

Jakość pracy narzędzi w uprawie gleby z wykorzystaniem mulczu

Zbigniew Kogut

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach,
Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku, 05-825 Kłudzienko
e-mail: z.kogut@itep.edu.pl*

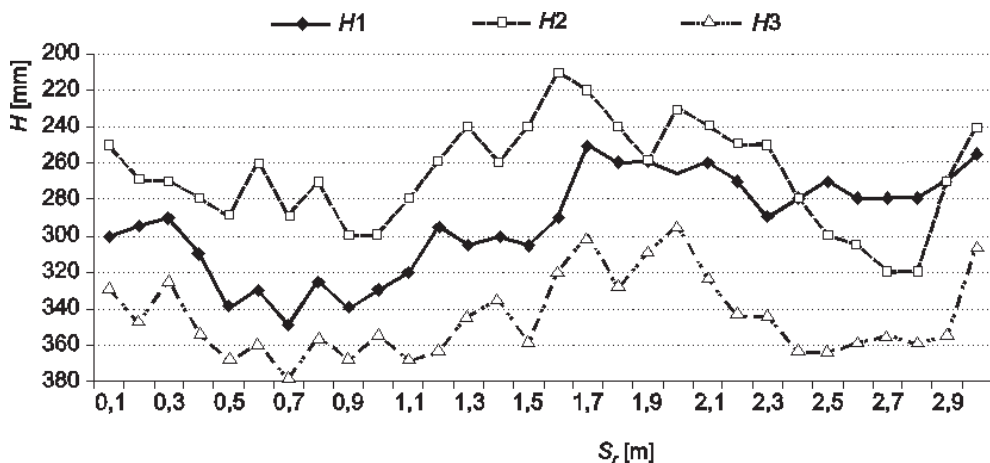
Słowa kluczowe: inżynieria rolnicza, uprawa gleby, narzędzia uprawowe, jakość pracy, mulcz

Wstęp

Jakość pracy narzędzi do uprawy gleby oceniana jest w badaniach polowych zdefiniowanymi wskaźnikami jakości [11]. Charakteryzuje efekt pracy badanego narzędzia na tle innych narzędzi, w tym także stosowanych do powierzchniowej mulczującej uprawy gleby [3, 7, 14, 15, 16]. Pozwala również ocenić i porównać wpływ na tę pracę wprowadzanych zmian konstrukcyjnych w obrębie tego samego narzędzia uprawowego. Najczęściej używanymi wielkościami w porównaniach jakości pracy są głębokość pracy i miąższość uprawionej warstwy (wartości średnie i współczynniki zmienności) oraz wskaźniki: wyrównania powierzchni gleby, przykrycia resztek roślinnych i nierównomierności dna uprawianej warstwy, a także fakt zapychania i zalepiania się elementów roboczych. Metodyki badań jeszcze definiują takie wskaźniki oceny jak: kruszenie gleby, spulchnienie i zbrylenie oraz niszczenie chwastów i podcięcie gleby. W związku z koncepcją rozwoju rolnictwa proekologicznego w ocenie powierzchniowej uprawy zachowawczej stosowany jest także wskaźnik równomierności wymieszania resztek roślinnych z glebą oraz wskaźnik utwardzenia (zwięzłości) podłoża poniżej warstwy spulchnianej. Wartości powyższych wskaźników uzyskuje się z pomiarów podczas eksploatacji narzędzi w ściśle określonych (scharakteryzowanych) warunkach ich pracy. Podczas badań zmieniane są parametry konstrukcyjne narzędzi lub warunki ich eksploatacji. Poniżej zestawiono i oceniono te wielkości w aspekcie zróżnicowania warunków pracy i konstrukcji narzędzi podczas mulczującej uprawy powierzchniowej gleby, cechującej się efektywnym dostarczaniem do gleby materii roślinnej [5, 6].

