2000, Rains 2001].

---

\* „Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006–2008 jako projekt badawczy promotorski nr N310 078 31/3176”.

W ramach budowania systemu informacji do podejmowania decyzji przy stosowaniu zasad rolnictwa precyzyjnego w nawożeniu mineralnym, na polach z uprawą pszenicy ozimej, kukurydzy na ziarno i rzepaku ozimego, autorzy prowadzą geograficznie zdeterminowaną rejestrację wielkości plonowania. Monitoring odbywa się za pomocą systemu firmy Agrocom, zainstalowanym na kombajnie Claas Lexion 430. Na podstawie zebranych danych sporządzane są mapy plonów [Walczykova i Zagórda 2005b]. Integralną częścią tych badań jest określenie takich właściwości gleby, jak zasobność w składniki pokarmowe i kwasowość, zawartość próchnicy, zasolenie oraz pomiary jej cech fizycznych, w tym gęstości, wilgotności i zwięzłości.

### **CEL I ZAKRES BADAŃ**

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań wykonanych na polu o powierzchni 20 ha z uprawą pszenicy ozimej. Ich celem było:

- Wyznaczenie na badanym polu obszarów o różnym poziomie zwięzłości i wilgotności gleby.
- Przeprowadzenie jakościowej oceny związku mierzonych właściwości z wielkością plonów na tychże obszarach.

Zakres pracy obejmował:

- Wykonanie, na podstawie danych pomiarowych zebranych w czterech fazach rozwoju rośliny, zsumowanych map przestrzennego rozmieszczenia zwięzłości i wilgotności objętościowej.
- Nałożenie wyżej wspomnianych map na mapę plonu w celu wyznaczenia obszarów, na których potwierdziłby się związek pomiędzy wielkością plonu a poziomem natężenia mierzonego parametru gleby.

### **METODYKA BADAŃ**

Analiza została wykonana dla dwóch warstw (0–0,1 m i 0,11–0,20 m) w przypadku wilgotności objętościowej oraz czterech (0–0,10 m, 0,11–0,20 m, 0,21–0,30 m, 0,31–0,50 m) dla zwięzłości. Wilgotność objętościową oznaczano za pomocą sondy TDR [Walczykova i in. 2005], natomiast zwięzłość mierzono penetrometrem stożkowym z elektroniczną rejestracją danych.

Pomiary przeprowadzono cztery razy, w charakterystycznych fazach okresu wegetacyjnego: po siewie, na wiosnę po ruszeniu wegetacji, w fazie strzelania w źdźbło oraz w fazie kłoszenia. Wykonano je w siatce 80 punktów, które na okres kilkuletnich badań przyjęto jako stałe, w celu uchwycenia zmian występujących w tych samych miejscach na polu. [Walczykova i Zagórda 2005c]. Na podstawie uzyskanych danych sporządzono mapy wynikowe dla całego badanego okresu, które przedstawia niniejsze opracowanie. Sumowanie wynikowych map zwięzłości i wilgotności z mapą plonu wykonano po uwzględnieniu dla każdej z nich trzech przedziałów wartości.

## WYNIKI I ICH ANALIZA

Mapy przestrzennego rozmieszczenia plonu, zwięzłości i wilgotności (rys. 1) wykonano w programie ArcView GIS 3.3 firmy ESRI [Walczykova i Zagórda 2005c]. Dla wszystkich map, na bazie zebranych danych, utworzono 6 przedziałów legendy, operując odchyleniem standardowym.

W odniesieniu do wilgotności, jak również zwięzłości, sporządzono wpierw mapy dla każdego badanego okresu i każdej analizowanej głębokości, a następnie dokonano nałożenia (zsumowania) map jednoimiennych. W tabeli 1 zawarto informacje uzyskane na podstawie tak utworzonej mapy przestrzennego rozmieszczenia wilgotności. Dla dwóch badanych głębokości określono procentowy udział obszarów odznaczających się wilgotnością z sześciu różnych przedziałów wartości, jakie utrzymywały się od siewu do fazy kłoszenia.

Wyniki wskazują (tab. 1), że na polu dominowały obszary o wilgotności wyższej i niższej o jedno odchylenie standardowe w stosunku do średniej. Ich udział był na poziomie 30 i powyżej 30 procent. Obszary o wilgotności większej od średniej zajmowały ponad 52% powierzchni pola. Stwierdzenia te odnoszą się do obu głębokości.

Tabela 1

Table 1

Procentowy udział powierzchni o różnej wilgotności objętościowej na mapie wynikowej za cały okres pomiarów

Percentage share of surface with different volumetric moisture content on the map for whole measurements period

Głębokość (m) Depth (m)	Wyszczególnienie Specification	Przedziały wilgotności z uwzględnieniem odchylenia standardowego Moisture intervals with accounted standard deviation					
		< (-2)	(-2) – (-1)	(-1) – 0	0 – 1	1 – 2	> 2
0 – 0,1	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,61	2,83	6,15	8,03	2,7	0,33
	% pow. pola % field surf.	3	13,7	<b>29,8</b>	<b>38,9</b>	13,1	1,6
0,1 – 0,2	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,59	2,59	6,62	7,52	3,05	0,28
	% pow. pola % field surf.	2,9	12,5	<b>32,1</b>	<b>36,4</b>	14,8	1,4

Analiza wykazała, że zwięzłość gleby ma podobne tendencje jak wilgotność. Na badanym polu przeważają wartości z przedziałów  $\pm$  jedno odchylenie standardowe (tab. 2).

Ponad 40-procentowy udział powierzchni odznaczającej się zwięzłością niższą od średniej o jedno odchylenie standardowe świadczy o dobrym stanie fizycznym gleby.

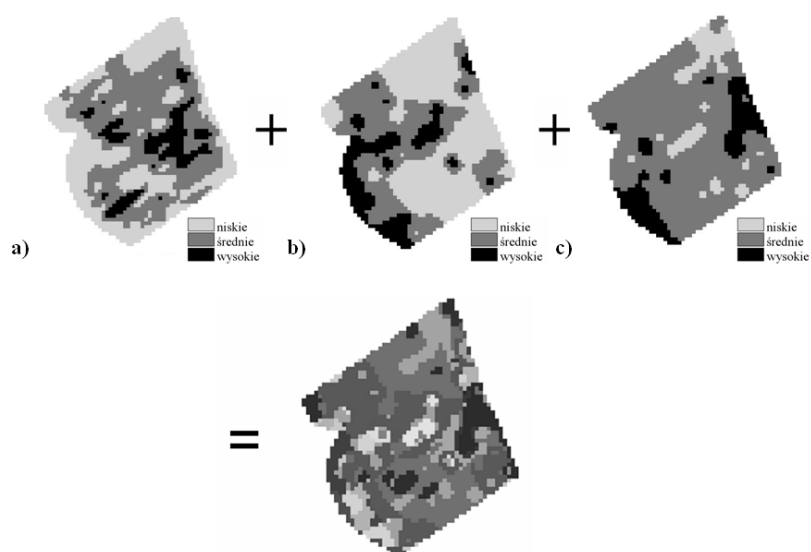
Z uwagi na charakter systemu korzeniowego zbóż do nałożenia na mapę przestrzennego rozmieszczenia plonu wybrano zwięzłość i wilgotność warstwy drugiej (rys. 1). Na mapach plonu oraz obydwu mierzonych parametrów gleby zastosowano trzy przedziały legendy, przyjmując podział na wartości niskie, średnie i wysokie.

Tabela 2

Table 2

Procentowy udział powierzchni o różnej zwięzłości na mapie wynikowej za cały okres pomiarów  
Percentage share of surface with different soil penetration resistance on the map for whole measurements period

Głębokość (m) Depth (m)	Wyszczególnienie Specification	Przedziały zwięzłości z uwzględnieniem odchylenia standardowego Soil penetration resistance intervals with accounted standard deviation					
		< (-2)	(-2) - (-1)	(-1) - 0	0 - 1	1 - 2	> 2
0,00-0,10	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,1	2,5	9,2	4,9	2,7	0,9
	% pow. pola % field surf.	0,6	12,3	<b>45,1</b>	<b>24,1</b>	13,3	4,6
0,11-0,20	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,0	2,2	9,7	5,2	2,3	0,8
	% pow. pola % field surf.	0,1	10,8	<b>47,9</b>	<b>25,8</b>	11,2	4,1
0,20-0,30	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,1	2,6	8,6	6,6	1,7	0,9
	% pow. pola % field surf.	0,3	12,7	<b>42,0</b>	<b>32,4</b>	8,2	4,4
0,31-0,50	Powierzchnia (ha) Surface (ha)	0,6	2,3	7,5	7,1	2,8	0,4
	% pow. pola % field surf.	3,0	10,9	<b>36,2</b>	<b>34,3</b>	13,6	2,0



Rys. 1. Sumowanie map plonu (a), wilgotności (b) i zwięzłości (c)

Fig. 1. Aggregation of yield maps (a), moisture (b) and soil penetration resistance (c)

Poprzez nałożenie na mapę plonu dwóch warstw zawierających zmienność przestrzenną czynników mających wpływ na jego wielkość uzyskano informację, czy istnieją obszary, na których potwierdził się związek pomiędzy poziomem plonowania i poziomem natężenia badanych parametrów gleby (tab. 3). Legendy do mapy wynikowej nie podano ze względu na występowanie w niej 27 przedziałów będących skutkiem kombinacji legend nakładanych map (rys. 1).

Dane w tabeli 3 wskazują, że na obszarach o plonowaniu średnim i wysokim przeżywały niskie i średnie wilgotności. W przypadku niskich plonów większy był udział obszarów o niskiej i wysokiej wilgotności.

Biorąc pod uwagę, że zwęższe obszary na polu najlepiej wykrywa się przy wysokiej wilgotności, można stwierdzić, że na obszarze niskiego plonu wystąpiły najwyższe wartości zwięzłości.

Tabela 3

Table 3

Procentowy udział powierzchni wilgotności i zwięzłości w powierzchni plonu  
Percentage share of moisture surface and soil penetration resistance in yield area

Wilgotność Moisture	Zwięzłość Soil penetration resistance	Plon Yield					
		niski low		niski low		niski low	
Niska Low	Niska Low	47,5	4,5	48,8	8,3	43,3	0,9
	Średnia Medium		40,2		33,4		33,9
	Wysoka High		2,9		7,0		8,6
Średnia Medium	Niska Low	16,0	1,2	39,0	2,2	44,2	0,9
	Średnia Medium		9,4		33,3		39,5
	Wysoka High		5,3		3,5		3,9
Wysoka High	Niska Low	36,5	0,0	12,2	2,0	12,4	3,4
	Średnia Medium		23,8		6,2		8,6
	Wysoka High		12,7		4,0		0,4

## WNIOSKI

Na przeważającej powierzchni pola (ponad 52%) wilgotność gleby była większa od wartości średniej, co świadczy o dobrym dostępie do wody i składników mineralnych zawartych w glebie.

Wyniki wykazały, że na polu dominowały obszary o zwięzłości poniżej wartości średniej, zajmując około 57% powierzchni pola dla warstw pierwszej i drugiej. Fakt ten świadczy o dobrym stanie fizycznym gleby.

Nałożenie map zmienności i analiza tych wyników wykazała, że w przypadku niskich plonów największy udział miały obszary o niskiej i wysokiej wilgotności.

## PIŚMIENNICTWO

- Kroulík M., Kumhála F., Mimra M., Prošek V.: 2004. Possibilities for determination of interdependence between soil properties and yield. AgEng, Leuven 2004, Book of Abstracts, 80–81.
- Rains G. C.: 2001. Soil sampling issues for precision management of crop production. Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agric. and Environmental Sciences.
- Stafford J. V.: 2000. Implementing precision agriculture in 21<sup>st</sup> century. J. Agr. Engng Res. 76, 267–275.
- Walczykova M., Zagórda M.: 2005a. Application of 3R-GPS recorder for control of some agricultural machine operations, Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University, Dudince 2–3.06.2005.
- Walczykova M., Zagórda M.: 2005b. Preparation of yield maps in Agro-Map expert program. Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University, Dudince 2–3. 06.2005.
- Walczykova M., Zagórda M.: 2005c. Zmienne nawożenie mineralne pszenicy ozimej z wykorzystaniem map przestrzennego rozmieszczenia plonów. Inżynieria Rolnicza 10 (70), 375–384.

## ANALYSIS OF SOIL PROPERTIES FOR PRECISION FARMING PURPOSES

### S u m m a r y

Maps of spatial distribution of the winter wheat yields as well as soil penetration resistance and volumetric moisture content are presented in the paper. The zones of low, medium and high values of the measured parameters persisting during the crucial period for plant growth were determined. Superimposition of the yield and the soil parameters maps revealed connection between them. It can be stated that on zones with medium and high yields low and medium moisture content prevailed. As far as the penetration resistance is concerned, its highest values occurred on the lowest yielding parts of the field.

KEY WORDS: soil properties, yield, spatial distribution, GIS

Recenzent: prof. dr hab. Krystian Ledwoń, Uniwersytet Opolski

### Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. Maria Walczyk  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków, email: rtwalczyk@cyf-kr.edu.pl



**Marek Śnieg, Dariusz Błażejczak, Tomasz Tomaszewicz**

**BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE WARSTWY  
PODORNEJ CZARNYCH ZIEM NIZINY SZCZECIŃSKIEJ  
INVESTIGATIONS OF THE SHEAR STRENGTH OF SOIL  
IN THE SUBSOIL OF THE BLACK SOILS  
OF THE SZCZECIN LOWLAND**

*Institut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie  
Institute of Agricultural Engineering, Agricultural University of Szczecin*

Celem pracy była identyfikacja spójności i kąta tarcia wewnętrznej warstwy podornej wybranych gleb Niziny Szczecińskiej, typu czarna ziemia. Badania prowadzono w okresach wiosna i jesień, na próbkach o strukturze nienaruszonej. Wyniki badań potwierdziły zależność badanych parametrów od wilgotności gleby. Wyniki pomiarów mogą być pomocne w procesie konstruowania maszyn rolniczych oraz rozwoju technik zmierzających do redukcji nadmiernego zagęszczania warstwy podornej gleb.

SŁOWA KLUCZOWE: gleba, warstwa podorna, spójność i kąt tarcia wewnętrznej

### WSTĘP I CEL

Charakterystyczną cechą współczesnego rolnictwa, wzorem innych gałęzi gospodarki, jest dążenie do wzrostu wydajności pracy i obniżania kosztów. W produkcji roślinnej oznacza to dążenie do zwiększania obszarów gospodarstw oraz stosowania coraz to cięższego sprzętu rolniczego, o dużej wydajności. Obciążenie kół współczesnych pojazdów maszyn rolniczych przekracza często maksymalny nacisk na pojedynczą oś pojazdów drogowych. Tak duże obciążenie powierzchni pól sprawia, że gleby ulegają znaczącym odkształceniom objętościowym oraz postaciowym. Odkształcenia te pociągają za sobą niekorzystne zmiany fizyko-mechanicznych właściwości gleby, zarówno w warstwie uprawnej, jak i w warstwach położonych niżej, nazywanych w literaturze warstwą podorną. Liczne opracowania zwracają uwagę na szczególnie niekorzystne oddziaływanie na produktywność gleb i środowisko naturalne zmian zachodzących

w nieuprawianych warstwach głębszych oraz na ich długotrwały charakter [Van den Akker i in. 2000]. Podatność gleb na odkształcanie zależy od ich wytrzymałości, która zmienia się w czasie i na którą wpływa wiele różnych czynników.

Opisywane w literaturze badania wytrzymałości gleb na ścinanie, których wynikiem jest określenie spójności i kąta tarcia wewnętrznego gleby, dotyczą przede wszystkim warstwy ornej [Domżał 1971, Turski i in. 1979]. Brak jest natomiast danych dotyczących wytrzymałości warstwy podornej. Dane te mogą być wykorzystywane na użytek projektowania lub eksploatacji sprzętu rolniczego [Horn i Fleige 2003]. Stąd głównym celem niniejszej pracy była identyfikacja wartości spójności i kąta tarcia wewnętrznego gleb w warstwie podornej.

## METODYKA I ZAKRES PRACY

Do oznaczania wytrzymałości na ścinanie zastosowano metodę bezpośredniego ścinania próbek w aparacie skrzynkowym typu AB, przy stałej prędkości odkształceń  $v_\epsilon = 0,05 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Każdą próbkę poddawano tylko jednemu ścinaniu. Próbki ścinano przy naprężeniach normalnych, wzrastających od 40 do 300 kPa. Jako wartość wytrzymałości na ścinanie przyjmowano maksymalne wartości chwilowe  $\tau_{gr}$  w zakresie odkształceń względnych  $\epsilon \leq 10\%$  [PN-88/B-04481]. Wartości spójności  $c$  i kąta tarcia wewnętrznego  $\phi$  obliczano metodą najmniejszych kwadratów wg wyrażenia Coulomba:

$$\tau_{gr} = \sigma \cdot \text{tg}\phi + c \quad (1)$$

gdzie:

$\tau_{gr}$  – maksymalne naprężenia styczne,  
 $\sigma$  – naprężenia normalne.

Obiektem badań były gleby typu czarna ziemia. Badania prowadzono na próbkach o strukturze nienaruszonej, o wilgotności aktualnej oraz o wilgotności stabilizowanej przy sile ssącej pF2 (100 hPa), której wartość utożsamiana jest często z uwilgotnieniem gleby zbliżonym do połowej pojemności wodnej. Stabilizację realizowano w cyklu osuszania próbek, po wcześniejszym ich pełnym nasyceniu wodą. Oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach dla warstw z głębokości: 0,25–0,30; 0,35–0,40; 0,45–0,50 i 0,55–0,60 m. Próbki do badań pobierano w wybranych punktach (cztery odkrywki dla obiektu) w okresie wiosny i jesieni. Odległość punktu poboru prób jesienią w stosunku do wiosny – dzięki odbiornikowi GPS – nie przekraczała 3 m. Zawartość próchnicy w glebie oznaczono metodą Tiurina, zaś granicę plastyczności metodą waleczkowania.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Charakterystykę obiektów badań przedstawiono w tabeli 1, która ukazuje gleby próchniczne, drobnoziarniste, kwalifikujące się do grupy granulometrycznej od gliny piaszczystej do pyłu ilastego [PN-98/R-04033].

Tabela 1  
Table 1

Wybrane właściwości warstwy podornej badanych gleb: zawartość próchnicy ( $H$ ), przeciętna średnica ziarna ( $GSS$ ), granica plastyczności ( $L_p$ ) oraz zawartość frakcji granulometrycznych i grupa granulometryczna [PN-98/R-04033]  
Chosen properties of investigated soils subsoil layer: humus content ( $H$ ), grain size of sediment ( $GSS$ ), yield point ( $L_p$ ), particle size content and granulometric group [PN-98/R-04033]

Obiekt Object	Warstwa Layer [m]	H	GSS	$L_p$	>2	2–0,05	0,05– 0,002	<0,002	Grupa granulometryczna Textural group
		[%]	[mm]	[%]	[%]				
Stobno	0,25–0,30	2,31	0,031	18,5	0,9	53,3	33,0	13,7	glina – clay
	0,35–0,40	1,87	0,030	19,2	1,2	51,8	33,3	14,9	glina – clay
	0,45–0,50	1,89	0,029	19,2	0,6	52,0	33,3	14,7	glina – clay
	0,55–0,60	1,08	0,025	18,3	1,0	49,3	35,1	15,6	glina – clay
Obojno Gosp.	0,25–0,30	1,66	0,032	17,3	1,7	62,2	25,7	12,1	glina lekka light loam
	0,35–0,40	1,26	0,026	15,4	2,6	62,0	26,9	11,1	glina lekka light loam
	0,45–0,50	0,89	0,021	15,5	2,3	63,3	23,4	13,3	glina lekka light loam
	0,55–0,60	0,89	0,016	16,5	1,9	65,2	21,7	13,1	glina piaszczysta
Obojno	0,25–0,30	3,69	0,009	26,8	0,0	20,5	54,5	25,0	glina pylasta clayey silt
	0,35–0,40	2,92	0,007	28,4	0,0	17,5	55,0	27,5	glina pylasta clayey silt
	0,45–0,50	2,46	0,006	28,7	0,0	10,5	59,5	30,0	glina pylasta clayey silt
	0,55–0,60	1,08	0,006	27,9	0,0	7,3	63,8	29,0	pył ilasty silty clay
Dębica	0,25–0,30	1,42	0,032	17,0	0,8	46,5	44,6	8,9	glina – clay
	0,35–0,40	1,01	0,024	17,8	0,3	43,1	44,0	12,9	glina – clay
	0,45–0,50	0,68	0,018	19,4	0,2	35,5	50,1	14,4	pył piaszczysty sandy silt
	0,55–0,60	0,51	0,015	21,3	0,1	33,2	46,9	19,9	glina pylasta clayey silt

W tabeli 2 podano średnie wartości oznaczanych parametrów wytrzymałościowych: spójności  $c$  oraz kąta tarcia wewnętrznego  $\phi$  dla dwóch stanów uwilgotnienia gleb – zastanego na polu w trakcie pobierania prób oraz odpowiadającego sile ssącej pF2.

Analizując kształtowanie się wartości kąta tarcia wewnętrznego oraz spójności gleby dla czterech badanych obiektów w warunków polowych (tab. 2) zauważa się, że są znacznie zróżnicowane i wahają się odpowiednio w przedziałach: 15,2–36,6° i 24,6–59,1 kPa. Zróżnicowanie wartości tych parametrów występuje także w obrębie poszczególnych obiektów i zauważalne jest szczególnie pomiędzy okresami pomiaro-

wymi. Poszukując przyczyn tego zróżnicowania przeprowadzono analizę szczegółową, która wykazała, że dla poszczególnych obiektów różnice w wartościach wyznaczonych parametrów pomiędzy wiosną i jesienią nie były uzależnione od gęstości objętościowej gleby. Analiza statystyczna (jednoczynnikowa analiza wariancji przy  $\alpha=0,05$ ) nie wykazała istotnych różnic gęstości objętościowej gleby pomiędzy okresami pomiarowymi. Wynika stąd, że znaczne zróżnicowanie wartości parametrów wytrzymałościowych w warstwie podornej było wynikiem oddziaływania innych czynników niż gęstość objętościowa. Zauważono, że znaczny wpływ na kąt tarcia wewnętrznego i spójność miała wilgotność gleby, co jest zbieżne z rezultatami różnych wcześniejszych badań [Domżał, 1971; Turski i in. 1972, Turski i in. 1975, Turski i in. 1979]. Jednak w niniejszej pracy, ze względu na mały zakres zmian wilgotności w stosunku do ww. badań, zależność ta jest widoczna przede wszystkim w odniesieniu do warunków polowych zastanych jesienią. Wtedy to dla poszczególnych obiektów (wyjątek Obojno) wilgotność gleby malała wraz ze wzrostem głębokości.

Analizując wyniki badań spójności i kąta tarcia wewnętrznego gleby, uzyskane na próbkach poddanych stabilizacji przy sile ssącej pF2 (100 hPa), stwierdzono dla poszczególnych obiektów, poza nielicznymi przypadkami (Stobno i Obojno Gosp.), że brak jest statystycznych różnic w wilgotności gleby pomiędzy okresami pomiarowymi w badanych warstwach. Wynika stąd, że w tym przypadku źródłem zmienności wartości badanych parametrów były inne czynniki m.in. własności gleby. Według Turskiego i in. [1972] na wytrzymałość gleby na ścinanie ma wpływ skład granulometryczny i próchnica. Jednak w niniejszej pracy w obrębie poszczególnych obiektów nie stwierdzono (w większości przypadków), prawdopodobnie ze względu na wąski zakres zmian składu granulometrycznego i próchnicy, istotnego wpływu tych własności na wartość kąta tarcia wewnętrznego i spójność badanych gleb.

Tabela 2

Table 2

Średnie wartości wilgotności wagowej ( $W_{aw}$ ), gęstości objętościowej ( $\rho_o$ ) oraz spójności ( $c$ ) i kąta tarcia wewnętrznego ( $\phi$ ), dla dwóch stanów uwilgotnienia gleb – polowego i pF2  
Mean values of soil moisture ( $W_{aw}$ ), bulk density ( $\rho$ ), soil cohesion ( $c$ ), angle of internal friction ( $\phi$ ), for two soil moisture conditions – field condition and pF 2

Obiekt Object	Okres Season	Warstwa Layer [m]	Gęstość Density	Warunki polowe Field conditions			Warunki przy pF 2 pF 2 conditions		
			$\rho_o$	Waw	$\phi$	c	Waw	$\Phi$	c
			[g·cm <sup>-3</sup> ]	[% wag.]	[o]	[kPa]	[% wag.]	[o]	[kPa]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stobno	wiosna spring	0,25–0,30	1,56	17,0	20,1	44,8	17,2	18,3	45,2
		0,35–0,40	1,55	18,4	19,7	45	17,9	17,6	41,2
		0,45–0,50	1,56	17,3	20,5	34,4	18,6	19,9	32,6
		0,55–0,60	1,57	17,3	19,2	38,5	17,4	18,8	36
	jesień autumn	0,25–0,30	1,50	17,0	25,7	28,7	19,1	18,6	30,7
		0,35–0,40	1,51	16,8	22,7	40,8	19,2	14,8	38,7
		0,45–0,50	1,53	12,8	29,4	42,9	18,5	17,3	36,2
		0,55–0,60	1,58	12,5	30,8	52,5	18,4	19,4	36,6

Tabela 1 cd.  
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obojno Gosp.	wiosna spring	0,25–0,30	1,52	15,3	23,3	24,8	17,6	24,8	18,8
		0,35–0,40	1,64	12,8	22,2	41,9	15,3	23,0	40,6
		0,45–0,50	1,56	14,2	22,9	34,7	17,5	20,0	30,5
		0,55–0,60	1,52	13,0	24,4	24,7	16,1	27,8	8,7
	jesień / autumn	0,25–0,30	1,51	14,7	25,3	30,0	19,4	18,2	17,7
		0,35–0,40	1,55	12,9	19,3	39,8	16,7	21,4	20,3
		0,45–0,50	1,48	11,4	21,5	36,1	22,5	15,5	17,1
		0,55–0,60	1,49	7,28	27,4	38,8	21,9	20,5	9,7
Obojno	wiosna spring	0,25–0,30	1,47	20,4	31,8	36,4	23,7	16,8	41,0
		0,35–0,40	1,41	21,9	26,8	44,0	24,6	14,8	57,2
		0,45–0,50	1,39	28,3	22,0	43,1	26,3	11,4	50,2
		0,55–0,60	1,36	26,5	21,8	26,3	26,7	17,2	29,8
	jesień autumn	0,25–0,30	1,42	23,0	13,0	65,3	23,8	7,1	65,0
		0,35–0,40	1,40	22,4	22,0	45,0	23,7	16,9	40,6
		0,45–0,50	1,40	24,4	15,2	59,1	25,6	10,4	57,1
		0,55–0,60	1,39	24,2	25,6	33,6	26,9	8,4	59,5
Dębica	wiosna spring	0,25–0,30	1,59	16,3	23,5	29,7	17,7	21,0	31,0
		0,35–0,40	1,56	17,7	22,2	26,7	19,1	23,5	20,0
		0,45–0,50	1,51	17,9	22,6	26,5	22,3	21,3	22,0
		0,55–0,60	1,56	19,4	19,4	39,5	20,4	20,1	35,0
	jesień autumn	0,25–0,30	1,57	13,0	34,9	27,9	18,4	21,5	25,4
		0,35–0,40	1,52	12,3	30,8	24,6	20,0	21,7	22,9
		0,45–0,50	1,51	10,7	35,7	36,4	22,2	20,6	25,0
		0,55–0,60	1,57	7,4	36,6	33,6	18,2	18,8	31,0

Natomiast w odniesieniu do wszystkich obiektów stwierdzono, że próchnica ma dodatni wpływ na spójność a ujemny na kąt tarcia wewnętrznego gleby. Zaś wzrost zawartości ilu koloidalnego (<0,002 mm) zwiększał wartość spójności oraz zmniejszał kąt tarcia wewnętrznego.

Analiza wykazała również, że stabilizacja wilgotności przy pF2 spowodowała zniwelowanie różnic w wartościach wyznaczanych parametrów wytrzymałościowych w obrębie poszczególnych obiektów pomiędzy okresami wiosennym i jesiennym. W tym przypadku maksymalne różnice wartości badanych parametrów, stwierdzone dla obiektu Obojno, wynosiły 9,1° i 29,7 kPa. Jednak w odniesieniu do wszystkich badanych gleb zaobserwowano, że wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności były znacznie zróżnicowane – podobnie jak w polu i wahały się odpowiednio w przedziałach: 7,1–27,8° i 8,7–65 kPa.

## PODSUMOWANIE

Uzyskane dane stanowią unikalny zbiór informacji o stanie wytrzymałościowym podornej warstwy badanej gleby i stanowią swoisty punkt odniesienia dla badań, które były lub będą prowadzone na obiektach o podobnym składzie granulometrycznym. Umożliwiają jednocześnie dokonywanie stosownych obliczeń na użytek projektowania i eksploatacji głęboko pracujących narzędzi uprawowych. Należy przy tym pamiętać, że w warunkach rzeczywistych mamy do czynienia z układem dynamicznym. W prezentowanych badaniach w okresie wiosennym kąt tarcia wewnętrznego i spójność, przy wilgotności zbliżonej do pF<sub>2</sub>, są stabilne w warstwie 25–60 cm. Natomiast w okresie jesiennym, gdy zawartość wody maleje w głąb profilu glebowego, wartości parametrów wytrzymałościowych wyraźnie wzrastają z głębokością. Po standaryzacji warunków wilgotnościowych przy pF<sub>2</sub> wytrzymałość próbek pobranych jesienią stabilizuje się na zbliżonym poziomie.

## PIŚMIENNICTWO

- Domżał H.: 1971. Zależność spójności od uwilgotnienia w glebach wytworzonych z różnych skał macierzystych. *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska, Lublin*, Vol. XXVI, 10, 238–251.
- Horn R., Fleige H.: 2003. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. *Soil & Tillage Research* 73, 89–99.
- Turski R., Domżał H., Słowińska A.: 1972. Zależność tarcia wewnętrznego od wilgotności gleb wytworzonych z różnych skał macierzystych. *Rocz. Gleb. T. XXIII*, z. 1., Warszawa, 15–26.
- Turski R., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: 1975. Zmiany tarcia wewnętrznego w glebach wytworzonych z lessu w aspekcie ich podatności na erozję wodną. *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska, Lublin*, Vol. XXX, 10, 97–105.
- Turski R., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: 1979. Zmiany oporów ścinania gleby lessowej w zależności od jej zagęszczenia i wilgotności. *Rocz. Gleb. T. XXX*, z. 2., Warszawa, 199–211.
- Van den Akker J.J.H., Canarache A.: 2000. Concerted Actions on Subsoil Compaction in Western European Countries and on Subsoil Compaction in Central and Eastern European Countries. In: Experience with the impact and prevention of subsoil compaction in the European Community. Proceedings of the 3rd workshop of the Concerted Action "Experience with the impact of subsoil compaction on soil, crop growth and environment and ways to prevent subsoil compaction", 14–16 June 2000, Uppsala, 7–19.
- PN-R-04033. 1998. Gleby i utwory mineralne: Podział na frakcje i grupy granulometryczne, s. 5.
- PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.

---

**INVESTIGATIONS OF THE SHEAR STRENGTH OF SOIL  
IN THE SUBSOIL OF THE BLACK SOILS OF THE SZCZECIN LOWLAND**

**S u m m a r y**

Investigations of the soil cohesion and angle of internal friction were conducted on black soils, to evaluate the soil strength of subsoil layer. The research took place during both the spring and autumn seasons, on undisturbed soil samples. The measured values of soil strength parameters as expected, are strongly related to soil water content. The results may be helpful for the process of construction agriculture machines and particularly for the development of techniques for reducing subsoil compaction.

KEY WORDS: soil, subsoil, cohesion, angle of internal friction

Recenzent: prof. dr hab. Józef Walczyk, Akademia Rolnicza w Krakowie

**Adres do korespondencji:**

Marek Śnieg  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI/1  
71-459 Szczecin  
e-mail: [msnieg@agro.ar.szczecin.pl](mailto:msnieg@agro.ar.szczecin.pl)





**Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,  
Krzysztof Pieczarka**

**OCENA ZMIAN PARAMETRÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH  
GLEBY W WYBRANYCH TECHNOLOGIACH UPRAWY**  
**EVALUATION OF CHANGES MECHANICAL PARAMETERS  
OF SOIL IN DIFFERENT TECHNOLOGIES OF TILLAGE**

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental  
and Life Sciences*

W pracy omówiono zmiany zwięzłości i maksymalnych naprężeń ścinających w wybranych technologiach uprawy pszenicy odmiany Clever. Glebę uprawiano tradycyjnie, zastosowano również uproszczenia uprawowe i siew bezpośredni. Wykazano, że zastępowanie orki innymi zabiegami uprawowymi ma istotny wpływ na zmiany tych parametrów. Gleba poddana zabiegom uprawowym cechuje się wyższą zwięzłością w porównaniu do tradycyjnych metod uprawy.

SŁOWA KLUCZOWE: uprawa tradycyjna i uproszczona, zwięzłość, maksymalne naprężenia ścinające

### WSTĘP

Duża pracochłonność i energochłonność zabiegów uprawowych sprawia, że w ostatnich latach szczególnego znaczenia nabiera problematyka uproszczeń uprawowych. Zastępuje się orkę bardziej wydajną uprawą wykonywaną za pomocą agregatów uprawowych. Stosowanie uproszczeń uprawowych ma duży wpływ na zmiany parametrów wytrzymałościowych, wzrasta zwięzłość gleby oraz maksymalne naprężenia ścinające. [Włodek i in. 1998]. Brak jest natomiast jednoznacznych wniosków co do zmian tych parametrów w trakcie sezonu wegetacyjnego roślin. Zmienny przebieg pogody, a w szczególności duża ilość opadów wpływa na uwilgotnienie gleby, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszania różnic w poszczególnych technologiach uprawy i uzyskiwania porównywalnych plonów [Owsiak i in. 1998].

Na podstawie powyższych rozważań można stwierdzić, że zakres zmian parametrów wytrzymałościowych gleby w wybranych technologiach uprawy nie został jeszcze dostatecznie rozpoznany. Za cel główny przeprowadzonych badań przyjęto rozpoznanie zmian tych parametrów w wybranych technologiach uprawy gleby. Ocenie poddano takie parametry, jak: maksymalne naprężenia ścinające oraz zwięzłość gleby.

## PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2005–2006 na poletkach doświadczalnych RZD Swojec we Wrocławiu na glebie określonej jako glina piaszczysta. Rośliną uprawianą była pszenica ozima odmiany Clever. Po zbiorze pszenicy w 2005 roku badane poletka obsiano ponownie pszenicą tej samej odmiany, jej zbiór nastąpił w 2006 roku. Pomiarów wykonano na czterech obiektach różniących się między sobą technologią uprawy gleby.

Na pierwszym obiekcie uprawę roli prowadzono metodami tradycyjnymi. Na drugim w uprawie uproszczonej I wykonano zabiegi późniwne (broną talerzową), a w uprawie przedsięwnej orkę siewną zastąpiono kultywatores z wałem ugniatającym. Na trzecim w uprawie uproszczonej II pominięto uprawę późniwną, a uprawę przedsięwną wykonano tak jak poprzednio. Na obiekcie czwartym zastosowano siew bezpośredni za pomocą siewnika do siewu bezpośredniego. Wilgotność gleby wyznaczano wagi-suszarką WPE – 300S z głębokości 0,05–0,1 m. Maksymalne naprężenia ścinające zmierzono za pomocą ścinarki obrotowej VANE H-60 firmy Eijkelkamp o zakresie pomiarowym 0–260 kPa. Zwięzłość gleby obliczono na podstawie pomiarów oporu penetracji gleby zmierzonych za pomocą penetrometru stożkowego z elektroniczną rejestracją siły oporu i wielkości zagłębienia stożka pomiarowego w glebę.

Pomiary wykonano w pięciu powtórzeniach, w pracy przedstawiono średnią z tych powtórzeń. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Wykonano wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie istotności 0,05.

## ANALIZA WYNIKÓW

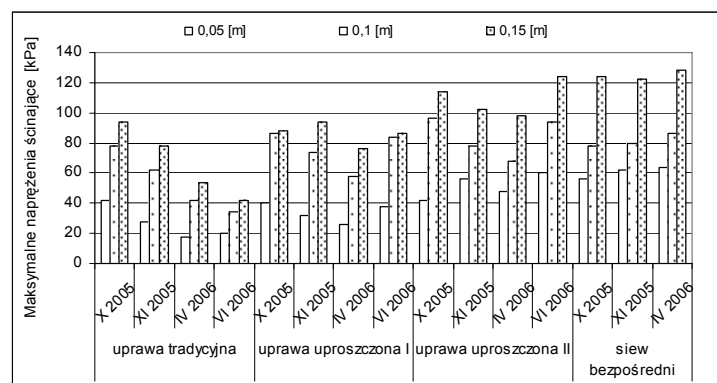
W tabeli 1 przedstawiono wilgotność gleby zmierzoną w badanych technologiach uprawy. Najwyższą wilgotnością cechowała się gleba podczas pomiarów listopadowych oraz kwietniowych. W tych terminach gleba poddana zabiegom uprawowym była zdolna zgromadzić większe ilości wilgoci w porównaniu do siewu bezpośredniego. Natomiast w okresie mniejszych opadów deszczu (październik i w czerwiec), z uwagi na nienaruszoną strukturę gleby większą wilgotność zmierzono dla siewu bezpośredniego pszenicy.

Pomiary maksymalnych naprężeń ścinających wykonano równoległe z pomiarami oporów penetracji gleby (rys. 1).

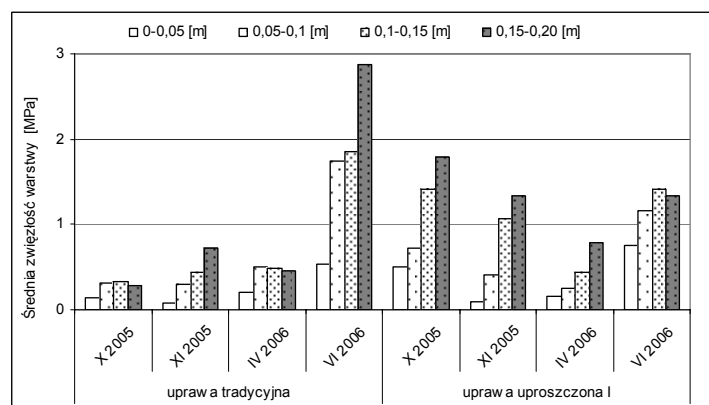
Największą wartość tego parametru zanotowano w uprawie z siewem bezpośrednim mieszczącą się w przedziale 56–136 kPa, a najmniejszą w uprawie tradycyjnej odpowiednio 18–78 kPa. Wzrost wilgotności gleby wpływał na obniżenie maksymalnych naprężeń ścinających, a upraszczanie uprawy skutkowało wzrostem wartości tego parametru.

Tabela 1  
Table 1Wilgotność gleby  
Soil moisture

Termin pomiaru Measurement date	Wilgotność gleby [%] – Soil moisture [%]			
	uprawa tradycyjna traditional tillage	uprawa uproszczona I simplified tillage I	uprawa uproszczona II simplified tillage II	siew bezpośredni direct drilling
X 2005	9,5	10,3	10,6	11,8
XI 2005	14,1	13,7	14,6	13,1
IV 2006	13,0	13,3	14,1	12,9
VI 2006	8,9	9,6	9,9	12,7

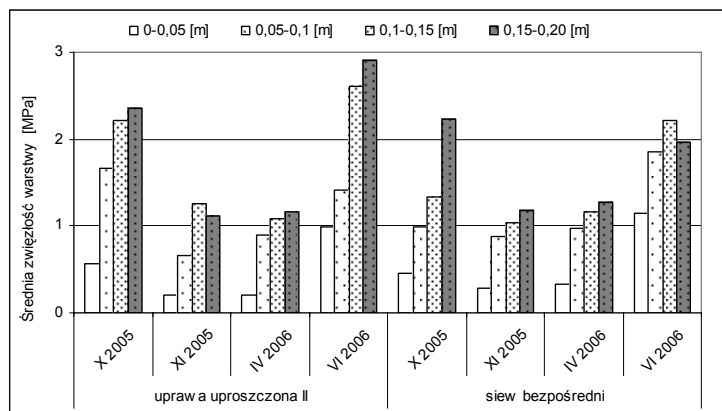
Rys. 1. Maksymalne naprężenia ścinające zmierzone w badanych technologiach uprawy gleby  
Fig. 1. Maximum shearing stress measured for investigated tillage technologies

Na rysunku 2 przedstawiono średnią zwięzłość warstwy gleby dla uprawy tradycyjnej i uproszczonej I.

Rys. 2. Średnia zwięzłość gleby. Uprawa tradycyjna i uproszczona I  
Fig. 2. Average soil penetration resistance. Traditional and simplified I tillage

W uprawie tradycyjnej pomiary wykonane w październiku i kwietniu nie wykazały istotnych zmian zwięzłości wraz ze zmianą głębokości profilu glebowego. Na taki stan wpływ miały zabiegi uprawowe wykonywane przed siewem pszenicy oraz duża wilgotność gleby (kwiecień). W uprawie uproszczonej I wykazano istotny wpływ głębokości pomiaru w każdym z badanych terminów. Natomiast w pomiarach wykonanych w czerwcu z uwagi na niższą wilgotność gleby zaznacza się stopniowy wzrost zwięzłości. W tym terminie największą wartość zwięzłości zanotowano w uprawie tradycyjnej na głębokości 0,1–0,15 m równą 2,8 MPa.

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki uzyskanej zwięzłości dla uprawy uproszczonej II oraz siewu bezpośredniego.



Rys. 3. Średnia zwięzłość gleby. Uprawa uproszczona II i siew bezpośredni  
Fig. 3. Average soil penetration resistance. Simplified tillage II and direct drilling

Brak uprawy późniwej spowodował wyraźny wzrost zwięzłości w miesiącu październiku, widoczny zarówno w uproszczonej uprawie II, jak i w siewie bezpośrednim. Dla największej analizowanej głębokości gleby średnia zwięzłość warstwy przekraczała 2 MPa. Interesujący wydaje się również fakt, że wyższe początkowo wartości zwięzłości w siewie bezpośrednim cechowały się mniejszą dynamiką zmian w poszczególnych terminach pomiarowych [Białczyk i in. 2006].

Można również stwierdzić, że stosowanie uproszczeń uprawowych polegających na rezygnacji z uprawy płużnej i zastępowanie jej innymi narzędziami uprawowymi (brona talerzowa, kultywator) skutkuje istotnymi zmianami zwięzłości gleby, szczególnie widocznymi w końcowym okresie wegetacji pszenicy. Na podstawie przeprowadzonego testu NIR oraz analizy grup jednorodnych stwierdzono, że badane technologie uprawy tworzą trzy odrębne grupy różniące się wartościami średniej zwięzłości gleby. Pierwsza grupa to pomiary przeprowadzone w uprawie tradycyjnej, druga – to pomiary dla uprawy uproszczonej I i II, a trzecia – pomiary wykonane w siewie bezpośrednim pszenicy.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski końcowe:

1. Stwierdzono, że zastępowanie orki innymi zabiegami uprawowymi wpływa na istotny wzrost parametrów wytrzymałościowych gleby. Wraz ze zwiększaniem głębokości pomiaru obserwowano wzrost wartości tych parametrów.

2. Wykazano, że pomimo wykonywania wszystkich zabiegów uprawowych w tradycyjnym sposobie uprawy gleby, zwięzłość kształtująca się na niskim poziomie w początkowym okresie wegetacji pszenicy (październik, listopad) ulegała znacznemu powiększeniu pod koniec tego okresu (czerwiec).

3. Gleba poddana uproszczeniom uprawowym charakteryzuje się średnio wyższą zwięzłością gleby, szczególnie widoczną w uprawie uproszczonej II i siewie bezpośrednim pszenicy. W tych uprawach obserwowano mniejszą podatność gleby na zmiany zwięzłości w różnych warunkach wilgotnościowych.

## PIŚMIENNICTWO

- Białczyk W., Cudzik A., Czarnecki J., Pieczarka K.: 2006. Ocena zmian niektórych parametrów wytrzymałościowych gleby w wybranych technologiach uprawy. *Inżynieria Rolnicza* nr 2 (77), 103–109.
- Owsiak Z., Lejman K., Lesiak J.: 1998. Wpływ zwięzłości gleby na jej parametry wytrzymałościowe. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 454, 263–270.
- Włodek S., Kukuła S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A.: 1998. Zmiany gęstości, zwięzłości i wilgotności gleby powodowane różnymi sposobami uprawy roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 460, 413–420.

## EVALUATION OF CHANGES MECHANICAL PARAMETERS OF SOIL IN DIFFERENT TECHNOLOGIES OF TILLAGE

### S u m m a r y

The paper presents the results of the investigation of the mechanical parameters of soil in different production technologies of winter wheat cultivation. The mechanical parameters were measured along with physical parameters of soil. Max. cutting stress and soil compactness were also measured. As has been found, there is a relationship between winter wheat plants and the values of parameters under investigation. The simplified tillage was found the most resistant for pressure.

KEY WORDS: technologies of tillage, soil compactness, maximal cutting stress

Recenzent: prof. dr hab. Józef Walczyk, Akademia Rolnicza w Krakowie

#### Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Włodzimierz Białczyk  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław  
Tel. 071 3205706 [bialczyk@imr.ar.wroc.pl](mailto:bialczyk@imr.ar.wroc.pl)



**Lesław Zimny, Roman Waclawowicz**

**ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH GLEBY W UPRAWIE  
BURAKA CUKROWEGO POD WPLYWEM ZAGĘSZCZANIA  
ROLI ORAZ ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA  
ORGANICZNEGO**

**CHANGES IN PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL  
IN CULTIVATION OF SUGAR BEET UNDER THE INFLUENCE  
OF SOIL COMPACTION AND DIFFERENT ORGANIC  
FERTILIZATION**

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University  
of Environmental and Life Sciences*

W pracy badano zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby wywołane zróżnicowanym nawożeniem organicznym oraz różnymi sposobami uprawy roli, w których z różną częstotliwością w okresie wiosennym stosowano wał gładki o masie 1,7 t. Celem badań było przeanalizowanie, który z zastosowanych nawozów (obornik, międzyplon ścierniskowy + słoma) w większym stopniu ogranicza skutki nadmiernego ugniatania roli. Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli w okresie siewu buraka cukrowego, polegające na jedno-, dwu- lub trzykrotnym użyciu wału gładkiego, w małym stopniu różnicowały właściwości fizyczne gleby. Wprowadzenie do gleby słomy przedplonowej łącznie z międzyplonem ścierniskowym, w porównaniu do tradycyjnego nawożenia obornikiem, wykazało tendencje do ograniczenia nadmiernego zagęszczenia roli. Wraz ze wzrostem częstotliwości wiosennego wałowania roli obserwowano tendencje wzrostu gęstości objętościowej gleby, a zmniejszenie porowatości ogólnej i kapilarnej. Zależności te obserwowano szczególnie w najpłytszej z badanych warstw.

**SŁOWA KLUCZOWE:** właściwości fizyczne, gęstość gleby, obornik, międzyplon ścierniskowy

## WSTĘP

Wielokrotne przejazdy sprzętu rolniczego po polu ugniatają glebę, powodując szereg zmian w jej właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych [Buliński 2006, Pabin i in. 1998, Zimny 1994]. Ugniatanie powierzchni pola wpływa destrukcyjnie na stan fizyczny gleby, co przyczynia się do zmniejszenia jej porowatości ogólnej i zwiększenia zwięzłości w warstwie ornej i podornej oraz obniżenia wilgotności [Czyż i Tomaszewska 1993, Kozicz 1996, Pabin i in. 1998]

Jak wynika z wcześniejszych badań, buraki cukrowe negatywnie reagują na nadmierne zagęszczenie roli [Ostrowska 1971, Pabin i in. 1998, Schulze i Bohle 1976]. Według Baranowskiego i Pabina [1980], Czyż i Tomaszewskiej [1993] oraz Ševlĵagina [1968] optymalna gęstość roli dla prawidłowego wzrostu i wysokiego plonowania tego gatunku wynosi  $1,00\text{--}1,47 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z kolei porowatość ogólna gleby przeznaczanej do uprawy buraka cukrowego, zdaniem Gutmańskiego [1991], powinna kształtować się na poziomie 42–52%. Odmienne zależności pomiędzy właściwościami fizycznymi gleby a plonem buraka cukrowego w swoich badaniach obserwowali natomiast Kordas [2000], Kuc [2006], Malak [2000], Zimny [1994] oraz Zimny i Kordas [2002]. Autorzy ci wykazali, że możliwa jest uprawa buraka cukrowego bez obniżki plonów na glebach o większym zagęszczeniu, mieszczącym się w granicach od 1,50 do 1,79  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  oraz porowatości ogólnej nie mniejszej niż 31,4%. Wobec wyżej wymienionych doniesień naukowych problem wpływu ugniatania gleby w uprawie buraka cukrowego na jej właściwości fizyczne jest nierozstrzygnięty.

Celem podjętych badań było określenie zmian wybranych właściwości fizycznych gleby wywołanych różnymi sposobami uprawy roli oraz nawożenia naturalnego i przyorywanego międzyplonu. Interesujące wydaje się zbadanie czy przyorywanie masy międzyplonu i słomy, stosowane w gospodarstwach bezinwentarzowych, ogranicza skutki nadmiernego ugniatania roli.

## WARUNKI I METODA

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach, realizowano na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego w latach 1998–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec koło Wrocławia. Czynnikiem I rzędu było zróżnicowane nawożenie naturalne – obornik ( $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i międzyplon ścierniskowy ( $16,0\text{--}28,7 \text{ t}$  świeżej masy  $\cdot\text{ha}^{-1}$ ) uprawiany po przyoranej słomie przedplonowej (tab. 1). Nawozy przyorano głęboką orką przedzimową. Czynnikiem II rzędu była zróżnicowana uprawa wiosenna. Obiektem kontrolnym była uprawa tradycyjna, w której zastosowano bronę średnią, agregat uprawowy (kultywator o zębach sprężystych+brona średnia) i wał strunowy. Na obiektach 2–6 w okresie siewu buraków stosowano wał gładki o masie 1,7 t w różnych kombinacjach: obiekt 2 – jeden raz po siewie, obiekt 3 – jeden raz przed siewem, obiekt 4 – jeden raz przed i po siewie, obiekt 5 – dwa razy przed siewem, obiekt 6 – dwa razy przed siewem i jeden raz po siewie.



Wilgotność, gęstość i porowatość gleby oznaczono za pomocą cylinderków o pojemności 100 cm<sup>3</sup> w 6 powtórzeniach w warstwach 5–10, 15–20 i 25–30 cm w okresie wschodów i zbioru buraka cukrowego.

Tabela 1

Table 1

## Schemat doświadczenia

## Scheme of experiment

Czynnik Factor	Nazwa obiektu – Treatment	
	pełna – full	skrócona – short
I. Nawożenie organiczne Organic fertilization	A. uprawa późniwna, nawożenie obornikiem w dawce 30 t·ha <sup>-1</sup> post-harvest tillage, manuring 30 t·ha <sup>-1</sup>	obornik manure
	B. słoma przyorana orką średnią, międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała) straw ploughed down with medium ploughing, stubble crop (white mustard)	słoma+międzyplon straw+ stubble crop
II. Uprawa wiosenna Spring tillage	1. uprawa tradycyjna, siew traditional tillage, sowing	1. #, #, siew
	2. uprawa tradycyjna, siew, wałowanie wałem gładkim traditional tillage, sowing, smooth rolling	2. #, #, siew, ●
	3. bronowanie 2x, wałowanie wałem gładkim, bronowanie, siew harrowing 2x, smooth rolling, harrowing, sowing	3. #, # ●, #, siew
	4. bronowanie 2x, wałowanie wałem gładkim, bronowanie, siew, wałowanie wałem gładkim harrowing 2x, smooth rolling, harrowing, sowing, smooth rolling	4. #, #, ●, #, siew, ●
	5. bronowanie 2x, wałowanie wałem gładkim 2x, bronowanie, siew harrowing 2x, smooth rolling 2x, harrowing, sowing	5. #, #, ●, ●, #, siew
	6. bronowanie 2x, wałowanie wałem gładkim 2x, bronowanie, siew, wałowanie wałem gładkim harrowing 2x, smooth rolling 2x, harrowing, sowing, smooth rolling	6. #, #, ●, ●, #, siew, ●

## OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

**Porowatość ogólna** gleby w okresie wschodów buraka cukrowego była istotnie zróżnicowana tylko pod wpływem zróżnicowanych sposobów uprawy (tab. 2). W warstwie 5–10 cm najwyższą jej wartość (35,4%) stwierdzono na poletkach, na których zastosowano jednokrotne wałowanie po siewie, a najniższą (33,6%) jeśli poletka wało-

wano dwukrotnie przed siewem buraka i jednokrotnie po jego siewie. W warstwie 15–20 i 25–30 cm nie obserwowano istotnych różnic porowatości pod wpływem zróżnicowanej uprawy roli. Wprawdzie nie udowodniono tego statystycznie, ale można również zauważyć, że wprowadzenie do gleby słomy łącznie z międzyplonem we wszystkich badanych warstwach wykazało tendencje do zwiększenia porowatości ogólnej gleby w stosunku do stwierdzonej na poletkach nawożonych obornikiem. Również w innych badaniach Zimny i in. [2005] obserwowali nieco większą porowatość ogólną gleby po zastosowaniu nawozów zielonych niż obornika.

Tabela 2  
Table 2

Porowatość ogólna gleby [%] (średnie z lat 1998–2000)  
Total porosity of soil [%] (means for 1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Warstwa – Layer – cm								
	5–10			15–20			25–30		
	obornik manure	słoma + między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obornik manure	słoma + między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obornik manure	słoma + między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean
okres wschodów – emergence periode									
1. #, #, siew	34,5	35,6	35,1	34,6	34,6	34,6	35,1	34,7	34,9
2. #, #, siew, ●	34,7	36,0	35,4	33,6	36,4	35,0	33,4	34,5	34,0
3. #, #, ●, #, siew	34,6	33,6	34,1	34,0	34,2	34,1	33,7	33,7	33,7
4. #, #, ●, #, siew, ●	33,6	34,9	34,3	34,7	34,8	34,8	33,3	34,9	34,1
5. #, #, ●, ●, #, siew	32,8	34,7	33,8	33,8	34,3	34,1	33,7	34,3	34,0
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	33,5	33,7	33,6	35,2	33,6	34,4	34,2	34,0	34,1
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		1,6	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio – Mean	34,0	34,8	–	34,3	34,7	–	33,9	34,4	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		–	r.n.		–	r.n.		–
termin zbioru – harvest time									
1. #, #, siew	35,3	35,8	35,6	34,2	34,6	34,4	35,4	34,0	34,7
2. #, #, siew, ●	34,4	32,8	33,6	33,3	33,6	33,5	33,8	35,2	34,5
3. #, #, ●, #, siew	32,0	32,6	32,3	32,7	35,6	34,2	32,6	36,1	34,4
4. #, #, ●, #, siew, ●	32,9	34,2	33,6	31,4	34,8	33,1	33,9	34,2	34,1
5. #, #, ●, ●, #, siew	32,0	34,4	33,2	34,2	35,5	34,9	35,0	35,5	35,3
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	31,8	32,6	32,2	33,6	34,0	33,8	35,1	35,5	35,3
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	2,0		r.n.	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio – Mean	33,1	33,8	–	33,2	34,7	–	34,3	35,1	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		–	r.n.		–	r.n.		–

r.n. – różnice nieistotne – not significant differences

W okresie zbioru buraków nie stwierdzono istotnych różnic w porowatości ogólnej gleby pod wpływem uprawy ani nawożenia. Na istotne zróżnicowanie tej cechy wpłynęło natomiast współdziałanie obu czynników doświadczenia. W warstwie 5–10 cm

porowatość ogólna była o 4% większa, jeśli przyorano słomę z międzyplonem i stosowano uprawę tradycyjną niż w przypadku nawożenia obornikiem i trzykrotnego wałowania roli.

**Porowatość kapilarna** gleby w okresie wiosennym była istotnie zróżnicowana pod wpływem zastosowanego nawożenia i zróżnicowanej uprawy wiosennej (tab. 3). W najpłytszej z badanych warstw wprowadzenie do gleby międzyplonu sprzyjało zwiększeniu porowatości o 0,5% w porównaniu ze stwierdzoną na poletkach nawożonych obornikiem. Podobną tendencję obserwowano w najgłębszej z badanych warstw. Spośród stosowanych sposobów uprawy roli nieznacznie korzystniej na porowatość kapilarną gleby (oznaczoną w terminie wiosennym) poprzez jej zwiększenie w warstwie 5–10 cm oddziaływało natomiast jednokrotne zastosowanie wału gładkiego po siewie buraka albo dwukrotne przed jego siewem (29,4%), z kolei najmniej korzystnie trzykrotne zastosowanie tego narzędzia (28,6%).

Tabela 3

Table 3

Porowatość kapilarna gleby w % (średnie z lat 1998–2000)  
Capillary porosity of soil in % (means for 1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Warstwa – Layer – cm								
	5–10			15–20			25–30		
	obornik ma- nure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	średnio mean	obornik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	średnio mean
okres wschodów – emergence periode									
1. #, #, siew	29,0	29,0	29,0	29,7	28,9	29,3	30,8	29,5	30,2
2. #, #, siew, ●	29,2	29,6	29,4	29,8	28,0	28,9	28,2	29,1	28,7
3. #, #, ●, #, siew	28,5	29,1	28,8	30,4	29,8	30,1	28,3	29,1	28,7
4. #, #, ●, #, siew, ●	28,5	29,6	29,1	29,6	30,5	30,0	28,5	29,6	29,1
5. #, #, ●, ●, #, siew	29,2	29,6	29,4	28,8	29,2	29,0	28,8	29,7	29,3
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	28,4	28,7	28,6	29,7	29,3	29,5	28,7	28,9	28,8
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	0,4		0,6	0,7		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio – Mean	28,8	29,3	–	29,7	29,3	–	28,9	29,3	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	0,2		–	r.n.		–	r.n.		–
termin zbioru – harvest time									
1. #, #, siew	28,7	29,3	29,0	27,5	26,9	27,2	28,6	28,5	28,6
2. #, #, siew, ●	25,5	27,6	26,6	26,8	27,8	27,3	27,0	28,9	28,0
3. #, #, ●, #, siew	26,4	27,3	26,9	26,7	28,6	27,7	26,9	29,5	28,2
4. #, #, ●, #, siew, ●	26,8	28,7	27,8	26,7	28,7	27,7	27,2	28,5	27,9
5. #, #, ●, ●, #, siew	25,9	28,8	27,4	28,1	27,2	27,7	28,7	28,0	28,4
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	26,3	26,7	26,5	27,4	27,8	27,6	28,6	29,4	29,0
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		1,5	r.n.		r.n.	r.n.		0,4
Średnio – Mean	26,6	28,1	–	27,2	27,8	–	27,8	28,8	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	1,4		–	r.n.		–	r.n.		–

r.n. – różnice nieistotne – not significant differences

W okresie zbioru buraka obserwowano podobne tendencje zmian. Spośród przyoranych form nawozów zastosowanie słomy i międzyplonu przyczyniło się do zwiększenia porowatości kapilarnej gleby we wszystkich badanych warstwach – statystycznie zależność tę udowodniono jednak tylko w warstwie najpłytszej. Z kolei w opinii Kłossowskiego i Mercika [1980] stosowanie obornika znacznie zwiększa kapilarną pojemność wodną przy jednoczesnym zmniejszeniu jej gęstości. W badaniach własnych w najpłytszej warstwie, podobnie jak w terminie siewu buraka cukrowego, najmniejszą (26,5%) porowatość stwierdzono po trzykrotnym użyciu wału gładkiego, natomiast największą (29,0%) jeśli prowadzono uprawę tradycyjną. Z kolei w najgłębszej z badanych warstw nieznacznie więcej porów kapilarnych było w glebie wałowanej dwa razy przed siewem i raz po siewie, niż jeśli zastosowano wał gładki zarówno przed, jak i po siewie.

**Wilgotność gleby** w okresie wschodów buraka cukrowego w warstwie 5–10 cm była istotnie zróżnicowana pod wpływem współdziałania obu czynników (tab. 4). Największą stwierdzono po zastosowaniu obornika w warunkach uprawy tradycyjnej lub jeśli wprowadzono do gleby słomę z międzyplonem i przed siewem buraka przeprowadzono jednokrotne wałowanie – w takich warunkach była ona istotnie większa niż po przyoraniu nawozu zielonego i dwukrotnym, przedsięwziętym wałowaniu gleby, średnio o 2,1 punktu procentowego. W warstwie 25–30 cm odnotowano natomiast istotne zróżnicowanie wilgotności gleby jedynie pod wpływem wiosennej uprawy roli. Największą wilgotnością (23,2%) charakteryzowała się gleba wałowana jednokrotnie przed siewem buraka, a najmniejszą (21,2%) jeśli dodatkowo zastosowano wał gładki po siewie.

W okresie zbioru buraka cukrowego w warstwie najpłytszej zaobserwowano z kolei odwrotną zależność – największe uwilgotnienie gleby (23,1%) odnotowano w warunkach wprowadzenia do gleby słomy i międzyplonu oraz dwukrotnego wałowania po siewie rośliny uprawnej, a najmniejsze (19,4%) jeśli zrezygnowano z wałowania, a jesienią wprowadzono do gleby obornik. W warstwie 15–20 cm najwięcej wody zgromadzono po dwukrotnym użyciu wału gładkiego przed siewem, a najmniej jeśli dodatkowo narzędzie to zastosowano po siewie buraka – zależność tę udowodniono statystycznie. Nie stwierdzono natomiast wpływu zastosowanych nawozów na zmianę wilgotności gleby. Kuc i Zimny [2004] wykazali natomiast w uprawie buraka cukrowego negatywny wpływ na właściwości wodne gleby nawożenia międzyplonem ścierniskowym uprawianym po przyoranej słomie.

Tabela 4  
Table 4Wilgotność gleby w % objętościowych (średnie z lat 1998–2000)  
Soil moisture in % volume (means for 1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Warstwa – Layer – cm								
	5–10			15–20			25–30		
	obor- nik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obor- nik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obor- nik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	średnio mean
okres wschodów – emergence periode									
1. #, #, siew	23,2	21,6	22,4	25,0	23,7	24,4	23,4	21,2	22,3
2. #, #, siew, ●	21,2	22,3	21,8	25,8	22,3	24,1	21,8	21,7	21,8
3. #, #, ●, #, siew	21,2	23,2	22,2	24,9	24,5	24,7	25,2	21,1	23,2
4. #, #, ●, #, siew, ●	21,6	22,5	22,1	24,1	24,2	24,2	20,8	21,5	21,2
5. #, #, ●, ●, #, siew	22,5	21,1	21,8	24,4	24,2	24,2	22,1	20,8	21,5
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	22,3	22,6	22,5	25,4	24,9	24,9	21,3	21,5	21,4
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	1,7		r.n.	r.n.		r.n.	r.n.		0,9
Średnio – Mean	22,0	22,2	–	24,9	24,0	–	22,4	21,3	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		–	r.n.		–	r.n.		–
termin zbioru – harvest time									
1. #, #, siew	19,4	21,1	20,3	19,8	21,4	20,6	16,9	16,7	16,8
2. #, #, siew, ●	21,0	22,5	21,8	22,0	21,4	21,7	16,3	16,6	16,5
3. #, #, ●, #, siew	19,9	21,1	20,5	21,5	19,8	20,7	16,3	15,1	15,7
4. #, #, ●, #, siew, ●	20,6	22,6	21,6	21,2	21,3	21,3	16,6	16,1	16,4
5. #, #, ●, ●, #, siew	21,3	23,1	22,2	23,0	22,6	22,8	15,9	15,8	15,9
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	22,1	19,5	20,8	19,0	21,7	20,4	15,4	16,1	15,8
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	2,0		r.n.	r.n.		0,8	1,1		r.n.
Średnio – Mean	20,7	21,7	–	21,1	21,4	–	16,2	16,1	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		–	r.n.		–	r.n.		–

r.n. – różnice nieistotne – not significant differences

**Gęstość objętościowa gleby** w okresie wschodów buraka cukrowego była zróżnicowana w niewielkim stopniu (tab. 5). Jedynie w warstwie 5–10 cm stwierdzono istotnie zmiany gęstości wywołane badanymi czynnikami. Nawożenie słomą z międzyplonem istotnie zmniejszyło gęstość gleby w porównaniu z obserwowaną na poletkach nawożonych obornikiem z  $1,72 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $1,71 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , tj. o 1,2%. Z kolei jednokrotne zastosowanie wału gładkiego po siewie okazało się zabiegiem ograniczającym zagęszczenie gleby średnio o 2,9% w porównaniu do trzykrotnego użycia tego narzędzia.

Pod koniec okresu wegetacyjnego istotnie mniejszą gęstość objętościową gleby pod wpływem nawozów zielonych stwierdzono jedynie w warstwie 15–20 cm – była ona o 2,9% mniejsza niż na poletkach nawożonych tradycyjnie. W pozostałych warstwach obserwowano podobny kierunek zmian, nie udowodniono jednak tego statystycznie.