Jakość pracy

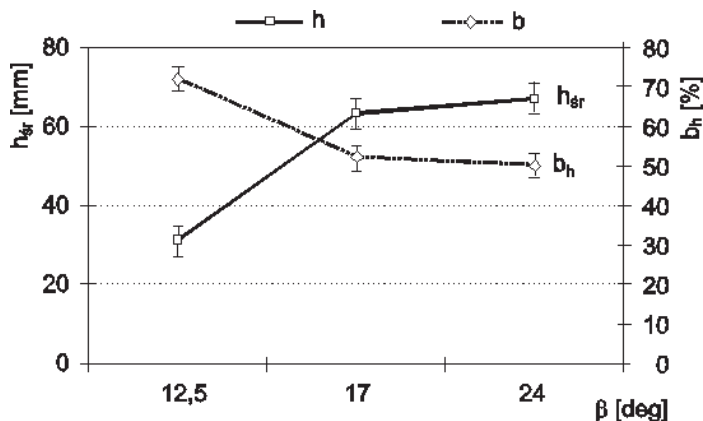
Wskaźnik nierównomierności głębokości pracy jest ściśle skorelowany z uzyskiwaną średnią głębokością pracy narzędzia, wynikającą z nastawy regulacyjnej (oczekiwań rolnika) oraz jego konstrukcji. Dla bron klasycznych wynosi od 14% przy większej głębokości ok. 12 cm i 21% przy głębokości 10 cm do nawet 31% przy mniejszej głębokości ok. 6 cm [3]. Te największe wartości wskaźnika oznaczają już niezadowalającą jakość pracy brony. Występują jednakże dosyć często przy mniejszej głębokości w warunkach nadmiernego przesuszenia wierzchniej warstwy gleby, np. w uprawie ścierniska po zbożach w suchych okresach letnich. Również w badaniach porównawczych w zróżnicowanych warunkach pracy [7, 8] przy optymalnej wilgotności gleby i tej samej nastawie głębokości oczekiwanej uzyskano wartości od 23% przy średniej głębokości 10 cm, 40–50% przy 7 cm, aż do 72% przy głębokości średniej 3 cm. Istotnym czynnikiem wpływającym na wartość omawianego wskaźnika nierównomierności, kształtowanym przez warunki eksploatacji, jest wyrównanie powierzchni gleby przed uprawą (rys. 1). Występujące nierówności na powierzchni H1, np. ślady kół kombajnów i ciągników z przyczepami na ścierniskach, istotnie zwiększają wskaźnik nierównomierności głębokości pracy talerzy nawet w przypadku starannie wyregulowanych bron klasycznych (tzn. wypoziomowanych i o prawidłowo ustawionych talerzach tylnych sekcji względem przednich). Dla bron tych powierzchnia H3 dna uprawianej warstwy gleby talerzami z jednej sekcji na szerokości roboczej S_r jest stosunkowo równa, różnicuje ją tylko grzebienistość [1,12]. Odmiennej charakter powierzchni H3 powstaje w wyniku pracy bron kompaktowych, gdzie poszczególne talerze są niezależnie zawieszane i kopią powierzchnię. Dno uprawianej warstwy jest nierówne, jak na rys. 1, i częściowo odzwierciedla nierów-



Rysunek 1. Przykładowe zmiany na szerokości roboczej S_r empirycznych wielkości H profilu uprawianej gleby broną talerzową kompaktową: H1 – powierzchnia gleby przed uprawą, H2 – powierzchnia gleby po uprawie, H3 – powierzchnia dna uprawianej warstwy [7, 8]

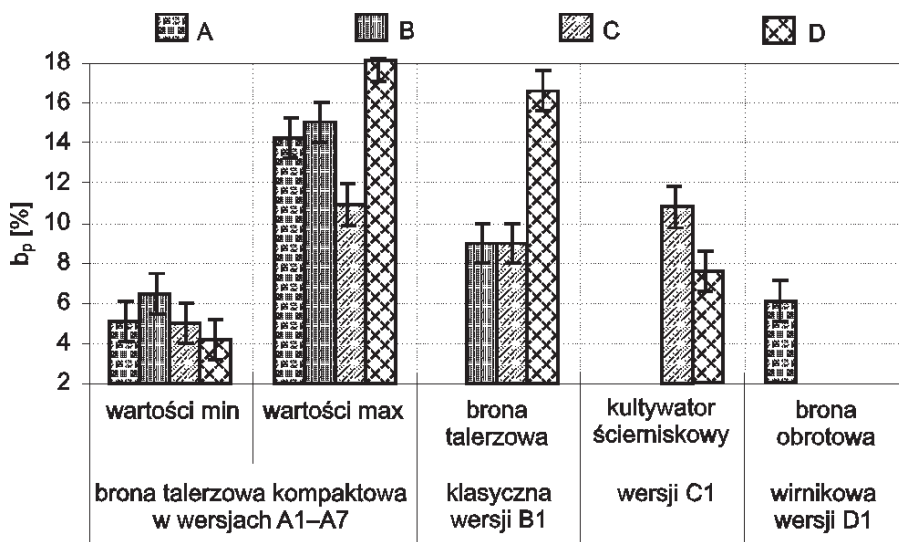
ności powierzchni gleby przed uprawą. Zmienność głębokości pracy h uzyskiwanej na szerokości S , powinna więc być mniejsza, co częściowo tylko potwierdzają wyniki [7, 8]: uzyskano wartości od 23% do 47%. Brak jest natomiast tak jednoznacznej korelacji z głębokością średnią, większe znaczenie mają też warunki pracy i konstrukcja zawieszenia talerzy oraz dokładność ich rozmieszczenia.

Obrazują to uzyskane z powyższych badań wartości nierównomierności dna uprawianej warstwy w zróżnicowanych warunkach pracy, nie skorelowane ani ze średnią głębokością ani też jej nierównomiernością: dla brony klasycznej uzyskano 6–7%, natomiast dla kompaktowych od 3,9% do 11,3%. Dla porównania uzyskana w tych warunkach nierównomierność dna przez bronę wirnikową wynosiła 2,5% przy średniej głębokości 2,2 cm i wskaźniku jej nierównomierności 56%. Zmniejszanie kąta natarcia talerzy, zarówno w bronach klasycznych jak i kompaktowych, powoduje zmniejszanie średniej głębokości pracy i wzrost wskaźnika jej nierównomierności (rys. 2). Jest to efekt wzrostu wartości grzebienistości dna uprawianej warstwy gleby. Dla kultywatorów ścierniskowych wyposażonych w zęby skrzydełkowe, pracujących na ściernisku po zbiorze pszenicy przy średniej głębokości 10–12 cm, nierównomierność głębokości wynosiła od 18% do 30% [14] w zależności od konstrukcji kultywatora (przy nierównomierności dna uprawianej warstwy 3,7–7,7%). Z własnych badań porównawczych bron talerzowych wynika, że kultywatory ścierniskowe o takiej konstrukcji zębów mają trudności z utrzymaniem stałej głębokości pracy przy nastawie do 10 cm w warunkach dużych ilości masy roślinnej ścierniska po pszenicy. Stwierdzono liczne zapchania na odcinkach średnio co 75 m, w warunkach dobrej pracy porównywanych bron kompaktowych. Na ściernisku po kukurydzy i na poplonie z gorczycy, przy średnich głębokościach odpowiednio 9 i 13,5 cm, uzyskano nierównomierność głębokości pracy średnio 45% i 28% przy odchyleniu standardowym z powtórzeń 3% i 1%. Nierównomierność dna uprawianej warstwy wynosiła średnio 9,5% i 7,4%. Dla porównania wskaźnik nierównomierności głębokości pracy bron talerzowych w tych warunkach wynosił 37,5% i 35,5%.