Uprawa wiosenna różnicowała zagęszczenie gleby tylko w warstwie najpłytszej. Gęstość gleby na poletkach wałowanych jednokrotnie (przed siewem) lub trzykrotnie była o 4,7% większa niż po zrezygnowaniu z tego zabiegu.

Tabela 5

Table 5

Gęstość objętościowa gleby w  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (średnie z lat 1998–2000)  
Bulk density of soil in  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (means for 1998–2000)

Uprawa wiosenna Spring tillage	Warstwa – Layer – cm								
	5–10			15–20			25–30		
	obor- nik manu- re	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obor- nik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	śred- nio mean	obor- nik manure	słoma+ między- plon straw+ stubble crop	średnio mean
okres wschodów – emergence periode									
1. #, #, siew	1,71	1,68	1,70	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
2. #, #, siew, ●	1,70	1,67	1,69	1,73	1,69	1,71	1,73	1,70	1,72
3. #, #, ●, #, siew	1,71	1,73	1,72	1,72	1,72	1,72	1,71	1,73	1,72
4. #, #, ●, #, siew, ●	1,71	1,70	1,71	1,70	1,67	1,69	1,70	1,69	1,70
5. #, #, ●, ●, #, siew	1,76	1,69	1,73	1,73	1,72	1,73	1,72	1,71	1,72
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	1,74	1,73	1,74	1,70	1,73	1,72	1,72	1,73	1,73
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	0,03		0,04	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio – Mean	1,72	1,70	–	1,72	1,70	–	1,72	1,71	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	0,01		–	r.n.		–	r.n.		–
termin zbioru – harvest time									
1. #, #, siew	1,69	1,68	1,69	1,72	1,71	1,72	1,68	1,71	1,70
2. #, #, siew, ●	1,71	1,75	1,73	1,74	1,73	1,74	1,73	1,70	1,72
3. #, #, ●, #, siew	1,78	1,76	1,77	1,76	1,68	1,72	1,75	1,67	1,71
4. #, #, ●, #, siew, ●	1,75	1,71	1,73	1,79	1,70	1,75	1,77	1,72	1,75
5. #, #, ●, ●, #, siew	1,77	1,71	1,74	1,72	1,68	1,70	1,68	1,67	1,68
6. #, #, ●, ●, #, siew, ●	1,78	1,76	1,77	1,73	1,72	1,73	1,70	1,68	1,69
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		0,05	0,08		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio – Mean	1,75	1,73	–	1,74	1,70	–	1,72	1,69	–
NIR – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.		–	0,03		–	r.n.		–

r.n. – różnice nieistotne – not significant differences

## WNIOSKI

1. Modyfikacje tradycyjnej uprawy roli w okresie siewu buraka cukrowego, polegające na jedno-, dwu- lub trzykrotnym użyciu wału gładkiego, w niewielkim stopniu różnicowały właściwości fizyczne gleby.

2. Wprowadzenie do gleby słomy przedplonowej łącznie z międzyplonem ścierniskowym, w porównaniu do tradycyjnego nawożenia obornikiem, przyczyniło się do istotnego zwiększenia porowatości kapilarnej gleby oraz zmniejszenia jej gęstości w warstwie 5–10 cm oznaczonych w okresie wschodów buraka cukrowego.

3. Wraz ze wzrostem częstotliwości wiosennego wałowania roli obserwowano wzrost gęstości gleby, a zmniejszenie porowatości ogólnej i kapilarnej w najpłytszej z badanych warstw.

## PIŚMIENNICTWO

- Baranowski R., Pabin J.: 1980. Wpływ gęstości gleby lekkiej na plony buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 227, 61–67.
- Buliński J.: 2006. Możliwości ograniczenia ugniatania gleby kołami pojazdów rolniczych. *Post. Nauk Rol.* 4, 31–42.
- Czyż E., Tomaszewska J.: 1993. Changes of aeration conditions and the yield of sugar beet on sandy soil of different density. *Pol. J. Soil Sci.* 26, 1, 1–9.
- Gutmański I.: 1991. Produkcja buraka cukrowego. PWRiL, Poznań.
- Kłossowski W., Mercik S.: 1980. Wpływ wieloletniego stosowania obornika, wapnowania, nawożenia potasem i zmianowania na niektóre właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleby. *Rocz. Gleb.* 2, 53–64.
- Kordas L.: 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Rozpr.* 171, AR Wrocław.
- Kozicz J.: 1996. Ugniatanie gleb mechanizmami jezdnyimi agregatów przy uprawie roślin zbożowych i okopowych. *Post. Nauk Rol.* 4, 51–64.
- Kuc P.: 2006. Optymalizacja produkcji buraka cukrowego w warunkach różnych systemów uprawy. Praca doktorska wykonana w Katedrze Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, AR Wrocław.
- Kuc P., Zimny L.: 2004. Kształtowanie się właściwości fizycznych gleby pod wpływem zróżnicowanych systemów uprawy buraka cukrowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 3, 1129–1138.
- Malak D.: 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego przy wzrastających dawkach azotu mineralnego na właściwości gleby i plonowanie buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
- Ostrowska D.: 1971. Wpływ zagęszczenia gleby na wzrost i plonowanie buraków cukrowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 112, 257–265.
- Pabin J., Kukuła S., Włodek S., Biskupski A., Kaus A.: 1998. Wpływ głęboszowania i ugniatania gleby przejazdami ciągników na jej właściwości fizyczne i plony korzeni buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 400, 395–403.
- Schulze E., Bohle H.: 1976. Zuckerrübenproduktion. *Landwirtschaftliche Bodennutzung mit hoher Rendite*. Paul Parey, Berlin.
- Ševljagin A. I.: 1968. Reakcija selkochozajstvennych kul'tur na različnuju plotnost' složenija počvy. W: *Problemy zpracování půdy. Sborník referat z Mezinárodního vědeckého symposia v Brně 22-24 června 1966*. Praha, 93–102.

- Zimny L.: 1994. Badania nad warunkami wzrostu i plonowaniem buraka cukrowego przy zastosowaniu zróżnicowanych technologii uprawy. Rozpr. 126, AR Wrocław.
- Zimny L., Kordas L.: 2002. Wpływ zagęszczenia roli przy zróżnicowanym nawożeniu organicznym na wschody, obsadę i plonowanie buraka cukrowego. Biul. IHAR 222, 239–246.
- Zimny L., Waclawowicz R., Malak D.: 2005. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby jako skutki zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego azotowego. *Fragm. Agron.*, 1 (85) 664–677.

## **CHANGES IN PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN CULTIVATION OF SUGAR BEET UNDER THE INFLUENCE OF SOIL COMPACTION AND DIFFERENT ORGANIC FERTILIZATION**

### **S u m m a r y**

The experiment was conducted to study changes in selected physical properties of soil under varying organic fertilization and varying tillage systems. In the spring smooth roller with a mass of 1,7 ton was used with varying frequency. The aim of the studies was also to examine which of fertilizers (manure, stubble crop + straw) is more able to reduce the effects of overcompaction. Modifications of traditional tillage during sugar beet sowing (using of smooth roller ones, twice or three times) insignificantly modified physical properties of soil. Ploughing down forecrop straw including stubble crop limited in general negative effects of overcompaction in comparison with traditional manuring. Together with increasing of frequency of spring rolling bulk density increased in general and total and capillary porosity decreased. Those relations were observed especially in the shallowest of examined layers.

KEY WORDS: physical soil properties, density of soil, manure, stubble crop

Recenzent: prof. dr hab. Kazimierz Klima, Akademia Rolnicza w Krakowie

#### **Adres do korespondencji**

prof. dr hab. Lesław Zimny  
Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
pl. Grunwaldzki 24a  
50-363 Wrocław  
e-mail: zimny@ozi.ar.wroc.pl



**Leszek Kordas**

**WPLYW SPOSOBU UPRAWY ROLI I NAWOŻENIA  
AZOTOWEGO NA RESPIRACJĘ GLEBY**  
**THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND NITROGEN  
FERTILIZATION ON SOIL RESPIRATION**

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University*  
*of Environmental and Life Sciences*

W latach 2003–2006 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu Akademii Rolniczej we Wrocławiu badano wpływ różnych systemów uprawy roli: tradycyjny, bezorkowy (zastąpienie orki siewnej broną talerzową lub kultywatozem) i siew bezpośredni na wielkość respiracji gleby. Doświadczenie założono metodą split-plot w czterech powtórzeniach na glebie średniej, kompleksu żyniego dobrego. Badania wykazały znaczne zróżnicowanie respiracji pod wpływem różnych systemów uprawy roli. Na polatkach z siewem bezpośrednim oznaczono najmniejszą respirację gleby w obu fazach rozwojowych pszenicy zarówno na obiektach nawożonych pojedynczą, jak i podwójną dawką azotu. Największą respirację gleby odnotowano po uprawie tradycyjnej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** ogniwo zmianowania, siew bezpośredni, respiracja gleby, nawożenie azotowe, pszenica ozima

**WSTĘP**

Wyeliminowanie najbardziej energochłonnych zabiegów, takich jak orka oraz stosowanie uproszczeń jest jednym ze sposobów obniżenia kosztów produkcji. Jednak zbyt daleko posunięte uproszczenia mogą wpływać w niekorzystny sposób na środowisko glebowe. Związane są często z pogorszeniem niektórych właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Może to prowadzić do zmniejszenia jakości i wielkości plonu.

Zdolność respiracyjna gleby jest czułym wskaźnikiem zmian żyzności i aktywności biologicznej gleby. Badaniami nad respiracją gleby zajmowała się m.in. Runowska-Hryńczuk [2000]. Autorka ta wykazała, że aktywność biologiczna gleby w znacznym stopniu zależy od sposobu uprawy roli. W cytowanych badaniach najmniejszą aktywnością biologiczną wykazywała się gleba po siewie bezpośrednim (w stosunku do uprawy tradycyjnej mniejszą o około 40%). Zmniejszenie zdolności respiracyjnej odnotowano głównie w dolnej warstwie gleby 20–30 cm. Głównym czynnikiem warunkującym liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych jest zawartość dostępnej dla nich materii organicznej [Kobus 1995]. Aktywność biologiczna oddziałuje w istotny sposób na plonowanie roślin, a uzyskane niskie plony mogą świadczyć o naruszeniu równowagi biologicznej i energetycznej agroekosystemów.

Wiedza o wpływie uproszczeń uprawy roli na plonowanie i właściwości fizyczne i chemiczne gleby jest dość szeroka [Ball i in. 1994, Dzienia i in. 1995]. Znacznie mniej natomiast jest badań nad skutkami uproszczeń na aktywność biologiczną gleby, przy czym poglądy zawarte w piśmiennictwie są bardzo różne [Blevins i in. 1993, Frede i in. 1994, Alvarez i in. 1995].

Celem badań było określenie wpływu uprawy bezorkowej oraz siewu bezpośredniego na aktywność biologiczną gleby.

## MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie przeprowadzone było w latach 2003–2006 na madzie właściwej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVa należącej do kompleksu przydatności rolniczej żytnej bardzo dobrego w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu. Badania prowadzono na poletkach różniących się przedplonem (rzepak ozimy lub pszenica ozima). Dwuczynnikowe doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach o powierzchni poletek 60 m<sup>2</sup>. Porównywano sześć wariantów uprawy roli (tab. 1) oraz dwa poziomy nawożenia azotowego. Podstawowe nawożenie: 1 N – 120 kg/ha<sup>-1</sup> oraz zwiększone 1,5 N – 180 kg/ha<sup>-1</sup>.

W doświadczeniu wysiewano pszenicę ozimą odmiany „Mewa” ilości 450 szt./m<sup>2</sup> i rozstawie 12 cm, w przypadku siewu bezpośredniego siew wykonano siewnikiem Great Plains w rozstawie 15 cm w pierwszej dekadzie października. Nawożenie azotowe stosowano w trzech dawkach.

Badania zdolności respiracyjnej gleby (intensywności oddychania mikroorganizmów) wykonano za pomocą respirometru glebowego, w jednym powtórzeniu na poletku, w dwóch terminach (kwitnienia i zbioru pszenicy).

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji przy poziomie istotności 0,05.

Tabela 1  
Table 1Schemat doświadczenia polowego  
Scheme of field experiment

Czynnik Factor	Pełna nazwa obiektów Full name of treatments			Skrócona nazwa obiektów Shortened name of treatments
	uprawa późniwna post-harvest tillage	uprawa przedsiewna pre-sowing tillage	technika siewu type of sowing	system uprawy system tillage
System uprawy Tillage system	podorywka + bronowanie skimming + harrowing	orka siewna sow ploughing	siewnikiem tradycyjnym conventional sowing	tradycyjny conventional
	uprawa kultywato- rem podorywkowym ripper tillage	uprawa kultywato- rem podorywkowym ripper tillage	siewnikiem talerzowym disc sowing	bezorkowy + kultywator no-tillage +ripper
	uprawa broną talerzową disc harrowing tillage	uprawa broną talerzową disc harrowing tillage	siewnikiem talerzowym disc sowing	bezorkowy + talerzowanie no-tillage +discing
	bez uprawy no-tillage	oprysk Roundupem 2l/ha + uprawa kultywato- rem podorywkowym spray of Roundup 2l/ha + ripper tillage	siewnikiem talerzowym disc sowing	bezorkowy + Roundup + kultywator no-tillage + Roundup + ripper
	bez uprawy no-tillage	oprysk Roundupem 2l/ha+ uprawa broną talerzową spray of Roundup 2l/ha + disc harrow- ing tillage	siewnikiem talerzowym disc sowing	bezorkowy + Roundup + talerzowanie no-tillage + Roundup + discing
	bez uprawy no-tillage	oprysk Roundupem 2l/ha spray of Roundup 2l/ha	siew bezpośredni direct sowing	uprawa zerowa no-tillage
	Nawożenie azotowe Nitrogen fertiliza- tion	1. Podstawowy – Basic – 120 kg/ha 2. Podwyższony – Increased – 180 kg/ha		

## WYNIKI

Na podstawie uzyskanych pomiarów respiracji gleby (tab. 2) stwierdzono, iż w okresie kwitnienia pszenicy największą respiracją na stanowisku po rzepaku charakteryzowała się gleba na poletkach z uprawą tradycyjną. W pozostałych przypadkach uzyskane wyniki były zbliżone z wyjątkiem siewu bezpośredniego, na którym respiracja była wyraźnie najmniejsza. Stwierdzone istotne różnice, w stosunku do uprawy tradycyjnej, dotyczyły głównie następstwa pszenicy po rzepaku i po sobie.

Wprowadzone uproszczenia uprawy roli aż do siewu bezpośredniego włącznie spowodowały zmniejszenie respiracji gleby. Jest ono znaczące, gdyż w przypadku podstawowego poziomu nawożenia w stanowisku po rzepaku w odniesieniu do uprawy tradycyjnej było ponad dwukrotnie mniejsze. W pozostałych przypadkach różnice nie są tak duże, jednak wyraźne. W miarę jednak jak stanowisko dla pszenicy pogarsza się, różnice uległy zatarciu i w stanowisku najgorszym, czyli w trzecim roku uprawy pszenicy po sobie uprawa roli wpływa istotnie na wielkość respiracji w dwóch systemach uprawy roli, w przypadku zastosowania w późniejszej i przedwiosennej uprawie talerzowania (ob. 3) i gdy w uprawie późniejszej zastosowano herbicyd, a w przedwiosennej kultywator (ob. 4).

Wpływ nawożenia azotowego na respirację gleby w okresie kwitnienia pszenicy bez względu na stanowisko okazał się nieistotny. Również interakcja czynników w tej fazie rozwoju pszenicy nie była udowodniona statystycznie.

Przeprowadzone badania w okresie zbioru pszenicy wykazały podobne zależności jak w fazie kwitnienia istotny wpływ systemów uprawy roli na wielkość respiracji. Na stanowisku po rzepaku ozimym największą respirację stwierdzono po uprawie tradycyjnej a istotnie mniejszą tylko po siewie bezpośrednim. Na stanowisku po pszenicy respiracja gleby na stanowisku po siewie bezpośrednim była istotnie mniejsza niż na wszystkich pozostałych systemach. W trzecim roku uprawy pszenicy ozimej po sobie podobnie jak w pierwszym terminie badań nastąpiło wyraźnie zbliżenie wielkości respiracji. Jednak istotnie większą od pozostałych stwierdzono w przypadku, gdy w uprawie późniejszej i przedwiosennej stosowano bronę talerzową (ob. 3), lub gdy w uprawie późniejszej zrezygnowano z jakiegokolwiek uprawy, a w przedwiosennej zastosowano Roundup, a następnie kultywatorowanie (ob. 4).

Badając respirację w okresie zbioru stwierdzono inaczej niż o okresie kwitnienia wpływ także nawożenia azotowego na wielkość respiracji. Na stanowisku po rzepaku zwiększone nawożenie azotowe spowodowało istotny spadek poziomu respiracji. Na tym stanowisku stwierdzono również interakcję czynników doświadczenia. Na pozostałych stanowiskach nie stwierdzono istotności różnic.

Przeprowadzone badania respiracji gleb wskazują też wyraźną tendencję do zmniejszania się wielkości respiracji w miarę zbliżania się do zbioru rośliny.

Tabela 2  
Table 2Wpływ systemów uprawy roli na zdolność respiracyjną gleby ( $\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )  
The effect of tillage systems on soil respiration ability ( $\text{g CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )

System uprawy Tillage system	Nawożenie azotowe – Nitrogen fertilization								
	1N	1,5 N	śred- nia mean	1N	1,5 N	śred- nia mean	1N	1,5 N	śred- nia mean
	pszenica ozima po rzepaku ozimym winter wheat after winter rape			pszenica ozima po pszenicy ozimej winter wheat after winter wheat			pszenica ozima po pszenicy ozimej po pszenicy ozimej winter wheat after winter wheat after winter wheat		
Faza kwitnienia – Flowering									
1. Tradycyjny – Conventional	1,71	1,45	1,58	0,60	0,57	0,59	0,47	0,51	0,49
2. Bezorkowy + kultywator No-tillage + ripper	1,47	1,65	1,57	0,60	0,59	0,60	0,49	0,49	0,49
3. Bezorkowy + talerzowanie No-tillage + discing	1,14	1,38	1,26	0,55	0,59	0,58	0,62	0,62	0,62
4. Bezorkowy + Roundup + kultywator	1,08	1,42	1,25	0,47	0,54	0,51	0,68	0,67	0,68
5. Bezorkowy + Roundup+talerzówka	1,20	1,70	1,45	0,55	0,46	0,51	0,48	0,50	0,49
6. Uprawa zerowa – No-tillage	0,73	1,11	0,92	0,39	0,45	0,42	0,43	0,54	0,49
NIR a = 0,05 – LSD a = 0,05	r.n.– n.s.		0,32	r.n.– n.s.		0,09	r.n.– n.s.		0,08
Średnia – Mean	1,45	1,22		0,53	0,53		0,53	0,55	
NIR a = 0,05 – LSD a = 0,05	r.n.– n.s.			r.n.– n.s.			r.n.– n.s.		
Faza zbioru – Harvest stage									
1. Tradycyjny – Conventional	0,96	0,60	0,77	0,41	0,39	0,40	0,42	0,47	0,45
2. Bezorkowy + kultywator No-tillage + ripper	0,65	0,55	0,60	0,41	0,36	0,39	0,38	0,53	0,46
3. Bezorkowy + talerzowanie No-tillage + discing	0,58	0,73	0,65	0,41	0,35	0,38	0,59	0,65	0,62
4. Bezorkowy + Roundup + kultywator	0,62	0,53	0,58	0,46	0,49	0,48	0,51	0,55	0,53
5. Bezorkowy + Roundup+talerzówka	0,54	0,48	0,51	0,33	0,51	0,42	0,40	0,41	0,41
6. Uprawa zerowa – No-tillage	0,41	0,40	0,40	0,30	0,28	0,29	0,43	0,40	0,42
NIR a = 0,05 – LSD a = 0,05	0,18		0,14	r.n.– n.s.		0,06	r.n.– n.s.		0,05
Średnia – Mean	0,58	0,50		0,36	0,37		0,42	0,46	
NIR a = 0,05 – LSD a = 0,05	0,06			r.n.– n.s.			r.n.– n.s.		

## DYSKUSJA

Obecność CO<sub>2</sub> w środowisku glebowym jest objawem istnienia w nim form życia biologicznego, a objętość wydzielającego się CO<sub>2</sub> świadczy o aktywności biologicznej gleby. Istotny wpływ na jego wielkość ma obecność wody i substancji organicznej. Jednak nadmierna wilgotność powoduje hamowanie życia biologicznego, co wiąże się z mniejszym wydzielaniem dwutlenku węgla przez organizmy glebowe [Blevins i in. 1993].

We wszystkich badaniach wykazano również, że warunki poboru próbek mają istotny wpływ na zdolność respiracyjną gleby [Frede i in. 1994].

W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano ujemny wpływ na zdolność respiracyjną gleby systemu z siewem bezpośrednim w fazie kwitnienia pszenicy ozimej. Podobne zależności stwierdzili Runowska-Hryńczuk i in. [1999]. W okresie zbiorów również wyższą respiracją cechowała się gleba w konwencjonalnym systemie uprawy.

Zwiększone nawożenie azotowe nie miało istotnego wpływu na rozwój mikroorganizmów w badanej glebie. Badania Kucharskiego i in. [1996] wskazują, że nawożenie azotem mineralnym powoduje niewielkie zmiany w zdolności respiracyjnej gleby. Badali oni wpływ różnych dawek nawożenia azotowego na zdolność respiracyjną gleby. Wyraźne obniżenie intensywności oddychania mikroorganizmów w uprawie zerowej stwierdzają inni autorzy: Alvarez i in. [1995], Runowska-Hryńczuk [1999, 2000, 2001].

Z badań Kucharskiego i in. [1996] wynika, że zdolność respiracyjna gleby jest bardziej związana z kompleksem rolniczej przydatności gleby, niż z dawką azotu mineralnego.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało, że uprawa zerowa wpływa niekorzystnie na zdolności respiracyjne gleby

Nawożenie azotowe w badaniach nie spowodowało zwłaszcza w pierwszym okresie badań istotnych różnic. Nieznacznie większą respirację gleby odnotowano po zwiększonym nawożeniu mineralnym w tylko okresie zbioru pszenicy, potwierdzają to także badania Idkowiak i Kordasa [2004]. Większość autorów uważa jednak, że stosowanie nawozów mineralnych przyczynia się do obniżenia aktywności mikroorganizmów w glebie [Runowska-Hryńczuk i Żurawski 1993, 1988, Runowska-Hryńczyk i in. 2001].

## WNIOSKI

1. Wraz ze stopniem upraszczania uprawy roli zmniejsza się na ogół wielkość respiracji gleby.

2. Wzrost nawożenia azotowego nie wpływa jednoznacznie na respirację gleby. W początkowym okresie wegetacji pszenicy powoduje wzrost, zaś w okresie zbioru obniżenie respiracji.

3. Siew bezpośredni w ogniwie pszenica ozima po pszenicy i pszenica po rzepaku ozimym ograniczyła aktywność mikroorganizmów glebowych, powodując znaczne obniżenie zdolności respiracyjnej gleby.

**PIŚMIENNICTWO**

- Alvarez R., Santanatoglia O.J., Daniel P.E., Garcia R.: 1995. Respiration and specific activity of soil microbial biomass under conventional and reduced tillage. *Pesq. Agropec. Bras* 30, 5, 701–709.
- Ball B.C., Lang R., Robertson E. A., Franklin M. F.: 1994. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20–25 years of conventional tillage or direct drilling. *Soil and Tillage Research* 31: 97–118.
- Blevins R., Frey W.: 1993. Conservation tillage: An ecological approach to soil management. *Adv. Agron.* 51: 33–78.
- Dzienia S., Malicki L., Nowicki J., Wesołowski M.: 1995. Sposób uprawy roli a plonowanie niektórych roślin na różnych glebach. Konferencja Naukowa pt.: Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Szczecin-Barzkowice, 99.
- Frede H., Beisecker R., Gath S.: 1994. Long-term impacts of tillage on the soil ecosystems, *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.*, 157: 197–203.
- Idkowiak M., Kordas L.: 2004. Zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli i zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Fragm. Agron.* 3, 40–48.
- Kobus J.: 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 421a, 209–219.
- Kucharski J., Panak H., Sienkiewicz S., Niewolak T.: 1996. Aktywność mikroorganizmów glebowych w zależności od form, terminów i sposobów stosowania nawozów azotowych. *Acta Acad. Agricult. Techn. Ols. Agricultura*, 62, 37–46.
- Pabin J., Runowska-Hryńczuk B.: 1998. Wpływ zerowej uprawy roli na właściwości gleby. *Rocz. AR Poznań, CCCVII*, 95–100.
- Runowska-Hryńczuk B., Żurawski H.: 1993. Zdolność respiracyjna gleby jako wskaźnik zmian żyzności gleby w wieloletnim doświadczeniu nawozowym. *Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*, nr 278, Sesja Naukowa z. 37, cz. II, 331–339.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R.: 1999. Aktywność biologiczna gleby w różnych systemach uprawy roli. *Universitäts Agriculturae Stetinensis* 195: *Agricultura*, 74, 59–63.
- Pabin J.: 1997. Rola i znaczenie spulchniania warstwy podornej gleb lekkich. *Fragm. Agron.* 3, 37–47.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B.: 2000. Zdolność respiracyjna gleby jako kryterium oceny sposobu uprawy roli. *Pam. Puł.–Materiały Konferencji* z. 120, 373–377.
- Runowska-Hryńczuk B., Hryńczuk B., Weber R.: 2001. Zmiana aktywności biologicznej gleby w różnych warunkach uprawowo-nawozowych. *XIX Międzynar. Konf. Nauk.*, Opole – Jamrozowa Polana. *Inżynieria procesowa w Ochronie Środowiska*. 143–147.

## THE EFFECT OF TILLAGE SYSTEM AND NITROGEN FERTILIZATION ON SOIL RESPIRATION

### S u m m a r y

In 2003–2006 at Experimental Station of Agricultural University of Wrocław the effect of different tillage systems: conventional, without plough (swirl harrow or ripper instead of sowing ploughing) and direct sowing on soil respiration was investigated. The experiment was conducted according to split-plot design in four replications on medium soil of good-rye soil complex. Soil respiration varied under different tillage systems. The lowest soil respiration was observed under direct sowing in two development stages of wheat for N and 1,5 N rate of nitrogen fertilization. The highest biological activity of the soil was found in conventional treatment.

KEY WORDS: crop rotation, simplifications in tillage, no-tillage, direct sowing, nitrogen fertilization winter wheat.

Recenzent: prof. dr hab. Kazimierz Klima, Akademia Rolnicza w Krakowie

#### **Adres do korespondencji**

prof. dr hab. Leszek Kordas  
Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
pl. Grunwaldzki 24a  
50-363 Wrocław  
e-mail: kordas@ozi.ar.wroc.pl



**Roman Waclawowicz**

**WPLYW ZRÓŻNICOWANEJ UPRAWY ROLI I NAWOŻENIA  
LIŚCI BURAKA CUKROWEGO NA WYBRANE WSKAŹNIKI  
STRUKTURY GLEBY POD PSZENICĄ JARĄ**

**THE EFFECT OF VARYING TILLAGE AND FERTILIZATION  
OF SUGAR BEET LEAVES ON SOIL STRUCTURE STABILITY  
IN SPRING WHEAT**

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Department of Soil Management and Plant Cultivation, Wrocław University  
of Environmental and Life Sciences*

W pracy badano wpływ czterech sposobów uprawy roli oraz polowego zagospodarowania liści buraczanych, począwszy od głębokiego przyorania aż do pozostawienia ich na polu w postaci mulczu, na wybrane wskaźniki struktury gleby, tj.: wskaźnik zbrylenia (B), wskaźnik rozpylenia (S), wskaźnik struktury (W) oraz średnią ważoną średnicę agregatu (MWDa). Uproszczenia uprawy roli na ogół przyczyniały się do zmniejszenia wartości wskaźnika zbrylenia oraz zwiększenia wskaźnika rozpylenia gleby i średniej ważonej średnicy agregatu. Najkorzystniejsze zmiany wskaźnika struktury roli (W) w warstwie 0–10 cm wystąpiły po spłyceniu orki przedzimowej, szczególnie w warunkach wprowadzenia do gleby liści buraka cukrowego, natomiast w warstwie 10–20 cm, jeśli zastosowano uprawę tradycyjną. Polowe zagospodarowanie liści buraczanych sprzyjało na ogół zwiększeniu wskaźnika struktury gleby badanego w okresie wschodów pszenicy w warstwach 0–10 i 10–20 cm. Nie obserwowano jednoznacznych zmian pozostałych parametrów struktury pod wpływem zastosowania nawozu zielonego.

SŁOWA KLUCZOWE: uprawa roli, liście buraka cukrowego, struktura roli

**WSTĘP**

Struktura agregatowa roli decyduje w dużej mierze o żyzności gleby [Grzebisz 1988, Lenart i Gawrońska-Kulesza 1992, Suwara 1999], ułatwia penetrację korzeniom roślin, reguluje stosunki wodno-powietrzne oraz sprzyja infiltracji wody opadowej [Domżał i Pranagal 1994, Paluszek 1994]. O udanych zasiewach i wschodach roślin szczególnie decyduje zbrylenie i rozpylenie gleby. Utrudnione kiełkowanie roślin,

a w konsekwencji nierównomierne ich wschody mogą być skutkiem zbyt dużej ilości brył i grudek. Z kolei zaskorupianie się gleb zależy w dużej mierze od udziału części pyłowych gleby [Braunack i Dexter 1988, Rasmussen 1999]. Zmniejszenie intensywności uprawy roli, przez spływanie orki, a także ograniczenie ilości zabiegów uprawowych wpływa korzystnie na powstawanie oraz utrzymywanie się struktury agregatowej [Droese i in. 1988, Kordas i in. 2003, Kordas i in. 2000, Lenart 2004, Pagliai i in. 2004, Śmierchalski 1964]. Możliwości nadania glebie pożądanej struktury zależą również od jakości i ilości wprowadzonej do gleby substancji organicznej. Spośród stosowanych nawozów szczególnie korzystnymi właściwościami strukturotwórczymi charakteryzuje się obornik [Gawrońska-Klesza i Suwara 1984, Lenart i Gawrońska-Kulesza 1992, Piechota 2005], ale funkcje takie może pełnić także przyorywany międzyplon [Hermanwan i Bobke 1997, Kordas i Majchrowski 2001, Parylak i Waławowicz 2004]. Brakuje natomiast doniesień naukowych dotyczących wpływu nawozów zielonych w postaci liści buraczanych na wskaźniki struktury roli.

Celem podjętych badań było poznanie wpływu czterech sposobów uprawy roli oraz polowego zagospodarowania liści buraczanych, począwszy od głębokiego przyorania, co jest najbardziej powszechnym zabiegiem w praktyce rolniczej, aż do pozostawienia ich na polu w postaci mulczu, na wybrane wskaźniki struktury gleby.

## WARUNKI I METODA

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe realizowano w latach 2003–2005 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Zlokalizowano je na glebie średniej należącej do kompleksu żyniego dobrego. Doświadczenie zostało założone metodą losowanych podbloków w czterech powtórzeniach.

Czynnik badawczy pierwszego rzędu (tab. 1) stanowiły cztery sposoby uprawy roli przeprowadzonej po zbiorze buraka cukrowego, a przed siewem pszenicy jarej. Na obiekcie pierwszym wykonano uprawę tradycyjną polegającą na przeprowadzeniu orki głębokiej (26–28 cm) jesienią i bronowaniu na wiosnę, na obiekcie 2 wykonano orkę płytką (14–16 cm) i bronowanie, na obiekcie trzecim nie wykonywano jesiennej uprawy roli, wiosną natomiast zastosowano kultywator o zębach sztywnych, z kolei na 4 obiekcie jesienią wykonano talerzowanie, a wiosną bronowanie.

Drugim czynnikiem badawczym była obecność liści buraczanych. Jeśli je stosowano, to zostały one po uprzednim rozdrobnieniu rozrzucone na wybranych poletkach w dawce  $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  tj.  $6,8 \text{ t s.m.} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nawożenie azotowe, fosforowe i potasowe stosowano jednakowe w całym doświadczeniu; zastosowano  $75 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  (saletra amonowa),  $18 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$  (superfosfat potrójny 40%) i  $50 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$  (sól potasowa 60%).

Glebę do analiz pobrano w dwóch terminach: w okresie wschodów pszenicy jarej oraz bezpośrednio po jej zbiorze z trzech warstw: 0–10, 10–20 i 20–30 cm. Pobrane z poletek próbki gleby połączono uzyskując średnie próbki obiektowe i doprowadzono je do stanu powietrznie suchego. Następnie glebę rozdzielono na zestawie sit o średnicy oczek 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 i 10,0 mm. Określono wskaźnik zbrylenia (B) – masa agregatów o średnicy > 10,0 mm w % do masy agregatów o średnicy < 10,0 mm w %,

wskaźnik rozpylenia (S) – masa agregatów o średnicy < 0,25 mm w % do masy agregatów o średnicy > 0,25 mm w %, wskaźnik struktury (W) – (masa agregatów o średnicy 1–10 mm w % do masy agregatów o średnicy >10 mm i < 0,25 mm w %) oraz średnią ważoną średnicę agregatu (MWDa)

Tabela 1  
Table 1

Schemat doświadczenia  
Scheme of experiment

Czynnik pierwszego rzędu – sposób uprawy gleby Main plot factor – tillage metod	Uprawa – Tillage	
	przedzimowa winter	przedsiewna pre-sowing
	1) orka głęboka deep ploughing	bronowanie harrowing
	2) orka płytka shallow ploughing	bronowanie harrowing
	3) bez uprawy* lack of tillage*	kultywatorowanie cultivating
	4) talerzowanie disking	bronowanie harrowing
Czynnik drugiego rzędu – obecność lub brak liści buraczanych Subplot factor – the presence or lack of sugar beet leaves	tak (40 t·ha <sup>-1</sup> ) yes	
	nie no	

\*) liście buraczane pozostawione na powierzchni pola w postaci mulczu

\*) sugar beet leaves as a mulch

## OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

W okresie wschodów pszenicy jarej największą wartość wskaźnika zbrzylenia w warstwie 0–10 i 20–30 cm zanotowano na poletkach, na których nie wprowadzano do gleby liści buraczanych i wykonano orkę głęboką (tab. 2). Z kolei po zastosowaniu liści najbardziej zbrzyloną okazała się gleba z poletek, na których liście na okres zimy pozostawiono na powierzchni pola w postaci mulczu. Zależność tę obserwowano w najpłytszej i środkowej z badanych warstw gleby. Podobne zmiany wskaźnika B stwierdzono w okresie zbioru pszenicy. Zarówno na poletkach nienawożonych organicznie, jak i na tych, na których zagospodarowano liście – największe wartości wskaźnika zbrzylenia w najpłytszej i najgłębszej warstwie obserwowano w warunkach uprawy tradycyjnej, a w warstwie 10–20 cm, jeśli nie wykonywano uprawy jesiennej, natomiast wiosną zastosowano kultywator o zębach sztywnych. Najmniejsze zgrużenie gleby, niezależnie od tego, czy wprowadzano do gleby liście buraka cukrowego – stwierdzono w warstwie 0–10 cm po przeprowadzeniu orki płytkiej, a w warstwie 10–20 cm, jeśli zastosowano

uprawę tradycyjną. Kordas i Majchrowski [2001] badając wpływ międzyplonów na strukturę gleby stwierdzili, że zgruzleniu gleby sprzyja uproszczenie uprawy roli polegające na zastąpieniu orki głębokiej głębokim bronowaniem.

Tabela 2

Table 2

Wpływ sposobów uprawy roli oraz obecności liści buraka cukrowego na wskaźnik zbrylenia gleby (B)

The effect of tillage methods and the presence of sugar beet leaves on index of cloddiness of soil (B)

Sposób uprawy roli Tillage method		Obecność liści buraczanych The presence of sugar beet leaves					
Uprawa przedzimowa Winter tillage	uprawa przedsiemna presowing tillage	wschody emergence			zbiór harvest		
<b>warstwa 0–10 cm layer 0–10 cm</b>							
		brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean	brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	0,41	0,26	0,34	0,51	0,50	0,51
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	0,19	0,26	0,23	0,34	0,30	0,32
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	0,24	0,33	0,29	0,42	0,41	0,42
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	0,23	0,32	0,28	0,49	0,43	0,46
Średnio – Mean		0,27	0,29	–	0,44	0,41	–
<b>warstwa 10–20 cm layer 10–20 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	0,32	0,30	0,31	0,40	0,38	0,39
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	0,36	0,42	0,39	0,42	0,40	0,41
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	0,32	0,49	0,41	0,48	0,61	0,55
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	0,38	0,31	0,35	0,40	0,38	0,39
Średnio – Mean		0,35	0,38	–	0,43	0,44	–
<b>warstwa 20–30 cm layer 20–30 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	0,50	0,36	0,43	0,46	0,46	0,46
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	0,26	0,34	0,30	0,30	0,43	0,37
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	0,44	0,39	0,42	0,43	0,42	0,43
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	0,41	0,47	0,44	0,37	0,40	0,39
Średnio – Mean		0,40	0,39	–	0,39	0,43	–

Tabela 3

Table 3

Wpływ sposobów uprawy roli oraz obecności liści buraka cukrowego na wskaźnik rozpylenia gleby (S)  
The effect of tillage methods and the presence of sugar beet leaves on index of misting of soil aggregates (S)

Sposób uprawy roli Tillage method		Obecność liści buraczanych The presence of sugar beet leaves					
Uprawa przedzimowa Winter tillage	uprawa przed-siewna presowing tillage	wschody emergence			zbiór harvest		
<b>warstwa 0–10 cm layer 0–10 cm</b>							
		brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean	brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	1,15	1,05	<b>1,10</b>	0,86	0,67	<b>0,77</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	1,15	1,10	<b>1,13</b>	0,82	0,91	<b>0,87</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	1,35	1,20	<b>1,28</b>	0,87	0,93	<b>0,90</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	1,45	1,35	<b>1,40</b>	0,81	0,84	<b>0,83</b>
Średnio – Mean		<b>1,28</b>	<b>1,18</b>	–	<b>0,84</b>	<b>0,84</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm layer 10–20 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	0,65	0,75	<b>0,70</b>	1,02	0,89	<b>0,96</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	0,90	0,80	<b>0,85</b>	0,84	0,96	<b>0,90</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	1,00	1,10	<b>1,05</b>	0,89	0,80	<b>0,85</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	1,00	1,00	<b>1,00</b>	1,04	1,01	<b>1,03</b>
Średnio – Mean		<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	–	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm layer 20–30 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	0,70	0,75	<b>0,73</b>	0,89	0,81	<b>0,85</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	0,90	0,90	<b>0,90</b>	0,99	0,97	<b>0,98</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	0,90	0,85	<b>0,88</b>	0,83	0,93	<b>0,88</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	0,90	0,95	<b>0,93</b>	1,11	1,05	<b>1,08</b>
Średnio – Mean		<b>0,85</b>	<b>0,86</b>	–	<b>0,96</b>	<b>0,94</b>	–

Na wskaźnik rozpylenia gleby wpłynęła również zróżnicowana uprawa roli (tab. 3). W okresie wschodów pszenicy najbardziej rozpyloną glebę obserwowano na poletkach, na których zaniechano jesiennej orki. W najpłytszej z badanych warstw zarówno po zastosowaniu nawożenia liśćmi buraczanymi, a także jeśli zrezygnowano z nawozów

zielonych, najwyższe wskaźniki rozpylenia stwierdzono po wykonaniu talerzowania roli, natomiast w warstwie 10–20 cm, jeśli zrezygnowano z jesiennej uprawy, a wiosną zastosowano kultywator. Z kolei najmniej rozpyloną glebę w całym badanym profilu roli obserwowano po przeprowadzeniu uprawy tradycyjnej. W czasie zbioru pszenicy zarówno w warunkach polowego zagospodarowania plonu ubocznego buraka, jak i po zaniechaniu tego zabiegu w warstwie 0–10 cm najbardziej rozpyloną glebę stwierdzono na poletkach, na których jesienią nie wykonywano żadnych uprawek, a warstwie 10–20 cm, jeśli w tym czasie zastosowano talerzówkę. W najgłębszej warstwie obserwowano wyraźne zmniejszenie wskaźnika S, jeżeli nawóz zielony został wprowadzony do gleby z pomocą orki głębokiej. W obu terminach badań nawożenie liśćmi buraczanymi nie modyfikowało w jednoznaczny sposób wskaźnika rozpylenia gleby. Z kolei Parylak i Waclawowicz [2004] badając wpływ nawozów zielonych na właściwości fizyczne gleby stwierdzili, że zastosowanie międzyplonu łącznie z liśćmi buraka cukrowego oraz słomą jęczmienną przyczynia się do nieznacznego zwiększenia rozpylenia gleby.

Tabela 4

Table 4

Wpływ sposobów uprawy roli oraz obecności liści buraka cukrowego na średnią ważoną średnice agregatu (MWDa)

The effect of tillage methods and the presence of sugar beet leaves on mean diameter of aggregates (MWDa).

Sposób uprawy roli Tillage method		Obecność liści buraczanych The presence of sugar beet leaves					
Uprawa przedzimowa Winter tillage	uprawa przed-siewna presowing tillage	wschody emergence			zbiór harvest		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>warstwa 0–10 cm – layer 0–10 cm</b>							
		brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean	brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	2,61	3,03	<b>2,82</b>	3,36	3,59	<b>3,48</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	2,62	2,52	<b>2,57</b>	3,23	3,10	<b>3,17</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	2,74	2,77	<b>2,76</b>	3,29	3,19	<b>3,24</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	2,58	2,52	<b>2,55</b>	3,39	3,34	<b>3,37</b>
Średnio – Mean		<b>2,64</b>	<b>2,71</b>	–	<b>3,32</b>	<b>3,31</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm – layer 10–20 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	3,40	3,31	<b>3,36</b>	3,11	3,09	<b>3,10</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	2,96	2,89	<b>2,93</b>	3,21	3,26	<b>3,24</b>

Tabela 4 cd.  
Table 4 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	3,10	3,05	<b>3,08</b>	3,25	3,48	<b>3,37</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	2,89	3,09	<b>2,99</b>	3,11	3,06	<b>3,09</b>
Średnio – Mean		<b>3,09</b>	<b>3,09</b>	–	<b>3,17</b>	<b>3,22</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm – layer 20–30 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	3,37	3,38	<b>3,38</b>	3,26	3,34	<b>3,30</b>
2. Orka płytka Shallow plough.	bronowanie harrowing	3,14	3,09	<b>3,12</b>	3,11	3,16	<b>3,14</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	2,91	3,20	<b>3,06</b>	3,35	3,09	<b>3,22</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	3,20	3,11	<b>3,16</b>	2,94	3,01	<b>2,98</b>
Średnio – Mean		<b>3,16</b>	<b>3,20</b>	–	<b>3,17</b>	<b>3,15</b>	–

Ważnym wskaźnikiem charakteryzującym strukturę roli jest średnia ważona średnica agregatu (MWDa) (tab. 4). Parametr ten wskazuje na stopień agregacji gleby. Według Rewuta [1980] gleba uzyskuje najbardziej korzystne właściwości, jeśli przeważają w niej agregaty o średnicy 1–5 mm. Na początku wegetacji pszenicy najwyższe wartości wskaźnika MWDa obserwowano na ogół po wykonaniu uprawy tradycyjnej i to zarówno, jeśli stosowano nawóz zielony, czy też tego zaniechano. Herawan i Bomke [1997] zwracają uwagę, że wiosną średnia ważona średnica agregatów jest znacznie większa po wprowadzeniu do gleby międzyplonu ozimego, niż jeżeli zrezygnowano z przyorania nawozu zielonego. Autorzy dodają, że wyższy wskaźnik MWD po przyoraniu międzyplonu jest wynikiem wzrostu zawartości węgla organicznego w glebie. Rodzaj uproszczenia w uprawie roli w niewielkim stopniu wpływał na zmianę średnicy agregatów. W warstwie najpłytszej najniższy wskaźnik MWDa stwierdzono po zastosowaniu talerzówki, a w warstwie 10–20 cm, jeśli wykonano orkę płytką. Pod koniec wegetacji pszenicy największą średnicę agregatów w najpłytszej i najgłębszej z badanych warstw obserwowano w warunkach uprawy tradycyjnej, natomiast w warstwie 10–20 cm, jeżeli jesienią zrezygnowano z uprawy, a wiosną zastosowano kultywator o zębach sztywnych.

Przeprowadzone badania potwierdziły powszechnie uznawaną opinię o strukturotwórczym działaniu nawozów organicznych. Po wprowadzeniu do gleby liści buraka cukrowego wskaźnik struktury gleby (W) badany w czasie wschodów pszenicy był wyższy niż w warunkach zaniechania nawożenia liśćmi odpowiednio o 16% w warstwie 0–10 cm, o 10% w warstwie 20–30 cm i o 4% w warstwie 20–30 cm (tab. 5). Również stosowane sposoby uprawy roli modyfikowały jej strukturę. Jeśli nie wprowadzano do gleby liści, najwyższe wskaźniki struktury (W) w okresie wschodów pszenicy we wszystkich badanych warstwach zaobserwowano po wykonaniu orki głębokiej, natomiast na ogół najniższe – jeżeli zrezygnowano z uprawy jesiennej lub zastosowano

bronę talerzową. Zależność ta prawdopodobnie związana jest z intensywniejszym strukturotwórczym oddziaływaniem ujemnych temperatur na poletkach bardziej spulchnionych, tj. z uprawą tradycyjną. Zastosowanie liści buraczanych przyczyniało się do najkorzystniejszych zmian struktury w warstwie 10–20 cm po przeprowadzeniu orki głębokiej, a w warstwie 0–10 cm po wykonaniu orki płytkiej. Po zbiorze pszenicy zarówno wprowadzenie do gleby liści buraczanych, jak i zaniechanie nawożenia organicznego sprzyjało uzyskaniu najwyższych wskaźników struktury na ogół po wykonaniu orki płytkiej. W tym terminie badań nie obserwowano strukturotwórczego działania nawozu zielonego. Pagliai i in. [2004] testując różne sposoby uproszczeń w uprawie roli stwierdzili, że po zastosowaniu głębosza, a także brony talerzowej struktura gleby była korzystniejsza niż po wykonaniu orki. Autorzy dodają, że skutkiem polepszenia strukturalności gleb było mniejsze zaskorupienie roli na poletkach uprawianych alternatywnymi do orki sposobami.

Tabela 5

Table 5

Wpływ sposobów uprawy roli oraz obecności liści buraka cukrowego na wskaźnik struktury gleby (W)

The effect of tillage methods and the presence of sugar beet leaves on index of soil structure (W)

Sposób uprawy roli Tillage method		Obecność liści buraczanych The presence of sugar beet leaves					
Uprawa przedzimowa Winter tillage	uprawa przed-siewna presowing tillage	wschody emergence			zbiór harvest		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>warstwa 0–10 cm – layer 0–10 cm</b>							
		brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean	brak liści lack of leaves	liście buraczane sugar beet leaves	średnio mean
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	1,47	1,16	<b>1,32</b>	1,17	1,23	<b>1,20</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	1,46	1,76	<b>1,61</b>	1,51	1,57	<b>1,54</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	1,18	1,59	<b>1,39</b>	1,32	1,23	<b>1,28</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	1,13	1,56	<b>1,35</b>	1,10	1,29	<b>1,20</b>
Średnio – Mean		<b>1,31</b>	<b>1,52</b>	–	<b>1,28</b>	<b>1,33</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm – layer 10–20 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	1,57	1,73	<b>1,65</b>	1,27	1,33	<b>1,30</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	1,17	1,35	<b>1,26</b>	1,24	1,35	<b>1,30</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	1,02	1,38	<b>1,20</b>	1,16	0,94	<b>1,05</b>



Tabela 5 cd.  
Table 5 cont

1	2	3	4	5	6	7	8
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	1,49	1,29	<b>1,39</b>	1,25	1,26	<b>1,26</b>
Średnio – Mean		<b>1,31</b>	<b>1,44</b>	–	<b>1,23</b>	<b>1,22</b>	–
<b>warstwa 10–20 cm – layer 20–30 cm</b>							
1. Orka głęboka Deep ploughing	bronowanie harrowing	1,68	1,22	<b>1,45</b>	1,18	1,20	<b>1,19</b>
2. Orka płytka Shallow ploug.	bronowanie harrowing	1,47	1,84	<b>1,66</b>	1,55	1,35	<b>1,45</b>
3. Bez uprawy Lack of tillage	kultywatorowanie cultivating	1,22	1,41	<b>1,32</b>	1,21	1,16	<b>1,19</b>
4. Talerzowanie Disking	bronowanie harrowing	1,10	1,26	<b>1,18</b>	1,23	1,14	<b>1,19</b>
Średnio – Mean		<b>1,37</b>	<b>1,43</b>	–	<b>1,29</b>	<b>1,21</b>	–

## WNIOSKI

1. Uproszczenia uprawy roli przyczyniały się na ogół do zmniejszenia wartości wskaźnika zbrzylenia oraz zwiększenia wskaźnika rozpylenia gleby i średniej ważonej średnicy agregatu.

2. Najkorzystniejsze zmiany wskaźnika struktury roli w warstwie 0–10 cm wystąpiły po spłyceniu orki przedzimowej, szczególnie w warunkach wprowadzenia do gleby liści buraka cukrowego, natomiast w warstwie 10–20, jeśli zastosowano uprawę tradycyjną.

3. Połowe zagospodarowanie liści buraczanych sprzyjało na ogół zwiększeniu wskaźnika struktury gleby badanego w okresie wschodów pszenicy w warstwach 0–10 i 10–20 cm. Nie obserwowano jednoznacznych zmian pozostałych parametrów struktury pod wpływem zastosowania nawozu zielonego.

## PIŚMIENNICTWO

- Braunack M.V., Dexter A.R.: 1988. The effect of aggregate size, in the seedbank on surface crusting and growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L., cv. Halberd) under dryland conditions. *Soil Till. Res.*, 11, 133–145.
- Domżał H., Pranagal J.: 1994. Wodoodporność agregatów glebowych jako wskaźnik degradacji gleb wywołanej użytkowaniem rolniczym. *Fragm. Agron.* 3, 22–33.
- Droese H., Starczewski J., Radecki A.: 1988. Oddziaływanie różnych sposobów uprawy na strukturę gruzelkową roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 356, 55–61.
- Gawrońska-Kulesza A., Suwara I.: 1984. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na strukturę gruzelkową gleby, *Rocz. Glebozn.* 40,1, 13–20.

- Grzebisz W.: 1988. Wpływ uprawy roślin w monokulturze na trwałość struktury gleby. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A* 107, 53–65.
- Hermawan B., Bobke A.A.: 1997. Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil Till. Res.*, 44, 109–120.
- Kordas L., Majchrowski P.: 2001. Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głęboszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Zesz. Nauk. AR. Wroc., Rol.* 80, 145–152.
- Kordas L., Parylak d., Idkowiak M.: 2003. Ocena wpływu wieloletniego stosowania tradycyjnej uprawy roli i siewu bezpośredniego w uprawie pszenżyta ozimego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 288, *Agricultura* 91, 43–49.
- Kordas L., Waclawowicz R., Białczyk W.: 2000. Wpływ systemów uprawy na strukturę roli. Konferencja „Maszyna-Gleba-Roślina”. 12–14 kwietnia 2000, Wrocław, 69–72.
- Lenart S.: 2004. Wpływ wieloletniego nawożenia, zmianowania i uprawy roli na mikrostrukturę gleby. *Ann. UMCS Sec. E*, 59, 2, 923–930.
- Lenart S., Gawrońska-Kulesza A.: 1992. Rola wieloletniego nawożenia w kształtowaniu struktury gruzełkowej gleby. *Mat. Konf. Nauk. „Nawozy organiczne“*. 8–9 września 1992, Szczecin, 2, 30–34.
- Pagliai M., Vignozzi N., Pellegrini S.: 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.*, 79, 131–143.
- Paluszek J.: 1994. Wpływ erozji wodnej na strukturę i wodoodporność agregatów gleb pływych wytworzonych z lessu. *Rocz. Glebozn.* 45, 3–4, 21–31.
- Parylak D., Waclawowicz R.: 2004. Wpływ nawożenia organicznego w trzecim roku po zastosowaniu oraz dawek azotu na wskaźniki struktury gleby średniej. *Rocz. Gleb.*, 15, 1, 193–201.
- Piechota T.: 2005. Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów następstwa roślin i nawożenia na fizyczne właściwości gleby. *Frag. Agron.* 2, 158–166.
- Rasmussen K.J.: 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.*, 53, 3–14
- Rewut I. B.: 1980. *Fizyka gleby*. PWRiL, Warszawa, s. 384.
- Suwara I.: 1999. Rola systemów nawożenia w kształtowaniu niektórych właściwości fizycznych gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 419–426.
- Śmierchalski L.: 1964. Badania nad zasadami łączenia ordek głębokich z orkami płytkimi w zmianowaniu. *Rozpr. Hab. Dział Wydawnictw SGGW Warszawa*.

## THE EFFECT OF VARYING TILLAGE AND FERTILIZATION OF SUGAR BEET LEAVES ON SOIL STRUCTURE STABILITY IN SPRING WHEAT

### S u m m a r y

The paper shows the effect of four tillage methods and sugar beet leaves management starting from deep ploughing to use them as a mulch on selected soil structure indices: index of cloddiness of soil (B), index of misting of soil aggregates (S), index of soil structure (W) and mean diameter of aggregates (MWDa).

Reduced tillage decreased in general index of cloddiness of soil and increased index of mising of soil aggregates and mean diameter of aggregates. The most profitable changes in soil structure (W) in layer 0–10 cm were observed after shallowing of fall ploughing, especially under ploughing down sugar beet leaves, whereas in layer 10–20 cm under traditional tillage. Sugar beet leaves management increased in general index of soil structure during emergence of spring wheat in layers: 0–10 and 10–20 cm. Varying changes in soil structure indices under green manure were noticed.

KEY WORDS: tillage, sugar beet leaves, soil structure

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Bleharczyk, Akademia Rolnicza w Poznaniu

**Adres do korespondencji**

dr inż. Roman Waclawowicz  
Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
pl. Grunwaldzki 24a  
50-363 Wrocław,  
e-mail: wac@ozi.ar.wroc.pl



**Hanna Niemczyk**

**ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH GLEBY  
POD WPŁYWEM PRZEJAZDÓW MASZYN ROLNICZYCH  
PO POLU W CZASIE ZABIEGÓW PIELĘGNACYJNYCH**

**CHANGES OF SOIL PHYSICAL PROPERTIES  
AFTER AGRICULTURAL MACHINE TRAFFIC DURING  
CULTIVATION MEASURES**

*Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Department of Agriculture, Warsaw Agricultural University*

Praca zawiera wyniki 3-letnich badań polowych nad zmianami właściwości fizycznych gleby (gęstości objętościowej, porowatości ogólnej i dyferencyjnej) w wyniku wielokrotnych przejazdów maszyn rolniczych po polu w buraku cukrowym i rzepaku ozimym. Porównywano dwa obiekty: I – bez przejazdów, II – ze ścieżkami przejazdowymi, po których poruszały się maszyny rolnicze w czasie wegetacji roślin. Zasadnicze zmiany gęstości objętościowej powodowały 2–3 pierwsze przejazdy po ścieżkach. W porowatości dyferencyjnej redukcji ulegały pory o średnicy >30µm.

SŁOWA KLUCZOWE: gęstość objętościowa gleby, porowatość ogólna, porowatość dyferencyjna, ścieżki przejazdowe

**WSTĘP**

Wysoki poziom mechanizacji, który ma na celu przyspieszenie i usprawnienie prac polowych, jest przyczyną mechanicznej degradacji gleby. Stosowanie coraz większych ilości nawozów i środków ochrony wymusiło konstrukcję nowej generacji maszyn o bardzo dużej ładowności i dużej szerokości roboczej. Towarzyszy temu ciągły wzrost mocy, a co za tym idzie – i masy ciągników [Byszewski, Haman 1977, Kozicz 1996, Marks, Buczyński 2002, Walczykowa 1987].

Masa agregatów rolniczych, wielokrotność przejazdów po polu, niejednokrotnie przy niewłaściwej wilgotności gleby, jest przyczyną niekorzystnych zmian właściwości gleby, które decydują o przebiegu procesów chemicznych i mikrobiologicznych gleby, a w konsekwencji o spadku urodzajności [Domsch1993, Domsch i in.1996, Niemczyk 2004, Ostrowski 2002, Ślusarczyk 1992].

Mechaniczna degradacja gleby jest skutkiem nadmiernego zagęszczenia gleby. W efekcie tego zjawiska, w skrajnych warunkach, objętość porów powietrznych w glebie spada poniżej minimum aeracyjnego [Niemczyk 2004]. Według Ostrowskiego [2002] stan stresu tlenowego należy do najważniejszych czynników degradacji warunków siedliskowych i rolniczej wartości gleby.

Groźne jest ugniecenie warstwy podornej, szczególnie na glebie lekkiej [Hakansson 1994, Kozicz 1996, Trzecki, Niemczyk 1980]. Jego niekorzystny wpływ na plonowanie roślin stwierdzono w jedenastym roku badań. Hakansson [1994] uważa, że ugniecenie podglebia może być nieodwracalne i prowadzić do stałej obniżki plonów roślin. Likwidacja ugniecenia podglebia jest nieskuteczna i energochłonna, dlatego wielu autorów jako prawidłową strategię utrzymania sprawności gleby wskazuje na zapobieganie nadmiernemu ugnieceniu gleby poprzez ograniczenie ruchu agregatów po polu. W roślinach wymagających wielokrotnych przejazdów w okresie wegetacji w celu nawożenia i chemicznej pielęgnacji taką możliwość stwarza poruszanie się agregatów po ścieżkach przejazdowych [Buliński 1994, Domsch 1993, Kozicz 1996, Marks, Buczyński 2002, Niemczyk 2004].

Celem niniejszych badań była ocena zakresu zmian właściwości fizycznych gleby w okresie wegetacji buraka cukrowego i rzepaku ozimego na skutek wielokrotnych przejazdów maszyn rolniczych po polu w czasie zabiegów pielęgnacyjnych.

## METODYKA I WARUNKI BADAŃ

Badania prowadzono na Polu Doświadczalnym Katedry Agronomii w RZD Chylice na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej z gliny zwałowej lekkiej o zawartości części spławialnych 19–21%. Gleba charakteryzuje się uregulowanymi stosunkami wodnymi, średnią zawartością próchnicy; pH wynosi 6,4–6,7.

Badania prowadzono w trzyletnim cyklu dla buraka cukrowego w latach 1999–2001 i dla rzepaku ozimego w latach 2001/02, 2003/04, 2004/05.

Doświadczenie założono metodą długich parceli. Wytyczono dwa obiekty: I – łan – obiekt, w którym nie wykonywano żadnych przejazdów i II – obiekt ze ścieżkami przejazdowymi. W obiekcie II w czasie siewu wytyczono ścieżki przejazdowe przez zamknięcie jednej redlicy w burakach i dwóch redlic w rzepaku. W okresie wegetacji roślin maszyny rolnicze poruszały się wyłącznie po wytyczonych ścieżkach.

Drugą część dawki nawozu azotowego wysiano za pomocą rozsiewacza zawieszanego na ciągniku Ursus C 330, do chemicznej ochrony stosowano również ciągnik Ursus C 330 i opryskiwacz zawieszany o szerokości roboczej 12 m. Pierwszy przejazd po ścieżkach wykonano w czasie siewu, a kolejne 5–6 w okresie wegetacji roślin zgodnie z wymaganiami technologii i w zależności od warunków wilgotnościowych gleby.

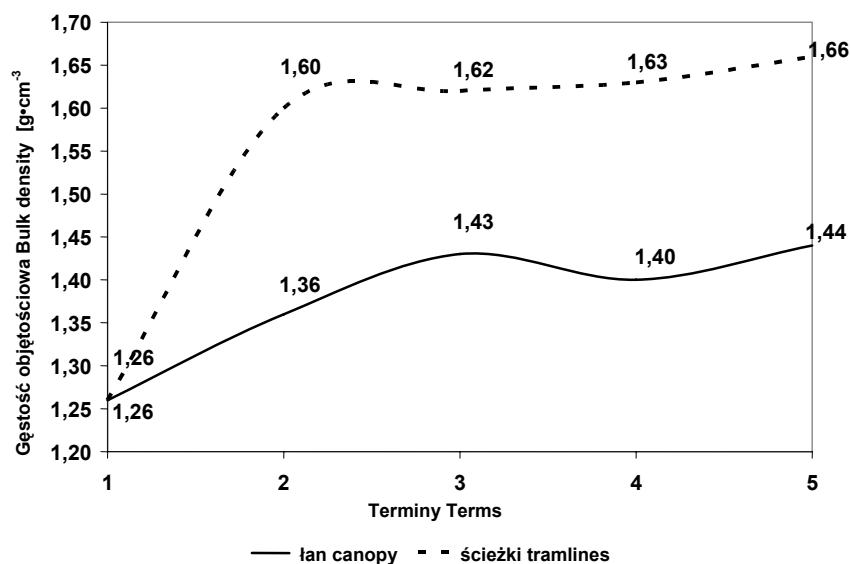
W burakach przejazdu miały miejsce w maju i czerwcu, w rzepaku ozimym – jeden albo dwa jesienią, trzy albo cztery wiosną – w końcu marca i kwietniu.

Próby na gęstość objętościową gleby pobrano z warstwy 5–10 cm przed siewem, a następnie z łanu i obszaru ścieżki po przejazdach. Przed zbiorem roślin pobrano próby w celu określenia porowatości ogólnej i dyferencyjnej. Oznaczenie objętości porów o określonej średnicy wykonano wypierając wodę z gleby przez zastosowanie odpowiedniego ciśnienia w aparacie Richardsa. Dodatkowo raz w 3-letnim cyklu dla każdej rośliny pobrano próby w celu określenia zmian gęstości w profilu glebowym do 40 cm. Wyniki opracowano metodą analizy wariancji, a istotność szacowano testem Tukeya.

## WYNIKI

Gęstość objętościowa gleby w momencie siewu była ukształtowana na poziomie 1,20–1,30 g·cm<sup>-3</sup>. W okresie wegetacji roślin gleba ulegała osiadananiu i przy zbiorze roślin w obiekcie I ten parametr kształtował się zwykle na poziomie 1,32–1,45 g·cm<sup>-3</sup>.

W obiekcie II na obszarze ścieżek gęstość wzrastała dla badanej gleby zwykle do poziomu 1,60–1,70 g·cm<sup>-3</sup>. Średni za trzy lata przebieg gęstości gleby w okresie wegetacji roślin przedstawiają wykresy 1a i 1b.



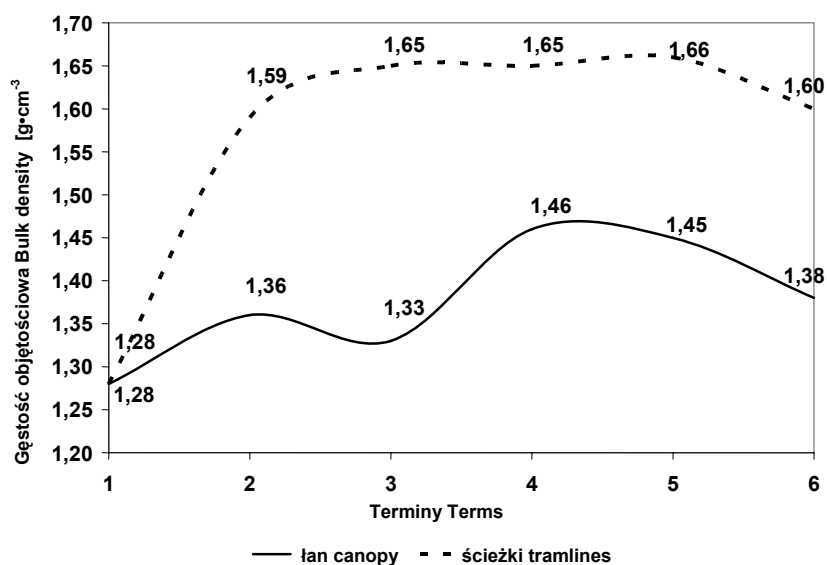
Rys. 1a. Zmiany gęstości objętościowej gleby w okresie wegetacji rzepaku ozimego (średnio za 3 lata). Terminy: 1 – przed siewem, 2 – jesień, 3 – wczesna wiosna, 4 – wiosna, 5 – przed zbiorem

Fig. 1a. Changes of soil bulk density during vegetation period of winter rape (average of 3 years).