Rysunek 2. Wpływ kąta natarcia β talerzy w broni klasycznej na głębokość średnią h_{gr} i wskaźnik nierównomierności głębokości pracy b_h (wartości średnie i odchylenia standardowe) [7]

Wskaźnik nierównomierności miąższości jest uzupełnieniem, w stosunku do poprzedniego wskaźnika, informacji o zróżnicowaniu warstwy gleby uprawianej przez narzędzie. Nie obarczony wpływem nierówności na powierzchni gleby powstałych przed uprawą, charakteryzuje najważniejszy praktycznie dla użytkownika parametr eksploatacyjny, jakim jest miąższość zmulczowanej (wymieszanej z resztkami roślinnymi) warstwy gleby. To na podstawie pomiarów miąższości rolnik reguluje głębokość pracy elementów roboczych narzędzi, spulchniających i mieszających glebę z resztkami roślinnymi. Wskaźnik ten uwzględnia również wpływ elementów wyrównujących i ugniatających współpracujących wałów. Odnosi się więc do rzeczywistej zmulczowanej warstwy uprawianej gleby: dotyczy także wnoszonej do gleby materii roślinnej. Dla kultywatorów ścierniskowych wynosi w zależności od konstrukcji od 19 do 28% na ściernisku po pszenicy [14] oraz 32% na ściernisku po kukurydzy i 27% na poplonie z gorzycy [7, 8]. Dla bron klasycznych o zróżnicowanej konstrukcji [3] wynosi w tych samych warunkach pracy od 18% do 27% (ściernisko po pszenicy na glebie średniozwięzłej przesuszonej, $490 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ materii roślinnej). Natomiast na tej samej glebie, ale o optymalnej wilgotności [7, 8], dla tej samej konstrukcji w zróżnicowanych warunkach pracy uzyskano: 31% na ściernisku po kukurydzy ($2015 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ materii roślinnej), 36% na ściernisku pszenicy ($2132 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) i 43% na poplonie z gorzycy ($2213 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ materii roślinnej) przy standardowym odchyleniu poniżej 3%. W tych samych warunkach dla siedmiu rozwiązań bron kompaktowych uzyskano odpowiednio 29–39%, 20–36% i 29–37%. Największy wpływ na wartości mają warunki pracy. Czynniki techniczne, jak np. nacisk i powierzchnia wału współpracującego z elementami roboczymi oraz równomierność głębokości ich pracy, dodatkowo różnicują wyniki. Dlatego ich ocena powinna być przeprowadzana równocześnie z oceną wspomnianego wskaźnika nierównomierności dna uprawy oraz wskaźnika wyrównania powierzchni gleby. Wskaźnik wyrównania powierzchni gleby wynosi, zarówno dla bron talerzowych jak i kultywatorów ścierniskowych, od 4% do nawet 18% [3, 7, 8, 14]. Te mniejsze wartości oznaczają dobre wyrównanie powierzchni. Bardzo wiele czynników, często wzajemnie skorelowanych, wpływa na powyższe zróżnicowanie wartości. Do najistotniejszych należą postać i masa resztek roślinnych (rys. 3). Duża ich ilość, jak np. gorzycy na poplon (pole D) o wysokości roślin od 0,76 m do 1,02 m i średniej masie $2213 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ przy jej odchyleniu standardowym $460 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ w pierwszej kolejności generuje zmienność w wyrównaniu powierzchni. Również konstrukcja narzędzia wraz z współpracującym wałem stwarza wiele możliwości wpływania na wartości wyrównania powierzchni. Celem uniknięcia skrajnej bruzdy w bronach talerzowych stosuje się najczęściej skrajny talerz o mniejszej średnicy i/lub mniejszych (w stosunku do pozostałych talerzy) wartościach kąta natarcia i/lub pochylenia. W niektórych konstrukcjach zamiast skrajnego talerza występują osłony ograniczające odrzut gleby. Niwelowanie powierzchniowych nierówności odbywa się w wyniku naprzemiennego, przez kolejne talerze przedniego i tylnego rzędu, odcinania i odkładania kęsów



Rysunek 3. Wskaźnik b_p nierówności powierzchni (średnie i odchylenia standardowe) dla wybranych konstrukcji narzędzi w uprawie mulczującej na polach A, B, C i D o różnej postaci i masie resztek [7, 8]

gleby. Powszechnie za elementami roboczymi stosuje się współdziałanie (jednego z wielu typów) wału krusząco-ugniatającego, o różnym nacisku na zmulczowaną warstwę i powierzchni generującej ten nacisk. Większe naciski najczęściej wyrównują powierzchnię gleby, wgniatając lokalne nierówności.