Terms: 1 – before sowing, 2 – autumn, 3 – early spring, 4 – spring, 5 – before harvest

NIR<sub>0,05</sub> dla obiektów LSD<sub>0,05</sub> for treatments 0,05

NIR<sub>0,05</sub> dla terminów LSD<sub>0,05</sub> for terms 0.08



Rys.1b. Zmiany gęstości objętościowej gleby w okresie wegetacji buraka cukrowego (średnio za 3 lata). Terminy: 1 – przed siewem, 2 – koniec maja, 3 – połowa czerwca, 4 – koniec czerwca, 5 – początek sierpnia, 6 – przed zbiorem

Fig. 1b. Changes of soil bulk density during vegetation period of sugar beet (average of 3 years). Terms : 1 – before sowing; 2 – at the end of May; 3 – at the middle of June; 4 – at the end of June; 5 – at the beginning of August ; 6 – before harvest

NIR<sub>0,05</sub> dla obiektów LSD<sub>0,05</sub> for treatments 0,10;

NIR<sub>0,05</sub> dla terminów LSD<sub>0,05</sub> for terms 0,16

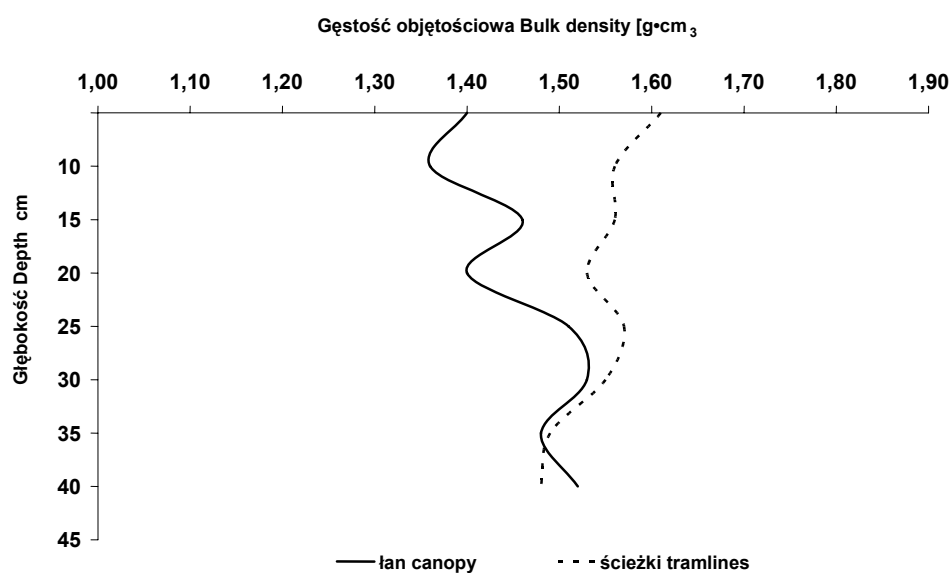
Główne znaczenie dla ukształtowania gęstości miały dwa – trzy pierwsze przejazdy tym samym śladem – to one odpowiadają za 80–85% całkowitego wzrostu zagęszczenia; kolejne cztery przejazdy miały znacznie mniejszy wpływ na wzrost gęstości – powodowały 15–20% całkowitego zagęszczenia. Wyniki te są zgodne z danymi literatury (Buliński 1994, Byszewski, Haman 1977, Marks, Buczyński 2002, Niemczyk 2004). Stwierdzono, że ugniecenie gleby sięga do głębokości 30 cm, ale różnice statystycznie istotne udowodniono w badaniach nad rzepakiem do głębokości 10 cm (rys. 2). Zbliżone wyniki uzyskano w badaniach nad burakiem cukrowym.

Zmiany gęstości gleby powodowały zmiany porowatości ogólnej i dyferencyjnej (rys. 3). Porowatość ogólna gleby, która nie była poddana działaniu kół maszyn rolniczych (obiekt I), wahała się w granicach 40–50%, natomiast na obszarze ścieżek spadała do 32–42%.



Pod wpływem oddziaływania kół agregatów na glebę w porowatości dyferencyjnej znacznej redukcji ulegały pory o średnicy  $>1000 \mu\text{m}$  i  $1000\text{--}30 \mu\text{m}$ . Objętość porów o średnicy  $> 12\mu\text{m}$ , czyli porów zajętych przez powietrze, spadała z 25–31% najczęściej do poziomu 14–20%. Podobny kierunek zmian stwierdzają Domsch i in. [1996], Kozicz [1997], Walczykowa [1987].

Dzięki poruszaniu się maszyn rolniczych po wytyczonych ścieżkach, tylko niewielka część powierzchni pola zostaje silnie ugnieciona, pozostała powierzchnia jest wolna od śladów kół.

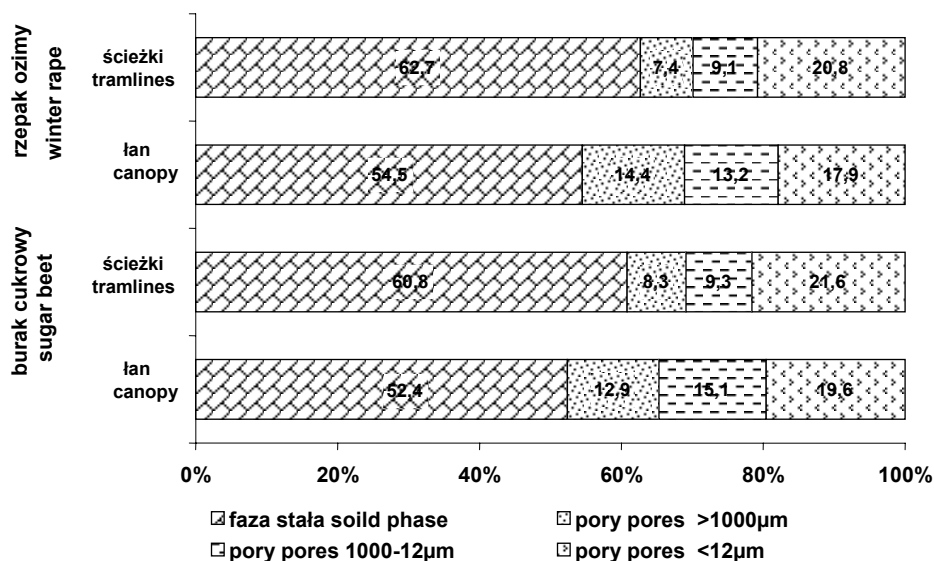


Rys. 2. Zmiany gęstości objętościowej gleby w warstwach gleby przed zbiorem rzepaku ozimego (2002)

Fig. 2. Changes of soil bulk density in soil layers before harvest of winter rape (2002)

NIR<sub>0,05</sub> dla obiektów LSD<sub>0,05</sub> for treatments 0,13;

NIR<sub>0,05</sub> dla głębokości LSD<sub>0,05</sub> for depth 0.20



Rys. 3. Zmiany udziału fazy stałej i porowatości dyferencyjnej w glebie (średnio za 3 lata)  
Fig. 3. Changes of solid phase share and differential porosity in the soil (average of 3 years)

## WNIOSKI

1. Zakres zmian gęstości objętościowej gleby i porowatości pod wpływem przejazdów maszyn rolniczych po ścieżkach w czasie zabiegów pielęgnacyjnych w okresie wegetacji buraka cukrowego i rzepeku ozimego jest zbliżony.

2. Zasadnicze ugniecenie gleby powodują dwa – trzy pierwsze przejazdy tym samym śladem, przy kolejnych przejazdach gęstość objętościowa zmieniała się w niewielkim stopniu.

3. Pod wpływem działania kół maszyn rolniczych w glebie redukcji ulegają pory zajęte przez powietrze.

## PIŚMIENNICTWO

- Buliński J.: 1994. Możliwości zmniejszania ugniatania gleby agregatami rolniczymi. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 6, 2–3.
- Byszewski W., Haman J.: 1977. Gleba-maszyna-roślina. PWN, Warszawa.
- Domsch H.: 1993. Dauerhafte Fahrspurbereiche? Neue Landwirtschaft 2, 72–74.
- Domsch H., Adamek R., Grothe K.: 1996. Kontrollierter Fahrverkehr auf Sandboden. Landtechnik Jg. 51, 3, 140–141.
- Hakansson J.: 1994. Subsoil compaction caused by heavy vehicles-a long-term threat to soil productivity. Soil Till. Res. 29, 2–3, 167–172.
- Kozicz J.: 1996. Ugniatanie gleby mechanizmami jezdnyimi agregatów przy uprawie roślin zbożowych i okopowych. Post. Nauk Rol. 4, 51–63.
- Marks M., Buczyński G.: 2002. Degradacja gleby spowodowana mechanizacją prac polowych oraz sposoby i możliwości jej zapobiegania. Post. Nauk Rol. 4, 27–39.
- Niemczyk H.: 2004. Znaczenie ścieżek przejazdowych w ograniczaniu niekorzystnego oddziaływania kół agregatów rolniczych na właściwości fizyczne gleby i plonowanie roślin. Annales UMCS, Sec. E, 59, 2, 913–922
- Ostrowski J.: 2002. Agroekologiczne aspekty kształtowania warunków natlenienia gleb uprawnych. Fragm. Agron. 2, 207–214
- Ślusarczyk E.: 1992. Wpływ przejazdu ciągników kołowych na właściwości fizyczne gleby. IUNG Puławy, R 300, 7–25.
- Trzeciak S., Niemczyk H.: 1980. Wpływ spulchnienia i silnego zagęszczenia warstw podornych na plony niektórych roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 227, 69–74.
- Walczukowa M.: 1987. Niektóre problemy uprawy i ugniatania gleby w świetle badań światowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze 7, 3–5.

## CHANGES OF SOIL PHYSICAL PROPERTIES AFTER AGRICULTURAL MACHINE TRAFFIC DURING CULTIVATION MEASURES

### S u m m a r y

Impact of the agricultural machine traffic on the soil physical properties (soil bulk density, total porosity, differential porosity) was investigated in a three-year field experiment.

The studies were conducted during the vegetation period of sugar beet and winter rape. Plots without tramlines were compared to plots with tramlines, on which 5–6 working runs of agricultural machines were done during the vegetation period. The 80–85% increase in total soil compaction was observed after 2–3 initial working runs. On the tramlines, total porosity decreased to 32% (v/v). Significant reduction in aerial pores volume was observed.

KEY WORDS: soil bulk density, total porosity, differential porosity, tramlines

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Blecharczyk, Akademia Rolnicza w Poznaniu

### Adres do korespondencji

Hanna Niemczyk  
Katedra Agronomii  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Nowoursynowska 159  
02 -776 Warszawa



**Antoni Szewczyk, Grzegorz Wilczok**

**WPLYW USTAWIENIA ROZPYLACZA NA STOPIEŃ  
POKRYCIA POWIERZCHNI PIONOWYCH**  
**INFLUENCE OF SETTING THE SPRAYER ON COVERAGE  
VERTICAL SURFACES**

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environment and Life*  
*Sciences*

Istnieje wiele metod ograniczających niekorzystne działanie wiatru podczas opryskiwania. Jedną z cech jakościowych właściwego opryskiwania jest stopień pokrycia rozpylaną cieczą roboczą opryskiwanych roślin. Celem badań było określenie wpływu parametrów pracy wybranego rozpylacza na stopień pokrycia cieczą roboczą opryskiwanych powierzchni pionowych w trakcie zabiegu. Jako parametr, który powinien poprawiać jakość opryskiwania, zastosowano odchylenie belki polowej w kierunku przeciwnym do działania wiatru. Wyniki badań wykazały, że odchylenie belki polowej, a tym samym rozpylaczy w kierunku przeciwnym do działania wiatru pozornego wyraźnie poprawia jakość oprysku. Badania zostały wykonane w warunkach polowych w łanie pszenicy.

SŁOWA KLUCZOWE: opryskiwanie, ustawienie belki polowej, pokrycie opryskiem, rozpylacz

### WSTĘP

Działanie środków ochrony roślin uzależnione jest od wielu czynników. Jednym z istotniejszych jest równomierność naniesienia i dawka cieczy roboczej, jaką aplikuje opryskiwacz w trakcie zabiegu. Dobór odpowiedniego rozpylacza oraz parametrów pracy stanowi często trudny problem. Podczas ruchu agregatu występuje tzw. wiatr pozorny, niezależny od wiatru rzeczywistego a uzależniony od prędkości ruchu agregatu. Może on spotęgować działanie znoszenia rozpylanej cieczy i niekorzystnie wpływać na wynik opryskiwania [Hołownicki 2003, Langenakens i in. 1995, Rosemarie 1995, Szewczyk i in. 2005].

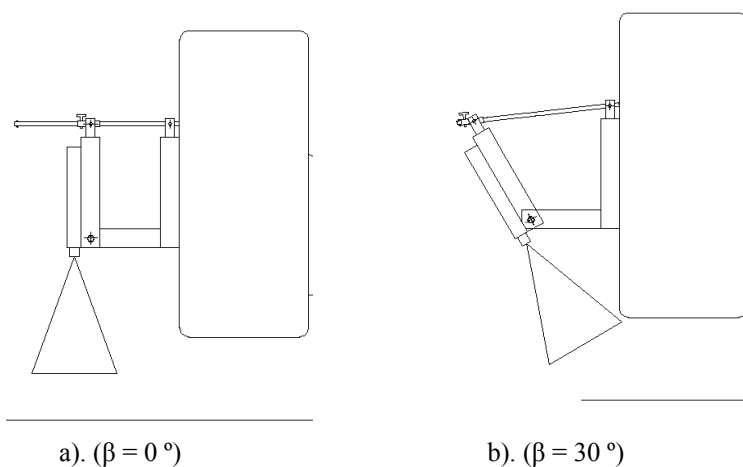
Mimo istniejących wielu metod ograniczających znoszenie rozpylonej cieczy wskazane jest dalsze poszukiwanie innych skutecznych sposobów ograniczających to niekorzystne zjawisko i zwiększających stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni. Jedną z bardziej interesujących i przyszłościowych może być metoda prezentowana przez autorów, a polegająca na zmianie kąta ustawienia rozpylaczy.

## CEL BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu parametrów pracy wybranego rozpylacza na stopień pokrycia cieczą roboczą opryskiwanych powierzchni pionowych. W szczególności analizowano wpływ kąta odchylenia płaszczyzny rozpylania na stopień pokrycia opryskiwanych powierzchni.

## MATERIAŁ I METODY

Badania zostały przeprowadzone w gospodarstwie rolnym w pobliżu Sobótki, na polu pszenicy ozimej. Pszenica była w fazie dojrzałości młeczej i miała około 80 cm wysokości. Obsada roślin na 1 m<sup>2</sup> wynosiła 540 szt. W pobliżu pola nie rosły żadne krzewy, drzewa, które mogłyby w wyraźny sposób zakłócić wpływ wiatru na przebieg oprysku. Do badań wykorzystano nowe rozpylacze szczelinowe płaskostrumieniowe, tzw. eżektorowe firmy Lechler IDK 120-03. Zmianę kąta odchylenia płaszczyzny rozpylania  $\beta$  w zakresie 0-30° wykonywano za pomocą specjalnie do tego celu skonstruowanego układu zawieszenia belki polowej (rys. 1).



Rys. 1. Schemat agregatu ciągnik – opryskiwacz ze zmodyfikowanym układem zawieszenia belki.

Fig. 1. Scheme of traktor – sprayer set with modified beam hanging

W badaniach przyjęto ciśnienia robocze: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 MPa oraz kąt odchylenia płaszczyzny rozpylania  $\beta$ :  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ . Po zmierzeniu wydatku rozpylaczy wyznaczono prędkości robocze agregatu dla poszczególnych ciśnień roboczych, zachowując stałą dawkę cieczy roboczej na hektar –  $200 \text{ dm}^3$ . Prędkość robocza agregatu przy uwzględnieniu stałej dawki była następująca (kolejno dla poszczególnych ciśnień): 0,2 MPa  $\approx$  5,7 km/h, 0,3 MPa  $\approx$  7,0 km/h, 0,4 MPa  $\approx$  8,1 km/h, 0,5 MPa  $\approx$  9,1 km/h. W łanie pszenicy ustawiono 4 sztuczne rośliny w rozstawie co 20 m. Do sztucznej rośliny były przymocowane papierki wodoczułe o wymiarach 26x76 mm jak na rysunku 2. W zależności od kierunku strumienia próbniki nazwano: pionowym najazdowym oraz pionowym odjazdowym i analogicznie dla górnego ustawienia nazwano górnymi, a dolnego ustawienia papierków dolnymi. Do badań przyjęto dwie wysokości opryskiwania 0,5 m oraz 0,9 m, co odpowiadało zamocowaniu papierków w górnej wysokości oraz w połowie wzrostu łanu pszenicy.



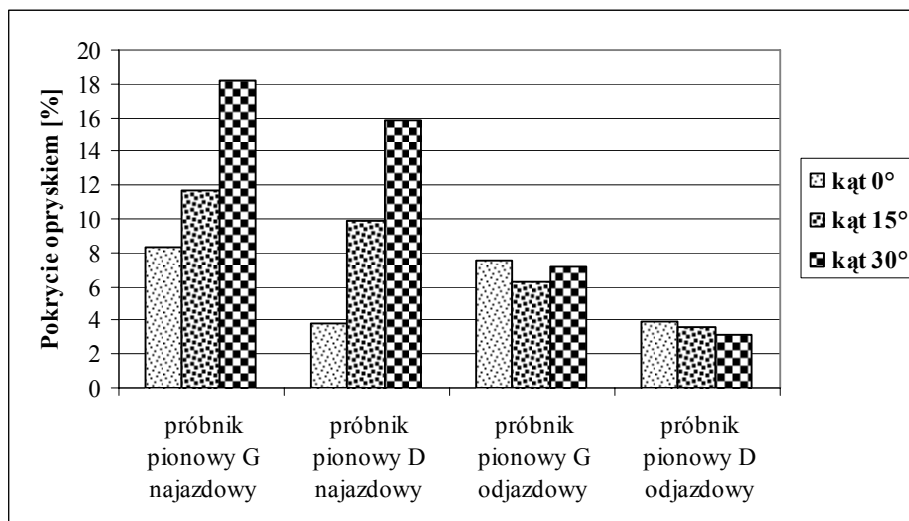
Rys. 2. Zamocowanie papierków wodoczułych na sztucznej roślinie w łanie pszenicy  
Fig. 2. Water-sensitive paper fastening to an artificial plant on wheat field

Podczas przejazdu agregatu dokonywany był pomiar wiatru będącego wartością sumaryczną wiatru rzeczywistego oraz pozornego na wysokości ustawienia belki opryskiwacza. Po uśrednieniu kilkudziesięciu pomiarów uzyskano następujące prędkości: 0,84 m/s, 1,12 m/s, 2,5 m/s, 2,63 m/s. Stopień pokrycia określono na podstawie zmiany zabarwienia próbników pod wpływem opadłych na nie kropli cieczy za pomocą programu do graficznej analizy obrazu.

## WYNIKI BADAŃ

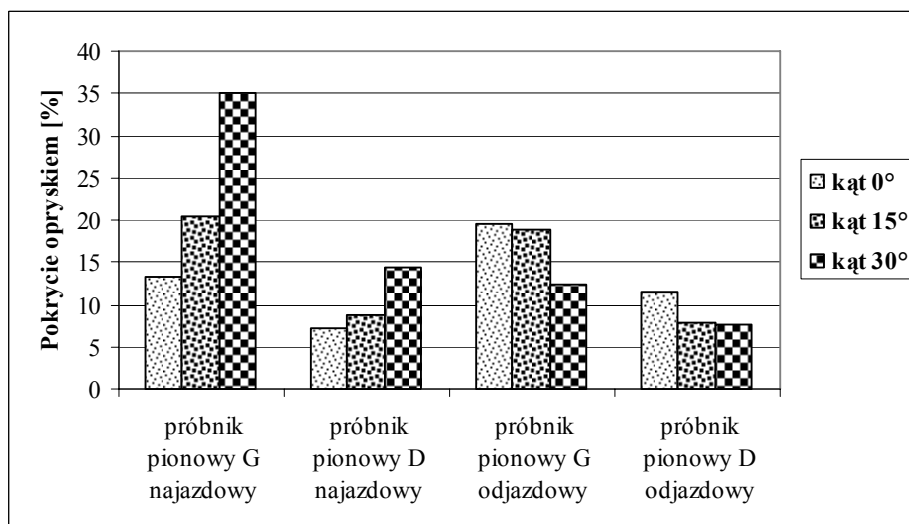
Wybrane wyniki badań przedstawione zostały na wykresach od rysunku 3 do 8. Rysunki przedstawiają pokrycie cieczą roboczą papierków wodoczułych umieszczonych na sztucznej roślinie zgodnie z przedstawioną metodyką.

Na rysunku 3 widać, że przy ciśnieniu roboczym 0,2 MPa wyraźnie wzrosło pokrycie powierzchni dla próbników pionowych najazdowych. Pokrycie próbników pionowych odjazdowych nie zmienia się znacząco przy zmianie kąta ustawienia belki. Bardzo ciekawym zjawiskiem, jakie można zauważyć analizując przedstawione wyniki, jest brak różnicy w pokryciu próbników umieszczonych wewnątrz oraz na powierzchni łanu.



Rys. 3. Stopień pokrycia opryskiem próbników dla ciśnienia 0,2 MPa dla różnych kątów ustawienia. G – górny, D – dolny

Fig. 3. Coverage level of sampler spraying for pressure 0,2 MPa, and different set-up angles. G – upper, D – bottom



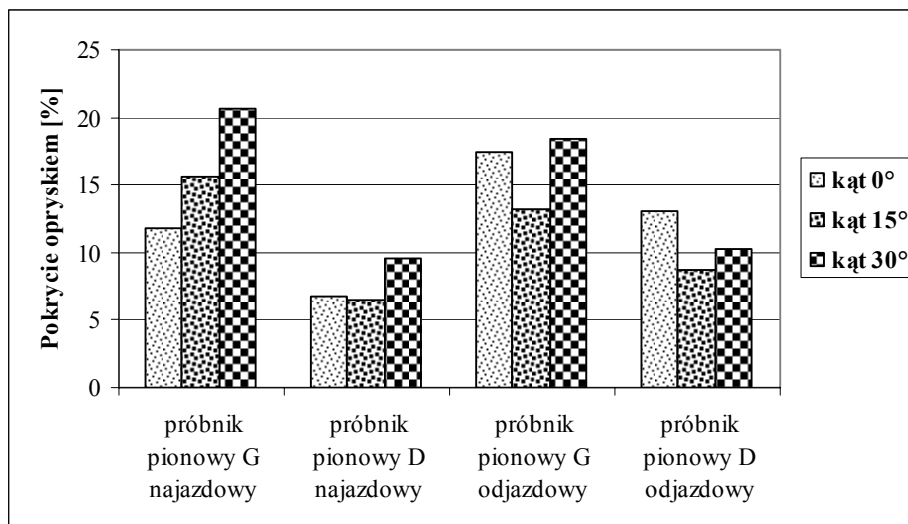
Rys. 4. Stopień pokrycia opryskiem próbników dla ciśnienia 0,3 MPa dla różnych kątów ustawienia. G – górny, D – dolny

Fig. 4. Coverage level of sampler spraying for pressure 0,3 MPa, and different set-up angles. G – upper, D – bottom



Na rysunku 4 (przy ciśnieniu 0,3 MPa) nie widać już tak dużych zmian stopnia pokrycia przy zmianie kąta ustawienia belki, z wyjątkiem próbników najazdowych umieszczonych na powierzchni ładu (górnym). Pokrycie było jednak nieznacznie większe niż dla ciśnienia 0,2 MPa.

Rysunek 5 przedstawia pokrycie opryskiem próbników dla ciśnienia 0,4 MPa.

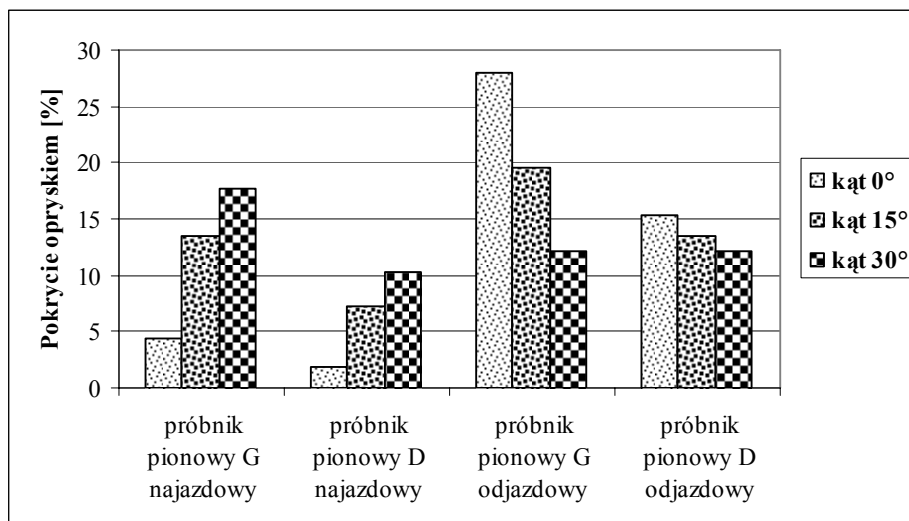


Rys. 5. Stopień pokrycia opryskiem próbników dla ciśnienia 0,4 MPa dla różnych kątów ustawienia. G – górny, D – dolny

Fig. 5. Coverage level of sampler spraying for pressure 0,4 MPa, and different set-up angles. G – upper, D – bottom

W tym przypadku wpływ odchylenia belki poowej w kierunku ruchu agregatu na stopień pokrycia nie miał już prawie żadnego wpływu. Dla próbników pionowych górnych najazdowych pokrycie nieznacznie wzrastało wraz ze wzrostem kąta. Dla pozostałych próbników pokrycie było na podobnym poziomie i nieznacznie się różniło dla przyjętych do badań kątów.

Analizując rysunek 6 można zauważyć, że odwrotnie jak to miało miejsce przy ciśnieniach 0,2–0,4 MPa, najmniejsze pokrycie zaobserwowano dla próbników pionowych najazdowych, chociaż zwiększało się ono wraz ze wzrostem kąta ustawienia rozpylaczy. Natomiast próbki pionowe odjazdowe zostały pokryte w coraz mniejszym stopniu przy wzroście kąta ustawienia rozpylaczy.



Rys. 6. Stopień pokrycia opryskiem próbników dla ciśnienia 0,5 MPa dla różnych kątów ustawienia. G – górny, D – dolny

Fig. 6. Coverage level of sampler spraying for pressure 0,5 MPa, and different set-up angles. G – upper, D – bottom

## WNIOSKI

1. Zwiększenie kąta odchylenia belki polowej w kierunku ruchu agregatu o kąt 15° i 30° powodowało wzrost stopnia pokrycia powierzchni pionowych najazdowych dla wszystkich ciśnień roboczych zastosowanych w badaniach.

2. Najlepsze pokrycie dla badanych rozpylaczy dla próbników pionowych najazdowych uzyskano stosując ciśnienie robocze 0,3 MPa.

3. Dla próbników pionowych odjazdowych najlepsze pokrycie uzyskano przy zastosowaniu ciśnienia 0,5 MPa.

4. Odchylenie belki polowej, a tym samym rozpylaczy w kierunku przeciwnym do działania wiatru pozornego wyraźnie poprawia jakość oprysku w porównaniu do pokrycia opryskiwanych powierzchni bez zastosowania odchylenia belki.

## PIŚMIENNICTWO

- Hołownicki R.: 2003. System automatyczny zmiany typu rozpylacza zależności od prędkości wiatru dla opryskiwaczy polowych i sadowniczych. 2003. Materiały z IV Konferencji „Racjonalna technika ochrony roślin” Skierniewice, 15–16 październik, 165–175.
- Langenkens J.J., Ramon H., Baerdemaeker J. D.: 1995. A Model for Measuring the Effect of Tire Pressure and Driving Speed on Horizontal Sprayer Boom Movements and Spray Pattern. Trans. of ASAE vol. 38,s.65–72.
- Rosemarie R. Abdrift verschiedener Düsen., 1995. 50 Landtechnik 2/95 66–67
- Szewczyk A., Łuczycza D., Wilczok G.: 2005. The Influence of Air Movement Velocity and Droplet Size on Spray Coverage Obtained on the Target Surface. 2005. Annual Review of Agricultural Engineering, vol. 4/1 Year 4/2005, 341–346

### INFLUENCE OF SETTING THE SPRAYER ON COVERAGE VERTICAL SURFACES

#### S u m m a r y

There are plenty of methods to minimize the influence of the wind on working liquid slick. The target was to describe parameters of work one of the selected sprayers on the level of coverage vertical surfaces. Field beam and spraying heads deflection definitely improves the spatter quality.

KEY WORDS: spraying, plane of pulverizations, spray coverage

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy Napiórkowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
w Olsztynie

#### **Adres do korespondencji:**

dr inż. Antoni Szewczyk  
Instytut Inżynierii, Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław  
e-mail: [szewczyk@imr.ar.wroc.pl](mailto:szewczyk@imr.ar.wroc.pl)



**Antoni Szewczyk, Grzegorz Wilczok**

**BADANIA WPŁYWU WYBRANYCH KRYTERIÓW  
PRZY PODEJMOWANIU DECYZJI ZAKUPU OPRYSKIWACZA  
WŚRÓD ROLNIKÓW**

**RESEARCH ON INFLUENCE OF SELECTED CRITERIA  
BY FARMERS, WHO ARE MAKING A DECISION ABOUT  
BUYING A SPRAYER**

*Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Mimo dobrej znajomości zasad marketingowych funkcjonowania rynku nie można podejmować racjonalnej decyzji bez informacji marketingowej, która powinna być; dokładna, trafna, aktualna i wiarygodna. Celem prezentowanych badań było określenie wpływu informacji rynkowej na zachowanie się klienta na rynku sprzętu do chemicznej ochrony roślin. Ciekawy i warty podkreślenia był fakt, że rolnicy bardziej koncentrują się przy zakupie opryskiwacza jako takiego niż nad tym kto go wyprodukował. Jest to zjawisko dość wyraźnie odbiegające od sytuacji, jaka panuje na rynkach innych produktów inwestycyjnych czy też konsumpcyjnych. Ankietowani rolnicy akcentowali, że zdecydowanym ułatwieniem przy podejmowaniu decyzji zakupu opryskiwacza jest dokładne określenie potrzeb odnośnie parametrów i cech poszukiwanego sprzętu, czy niebagatelną rolę odgrywa rzetelna informacja marketingowa.

SŁOWA KLUCZOWE: opryskiwacz, instrumenty marketingowe, badania ankietowe

### **WSTĘP**

Mimo swojej specyfiki rynek maszyn rolniczych, w tym rynek sprzętu do stosowania środków ochrony roślin, rządzi się tymi samymi zasadami i prawami marketingowymi jak rynki każdego innego produktu oferowanego do sprzedaży [Trębacz 1997].

Na każdym rynku funkcjonują pojęcia-instrumenty marketingowe, takie jak: produkt, cena, promocja i dystrybucja, które można zastąpić bardziej adekwatnymi do dzisiejszej sytuacji określeniami, jak: wartość dla klienta, koszty i wygoda nabycia czy dialog-komunikacja producenta z klientem. Producent czy sprzedawca dowolnego pro-

duktu, który nie umie posługiwać się tymi instrumentami marketingowymi, jest praktycznie skazany na porażkę. Do specyfiki rynku opryskiwaczy należy to, że jest rynkiem produktów inwestycyjnych z dużym obszarem oddziaływania szeregu uregulowań prawnych narzucających producentom i klientom pewne specyficzne wymagania i zachowania [Szewczyk 2003].

Mimo dobrej znajomości zasad marketingowych funkcjonowania rynku nie można podejmować racjonalnej decyzji bez informacji marketingowej, która powinna być co najmniej: dokładna, trafna, aktualna i wiarygodna. Sprawnie działający system informacji marketingowej usprawnia i istotnie wspomaga proces podejmowania decyzji. Dotyczy to w równym stopniu producenta, sprzedawcy jak i klienta.

Biorąc udział w grze rynkowej, jaką jest w gruncie rzeczy marketing, nie można nie uwzględniać skomplikowanej natury człowieka. Szczególnie sprzedawca musi sobie uświadamiać, jak bardzo ważną jest dla niego znajomość i precyzyjna identyfikacja klienta oraz samego procesu podejmowania przez niego decyzji zakupu. W poszukiwaniu trafnej i wiarygodnej informacji rynkowej ogromną rolę odgrywają badania naukowe w dziedzinie marketingu [Mazurek, Łopaciński 1998].

W Instytucie Inżynierii Rolniczej prowadzone są od dłuższego czasu badania rynku sprzętu do ochrony roślin, w tym ocena roli i analiza aktywności operatorów występujących na tym rynku.

## CEL BADAŃ

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu informacji rynkowej na zachowanie się klienta na rynku sprzętu do chemicznej ochrony roślin w momencie podejmowania różnego rodzaju decyzji, a zwłaszcza decyzji zakupu. W badaniach uwzględniono przede wszystkim:

- ocenę dostępnej informacji rynkowej,
- określenie zakresu wykorzystania instrumentów marketingowych,
- analizę potrzeb i opinii rolników w dziedzinie techniki ochrony roślin.

## MATERIAŁ I METODY

Badania zostały przeprowadzone w oparciu o zgromadzone materiały uzyskane na podstawie ankiet i rozmów przeprowadzonych z rolnikami na terenie województw dolnośląskiego i opolskiego. Ankiety i rozmowy prowadzone były podczas szkoleń i badań technicznych prowadzonych przez Centrum Szkoleniowe Techniki Ochrony Roślin przy Instytucie Inżynierii Rolniczej oraz podczas targów i pokazów maszyn rolniczych.