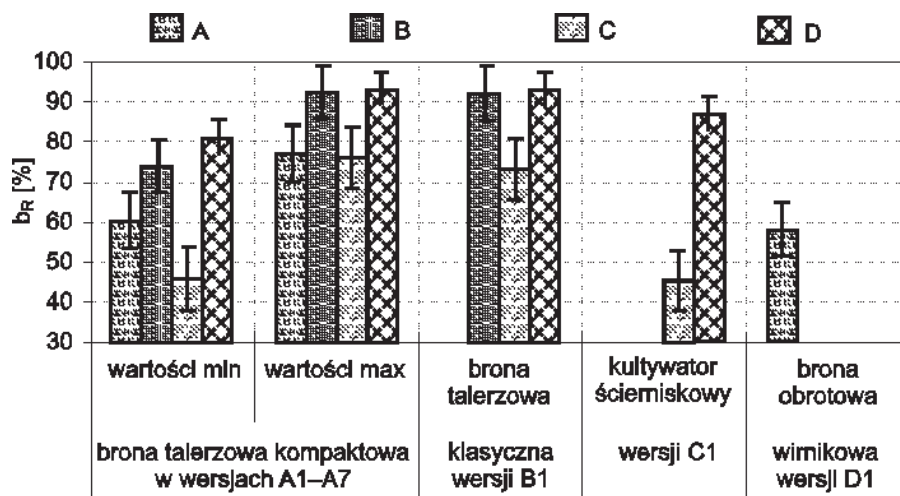
W wyniku pracy samej brony kompaktowej często występują na powierzchni liczne nierówności, nawet do 8 cm, i widoczne ślady pracy talerzy tylnego rzędu [20]. Współdziałanie wału istotnie je ogranicza do jedynie nielicznych i znacznie płytszych. Wielkość bocznego odrzutu gleby przez talerze zależy od ustawienia kątów natarcia i pochylenia. W bronach klasycznych regulowana jest tylko wartość kąta natarcia, a talerze ustawiane są pionowo przy zerowym pochyleniu. W bronach kompaktowych dodatkowo stosuje się nastawę wartości kąta pochylenia. Większy o 5–10 cm odrzut gleby uzyskuje się w wyniku pochylenia górnej krawędzi talerzy do tyłu: przy kącie natarcia 15° wynosi on ok. 30 cm, natomiast przy kącie 25° już ok. 55 cm [20].

Zapychanie i zalepianie elementów roboczych. Według Talarczyka [17] talerze o mniejszej średnicy łatwiej ulegają zapychaniu przy dużej ilości resztek roślinnych, szczególnie przy wysokim ściernisku i słabo rozdrobnionej słomie. Istotnym czynnikiem ograniczającym podatność bron na zapychanie jest właściwe zaostrenie talerzy i wyposażenie ich w nacięcia na krawędziach tnących. Charakterystyczne dla bron kompaktowych odchylenie talerzy od płaszczyzny pionowej i większa wolna przestrzeń pomiędzy talerzami aniżeli w klasycznych powoduje, zdaniem cytowanego autora, mniejszą ich wrażliwość na zalepianie glebą czego wyrazem jest brak skrobaków talerzy. Z porównawczych badań własnych [7, 8] wynika, że w warunkach właściwej pracy bron talerzowych (na ściernisku po zbiorze pszenicy) kultywator

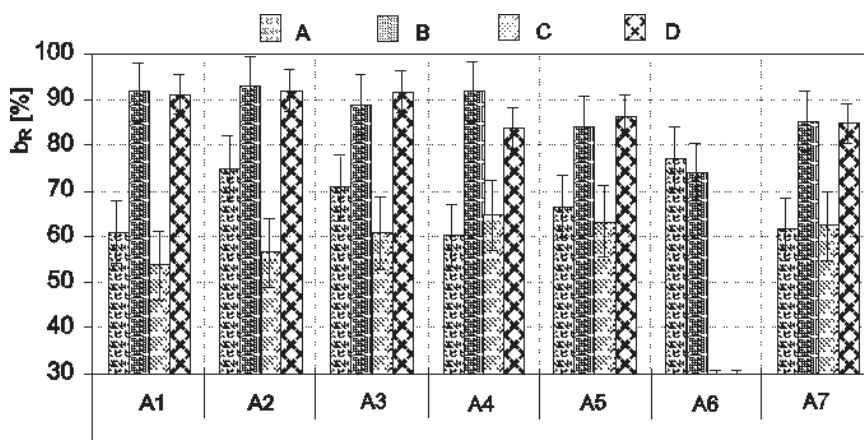
ścierniskowy z zębami gęsiostopkowymi ulegał powtarzającemu się zapychaniu dyskwalifikującemu jego pracę. Miało to miejsce zarówno przy mniejszej (5 cm) jak i większej (10 cm) głębokości pracy.