Badania ankietowe prowadzone były również wśród sprzedawców maszyn rolniczych, by poznać poglądy tych, którzy powinni wykorzystywać zasady marketingowe w zaspokajaniu potrzeb rolników w dziedzinie ochrony upraw i plonów.

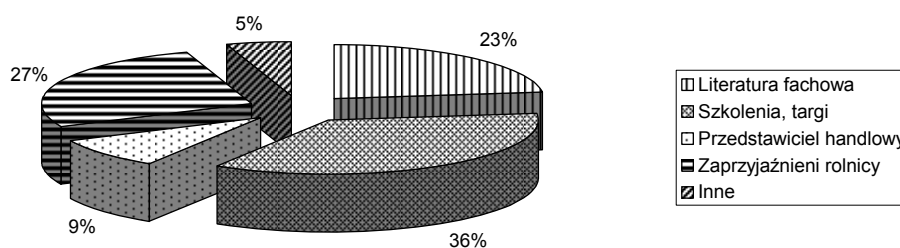
W sumie opracowano trzy rodzaje ankiet bezpośrednich po kilkanaście pytań, tzw. pytań zamkniętych. Ankiety skierowano do 267 rolników i od takiej ilości uzyskano

odpowiedzi oraz do 192 sprzedawców, od których uzyskano 40 pełnych odpowiedzi oraz kilkanaście częściowych. Zastosowano również metodę stawiania pytań pozornie podobnych, lecz z podaniem innych alternatywnych możliwości wyboru odpowiedzi. Uzyskano w ten sposób dużo jaśniejszy obraz zastosowania różnego typu instrumentów promocyjnych w sprzedaży sprzętu do ochrony roślin.

## WYNIKI BADAŃ

W niniejszym opracowaniu, ze względu na małą jego objętość, została przedstawiona część uzyskanych wyników, w mniemaniu autorów najbardziej interesujących i reprezentatywnych. Wyniki badań zostały przedstawione w kolejności stawianych rolnikom pytań. Na wykresach przedstawiono uśrednione dane uzyskane z obu województw, tj. dolnośląskiego i opolskiego, gdzie były prowadzone badania.

Na pytanie zadane rolnikom „Z jakich źródeł dowiedział się Pan o wybranych markach, które chciałby pan kupić?”, uzyskano następujące odpowiedzi, których udział procentowy i treść przedstawiono na rysunku 1.

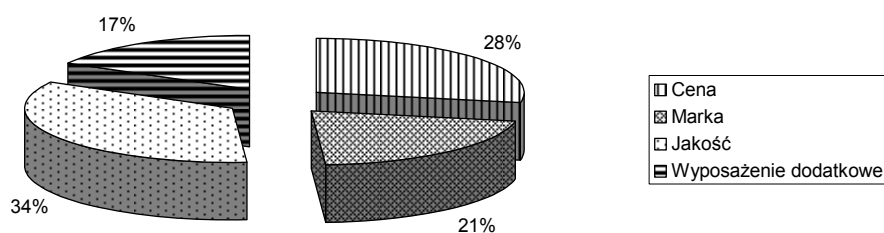


Rys. 1. Struktura odpowiedzi na pytanie o źródła informacji wykorzystywane przed zakupem opryskiwacza

Fig. 1. Response structure to question about information sources before buying a sprayer

Jak widać na rysunku 1, podstawowym źródłem informacji w przekonaniu respondentów są różnego rodzaju targi i pokazy pracy maszyn rolniczych, które stały się już stałym elementem rynku maszyn rolniczych i spotkań rolników. Niemałe znaczenia odgrywa tutaj prasa specjalistyczna skierowana do określonej grupy producentów. Dużą rolę, jak podkreślali rolnicy, w kształtowaniu ich przekonań odgrywają szkolenia na wszelkiego rodzaju uprawnienia. Wyniki te potwierdzają spostrzeżenia autorów badań poczynione podczas prowadzenia takich szkoleń. Jak ważną rolę odgrywają szkolenia i jak bardzo są one potrzebne dla rolników – można sarkastycznie stwierdzić – dają analizy wyników wszelkiego rodzaju testów i egzaminów przeprowadzanych przy tej okazji, które nie wypadają najlepiej.

Na pytanie „Jakim kryterium kierowałby się Pan przy zakupie opryskiwacza?”, uzyskano odpowiedzi przedstawione na rysunku 2.

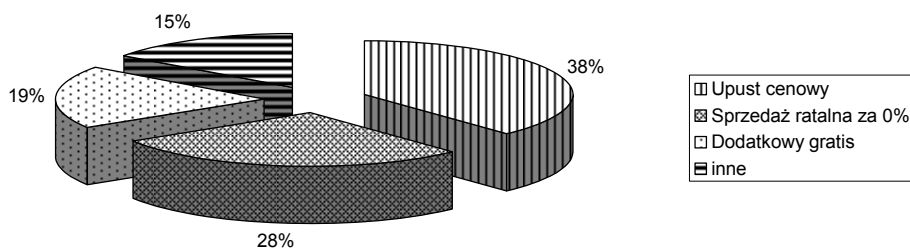


Rys. 2. Udział procentowy odpowiedzi na pytanie o kryterium uwzględniane przy zakupie opryskiwacza

Fig. 2. Percentage share of answers to question about buying a sprayer criterion

Analizując dane przedstawione na rysunku 2 widać, że odpowiedzi co do argumentu decydującego o zakupie rozkładają się prawie równomiernie z niewielką przewagą tych odpowiedzi, które wskazują na preferencje ceny i jakości.

Natomiast na pytanie sformułowane następująco: „Jaki typ promocji zastosowanej przy sprzedaży najbardziej by Pana interesował?”, podane zostały odpowiedzi, których udział procentowy zilustrowano na rysunku 3.



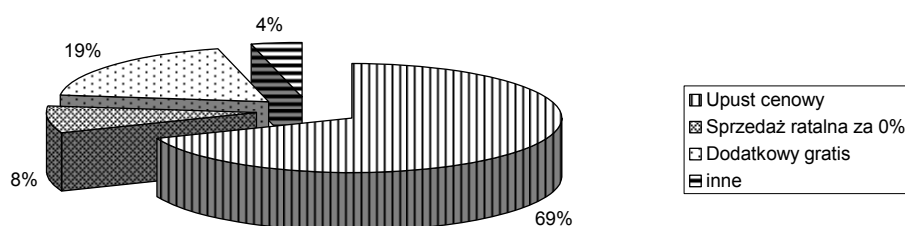
Rys. 3. Struktura odpowiedzi na pytanie o rodzaj promocji

Fig. 3. Response structure to question about sale promotion types

Z tego rysunku wynika, że korzystne warunki zakupu odgrywają dla respondentów istotną rolę, ale odnosić się to może do opryskiwaczy w każdym przypadku zakupu.

Na podobne pytanie skierowane do sprzedawców opryskiwaczy brzmiące „Jakie typy promocji stosowano przy sprzedaży?” udzielono odpowiedzi, których strukturę przedstawiono na rysunku 4.



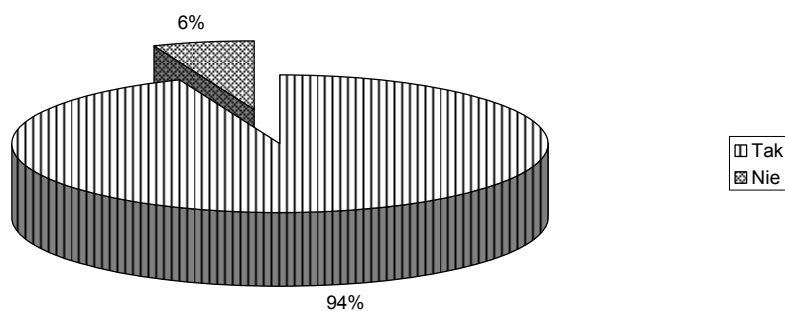


Rys. 4. Udział odpowiedzi udzielonych przez sprzedawców na temat stosowanych rodzajów promocji

Fig. 4. Salesmen response to question about sale promotion types

Porównując odpowiedzi udzielone przez rolników i sprzedawców widać dość dużą różnicę między oczekiwaniami klienta a postrzeganiem i rozumieniem tegoż klienta przez sprzedawcę.

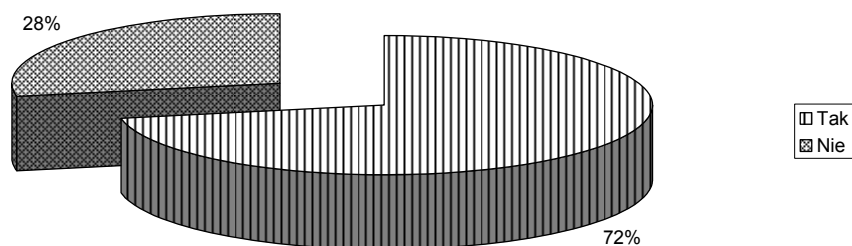
Na pytanie „Czy oczekiwałby Pan przy zakupie opryskiwacza na wskazówki dotyczące eksploatacji np.: kalibracji itp.?” Na „tak” odpowiedziało 94% a na „nie” 6% pytanych – rysunek 5.



Rys. 5. Odpowiedzi na pytanie dotyczące potrzeb w zakresie dodatkowej usługi

Fig. 5. Response to question about extra service needs

Na takie samo pytanie skierowane do sprzedawców brzmiące „Gdy rolnik przychodzi zdecydowany na zakup konkretnego opryskiwacza, oczekuje również na wskazówki w punkcie sprzedaży związane z jego eksploatacją?”, uzyskano następujący rozkład odpowiedzi (rys. 6).



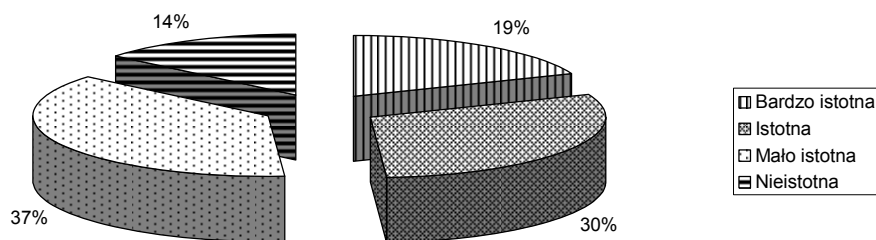
Rys. 6. Procentowy udział odpowiedzi udzielonych przez sprzedawców na pytanie o potrzebę dodatkowej usługi przy sprzedaży

Fig. 6. Percentage share of salesmen answers to question about extra service needs

Porównanie odpowiedzi na tak postawione zagadnienie wskazuje na różnice w oczekiwaniach klienta i sprzedawcy w trakcie procesu zakupu.

Istotność czynników wpływających na decyzje o wyborze typu i marki opryskiwacza ilustruje zagadnienie ujęte w poniższym pytaniu.

Na pytanie „Jaką rolę przy zakupie opryskiwacza odgrywał dla pana producent opryskiwacza?”, otrzymano odpowiedzi, których strukturę procentową przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Znaczenie marki przy podejmowaniu decyzji o zakupie opryskiwacza

Fig. 7. Brand meaning when buying a sprayer

Jak widać na rysunku 7, dla dużej grupy klientów (14% + 37%) producent kupowanego opryskiwacza nie odgrywa istotnego znaczenia. Daje to bardzo szerokie pole do aktywności specjalistów od marketingu w zakresie poszukiwania możliwości zwiększenia udziału w rynku swojej firmy.

## PODSUMOWANIE

Na rynku sprzętu do ochrony roślin funkcjonuje wiele źródeł informacji dostępnych rolnikowi, takich jak: literatura popularna i popularnonaukowa, targi pokazy itd. jednak najistotniejszym źródłem wykorzystywanym przy zakupie były szkolenia, targi i pokazy maszyn rolniczych. Ta forma przekazu informacji umożliwiła bezpośredni kontakt z zainteresowanym sprzętem oraz ocenę opryskiwacza w pracy.

Oceniając pytania dotyczące zakresu wykorzystywania instrumentów marketingowych respondenci wskazywali przede wszystkim na cenę, co wskazuje na ogromne możliwości i wyzwania, jakie mają przed sobą specjaliści od marketingu operujący na rynku opryskiwaczy, biorąc pod uwagę fakt, że najgorszą formą konkurencji jest konkurencja cenowa.

W procesie decyzyjnym przed zakupem opryskiwacza ankietowani rolnicy stwierdzili, że zdecydowanym ułatwieniem jest sprecyzowanie indywidualnych potrzeb, dokładne określenie potrzebnych parametrów i cech pożądanego sprzętu oraz podkreślano niebagatelną rolę rzetelnej informacji. Podane czynniki zdecydowanie ułatwiają i przyspieszają podjęcie decyzji o zakupie opryskiwacza przez przyszłego użytkownika. Stwierdzić można również, że rolnicy bardziej koncentrują się przy zakupie opryskiwacza jako takiego niż na tym, kto go wyprodukował. Jest to zjawisko dość wyraźnie odbiegające od sytuacji, jaka panuje na rynkach innych produktów inwestycyjnych czy też konsumpcyjnych.

## PIŚMIENNICTWO

- Mazurek P., Łopaciński K.: 1998. Badania marketingowe – podstawowe metody i obszary zastosowań. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław.
- Szewczyk A.: 2003. Opinie użytkowników opryskiwaczy na temat modernizacji i badań technicznych w wybranych gminach woj. dolnośląskiego. Racjonalna Technika Ochrony Roślin. Materiały z IV konferencji Skierniewice 15–16 października.
- Trębacz A.: 1997. Marketing w Agrobiznesie. Podręcznik Warszawa.

## RESEARCH ON INFLUENCE OF SELECTED CRITERIA BY FARMERS, WHO ARE MAKING A DECISION ABOUT BUYING A SPRAYER

### S u m m a r y

Despite of good knowledge about marketing treatments there is no possibility to make a rational decision without marketing information which should be precisions, actual and credible.

The target was to show influence of information on clients respond with buying equipment to chemical plant protection Research showed that farmers are not concerned about the sprayer brand name. That situation is totally different on other markets.

KEY WORDS: marketing mix, questionnaire survey, sprayer

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy Napiórkowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Adres do korespondencji**

dr inż. Antoni Szewczyk  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław  
e-mail: szewczyk@imr.ar.wroc.pl

**Zygmunt Owsiak, Krzysztof Lejman**

**WPŁYW ASYMETRYCZNIE USTAWIONYCH KÓŁ CIĄGNIKA  
NA ZAGĘSZCZENIE GLEBY**

**INFLUENCE OF TRACTOR WHEELS ASYMMETRICAL  
ARRANGEMENT ON SOIL COMPACTION**

*Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Przedstawiono założenia konstrukcyjne i badania testacyjne zmodyfikowanego układu jezd-  
nego ciągnika. Modyfikacja układu polegała na asymetrycznym ustawieniu kół przednich, co  
umożliwiło porównanie skutków ugniatania gleby przez poszczególne koła. Stwierdzono, że w  
glebie gliniastej lekkiej i gliniastej ciężkiej przyrosty zwięzłości mierzone w osi koleiny osiągają  
zbliżone wartości niezależnie od tego, czy gleba była ugniatana kołem przednim, tylnym lub  
obydwoma kołami. Stwierdzono również zbliżone przyrosty zwięzłości w osi koleiny po przejeź-  
dzie koła tylnego oraz koła przedniego i tylnego, przy czym są one wyższe niż po przejeździe  
tylko koła przedniego.

SŁOWA KLUCZOWE: zagęszczanie gleby, zwięzłość, asymetrycznie ustawione koła ciągnika

**WSTĘP**

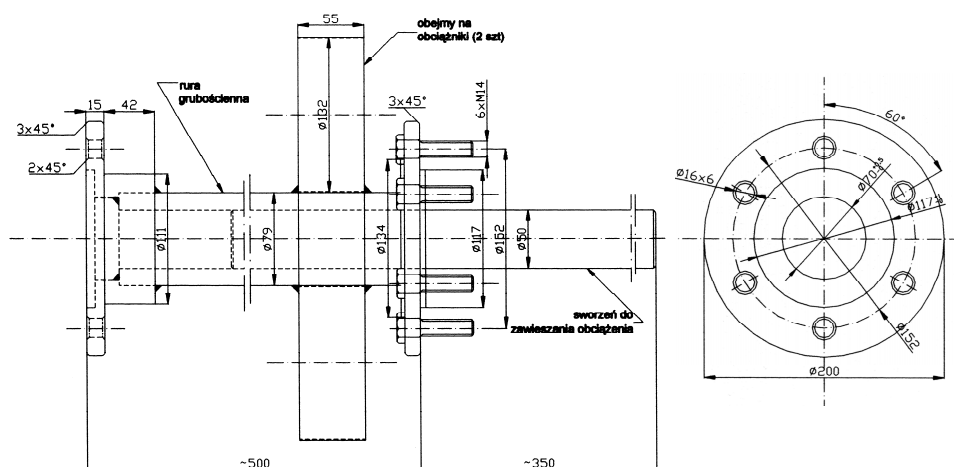
Mechanizm jezdny poruszającego się po polu pojazdu rolniczego powoduje powstawa-  
nie stanu naprężenia, który prowadzi do zagęszczenia gleby. Konsekwencją tego proce-  
su jest wzrost nakładów energetycznych na uprawę i doprawianie gleby oraz spadek  
plonowania roślin [Schafer i in. 1992]. Konstrukcje stosowanych obecnie kołowych  
pojazdów rolniczych powodują powstawanie na polu dwóch kolein, z których każda jest  
wynikiem przejazdu przedniego i tylnego koła ciągnika. Przejazd koła przedniego i  
tylnego tym samym śladem ogranicza możliwość prowadzenia badań dotyczących skut-  
ków ugniatania gleby poszczególnymi kołami i tym samym utrudnia możliwość prawid-  
łowego wnioskowania dotyczącego optymalnego doboru parametrów układu jezd-  
nego w aspekcie zmniejszania negatywnych skutków jego oddziaływania na glebę. Prowa-  
dzone w tym zakresie badania opierały się na zastosowaniu metodyki polegającej na  
prowadzeniu pomiarów zagęszczenia gleby pomiędzy osiami ciągnika po jego zatrzy-

maniu [Błaszkiwicz 1998]. Metoda ta pozwala na pomiar skutków ugniatania gleby kołem przednim przy ruchu ciągnika do przodu, natomiast oddziaływanie koła tylnego mierzone jest przy wstecznym ruchu ciągnika. Indywidualne oddziaływanie kół można również zmierzyć stosując jazdę ciągnikiem po łuku lub stosując kołowy układ zastępczy [Walczyk 2001].

Celem pracy było opracowanie konstrukcji układu jezdnego ciągnika z asymetrycznie ustawionymi kołami i wyznaczenie wpływu jego przejazdu na przyrosty związłości gleb gliniastych.

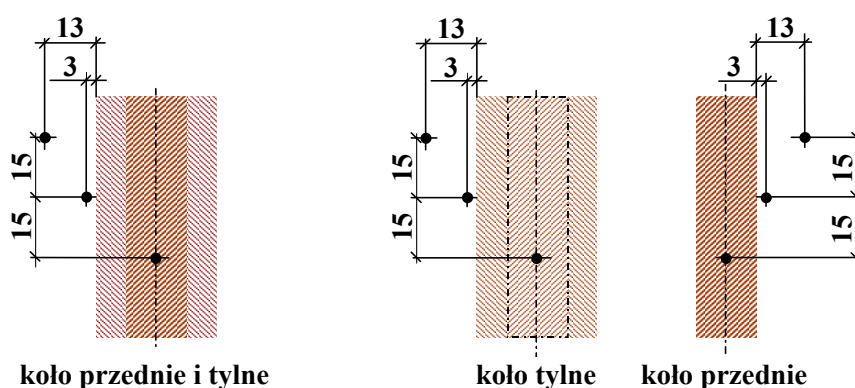
## METODYKA BADAŃ

W celu uzyskania możliwości niezależnego pomiaru skutków zagęszczania gleby przednim i tylnym kołem ciągnika Ursus C-360 dokonano modyfikacji jego układu jezdnego polegającej na asymetrycznym ustawieniu jego kół przednich. Uzyskano to przez przesunięcie na zewnątrz przedniego prawego koła. Koło to przestawiono o 0,5 m stosując układ, którego konstrukcję przedstawiono na rysunku 1. Konstrukcja ta składała się z grubościennej rury z zamocowanymi do niej piastami, z których jedna umożliwiała mocowanie układu do oryginalnej piasty ciągnika, a do drugiej mocowano koło przednie. Taki sposób mocowania umożliwił uzyskanie trzech kolein po przejeździe ciągnika, z których koleina lewa była efektem ugniatania kołem przednim i tylnym, koleina środkowa – tylko kołem tylnym, a koleina prawa – tylko kołem przednim (rys. 2). Ponieważ przestawienie koła spowodowało zmianę rozkładu nacisków na koła przednie, to w celu ich zrównoważenia dociążono przestawione koło demontując jednocześnie standardowe obciążniki osi przedniej dla zachowania rozkładu obciążeń obu osi.



Rys. 1. Konstrukcja przestawnego mocowania koła przedniego

Fig. 1. Construction of moving fix of front wheel



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiaru zwięzłości w poszczególnych koleinach powstałych po przejeździe ciągnika

Fig. 2. Location of cone index measurement points in individual wheel tracks

Badania skutków zagęszczania gleby asymetrycznie ustawionymi kołami ciągnika przeprowadzono w warunkach polowych na glebach gliniastej lekkiej (piasek – 55%; pył – 17%; il – 28%) i gliniastej ciężkiej (piasek – 10%; pył – 24%; il – 66%) przy wilgotnościach wagowych wynoszących odpowiednio 12,2% i 18,9%. Ponieważ badania prowadzono w tym samym terminie, to zaistniałe różnice w wilgotności można przypisać różnej pojemności wodnej obydwu gatunków gleb.

W trakcie badań ciągnik wyposażony był w standardowe ogumienie o wymiarach: tylne opony 14,9/13–28, przednie 6,00–16. Obciążenie przedniego koła wynosiło 3,8 kN, a koła tylnego – 7,4 kN, przy czym ciśnienie w oponach wynosiło odpowiednio 0,2 i 0,1 MPa.

Przed przystąpieniem do badań – gleby spulchniono glebogryzarką do głębokości około 25 cm z jednoczesnym wyrównaniem powierzchni. Przygotowaną glebę ugniatały kołami ciągnika poruszającego się z prędkością  $1 \text{ ms}^{-1}$ . Do opisu parametrów gleby w warstwie ornej stosowano wytrzymałość na ścinanie i gęstość objętościową. Parametry te wyznaczano w trzech powtórzeniach i w trzech warstwach, tzn. 0–5, 5–10 i 10–15 cm przed ugnieceniem oraz w osi koleiny po ugnieceniu. Skutki zagęszczania analizowano wykorzystując pomiary zwięzłości gleby w profilu od powierzchni pola do podeszwy płużnej posługując się zwięzłościomierzem z napędem mechanicznym i elektronicznym systemem zapisu danych. Stosowano stożek o polu podstawy  $3 \text{ cm}^2$  i kącie wierzchołkowym –  $60^\circ$ . Prędkość penetracji wynosiła  $3 \text{ cms}^{-1}$ . Zwięzłość przed ugnieceniem mierzono w 10 powtórzeniach na każdym odcinku, na którym będzie przemieszczało się koło. Po ugnieceniu zwięzłość mierzono w dwóch powtórzeniach w trzech punktach pomiarowych, których rozmieszczenie pokazano na rysunku 2. Przedmiotem analizy były przyrosty zwięzłości, czyli różnice pomiędzy zwięzłościami gleby zagęszczanej poszczególnymi kołami i zwięzłościami gleby przed jej ugnieceniem.

## WYNIKI BADAŃ

Wartości parametrów charakteryzujących stan gleby przed i po ugnieceniu przedstawiono w tabeli 1. W tabeli przedstawiono również głębokości kolein zmierzone metodami laserową i penetrometryczną. Przed ugnieceniem kołami średnie wartości zwięzłości gleby gliniastej lekkiej i ciężkiej wynosiły odpowiednio 130 i 135 kPa. Przyrosty zwięzłości w osiach kolein oraz w odległościach 3 cm i 13 cm od krawędzi kolein przedstawiono na rysunkach 3–5. Największe przyrosty zwięzłości zaobserwowano w osiach kolein, niezależnie od gatunku gleby i niezależnie od tego, czy została ona ugnieciona kołem przednim, kołem tylnym czy obydwoma kołami.

Tabela 1

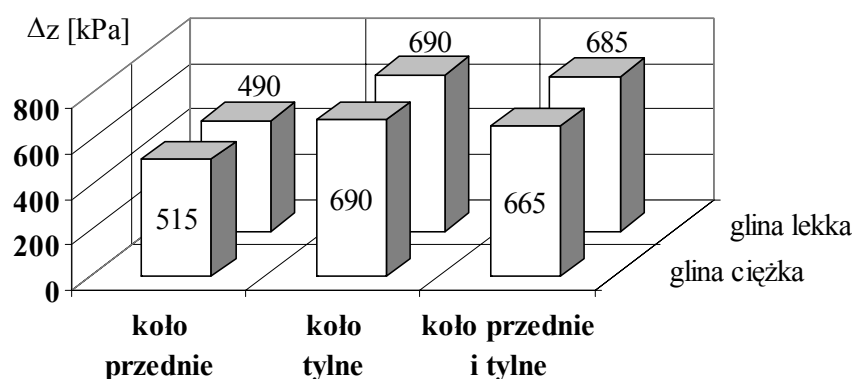
Table 1

Parametry charakteryzujące stan gleby  
Soil parameters

Gatunek gleby Kind of soil	Rodzaj koła Type of wheel	Gęstość [ $\text{g cm}^{-3}$ ] Bulk density [ $\text{g cm}^{-3}$ ]		Wytrzymałość na ścinanie [kPa] Cutting strength [kPa]		Głębokość koleiny [cm] Depth of wheel track	
		wstępna preliminary	po przejeździe koła after wheel passing	wstępna preliminary	po przejeździe koła after wheel passing	metoda laserowa laser method	metoda penetrometryczna penetrometer method
Gleba gliniasta lekka Sandy loam	przodnie front	1,26	1,60	4	39	10,5	11,0
	tylne rear		1,65		36	8,0	7,5
	obydwa both		1,67		38	8,5	8,5
Gleba gliniasta ciężka Heavy clay soil	przodnie front	1,24	1,28	3	42	9,5	9,5
	tylne rear		1,31		63	8,0	9,0
	obydwa both		1,57		44	9,5	9,0

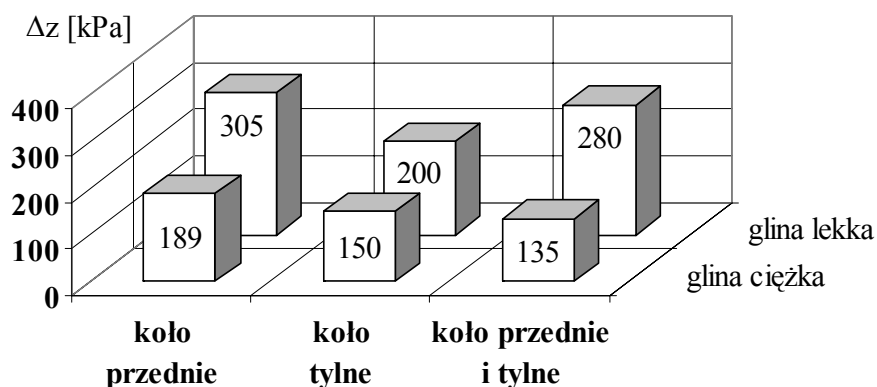
Analizując przyrosty w osiach kolein (rys. 3) można stwierdzić, że są one bardzo zbliżone dla koła tylnego i obu kół, natomiast niższe przyrosty obserwuje się po przejeździe koła przedniego. Jednocześnie można stwierdzić, że pomimo dużego zróżnicowania frakcji spławialnych w obydwu glebach, zaobserwowane w nich przyrosty zwięzłości dla odpowiadających sobie śladów są prawie identyczne. Może to być spowodowane zagęszczaniem obydwu gatunków gleb w tym samym terminie przy ich zbliżonych zwięzłościach początkowych oraz zbliżonych proporcjach wilgotności aktualnej do wilgotności odpowiadającej granicy plastyczności.





Rys. 3. Przyrosty zwięzłości w osi poszczególnych kolein

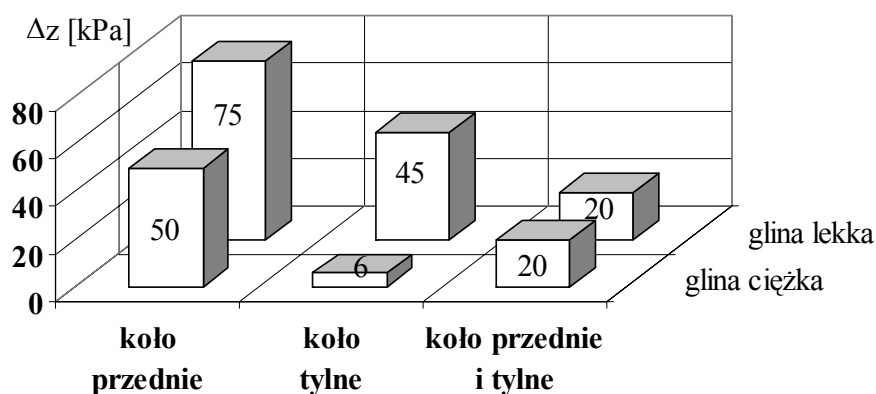
Fig. 3. Increments of cone index in individual wheel track axle



Rys. 4. Przyrosty zwięzłości w odległości 3 cm od krawędzi kolein

Fig. 4. Increments of cone index in distance 3 cm from wheel track edge

Istotne zróżnicowanie pomiędzy przyrostami zwięzłości w strefie nieobjętej bezpośrednim oddziaływaniem kół ciągnika można zaobserwować w odległości 3 cm od krawędzi koleiny (rys. 4), dla której przyrosty te są wyższe w glebie gliniastej lekkiej, przy czym w odróżnieniu od przyrostów, jakie zaobserwowano w osiach kolein, najwyższe przyrosty zwięzłości obserwuje się dla koła przedniego. Przyrosty te są mniejsze dla obydwu kół, a najmniejsze dla koła tylnego w przypadku gleby gliniastej lekkiej, natomiast w glebie gliniastej ciężkiej obserwuje się zbliżone wartości przyrostów po przejeździe koła tylnego i obydwu kół.



Rys. 5. Przyrosty zwięzłości w odległości 13 cm od krawędzi kolein

Fig. 5. Increments of cone index in distance 13 cm from wheel track edge

Najmniejsze przyrosty zwięzłości obserwuje się w odległości 13 cm od krawędzi koleiny (rys. 5), przy czym wyraźne przyrosty występują w przypadku koła przedniego dla obydwu gleb oraz koła tylnego dla gleby gliniastej lekkiej. W pozostałych przypadkach przyrosty zwięzłości można uznać za nieistotne.

## WNIOSKI

1. Asymetryczne ustawienie przednich kół ciągnika, które uzyskano poprzez przeczesne przestawienie jednego z kół, umożliwia porównanie skutków ugniatania gleby przez poszczególne koła.

2. Przyrosty zwięzłości mierzone w osi koleiny osiągają zbliżone wartości dla gleby gliniastej lekkiej i gliniastej ciężkiej niezależnie od tego, czy gleba była ugniatana kołem przednim, tylnym lub obydwoma kołami.

3. Niezależnie od gatunku gleby – zbliżone przyrosty zwięzłości w osi koleiny zaobserwowano po przejeździe koła tylnego oraz koła przedniego i tylnego, przy czym są one wyższe niż po przejeździe tylko koła przedniego.

4. W strefie nieobjętej bezpośrednim oddziaływaniem kół wyższe przyrosty zwięzłości obserwuje się po przejeździe kołem przednim niż po przejechaniu kołem tylnym i obydwoma kołami.

5. Przyrosty zwięzłości mierzone poza śladem koleiny maleją wraz ze zwiększaniem odległości od niej, przy czym niższe wartości przyrostów obserwuje się w glebie gliniastej ciężkiej niż w gliniastej lekkiej niezależnie od zastosowanego wariantu ugniatania.

## PIŚMIENNICTWO

- 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), 1761–1769.
- Błaszkiwicz Z.: 1998. Badania rozkładu oporu penetracji gleby lekkiej powodowanego oponami ciągników rolniczych. Problemy Inżynierii Rolniczej 1, 5–14.
- Walczyk M.: 2001. Oddziaływanie kół pneumatycznych na odkształcanie gleby rolniczej. Prace Komisji Nauk Rolniczych 2, 141–151.