Wskaźnik przykrycia resztek roślinnych jest jednym z ważniejszych wskaźników oceny jakości uprawy gleby w aspekcie mulczowania. Informuje o ilości resztek roślinnych wprowadzanych do wierzchniej warstwy gleby. Jest wyrażany w jednostkach bezwzględnych (np. wartości masy roślinnej wnoszonej do gleby w przeliczeniu na jednostkę powierzchni) lub względnych (w procentach jako stosunek tak wprowadzonej masy w warstwę gleby do całej masy na jej powierzchni przed uprawą). Niekiedy w publikacjach [9, 15] bywa stosowany „bliźniaczy” wskaźnik oceny, pod nazwą wskaźnika pokrycia (przykrycia) gleby resztkami roślinnymi. W aspekcie oceny efektu mulczującej uprawy wartości względne tych dwóch wskaźników, dopełniając się stanowią 100% resztek roślinnych.

Wskaźnik przykrycia resztek roślinnych w przypadku uprawy ścierniska po zbożach (wysokości 20 cm i średniej masie $460 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ na glebie o gęstości $1,25 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i wilgotności 9%) wynosi dla bron talerzowych klasycznych od 85% przy średniej głębokości pracy 10–12 cm do nawet 57% przy głębokości 6 cm [3]. Dla bron talerzowych kompaktowych wielkość ta kształtuje się w przedziale od ok. 64% przy małej głębokości roboczej (5 cm) i dużej ilości resztek poźniwnych do ok. 96% przy głębokości roboczej 12 cm i niskim ściernisku [18]. Dla obu wersji bron lepsze przykrycie (wyższe wartości) uzyskano przy większej (10–12 cm) głębokości pracy, niższym ściernisku i współdziałaniu wałów doprawiających. Dodatni wpływ na wartości zagłębienia i przykrycia mają uzębienia talerzy i ostrość ich krawędzi tnących. Powierzchniowe przykrycie resztek roślinnych talerzami współdziałającymi z wałem wynosi wg powyższych autorów ok. 85% dla brony kompaktowej pracującej po zbiorze buraków. Po zbiorze kukurydzy, gdzie warunki są znacznie trudniejsze ze względu na grube łodygi i silne ich ukorzenie, wskaźnik wynosi od 80% w przypadku pracy wzdłuż kierunku siewu do 97% w przypadku uprawy skośnie do rzędów kukurydzy pod warunkiem zwiększenia kąta natarcia talerzy z 18° (jak dla ścierniska) do $20\text{--}25^\circ$. Z badań porównawczych różnych konstrukcji bron talerzowych, kultywatora ścierniskowego i brony wirnikowej [7, 8], pracujących w czterech różnych wspomnianych już warunkach: A, B – na ściernisku po pszenicy; C – ściernisku po kukurydzy na ziarno oraz D – na poplonie z gorczycy wynika, że wskaźnik przykrycia resztek jest najbardziej zróżnicowany ze względu na warunki eksploatacji (rys. 4). Najkorzystniejsze wartości występują na polu z gorczycą (D) i ściernisku po pszenicy przy głębszej uprawie (pole B) i wynoszą ponad 90%, mimo największej masy resztek roślinnych na powierzchni (średnio 2130 i $2210 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). Najmniejsze przykrycie stwierdzono na ściernisku po kukurydzy (pole C – 45%) i pszenicy przy płytszej uprawie (pole A – 60%), gdzie masa resztek roślinnych wynosiła odpowiednio 2015 i $955 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Dla brony obrotowej, pracującej tylko na polu A wskaźnik przykrycia resztek roślinnych był wyraźnie mniejszy (58%), a ściernisko wyszorcowane (tzn. układane podczas mieszania w glebie skośnie do góry z pochyleniem



Rysunek 4. Wskaźnik b_R przykrycia resztek roślinnych (średnie i odchylenia standardowe) dla wybranych konstrukcji narzędzi w uprawie mulczującej na polach A, B, C i D o różnej postaci i masie resztek [7, 8]



Rysunek 5. Wskaźnik b_R przykrycia resztek roślinnych (średnie i odchylenia standardowe) dla różnych A=A7 konstrukcji bron kompaktowych na polach A, B, C i D o różnej postaci i masie resztek roślinnych [7, 8]

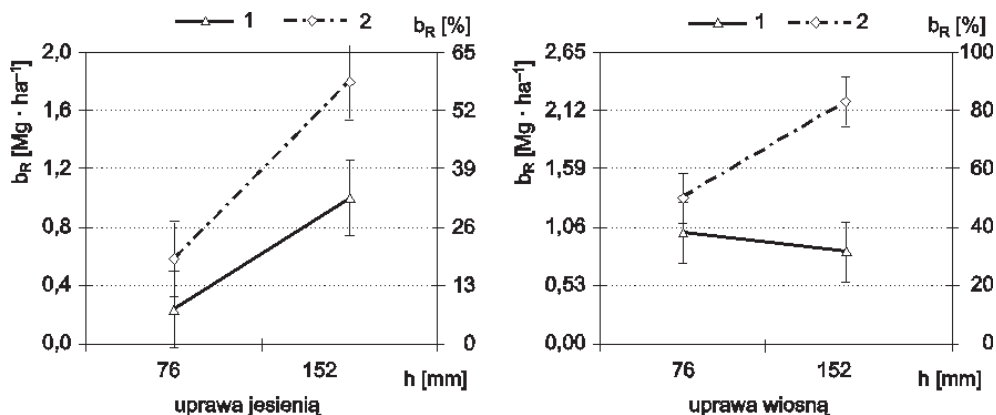
w kierunku ruchu agregatu) i wynoszone na zewnątrz wirników (tzn. umieszczone pasmowo na skraju wirników). Również małe przykrycie resztek uzyskano dla kultywatora ścierniskowego, wyposażonego w zęby skrzydełkowe, na ściernisku po zbiorze kukurydzy na ziarno. Pomimo większej o 30% głębokości (9 cm) w stosunku do bron talerzowych wskaźnik przykrycia wynosi tylko 45%. Natomiast podczas eksploatacji na poplonie z gorczycy nie stwierdzono istotnych różnic w przykryciu resztek po pracy tego kultywatora i porównywanych bron talerzowych pomimo większej (o 100%) głębokości jego pracy.

Jedynie Šařec [16] stwierdza nieznacznie lepsze przykrycie resztek w efekcie pracy kultywatora aniżeli brony przy nieznacznie większej średniej głębokości roboczej (odpowiednio 7,5 i 6 cm). Porównując w wyżej wymienionych zróżnicowanych warunkach pracy efekt przykrycia resztek roślinnych przez różne konstrukcje kompaktowych bron (rys. 5) stwierdzono, że:

- wyniki potwierdzają istotnie lepsze przykrycie resztek na polach B i D w stosunku do pól A i C, pomimo większej masy i znacznie wyższego ścierniska;
- czynnikami wyraźnie ograniczającym przykrycie resztek jest zmniejszanie głębokości pracy talerzowych elementów roboczych oraz obecność w przykrywanej masie stojących, mocno ukorzenionych, łodyg roślin (kukurydzy).

Ten lepszy dla bron talerzowych w stosunku do kultywatorów ścierniskowych efekt przykrycia resztek roślinnych (rys. 6), a także charakter wpływu warunków pracy potwierdzają również wyniki innych badań [2, 15]. Wynika z nich m.in., że:

- wartości wskaźnika b_R przykrycia resztek w porównywalnych warunkach pracy są większe dla brony talerzowej aniżeli dla kultywatora (przy kilku wersjach jego elementów roboczych);
- istotny wzrost wartości wskaźnika b_R przykrycia resztek występuje pod wpływem zwiększania głębokości pracy brony talerzowej (o kącie natarcia $16,5^\circ$ dla talerzy o średnicy 0,51 m), a dynamika wzrostu jest większa w uprawie gleby jesienią aniżeli wiosną na tym samym ściernisku;
- wpływ na wartości wskaźnika b_R zmiany głębokości pracy kultywatora (o zębach gęsiostopkowych) występuje tylko w uprawie gleby jesienią (wiosną nie stwierdzono), a dynamika tego wpływu jest mniejsza aniżeli w przypadku pracy w tych warunkach brony talerzowej;
- wartości wskaźnika przykrycia resztek (zarówno względne jak i bezwzględne) w wyniku pracy brony talerzowej jak też kultywatora są istotnie większe dla

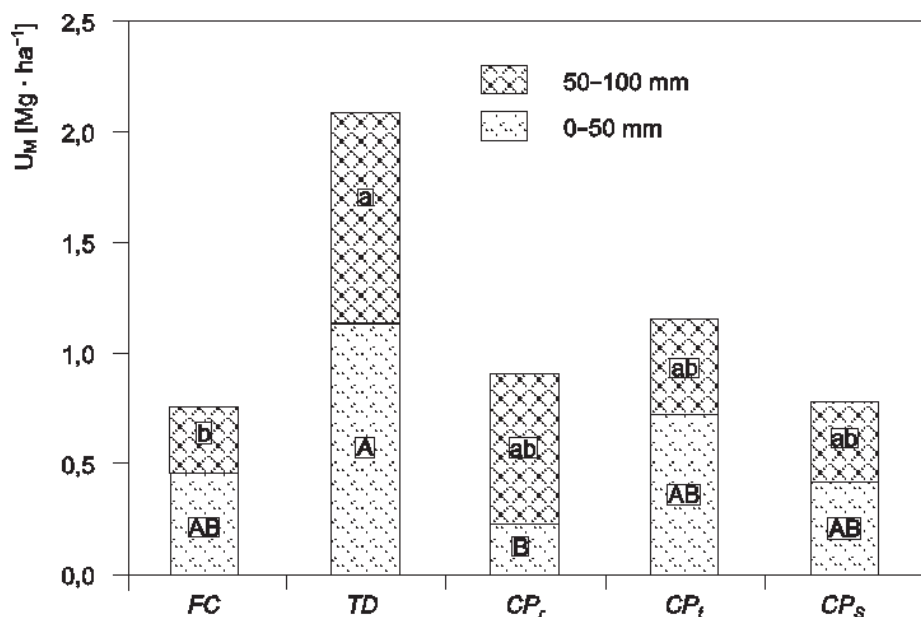


Rysunek 6. Wpływ głębokości roboczej h kultywatora (1) i brony talerzowej (2) na wskaźnik b_R przykrycia resztek roślinnych (wartości średnie i 90% przedziały ufności LSD) podczas uprawy jesiennej i wiosennej ścierniska po zbiorze sorga, na podstawie publikowanych wyników [15]