## INFLUENCE OF TRACTOR WHEELS ASYMMETRICAL ARRANGEMENT ON SOIL COMPACTION

### S u m m a r y

Construction of tractor carriage able for multi-track soil compaction was described. Effect of soil compaction was presented as cone index increments. Experiments were performed under farm conditions in sandy loam soil and heavy clay soil. It was found that the highest cone index increments in wheel track symmetry axis occur after passing rear wheel and both wheels (front and rear). Outside the wheel track (3 and 13 cm from edge wheel track) the highest cone index increments after passing the front wheel there was observed.

KEY WORDS: soil compaction, cone index, asymmetrical displacement of tractor wheels

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy Napiórkowski. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### Adres do korespondencji

prof. dr hab. Zygmunt Owsiak  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław



**Zygmunt Owskiak**

**ZMIANA KSZTAŁTU NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH GLEBĘ  
NA SKUTEK UŻYTKOWANIA**

**CHANGE OF SOIL-ENGAGING TOOLS SHAPE AS A RESULT  
OF OPERATION**

*Inżynieria Rolnicza, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Przedstawiono wyniki badań zużycia długości i grubości lemieszki kombajnu do zbioru ziemniaków, lemieszki obsypników i redliczek kultywatora. Badania przeprowadzono w warunkach eksploatacyjnych w glebie piaszczystej. Stwierdzono zbliżony charakter zużycia wszystkich badanych elementów, co opisano funkcjami potęgowymi.

SŁOWA KLUCZOWE: narzędzia skrawające glebę, zużycie, warunki polowe

Prawidłowa eksploatacja maszyn rolniczych przeznaczonych do uprawy lub doprawiania gleby zależy od zużycia elementów mających bezpośredni kontakt z glebą. Przeprowadzone badania eksploatacyjne koncentrują się głównie na narzędziach skrawających glebę, które podlegają największemu zużyciu i są najczęściej wymieniane [Foley i in. 1984], przy czym ich trwałość zależy nie tylko od warunków glebowych, czynników eksploatacyjnych i parametrów narzędzia, ale także w dużej mierze od zmian ich kształtu na skutek eksploatacji.

Aktualny stan wiedzy nie pozwala na prognozowanie parametrów tarcia oraz zużycia i dlatego ich opis jest fenomenologiczny, czyli interpretujący objawy i skutki, a dopiero w następnej kolejności poszukujący związków przyczynowych. Kształty narzędzi skrawających są opracowywane empirycznie i brak jest dokładniejszych teorii dotyczących oddziaływania gleby na ich krawędzie tnące i powierzchnie robocze. W trakcie projektowania należy także brać pod uwagę, że muszą one wykazywać się nie tylko

wysoką odpornością na zużycie ściernie, ale również dużą odpornością na uderzenia ze względu na występujące w glebie kamienie [Quirke i in. 1988].

Badania procesów i zjawisk zachodzących w przyrodzie powinny polegać nie tylko na ich w miarę dokładnym opisie, ale także na syntezie otrzymanych wyników i podejmowaniu prób ich uogólniania. Synteza wyników badań narzędzi rolniczych dotycząca rozkładu zużycia na powierzchniach roboczych wymaga przeprowadzenia pomiarów w warunkach polowych, ponieważ jakiegokolwiek znaczące zmiany ich kształtów zachodzą dopiero po pewnym okresie eksploatacji i nie są możliwe do zaobserwowania w warunkach laboratoryjnych.

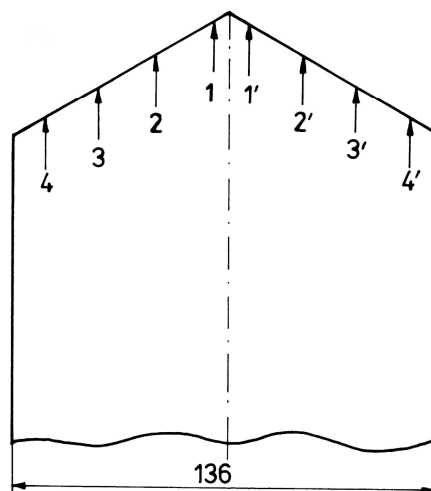
Celem pracy było opisanie charakteru zużycia narzędzi skrawających glebę oraz matematyczne przedstawienie i porównanie zmian geometrii narzędzi różniących się znacząco kształtem.

## METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano narzędzia o kształcie zbliżonym do klina prostego (lemiesze kombajnów ziemniaczanych), o kształcie symetrycznego klina ukośnego (lemiesze obsypników) oraz wąskie narzędzia o wklęsłej powierzchni roboczej (redliczki kultywatorów). Narzędzia te są użytkowane w różnych warunkach eksploatacyjnych, ale czynnikiem je łączącym jest skład chemiczny, ponieważ wyprodukowane zostały ze stali sprężynowej 65G (C – 0,6–0,7%; Mn – 0,9–1,2%; Si – 0,17–0,37%), która charakteryzuje się wysoką hartownością i umożliwia uzyskanie wysokich właściwości wytrzymałościowych.

Wszystkie badane elementy użytkowane były w piasku słabogliniastym i piasku gliniastym. Wilgotności tych gleb wahały się od 8 do 12%. Brano pod uwagę zużycie lemieszki kombajnów środkowych i bocznych ze względu na to, że lemiesze środkowe są użytkowane nie tylko na większej głębokości, ale przemieszcza się po nich także większa ilość gleby ze względu na kształt podbieranej redliny. W przypadku lemieszki obsypnika i redliczek kultywatora brano pod uwagę fakt, że część z nich przemieszcza się w śladach kół ciągnika, a pozostałe poza śladami kół. Należy także zauważyć, że porównanie zużycia tych elementów jest utrudnione ze względu na odmienne warunki pracy, ponieważ lemiesze kombajnów pracują do głębokości 16 cm, redliczki kultywatora – do 13 cm, a lemiesze obsypnika – do 8 cm.

Podczas badań dokonywano pomiarów długości narzędzi w kilku punktach pomiarowych prostopadle do kierunku jazdy na początku eksploatacji, podczas jej trwania i po jej zakończeniu za pomocą specjalnie w tym celu skonstruowanych szablonów pomiarowych. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowo szablon do pomiaru długości lemieszki kombajnu ziemniaczanego. Pomiary grubości, za pomocą urządzenia z czujnikiem zegarowym, prowadzono wzdłuż osi symetrii równoległej do kierunku jazdy przed rozpoczęciem badań i po ich zakończeniu. Wartości obrobionych powierzchni wynosiły od 15 do 20 ha.



Rys. 1. Szablon pomiarowy do wyznaczania długości lemiesza kombajnu ziemniaczanego: 1–8 – punkty pomiaru długości

Fig. 1. Template for measurement of potato harvester shares length: 1–8 – measurement points of length

## WYNIKI BADAŃ

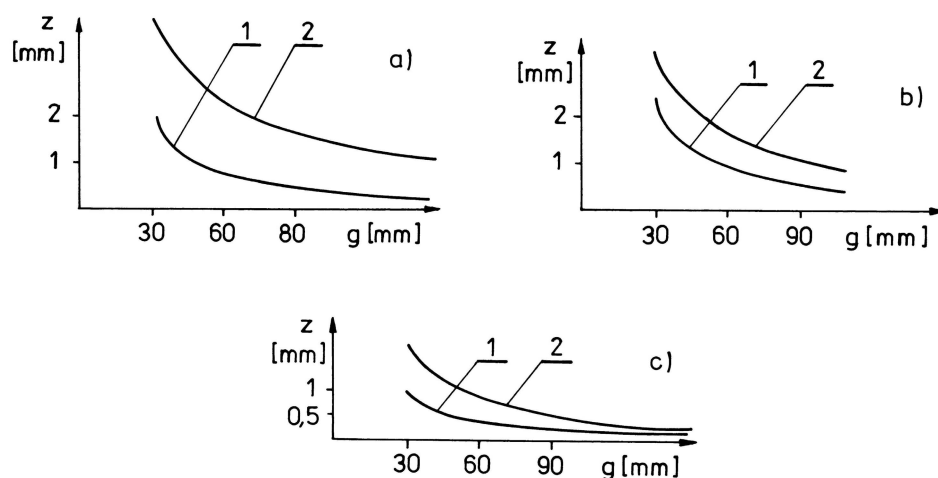
Wyniki pomiarów zmian długości badanych elementów w zależności od odległości punktu pomiarowego od dziobu oraz w zależności od drogi tarcia przedstawiono zależnościami zamieszczonymi w tabeli 1.

Z zależności wynika, że wykładniki potęgowe przy zmiennej oznaczającej drogę tarcia są zbliżone, co oznacza, że przyrosty zużycia w zależności od drogi tarcia są także zbliżone niezależnie od kształtu elementu. Minimalne różnice w wartościach wykładnika są spowodowane tym, że pomiary były prowadzone nie zawsze po tym samym okresie użytkowania. Z faktu, że wartość tego wykładnika jest mniejsza od jedności wynika, że zużycie jest szybsze w pierwszym etapie pracy, co jest skutkiem stabilizacji kształtu ostrza. Należy także zwrócić uwagę, że wartości liczbowe w równaniach, typu 0,36; 0,22, zawierają w sobie informacje o intensywności zużycia elementów, która zależy między innymi od składu granulometrycznego gleby i jej stanu.

Zmiany długości badanych elementów w zależności od odległości punktu pomiarowego od dziobu po przebyciu około 200 km przedstawiono na rysunku 2. Z rysunku wynika, że zużycie dziobów lemieszy kombajnu i obsypnika jest kilkakrotnie większe niż zużycie krawędzi bocznych, co może być spowodowane koncentracją nacisków w ich części dziobowej. Największa różnica w zużyciu występuje w przypadku lemiesza obsypnika, czego przyczyną może być inny rozkład nacisków w związku z najmniej-

szym kątem przystawienia jego krawędzi tnącej. Tę hipotezę mogą potwierdzić przebiegi zużycia lemieszki bocznej i środkowej kombajnu, które są bardzo podobne, ponieważ lemieszki te mają ten sam kąt przystawienia.

Z rysunku 2 wynika także, że przebiegi zużycia redliczek mają inny charakter. W związku z tym należy zwrócić uwagę, że analizując zużycie elementów nie brano pod uwagę, że we wszystkich przypadkach występuje większe zużycie krawędzi tnącej w największej odległości od dzioba. Jest to spowodowane przemieszczaniem się gleby nie tylko po powierzchni roboczej elementów, ale także po krawędzi ostrza z jednoczesnym przesunięciem prostopadle do kierunku jazdy. Następuje jej zagęszczenie w momencie zejścia z narzędzia, wzrost nacisków jednostkowych i zwiększone zużycie. W przypadku elementów szerszych to zużycie nie decyduje o trwałości i nie wpływa na przebieg funkcji, ale przy redliczkach, które są wąskimi elementami, te właśnie warunki brzegowe zmieniają pozornie przebieg zużycia i powodują, że różnice w zużyciu dzioba i krawędzi bocznych są nieznaczne.



Rys. 2. Ubytki długości ( $z$ ) w zależności od odległości punktu pomiarowego od dzioba w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku jazdy ( $h$ ): 1, 2 – redliczka w śladzie i poza śladem koła ciągnika, 3 – lemiesz obsypnika, 4, 5 – lemiesz kombajnu środkowy i boczny

Fig. 2. Length loss ( $z$ ) as a function of distance of a measurement point from the share point in the plane perpendicular to driving direction ( $h$ ): 1, 2 – cultivator point inside and outside tractor wheel track, 3 – ridge share, 4, 5 – central and lateral potato harvester shares

Na podstawie równań zamieszczonych w tabeli 1 obliczono zużycie części dziobowej w zależności od drogi tarcia. Z obliczeń wynika, że po przebyciu przez narzędzia około 150 km największe zużycie występuje w przypadku lemieszki obsypnika (39 mm), a w następnej kolejności – redliczek (18 mm), lemieszki środkowej (14 mm) i bocznej (8 mm) kombajnu. Jest to prawdopodobnie spowodowane innym kątem przystawienia krawędzi tnącej, co powoduje, że wraz ze wzrostem kąta przystawienia zużycie



dziobu maleje, co może być związane z bardziej równomiernym rozłożeniem nacisków na krawędziach tnących, a kąt przystawienia lemieszki obsypnika wynosi około  $30^\circ$ , redliczki kultywatora –  $45^\circ$  i lemieszki kombajnu –  $60^\circ$ . Mniejsze zużycie lemieszki kombajnu bocznego niż środkowego wynika z jego usytuowania w redlinie, ponieważ użytkowany jest na mniejszej głębokości.

Wyniki pomiarów ubytków grubości elementów mierzone wzdłuż ich osi symetrii równoległej do kierunku jazdy przedstawiono zależnościami zamieszczonymi w tabeli 1 oraz graficznie na rysunku 3.

Tabela 1

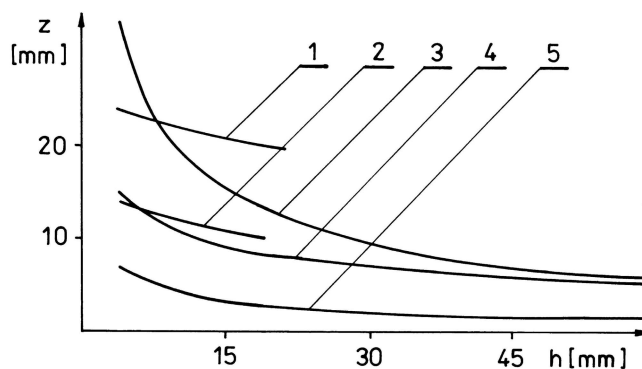
Table 1

Równania opisujące ubytki długości ( $z_d$ ) grubości ( $z_b$ ) narzędzi w zależności od drogi tarcia ( $s$ ), odległości od dziobu w płaszczyźnie poprzecznej ( $h$ ) i równoległej ( $g$ ) do kierunku jazdy  
Loss in length ( $z_d$ ) and loss in thickness ( $z_b$ ) of tools as a functions of wear distance ( $s$ ), distance from share point in crosswise plane ( $h$ ) and parallel plane ( $g$ ) to driving direction

Rodzaj narzędzia Type of tool	Ubytki długości [mm] Loss in length	Ubytki grubości [mm] Loss in thickness
Lemiesz kombajnu środkowy Central share of potato harvester	$z_d = 0,36 \times h^{-0,3} \times s^{0,78}$	$z_b = 240 \times g^{-1,4}$
Lemiesz kombajnu boczny Lateral share of potato harvester	$z_d = 0,22 \times h^{-0,5} \times s^{0,78}$	$z_b = 40 \times g^{-1,1}$
Redliczka w śladzie koła Point inside wheel track	$z_d = 0,50 \times h^{-0,08} \times s^{0,75}$	$z_b = 60 \times g^{-0,8}$
Redliczka poza śladem koła Point outside wheel track	$z_d = 0,40 \times h^{-0,012} \times s^{0,75}$	$z_b = 160 \times g^{-1,3}$
Lemiesz obsypnika w śladzie koła Share ridge inside wheel track	$z_d = 1,10 \times h^{-0,6} \times s^{0,8}$	$z_b = 100 \times g^{-1,0}$
Lemiesz obsypnika poza śladem koła Share ridge outside wheel track		$z_b = 140 \times g^{-1,2}$

Z zależności i rysunku wynika, że największe zużycie występuje w przypadku redliczek, a następnie lemieszki obsypników i lemieszki kombajnów. Mniejsze zużycie lemieszki obsypników niż redliczek wynika z innego przepływu gleby, ponieważ gleba po lemieszce w większym stopniu przemieszcza się na boki. Z kolei najmniejsze zużycie lemieszki kombajnu wynika z faktu, że przemieszczają się w glebie o najmniejszej zwięzłości. Większe zużycie w śladach kół ciągnika spowodowane jest większą zwięzłością gleby. Przebieg zużycia w śladach kół jest także bardziej wyrównany, z czego można wnioskować, że gleba o większej zwięzłości będzie miała większą tendencję do przemieszczania się do góry niż na boki.

W ramach podsumowania należy stwierdzić, że autor zdaje sobie sprawę, że przeprowadzona synteza wyników badań prowadzonych w warunkach polowych jest obarczona pewnym błędem, ale jest to pierwsza próba uogólnienia wyników badań zużycia tak różnych elementów skrawających glebę. Wprawdzie niektóre przedstawione uogólnienia są dość daleko idące, ale autor uważa, że są bardzo realne. Przynajmniej częściowe potwierdzenie niektórych hipotez wymagałoby, niestety, przeprowadzenia pracochłonnych i kosztownych badań polowych przy zastosowaniu modeli narzędzi.



Rys. 3. Ubytki grubości ( $z$ ) w zależności od odległości od dziobu w płaszczyźnie równoległej do kierunku jazdy ( $g$ ): a – redliczka: 1 – poza śladem, 2 – w śladzie; b – lemiesz obsypnika: 1 – poza śladem, 2 – w śladzie; c – lemiesz kombajnu: 1 – boczny, 2 – środkowy

Fig. 3. Thickness loss ( $z$ ) as a function of distance from the share point in the plane parallel to driving direction ( $g$ ): a – cultivator point: 1 – outside wheel track, 2 – inside wheel track, b – ridge share: 1 – outside wheel track, 2 – inside wheel track, c – potato harvester share: 1 – lateral, 2 – central

## WNIOSKI

1. Zmiany długości redliczek kultywatora, lemieszów kombajnu ziemniaczanego i lemieszów obsypnika w zależności od drogi tarcia i odległości punktu pomiarowego od dziobu oraz zmiany grubości można opisać funkcjami o zbliżonej postaci, co oznacza, że charakter zużycia narzędzi skrawających glebę jest niezależny od ich kształtu.

2. Ubytki długości badanych elementów w zależności od drogi tarcia można opisać funkcją potęgową o zbliżonym wykładniku potęgowym mniejszym od jedności, co jest spowodowane szybszym zużyciem krawędzi tnącej w pierwszym etapie pracy.

3. Wraz ze wzrostem odległości punktu pomiarowego od dziobów badanych narzędzi zmniejszają się ubytki ich długości, przy czym największa różnica występuje pomiędzy zużyciem dziobu i punktu skrajnego w przypadku lemieszów obsypnika, które mają najmniejszy kąt przystawienia.

4. Wartości ubytków grubości narzędzi zmniejszają się znacząco począwszy od części dziobowej, przy czym w przypadku elementów użytkowanych w śladach kół ciągnika lub na większej głębokości spadek zużycia jest bardziej równomierny.

## PIŚMIENNICTWO

- Foley, A.G., Lawton, P.J., Barker, A.W., McLees, V.A.: 1984. The use of alumina ceramic to reduce wear of soil-engaging components. *J. Agric. Engng. Res.*, 30, 37–46.
- Quirke S., Scheffler O., Allen C.: 1988. An evaluation of the wear behaviour of metallic materials subjected to soil abrasion, *Soil & Tillage Research*, 11, 27–41.

### CHANGE OF SOIL-ENGAGING TOOLS SHAPE AS A RESULT OF OPERATION

#### S u m m a r y

The research results on change of shape of potato harvester shares, ridge shares and spring tine points are presented. Experiments were performed under farm conditions in sandy loam soil. Changes in length and thickness were measured. It was found that wear of soil-engaging tools is independent on their shape and increase of cutting edge angle causes the increase of share point wear.

KEY WORDS: soil-engaging tools, wear, farm conditions

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy Napiórkowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
w Olsztynie

#### **Adres do korespondencji**

prof. dr hab. Zygmunt Owsiak  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław



**Krzysztof Lejman**

**WPLYW ZWIĘZŁOŚCI GLEBY NA WARTOŚCI SIŁ  
DZIAŁAJĄCYCH NA NARZĘDZIA KULTYWACYJNE  
THE INFLUENCE OF SOIL CONE INDEX ON FORCES  
ACTING ON CULTIVATOR TOOLS**

*Inżynieria Rolnicza, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life  
Sciences*

Przedstawiono wyniki badań wpływu zwięzłości gleby gliniastej lekkiej o wilgotności od 10,8 do 12,8% na wartości oporów jej skrawania narzędziami o kształtach klina prostego i symetrycznego klina ukośnego. Stwierdzono, że opór rośnie liniowo wraz ze wzrostem zwięzłości, przy czym na wartości gradientów oporu nie wpływa istotnie kształt narzędzia. Istotnie wyższą intensywność przyrostu oporu w funkcji zwięzłości stwierdzono przy wzroście głębokości i prędkości skrawania, przy czym, w przypadku prędkości, istotnie wyższa intensywność występowała tylko przy wyższych głębokościach skrawania.

SŁOWA KLUCZOWE: opory skrawania gleby, narzędzia kultywacyjne, zwięzłość gleby

**WSTĘP**

Możliwość przewidywania obciążeń narzędzi skrawających glebę uzależniona jest głównie od prawidłowego wyboru parametrów charakteryzujących stan gleby. Parametry te powinny uwzględniać chwilową charakterystykę gleby, a stosowana do ich wyznaczania aparatura powinna się cechować niskim stopniem skomplikowania i możliwością prowadzenia badań w warunkach polowych [Perumpral 1987].

Formuły teoretyczne służące do wyznaczania wartości oporu wprawdzie wyjaśniają związki pomiędzy wartością oporu i fizycznymi parametrami charakteryzującymi ośrodek pracy narzędzi [Desbiolles i in. 1997, Mouazen i Nemenyi 1999], jednak ich zastosowanie wymaga pracochłonnego wyznaczenia wartości wielu parametrów i weryfikacji uzyskanych wyników obliczeń w warunkach polowych.

Celem badań było wyznaczenie zależności pomiędzy zwięzłością gleby gliniastej lekkiej i wartościami oporów jej skrawania narzędziami kultywacyjnymi oraz wyznaczenie istotności wpływu kształtu narzędzia oraz prędkości i głębokości skrawania na przebiegi uzyskanych zależności.

## METODYKA BADAŃ

Pomiarów sił działających na narzędzia o kształcie klina prostego i symetrycznego klina ukośnego dokonano w warunkach polowych w glebie o składzie granulometrycznym gliny lekkiej (piasek – 55%; pył – 17%; il – 28%). Stosowano narzędzia o szerokości 14 cm i kącie wzniosu 30°, które skrawały na głębokościach 8 i 14 cm przy prędkościach 0,5 i 2,0 m/s. Siły mierzono w trzech powtórzeniach przy użyciu stanowiska, którego konstrukcję przedstawiono w pracy Lejmana i Owsiaaka [1993]. Średni błąd pomiaru oporu skrawania nie przekraczał 5 N.

Przed przystąpieniem do badań glebę spulchniono do głębokości 25 cm, a następnie wałowano wałem gładkim o średnicy 0,5 m, szerokości 1,5 m i sile nacisku 4 kN. Stosując jeden, trzy, cztery, sześć i dwanaście przejazdów wałem uzyskano pięć poziomów zagęszczenia gleby o rosnącej wartości gęstości objętościowej, wytrzymałości na ścinanie i zwięzłości (tab. 1). Wilgotność masowa gleby (m/m) zawierała się w granicach od 10,8 do 12,8%. Próbkę gleby do wyznaczenia gęstości objętościowej i wilgotności pobierano cylinderkiem o objętości 100 cm<sup>3</sup> z głębokości 0–5, 5–10 i 10–15 cm. Przy wyznaczaniu tych parametrów posługiwano się standardową metodyką. Dla analogicznych przedziałów głębokości mierzono również wytrzymałość na ścinanie sondą skrzydełkową VANE H-60. Wszystkie pomiary wykonywano w pięciu powtórzeniach.

Tabela 1  
Table 1

Parametry charakteryzujące stan gleby  
Soil parameters

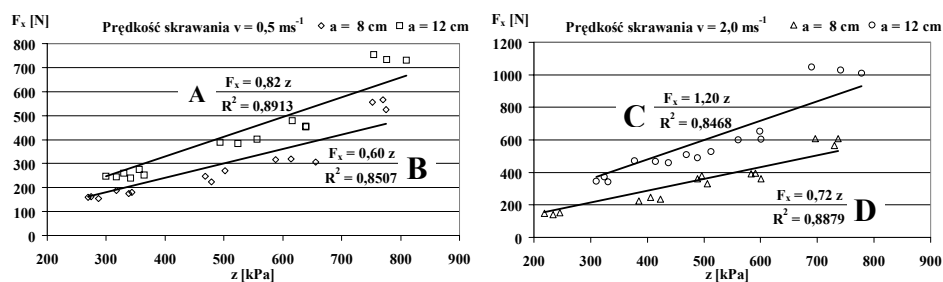
Parametr Parameter	Poziom zagęszczenia – Level of compaction				
	I	II	III	IV	V
Wilgotność [%] Moisture content [%]	11,7	10,8	11,1	12,1	12,8
Gęstość objętościowa [kg m <sup>-3</sup> ] Bulk density [kg m <sup>-3</sup> ]	1520	1570	1590	1610	1650
Wytrzymałość na ścinanie [kPa] Cutting strength [kPa]	25	30	34	40	57
Zwięzłość [kPa] Cone index [kPa]	212–331	312–437	435–557	546–670	690–832

Zmienną niezależną w badaniach była zwięzłość gleby, którą mierzono zwięzłościomierzem z napędem mechanicznym i elektronicznym systemem zapisu danych. W trakcie pomiaru stosowano sondę stożkową o kącie wierzchołkowym 60° i polu posta-

wy stożka 3 cm<sup>2</sup>. Prędkość penetracji wynosiła 3 cm s<sup>-1</sup>. Zwięzłość mierzono w pięciu powtórzeniach na każdym odcinku, na którym później dokonywano pomiaru oporu. Związki korelacyjne pomiędzy wartością oporu i zwięzłością wyznaczano uwzględniając średnią wartość zwięzłości gleby mierzoną w profilu od powierzchni pola do głębokości odpowiadającej głębokości pracy narzędzia skrawającego, przy czym do oceny wyznaczonych zależności stosowano test istotności korelacji. Analizę wpływu czynników eksploatacyjnych (prędkość i głębokość skrawania) i kształtu narzędzia na zmienność uzyskanych zależności korelacyjnych oparto na testach do porównywania przebiegów funkcji, przyjmując graniczną wartość poziomu prawdopodobieństwa  $\alpha = 0,05$ .

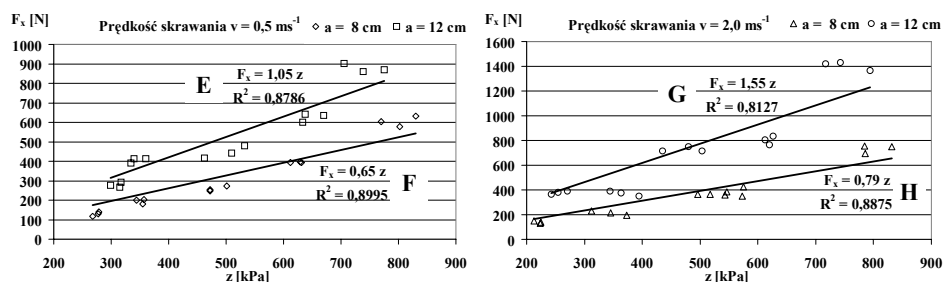
## WYNIKI BADAŃ

Wpływ zwięzłości gleby na wartości oporów skrawania narzędziami o kształcie symetrycznego klina ukośnego i klina prostego przedstawiono odpowiednio na rysunku 1 i rysunku 2. Dla ułatwienia późniejszej identyfikacji poszczególnych przebiegów oznaczono je na rysunku 1 literami A, B, C i D, a na rysunku 2 – E, F, G i H. Niezależnie od kształtu narzędzia, prędkości i głębokości skrawania wartość oporu rośnie liniowo przy wzroście zwięzłości gleby, co można opisać równaniami prostych, których wyraz wolny nie różni się istotnie od zera. Współczynniki determinacji przedstawionych zależności zawierają się w przedziale od 0,8127 do 0,8959, a korelacje przy 13 stopniach swobody są istotne dla prawdopodobieństwa przekraczającego 99,99%. Sugeruje to, że wartość oporu skrawania jest bardzo istotnie skorelowana ze zwięzłością gleby, co umożliwia zastosowanie tego parametru do opisu stanu gleby w modelach empirycznych służących do przewidywania wartości obciążeń narzędzi kultywacyjnych.



Rys. 1. Wpływ zwięzłości ( $z$ ) na wartości oporów skrawania gleby ( $F_x$ ) narzędziami o kształcie symetrycznego klina ukośnego przy różnych głębokościach skrawania ( $a$ ) i prędkościach skrawania ( $v$ ): A, B, C, D – oznaczenia poszczególnych funkcji stosowane przy porównywaniu przebiegów

Fig. 1. Influence of cone index ( $z$ ) on values of force effecting ( $F_x$ ) on symmetrical skew wedge-shaped tools for various cutting depth ( $a$ ) and cutting velocity ( $v$ ): A, B, C, D – signs of individual functions applied to compare of crossing



Rys. 2. Wpływ zwięzłości ( $z$ ) na wartości oporów skrawania gleby ( $F_x$ ) narzędziami o kształcie klina prostego przy różnych głębokościach skrawania ( $a$ ) i prędkościach skrawania ( $v$ ): E, F, G, H – oznaczenia poszczególnych funkcji stosowane przy porównywaniu przebiegów

Fig. 2. Influence of cone index ( $z$ ) on values of force effecting ( $F_x$ ) on simple wedge-shaped tools for various cutting depth ( $a$ ) and cutting velocity ( $v$ ): E, F, G, H – signs of individual functions applied to compare of crossing

Wzrost głębokości z 8 do 14 cm (B-A, D-C, F-E i H-G) oraz wzrost prędkości z 0,5 do 2,0  $\text{ms}^{-1}$  (B-D, A-C, F-H i E-G) powodują wzrost intensywności przyrostu oporu w funkcji zwięzłości gleby, co objawia się wzrostem wartości współczynników kierunkowych prezentowanych równań. Wyższe gradienty oporu można również zaobserwować przy skrawaniu narzędziami o kształcie klina prostego w porównaniu z symetrycznym klinem ukośnym (A-E, B-F, C-G i D-H).

Przy głębokości skrawania 12 cm gradient oporu jest wyższy średnio o około 65% w porównaniu z głębokością 8 cm, przy czym wyższe przyrosty gradientu spowodowane wzrostem głębokości obserwuje się dla prędkości 2,0  $\text{ms}^{-1}$  (81%) w porównaniu z 0,5  $\text{ms}^{-1}$  (49%) i dla narzędzi o kształcie klina prostego (78%) w porównaniu z narzędziami o kształcie symetrycznego klina ukośnego (52%).

Zmiana prędkości skrawania z 0,5 do 2,0  $\text{ms}^{-1}$  skutkuje średnio 34% przyrostem intensywności oporu w funkcji zwięzłości. Przyrost ten jest wyższy przy głębokości skrawania 12 cm (47%) niż przy głębokości 8 cm (21%). Nie stwierdzono natomiast wpływu kształtu narzędzia na obserwowane przyrosty gradientu oporu przy wroście prędkości skrawania, ponieważ dla symetrycznego klina ukośnego i klina prostego przyrosty te są bardzo zbliżone i wynoszą odpowiednio 33% i 35%.

Skrawanie narzędziami o kształcie klina prostego cechuje się średnio o 18% wyższymi intensywnościami przyrostu oporu w funkcji zwięzłości w porównaniu z symetrycznym klinem ukośnym. Wyższe przyrosty gradientu oporu spowodowane zmianą kształtu narzędzia można zaobserwować przy głębokości skrawania 12 cm (29%) w porównaniu z 8 cm (9%), natomiast na stwierdzone różnice nie wpływa znacząco wzrost prędkości z 0,5 do 2,0  $\text{ms}^{-1}$  (17% i 18%).

W celu stwierdzenia, czy omawiane tendencje w różnicach przebiegu oporu w funkcji zwięzłości gleby przy zmianie głębokości i prędkości skrawania oraz kształtu narzędzia są istotne statystycznie, przeprowadzono test do porównywania przebiegów funkcji, którego wyniki dla 26 stopni swobody przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono,



że niezależnie od kształtu narzędzia i prędkości skrawania wzrost głębokości skrawania z 8 do 12 cm wpływa istotnie na intensywność przyrostu oporu, jaki obserwuje się przy wzroście zwięzłości gleby. Istotne różnice występują również przy wzroście prędkości z 0,5 do 2,0 ms<sup>-1</sup>, ale tylko dla wyższej głębokości skrawania, tzn. 12 cm. Nie stwierdzono natomiast statystycznych różnic pomiędzy przebiegami oporu w funkcji zwięzłości dla obu analizowanych kształtów narzędzi. W przypadku funkcji, dla których nie stwierdzono istotnych różnic w przebiegach, wartości indywidualnych współczynników kierunkowych równań można zastąpić wartościami wspólnymi (tab. 2).