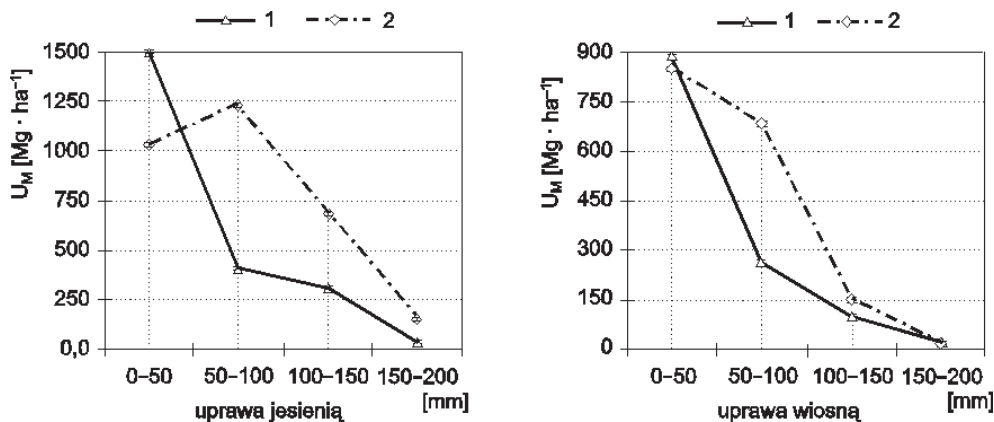
wiosennej uprawy gleby aniżeli jesiennej. Jest to tym istotniejsze, że masa resztek na powierzchni przed uprawą wiosną była o 15% mniejsza w stosunku do masy przed uprawą jesienną na tym samym polu;

- większe przykrycie resztek podczas uprawy wiosną wiąże się ze zmniejszeniem udziału stojących form w ogólnej masie resztek na powierzchni i równoczesnym zwiększeniem udziału form leżących (w stosunku do resztek występujących jesienią na powierzchni gleby) w wyniku ich degradacji i rozkładu. Fakt ten sugeruje, że zmiana formy resztek ze stojących na leżące może zwiększyć efektywność ich wnoszenia do gleby przez brony talerzowe.

Wymieszanie resztek roślinnych. Zagadnienie to jest ściśle związane z wyżej omawianym przykryciem glebą resztek roślinnych w wyniku pracy narzędzi uprawiających ją powierzchniowo. Aby przyspieszyć właściwy rozkład materii organicznej, szczególnie zaś trudno rozkładającej się słomy, konieczne jest intensywne i równomierne jej wymieszanie z glebą [10, 13]. Jakość wymieszania resztek z glebą w uprawie mulczującej oceniana jest metodą systematycznego krojenia i analizy (na zawartość materii organicznej) składu warstwy gleby wymieszanej w procesie jej uprawy [4, 21, 22]. Wyniki badań [2] potwierdzają, że brony talerzowe w efekcie pracy wnoszą do gleby istotnie więcej resztek roślinnych aniżeli kultywatory (rys. 7). Uwzględniając zróżnicowanie konstrukcji kultywatorów można stwierdzić na podstawie tych wyników, że najmniej resztek słomy wprowadza kultywator sprężynowy



Rysunek 7. Masa U_M resztek roślinnych wymieszanych z glebą różnymi narzędziami na dwóch przedziałach głębokości; FC – kultywator sprężynowy wąskozębny, TD – brona talerzowa, CP – kultywator ścierniskowy z zębami: sercowymi (r), redliczkowymi (t) i gęsio-stopkowymi (s); A, a, B, b – grupy jednorodne [2]



Rysunek 8. Masa U_M resztek roślinnych wymieszanych z glebą kultywator (1) i broną talerzową (2) podczas uprawy jesiennej i wiosennej na głębokość $h = 15$ cm ścierniska po zbiorze sorga, na podstawie [15]

oraz ścierniskowy o zębach gęsiostopkowych ($0,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najwięcej kultywator ścierniskowy o zębach redliczkowych ($1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). W stosunku do ostatniej konstrukcji kultywatora, najwięcej wnoszącej resztek, brony talerzowe wprowadzają ich jeszcze dwukrotnie więcej ($2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Także wyniki badań [15] dla uprawy jesienią i wiosną na głębokość 15 cm (rys. 8) potwierdzają:

- wprowadzanie większej masy resztek roślinnych do gleby w wyniku uprawy broną talerzową aniżeli kultywator,
- uzyskiwanie większej równomierności wymieszania resztek roślinnych z glebą na głębokości uprawy w wyniku pracy broną talerzową aniżeli kultywator,
- mieszanie resztek roślinnych z glebą przez brony talerzowe można jeszcze poprawić zwiększając wartości kątów natarcia i pochylenia ich talerzy [19].