Tabela 2  
Table 2

Wyniki porównania przebiegów oporu w funkcji zwięzłości  $F_x = f(z)$   
Results of compare of crossing forces as a cone index function  $F_x = f(z)$

Wariant porównania Compare variant	Kształt narzędzia Tool shape	Prędkość skrawania [ms <sup>-1</sup> ] Velocity cutting	Głębokość skrawania [cm] Depth cutting	Indywidualny współczynnik kierunkowy Individual slope	Wartość funkcji testowej Value of test function	Poziom istotności Significant level	Wspólny współczynnik kierunkowy Common slope	
Wpływ głębokości skrawania Influence of cutting depth	A - B	SKU	0,5	8	0,60	2,3827	0,020*	--
			12	0,82				
	C - D	SKU	2,0	8	0,72	4,0170	0,001*	--
				12	1,20			
	E - F	KP	0,5	8	0,65	2,4736	0,020*	--
				12	1,05			
	G - H	KP	2,0	8	0,79	4,3339	0,001*	--
				12	1,55			
Wpływ prędkości skrawania Influence of cutting depth	B - D	SKU	0,5	8	0,60	1,4910	0,100	0,66
			2,0		0,72			
	A - C	SKU	0,5	12	0,82	3,2439	0,001*	--
			2,0		1,20			
	F - H	KP	0,5	8	0,65	1,4802	0,100	0,72
			2,0		0,79			
	E - G	KP	0,5	12	1,05	3,1577	0,001*	--
			2,0		1,55			
Wpływ kształtu narzędzia Influence of tool shape	B - F	SKU	0,5	8	0,60	1,8120	0,100	0,63
		KP			0,65			
	A - E	SKU	0,5	12	0,82	1,2893	0,200	0,93
		KP			1,05			
	D - H	SKU	2,0	8	0,72	1,1955	0,200	0,75
		KP			0,79			
	C - G	SKU	2,0	12	1,20	1,6113	0,100	1,37
		KP			1,55			

\*Różnica istotna dla poziomu prawdopodobieństwa  $\alpha = 0,05$

Difference is significant for probability level  $\alpha = 0,05$

## WNIOSKI

1. Opór skrawania gleby gliniastej lekkiej narzędziami o kształcie symetrycznego klina ukośnego i klina prostego rośnie liniowo wraz ze wzrostem zwięzłości gleby, niezależnie od przyjętych poziomów prędkości i głębokości skrawania, przy czym zależność pomiędzy oporem i zwięzłością można opisać równaniem prostej, którego wyraz wolny nie różni się istotnie od zera. Wzrost prędkości skrawania i głębokości pracy powoduje przyrost gradientu oporu w funkcji zwięzłości, przy czym różnice gradientów są nieistotne w przypadku wzrostu prędkości z 0,5 do 2,0 ms<sup>-1</sup> i głębokości wynoszącej 8 cm.

2. Kształt narzędzia nie wpływa istotnie na intensywność przyrostu oporu w funkcji zwięzłości gleby, niezależnie od prędkości skrawania i głębokości pracy.

## PIŚMIENNICTWO

- Desbiolles J. M. A., Godwin R. J., Kilgour J., Blackmore B. S.: 1997. A novel approach to the prediction of tillage tool draught using a standard tine. *J. agric. Engng Res.* 66, 295–309.
- Lejman K., Owsiak Z.: 1993. Stanowisko do pomiaru sił działających na narzędzia pracujące w glebie. *RNR 79-C-4*, 103–106.
- Mouazen A. M., Nemenyi M.: 1999. Tillage tool design by the finite element method: part 1. finite element modelling of soil plastic behaviour. *J. agric. Engng Res.* 72, 37–51.
- Perumpral J. V.: 1987. Cone penetrometer applications – a review. *Trans. ASAE* 30(4), 939–944.

## THE INFLUENCE OF SOIL CONE INDEX ON FORCES ACTING ON CULTIVATOR TOOLS

### S u m m a r y

The research results of influence of soil cone index on values of forces effecting on simple wedge-shaped tools and symmetrical skew wedge-shaped tools are presented. Experiments were performed under farm conditions in loamy clay soil under 5 levels of compaction, 2 travel speeds – 0,5 i 2,0 m/s and 2 cutting depth – 8 i 12 cm. It was found that increase of soil cone index causes the linearly increase of force. Increase rate of force in the function of cone index significantly increases with cutting depth increase. Increase of cutting speed causes significantly increase of force gradient under higher cutting depth only. There wasn't found significantly effect of tool shape on increase rate of force with increase of soil cone index.

KEY WORDS: resistance soil forces, cultivator tools, cone index

Recenzent: dr hab. inż. Jerzy Napiórkowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### Adres do korespondencji:

dr. inż. Krzysztof Lejman  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław

**Dariusz Materek<sup>1</sup>, Józef Sowiński<sup>2</sup>**

**WPLYW TECHNOLOGII UPRAWY NA WIELKOŚĆ PŁONU  
I ZUŻYCIE PALIWA**

**THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY  
ON CROP AND FUEL USAGE**

<sup>1</sup> *Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life  
Sciences*

<sup>2</sup> *Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Department of Crop Production, Wrocław University of Environmental and Life  
Sciences*

W pracy przedstawiono wpływ sposobu uprawy na wysokość plonu ziarna oraz wyliczono zużycie oleju napędowego. W systemie tradycyjnym plon ziarna był najwyższy, ale również najwyższe było zużycie paliwa. W systemach bezorkowych nastąpiło obniżenie plonu ziarna o 16,9 i 21,6 dt z ha, przy jednocześnie niższym zużyciu paliwa. Ilość paliwa na jednostkę wyprodukowanego ziarna była silnie zróżnicowana przez badane sposoby uprawy. W siewie bezpośrednim na wyprodukowanie 1 dt ziarna zużyto o 24–33% mniej paliwa niż w systemie tradycyjnym.

SŁOWA KLUCZOWE: technologia uprawy, zużycie paliwa

**WSTĘP**

W krajach wysoko rozwiniętych w rolnictwie od ponad 30 lat wprowadzane są metody integrowane, najefektywniej wiążące (w aspekcie ekonomicznym) uprawę roli, nawożenie i ochronę roślin, z jednoczesnym uwzględnieniem oddziaływania na środowisko. Coraz większe znaczenie ma ograniczenie zużycia energii (pozyskiwanej ze źródeł nieodnawialnych), a także nadmierna emisja gazów cieplarnianych [Birkas i in. 2003].

System tradycyjny (klasyczny) polegający na wykonywaniu orki i innych zabiegów uprawowych jest powszechnie stosowane w Polsce i w krajach ościennych [Malicki i in. 1997]. Uprawa orkowa powoduje wzrost erozji wodnej i wietrznej, przyspieszoną

mineralizację substancji organicznej, a ponadto charakteryzuje się wysoką pracochłonnością i energochłonnością [Kordas 1999]. Ograniczone zasoby nieodnawialnych źródeł energii oraz niekorzystny wpływ uprawy tradycyjnej na środowisko skłania do poszukiwania alternatywnych metod [Dzienia 1995, Hoyt i in. 1994]. Zmniejszenie liczby zabiegów lub wyeliminowanie uprawy i siew bezpośredni są głównymi sposobami. Wymagają one jednak stosowania specjalistycznych maszyn, które są poza zasięgiem przeciętnego rolnika.

## METODYKA I PRZEDMIOT BADAŃ

Doświadczenia przeprowadzono w latach 1998–2001 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wiosną 1998 roku wysiano pszenicę jarą, a w fazie początku krzewienia wytyczono 3 pasy każdy o szerokości 40 m i długości 60 m (o powierzchni 0,24 ha). Na jednym pasie wsiano koniczynę białą w ilości 15 kg nasion na ha (jako wsiewka). Zwiększona ilość wysiewu rośliny motylkowej miała na celu stworzenie banku nasion tego gatunku w glebie. Po zbiorze pszenicy na  $\frac{1}{3}$  doświadczenia wykonano zespół uprawek późniejszych i przedsięwziętych (w systemie płużnym). Doświadczenie statyczne z pszenicą ozimą (odmiana Kobra) zostało założone po raz pierwszy jesienią 1998 roku. W latach następnych badania były przeprowadzone na tym samym polu w identycznym układzie i rozlosowaniu badanych czynników. W doświadczeniu porównywano następujące sposoby uprawy: orkowy (tradycyjny), bezorkowy (siew w ścierni), współrzędny – bezorkowy (siew w rosnącą koniczynę białą).

W uprawie współrzędnej, przed siewem pszenicy stosowano Reglone lub Roundap w zmniejszonej dawce w celu ograniczenia wzrostu koniczyny. Przez cały okres badań dwukrotnie w okresie wegetacji dokonywano pomiarów koniczyny [Sowiński 2005]. Wraz z wydłużeniem okresu utrzymywania uprawy współrzędnej oceniane parametry koniczyny ulegały obniżeniu. Siew w wariantach z uprawą bezorkową wykonano za pomocą siewnika Vredo, natomiast w sposobie orkowym siewnikiem Poznaniak. We wszystkich sposobach uprawy pszenicy zastosowano identyczną normę wysiewu wynoszącą 550 kielkujących ziaren na m<sup>2</sup>. Średnia masa 1000 wynosiła 45 g. Siew wykonano na całej powierzchni doświadczenia. Oznaczono wysokość plonu ziarna zebranego kombajnem poletkowym Hegi 145, (o 15% wilgotności), a także nakłady energii (zużyte paliwo). Zużycie paliwa mierzono za pomocą zbiornika pomiarowego, a w przypadku kombajnu metodą pełnego zbiornika.

W sezonie wegetacyjnym 2001–2002 oceniono następczy wpływ sposobów uprawy (orkowego, bezorkowego i współrzędnego) na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej uprawianej sposobem tradycyjnym. W układzie tego doświadczenia zastosowano taki sam schemat jak był opisany powyżej, a metodyka badań obejmowała w większości te same oznaczenia i pomiary.

W doświadczeniu zastosowano następujące maszyny i narzędzia rolnicze: ciągniki Ursus C-385 i Ursus 3512, pług 3-skibowy, agregat uprawowy bierny (kultywator plus wał strunowy), siewnik Poznaniak (o szerokości 3 m), siewnik Vredo do siewu bezpośredniego (o szerokości 2 m), opryskiwacz Pilmet (o szerokości roboczej 18 m), roz-

siewacza nawozów (o szerokości roboczej 18 m). Do zbioru ziarna zamiast kombajnu poletkowego uwzględniono zużycie paliwa przez kombajn Bizon. Ciągnik C-385 używano do pracy z pługiem i agregatem uprawowym, do pozostałych prac był stosowany ciągnik Ursus 3512.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe zużycie paliwa na wykonanie poszczególnych zabiegów. Zgodnie z przewidywaniami największe całkowite zużycie w całym analizowanym okresie wystąpiło w systemie orkowym i wynosiło ono w analizowanym okresie 69–71,5 dm<sup>3</sup>, to jest 222,6–264,8% zużycia w systemie współrzędnym. Zużycie paliwa w pozostałych systemach było porównywalne i wynosiło 27–31 dm<sup>3</sup>.

Zużycie oleju napędowego w systemach uprawy bezpośredniej było więc niższe o 57–59% niż w tradycyjnym (tab. 2). Pomimo niższego poziomu plonów w systemach bezpośrednich różnica w jednostkowym zużyciu oleju napędowego była nadal znacząca. W systemie bezorkowym średnio na wyprodukowanie 1 dt ziarna zużyto o 33%, a we współrzędnym o 24% mniej paliwa niż w systemie tradycyjnym.

Tabela 1  
Table 1

Zużycie paliwa w dm<sup>3</sup> na poszczególne zabiegi  
Fuel consumption in dm<sup>3</sup> per each cultivation treatment

Zabieg uprawowy Cultivation treatment	Termin wykonania zabiegu – Date of treatment		
	Orkowy Tillage	Bezorkowy No-tillage	Współrzędny Bicropping
Wegetacja – Vegetation 1998/1999			
Podorywka – Ploughing (15 cm)	9	–	–
Bronowanie – Harrowing	4,5	–	–
Oprysk – Spraying (Roundap 360 SL)	–	2	–
Orka+bronowanie Ploughing and harrowing	15	–	–
Oprysk – Spraying (Reglone 200 SL)	–	–	2
Doprawienie pola (agregat 2x) Seedbed preparation (2x)	18	–	–
Siew – Sowing	4	6	6
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	2	2	2
Oprysk – Spraying (Chisel 75 WG)	2	2	–
Oprysk – Spraying (Tilt Plus 400 EC)	2	2	2
Zbiór ziarna – Grain harvest	15	15	15
<b>Łącznie – Total</b>	<b>71,5</b>	<b>29</b>	<b>27</b>

Tabela 2  
Table 2

Wysokość plonu ziarna i zużycie paliwa w zależności od sposobu uprawy.  
Średnia z trzech lat badań  
Fuel consumption and grain yield. Average from three years

Sposób uprawy Cultivation treatment	Zużycie paliwa $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ Fuel consumption $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	Plon w $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ Yield $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$	Jednostkowe zużycie paliwa $\text{dm}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$ ziarna Unitary fuel consumption $\text{dm}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$ grain
Orkowy Tillage	70,5	46,8	1,51
Bezorkowy No-tillage	30,3	29,9	1,01
Współrzędny Bicropping	29,0	25,2	1,15

## WNIOSKI

1. Orka, doprawianie pola, a także podorywka należą do najbardziej energochłonnych zabiegów stosowanych w uprawie pszenicy. Paliwo zużyte na wykonanie tych czynności stanowiło ponad 60% ogólnej ilości paliwa w sposobie tradycyjnym.

2. W systemach z uprawą bezorkową najbardziej energochłonnym zabiegiem jest zbiór stanowiący 50% ogólnej ilości paliwa zużytego w tym sposobie uprawy.

3. W metodzie orkowej wysokość zebranego plonu była najwyższa, ale jednocześnie zużycie paliwa było najwyższe.

4. Wyeliminowanie orki i innych zabiegów uprawowych wpłynęło na ograniczenie zużycia jednostkowego paliwa o 40–50%.

## PIŚMIENNICTWO

- Birkas M., Gyuricza C., Percze A., Ujj A.: 2003. Soil conservation and sustainable land management in Hungary. Proceedings of Scientific Conference with International Participation „Sustainable agriculture and rural development” Nitra 25–26 September 2003, 8–12.
- Dzienia S.: 1995. Siew bezpośredni technologia alternatywna. Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i w praktyce. Szczecin Barzkowice 12 czerwca 1995, 9–19.
- Hoyt G.D., Monks D.W., Monaco T.J.: 1994. Conservation tillage for vegetable production. HortTechnology. 4 (2), 129–134.
- Kordas L.: 1999. Wpływ stosowanego siewu bezpośredniego na nakłady energetyczne i plonowanie pszenicy ozimej. Zesz. Nauk. AR Wrocław. 74, 135–139.

- Malicki L., Nowicki J., Szwejkowski Z.: 1997. Soil land crop response to soil tillage systems: a Polish Perspective. Soil and Tillage Research 43, 65–80.
- Sowiński J.: 2005. The influence of winter wheat and white clover bi-cropping system on white clover sward parameters. XX International Grassland Congress Dublin Irlandia 26 June-1 July 2005, 385.

## THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON CROP AND FUEL USAGE

### S u m m a r y

In the paper there is presented the influence of cultivation on grain fruitfulness, and there was calculated gas oil consumption. In traditional cultivation system yield was on the highest level, and the oil consumption was highest as well. In cultivation without a ploughing the yield was smaller than it was in traditional cultivation and it was lower about 16,9 and 21,6 dt from ha, and the fuel consumption was smaller. Quantity of fuel used to crop harvesting was strongly misscellaneous by different ways of cultivation. In direct sowing to get 1 dt of grain it was 24–33% less fuel consumed than it was in traditional cultivation.

KEY WORDS: fuel consumption, technology of crop production

Recenzent: prof. dr hab. Józef Walczyk, Akademia Rolnicza w Krakowie

### Adres do korespondencji:

dr hab. Dariusz Materek  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław,  
Tel. 071 3205719 [materek@imr.ar.wroc.pl](mailto:materek@imr.ar.wroc.pl)





**Deta Łuczycka**

**WPLYW STOPNIA ROZDROBNIENIA ZIARNA PSZENICY  
NA CECHY DIELEKTRYCZNE BADANEGO MATERIAŁU**  
**INFLUENCE OF DEGREE OF CRUMBLING ON DIELECTRIC  
FEATURES OF WHEAT'S GRAIN**

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*  
*Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences*

Badania miały na celu analizę powiązań pomiędzy stopniem rozdrobnienia ziarna pszenicy (całe ziarno, śruta, mąka o różnych granulacjach) a właściwościami dielektrycznymi badanego materiału. Pomiarów prowadzono za pomocą automatycznego mostka RLC w zakresie częstotliwości pola elektromagnetycznego od 100 Hz do 100 kHz. Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono przenikalność dielektryczną oraz współczynnik strat dielektrycznych. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej. Wartość współczynnika strat dielektrycznych oraz przenikalności dielektrycznej ziarna pszenicy zależy istotnie od stopnia rozdrobnienia materiału badawczego.

SŁOWA KLUCZOWE: cechy dielektryczne, ziarno pszenicy, mąka

**WSTĘP**

Ziarniaki zbóż należą do najczęściej badanych materiałów roślinnych. Wśród dotychczas przeprowadzonych badań przeważały pomiary ich właściwości fizykochemicznych. W ostatnich latach, w związku z rozwojem techniki i coraz szerszym zastosowaniem energii elektrycznej, badane są również ich właściwości elektryczne i dielektryczne (rezystancja, przenikalność elektryczna, tangens kąta stratności i inne).

Znajomość tych właściwości ziarniaków zbóż oraz produktów przetworzenia, takich jak: mąka, śruta, jest istotna ze względu na konstruowanie dokładniejszych mierników wilgotności i jakości materiału pochodzenia biologicznego oraz projektowanie urządzeń do elektroobróbki.

## CEL PRACY

Celem pracy jest stwierdzenie, czy badane właściwości dielektryczne ziarniaków pszenicy:

- współczynnik strat dielektrycznych  $\text{tg}\delta$ ,
- przenikalność dielektryczna  $\epsilon$

różnią się co do wartości w zależności od postaci badanego materiału (stopnia rozdrobnienia).

Badania prowadzono dla:

- pojedynczej warstwy ziarniaków,
- śruty,
- otrębów,
- mąki o różnej granulacji (95  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , >150  $\mu\text{m}$  oraz mąki z pełnego przemiału).

## METODYKA BADAŃ

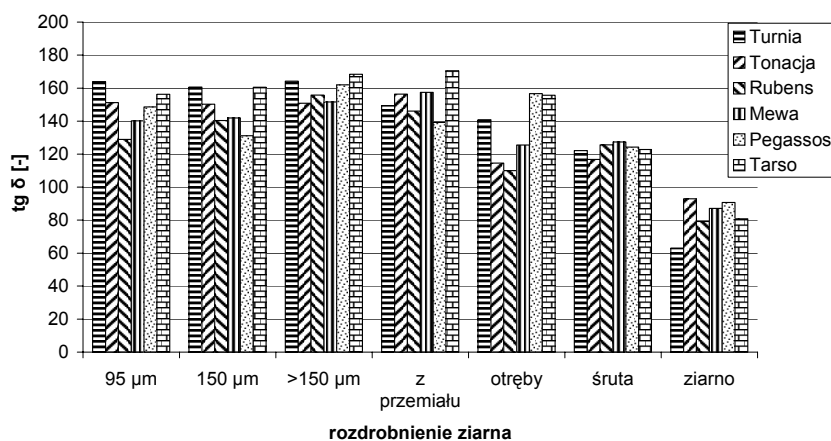
Do badań użyto 6 odmian pszenicy ozimej (Tonacja, Turnia, Mewa, Pegassos, Tarso oraz Rubens) oraz 4 odmiany pszenicy jarej (Monsun, Pasteur, Nawra oraz Triso). Materiał badawczy uzyskano z CN w Środzie Śląskiej, pochodził ze zbiorów z 2005 roku. Pomiary wykonywano dla ziarna i śruty w zakresie wilgotności od 9% do 21%. Mąka była badana dla jednej wilgotności (15%). Wilgotność faktyczną materiału badawczego ustalano metodą suszarkową. Śrutę otrzymano poprzez zmielenie nawilżonego ziarna w młynku laboratoryjnym. Ziarniaki przed przemiałem na 24 godziny nawilżono do wilgotności 13,5%, a na 20 min przed samym przemiałem zwiększono wilgotność do 15%. Po przemiale mąkę odsiewano na trzy frakcje odsiewnikiem laboratoryjnym.

Do badań cech elektrycznych każdej frakcji zastosowano metodę pośrednią. Za pomocą automatycznego mostka RLC mierzono rezystancję oraz pojemność warstwy badanego materiału umieszczonej w płaskim układzie elektrod pomiarowych. Badania prowadzono dla układu zastępczego szeregowego oraz równoległego. Na podstawie zmierzonych wartości oraz wymiarów próbek wyznaczono współczynnik strat dielektrycznych ( $\text{tg}\delta$ ) oraz przenikalność dielektryczną ( $\epsilon$ ) badanego materiału. Pomiary przeprowadzono w zmiennym polu elektromagnetycznym przy częstotliwości pola od 100 Hz do 100 kHz, za szczególnie interesujące uznano wyniki pomiarów przy częstotliwości pola elektromagnetycznego – 1 kHz. Każdy pomiar powtarzano kilkakrotnie do obliczeń przyjmując średnią z otrzymanych wyników.

## WYNIKI BADAŃ

Ze względu na objętość publikacji przedstawiono w tym rozdziale jedynie wybrane wyniki badań.

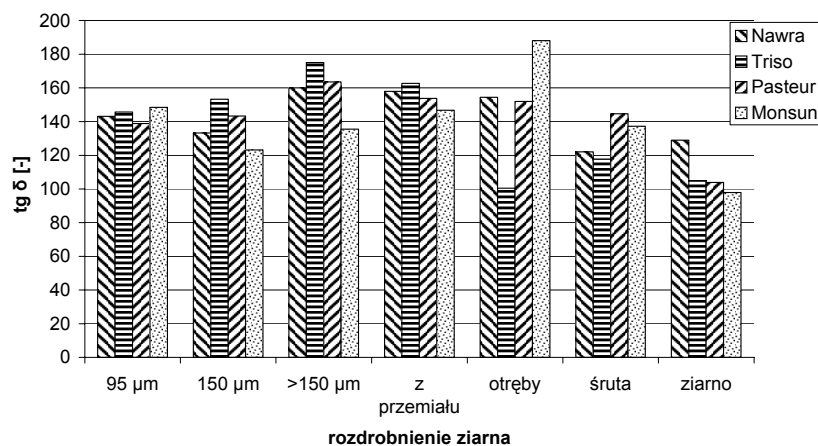
Na rysunku 1 zaprezentowano wartości współczynnika strat dielektrycznych badanych odmian zbóż ozimych mierzonych w częstotliwości 1 kHz. Najniższe wartości współczynnika  $\text{tg}\delta$  uzyskano dla warstwy ziarniaków, a najwyższe wartości obserwowano dla mąki. Wśród nich nieco większym współczynnikiem charakteryzują się frakcje  $>150\ \mu\text{m}$  i z pełnego przemiału. Śruta dla badanych odmian ma zbliżone do siebie wartości współczynnika stratności  $\text{tg}\delta$ , zmieniające się w zakresie 120=140.



Rys. 1. Wartości współczynnika strat dielektrycznych – odmiany pszenicy ozimej ( $f = 1\ \text{kHz}$  – układ szeregowy)

Fig. 1. Values of coefficient dielectrical losses - winter wheat grains ( $f = 1\ \text{kHz}$  – serial for R+C)

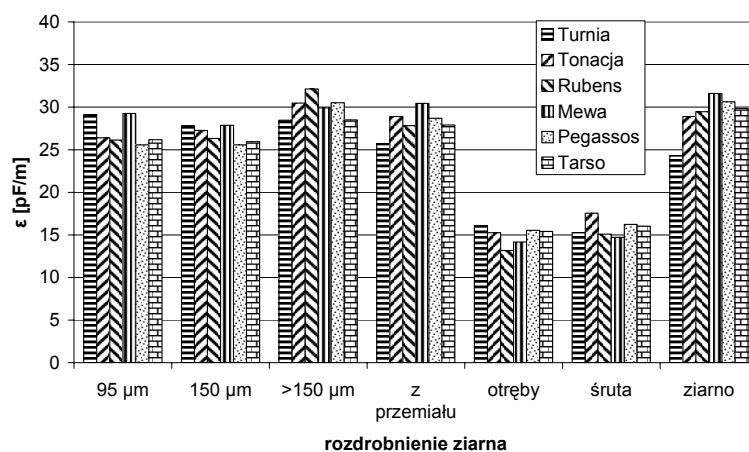
Współczynnik strat dielektrycznych, dla materiału badawczego pozyskanego z odmian pszenic jarych przedstawiono na rysunku 2. Najniższe wartości  $\text{tg}\delta$  występują przy pomiarze warstwy ziarniaków i są co do wartości porównywalne dla poszczególnych odmian. Najwyższy współczynnik strat dielektrycznych mają mąki o stopniu rozdrobnienia  $>150\ \mu\text{m}$  i z pełnego przemiału. Najwyższe wartości współczynnika  $\text{tg}\delta$  mają mąki z pszenicy odmiany Triso.



Rys. 2. Wartości współczynnika strat dielektrycznych – odmiany pszenicy jarej ( $f=1$  kHz – układ szeregowy)

Fig. 2. Values of coefficient dielectrical losses - spring wheat grains ( $f=1$  kHz – serial for R+C)

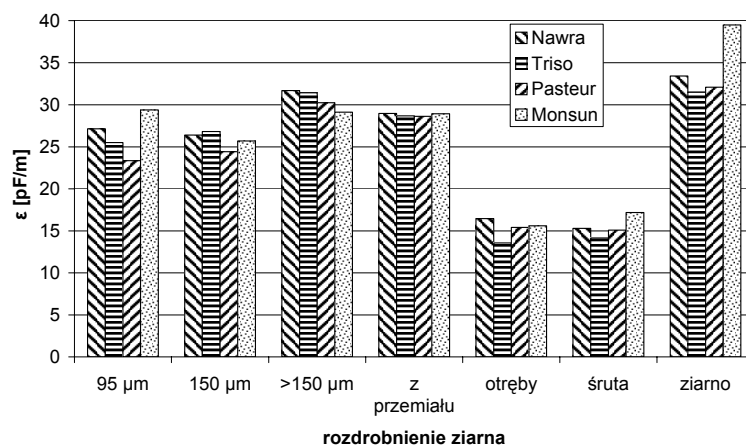
Na rysunku 3 zostały przedstawione wielkości przenikalności dielektrycznej dla pszenic ozimych. Wysokie wartości przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$  mają wszystkie mąki oraz warstwa ziarniaków, otręby i śruta charakteryzują się niższymi wartościami  $\epsilon$ .



Rys. 3. Wartości przenikalności dielektrycznej – odmiany pszenicy ozimej ( $f=1$  kHz – układ szeregowy)

Fig. 3. Values of permittivity - winter wheat grains ( $f=1$  kHz – parallel for R+C)

Na rysunku 4 przedstawiono zależności przenikalności dielektrycznej od rozdrobnienia ziarna pszenicy jarej. Największa przenikalność obserwowano dla warstwy ziarniaków. Podobne wartości  $\epsilon$  otrzymano dla mąki frakcji  $>150 \mu\text{m}$  oraz z pełnego przemiału. Otrzymane wyniki pomiarów prawie nie różnią się dla poszczególnych odmian. Niższą wartość przenikalności ma mąka frakcji:  $95 \mu\text{m}$  i  $150 \mu\text{m}$ . Najniższe wartości przenikalności dielektrycznej otrzymano przy pomiarach otręb i śruty.



Rys. 4. Wartości przenikalności dielektrycznej – odmiany pszenicy jarej ( $f=1 \text{ kHz}$  – układ szeregowy)

Fig. 4. Values of permittivity – spring wheat grains ( $f=1 \text{ kHz}$  – parallel for R+C)

W celu przeprowadzenia analizy zebranych wyników badań przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji – uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 1 i 2. Zarówno współczynnik strat dielektrycznych, jak i przenikalność dielektryczna zależy istotnie (poziom istotności  $\alpha=0,01$ ) od stopnia rozdrobnienia ziarniaków. Ponadto występują znamienne różnice wartości współczynnika strat dielektrycznych przy przyjęciu szeregowego lub równoległego schematy zastępczego warstwy materiału badawczego. Uzyskane wartości przenikalności dielektrycznej różnią w sposób istotny statystycznie dla badanych odmian pszenicy.

Tabela 1  
Table 1Wyniki analizy wariancji dla współczynnika strat dielektrycznych  
Analysis of Variance for coefficient of dielectrical losses

Źródło zmienności Source of variation	Suma kwadratów Sum of Squares	Stopnie swobody d.f.	Obliczona wartość testu F F-ratio	Wyznaczony poziom istotności Sig.level
Odmiana pszenicy Variety of wheat	1037,63	9	0,471	0,8912
Stopień rozdrobnienia Crumbling the wheat's grain	14849,97	6	10,118	0,0000
Przyjęty układ zastępczy Parallel /serial circuit	580056,46	1	2371,331	0,0000
Resztowy Residuals	27885,784	114	----	----
Wartości sumaryczne Total	659162,07	130	----	----

Tabela 2  
Table 2Wyniki analizy wariancji dla przenikalności dielektrycznej  
Analysis of Variance for permittivity

Źródło zmienności Source of variation	Suma kwadratów Sum of Squares	Stopnie swobody d.f.	Obliczona wartość testu F F-ratio	Wyznaczony poziom istotności Sig.level
Odmiana pszenicy Variety of wheat	336,9728	9	2,796	0,0051
Stopień rozdrobnienia Crumbling the wheat's grain	5856,7582	6	72,898	0,0000
Przyjęty układ zastępczy Parallel /serial circuit	6,6082	1	0,494	0,4912
Resztowy Residuals	1646,9963	123	----	----
Wartości sumaryczne Total	7847,3355	139	----	----

## WNIOSKI

Na podstawie dyskusji wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Wartość współczynnika strat dielektrycznych ziarna pszenicy zależy istotnie (poziom istotności  $\alpha=0,01$ ) od stopnia rozdrobnienia materiału badawczego. Najwyższe wartości uzyskano dla mąki (średnio  $71,9 \div 79,4$  [-]), najniższe dla warstw całych ziarniaków ( $46,5$  [-]).

2. Przenikalność dielektryczna ziarna pszenicy zależy znamienne od stopnia rozdrobnienia materiału badawczego (poziom istotności  $\alpha=0,01$ ), większe wartości ( $33,0$  [pF/m]) mierzono dla warstwy całych ziarniaków niż dla śruty i otrąb ( $14,9 \div 15,5$  [pF/m]); dla różnych frakcji mąki uzyskano wartości od  $26,2 \div 29,9$  [pF/m].

3. Wartości współczynnika strat dielektrycznych oraz przenikalność dielektryczna maleją wraz ze wzrostem częstotliwości pola elektromagnetycznego. Największe wartości występują w częstotliwości pola elektromagnetycznego  $100$  Hz, a najmniejsze w  $100$  kHz. Ze względu na zakresy dostępnej aparatury pomiarowej oraz na podstawie analizy wyników (największe gradienty) celowe jest przyjęcie częstotliwości pola elektromagnetycznego  $1$  kHz jako właściwej do tego typu pomiarów.

4. Ze względu na większe uzyskiwane wartości współczynnika strat dielektrycznych, a przez to łatwiejszą interpretację wyników, lepsze do pomiarów tego typu zależności jest przyjęcie szeregowego układu zastępczego.

## PIŚMIENNICTWO

Chełkowski A.: 1993. „Fizyka dielektryków”. WNT, Warszawa.

Horyński M.: 2001. „Właściwości elektryczne materiałów pochodzenia roślinnego”. Katedra Elektrotechniki Politechniki Lubelskiej w Lublinie, Inżynieria Rolnicza II.

Łuczycza D.: 1995. „Elektryczny model pojedynczej warstwy ziarna zbóż”. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 424.

## INFLUENCE OF DEGREE OF CRUMBLING ON DIELECTRIC FEATURES OF WHEAT'S GRAIN

### S u m m a r y

The research was carried in aim of qualification degree of crumbling the wheat's grain (the flour, broken grain, grain) it influences on dielectric proprieties. Measured capacity and resistance investigative material in a electrode system by means of an automatic RLC bridge of the frequency range from  $100$  Hz to  $100$  kHz. On the base of obtained results specific permittivity and coef-

ficient of dielectrical losses were calculated. Obtain results were subjected to statistical analysis. Values of permittivity and coefficient of dielectrical losses of wheat grains were significantly different for chosen degree crumbling grains.

KEY WORDS: wheat, dialectical proprieties of grain, flour and bruised grain

Recenzent: prof. dr hab. Józef Walczyk, Akademia Rolnicza w Krakowie

**Adres do korespondencji:**

dr inż. Deta Łuczycka  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław,  
Tel. 071 3205738  
e-mail: deta\_l@imr.ar.wroc.pl