Wskaźnik spulchnienia zależy od typu zastosowanego wału do współpracy z broną. Na glebach lekkich i średnich wystarczająco skuteczny jest lekki wał strunowy. Większe dociśnięcie gleby i resztek roślinnych zapewnia cięższy wał pierścieniowy, pozostawiający na powierzchni pola wyraźne rowki w śladach pracy pierścieni. Taka powierzchnia pola ogranicza spływ wód opadowych na skłonach i zwiększa odporność gleb zlewnych na zaskorupienie. W wyniku zagęszczenia wałem efektu pracy narzędzi w mulczującej powierzchniowej uprawie gleby stwierdzono, na przykładzie talerzowej brony kompaktowej [20], przyspieszenie wschodów chwastów i nasion osypanych przy zbiorze o ok. 7 dni. Natomiast liczbowe określenie i porównanie efektu zagęszczenia wymieszanej gleby z resztkami roślinnymi jest trudne metodycznie (brak danych literaturowych). Klasyczne metody oparte na pomiarach próbek gęstości lub zwięzłości gleby są zawodne, bo dotyczą tylko gleby. W rzeczywistości mamy do czynienia z bardzo dużym udziałem resztek roślinnych w zagęszczanej warstwie.

Kruszenie i zbrzylenie gleby. Podczas uprawy ścierniska w wyniku pracy samej brony kompaktowej zbrzylenie wynosi 16%, natomiast w efekcie współpracy z wałem



Rys. 9. Widok wtórnego zbrylenia gleby w wyniku pracy wału rolkowego [7, 8]

pierścieniowym i ze zgrzeblem zbrylenie w tych samych warunkach pracy zmalało do 1% [20]. Według tych samych źródeł w uprawie po zbiorze buraków i kukurydzy, pomimo znacznego ugniecenia na glebie średniej, zbrylenie nie przekroczyło 5%. Jednakże w mulczującej uprawie gleby, szczególnie latem na ścierniskach po zbiorze zbóż i rzepaku, niebezpieczne jest zjawisko wtórnego zbrylenia. Powstaje w sprzyjających warunkach: wilgotna gleba oraz intensywne wysuszające działanie promieni słonecznych. Pośrednią przyczyną jest niewłaściwy wybór powierzchni współpracujących wałów zagęszczających. Wały z grupy tzw. płaszczowych (zębowe, rolkowe) mogą formować na powierzchni zagęszczoną w bryłach glebę, ulegającą następnie wysuszeniu i stwardnieniu. Przykład takiego wtórnego zbrylenia po mulczującej uprawie broną talerzową na głębokość 4–5 cm ścierniska po zbiorze pszenicy ($960 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ masy roślinnej) ilustruje rysunek 9.

Wskaźnik niszczenia chwastów jest bezpośrednim efektem podcięcia uprawianej powierzchni i często tak też jest nazywany. Zdaniem m.in. Talarczyka [17] praca bron talerzowych powoduje słabe niszczenie głęboko korzeniących się chwastów oraz niekorzystne rozcinanie rozłogów sprzyjające rozprzestrzenianiu się np. perzu. Jednakże pełne podcięcie gleby jest możliwe tylko przy prawidłowym ustawieniu sekcji talerzy (np. za pomocą regulacji poprzecznej dla konstrukcji bron o regulowanych wartościach kątów natarcia i pochylenia talerzy) i pod warunkiem, że grzebienistość dla pracy całej brony będzie wyraźnie mniejsza aniżeli głębokość jej pracy. Talerze drugiego rzędu powinny podcinać glebę dokładnie pomiędzy śladami pracy talerzy pierwszego rzędu. Poniżej uprawionej warstwy gleby talerze o uźębionej krawędzi pozostawiają nierówne, poszarpane dno. Im większy kąt natarcia talerzy, tym większe podcięcie, a także mieszanie gleby i opory robocze [7, 8, 20]. Dla brony

kompaktowej przy minimalnej głębokości roboczej 5 cm, większej o 1 cm od głębokości zarysu uzębienia talerzy, występują tylko nieliczne resztki nie podciętego ścierniska. Nawet w tak skrajnym przypadku pole przykryte jest spulchnioną glebą, co gwarantuje płytkie przykrycie nasion chwastów i samosiewów, a w efekcie szybkie ich kiełkowanie. W badaniach porównawczych różnych konstrukcji bron talerzowych [7, 8], pracujących na średniej głębokości 6–8 cm w trzech różnych warunkach (na ściernisku po pszenicy i ściernisku po kukurydzy na ziarno oraz na poplonie z gorzycy) stwierdzono 100% podcięcia gleby (niezniszczone tylko korzenie chwastów głęboko korzeniących się).

Wskaźnik ugniecenia (poniżej uprawianej warstwy). talerze o gładkich krawędziach roboczych pozostawiają wyrównane i silnie utwardzone podłoże poniżej warstwy spulchnianej – sprawdzają się więc najlepiej na glebach niezbyt zwięzłych [18, 19]. Na glebach zwięzłych lepsze efekty uzyskuje się stosując talerze zębate, które pozostawiają poszarpane dno poniżej uprawy ograniczając w ten sposób tworzenie się zwięzłej podeszwy płużnej w okresach suszy. Jeszcze bardziej poszarpane dno pozostawiają spulchniacze obrotowe.

Podsumowanie

Spśród wielu procesów pozytywnie oddziałujących na środowisko w wyniku stosowania różnych form mulczu, tę postać mieszaniny masy roślinnej z wierzchnią warstwą gleby wyróżnia efektywniejsze dostarczanie do gleby substancji organicznej, szybciej rozkładającej się w korzystniejszych warunkach i poprawiającej sprawność uprawną gleby oraz zasobność w składniki pokarmowe.

Jakość pracy narzędzi stosowanych w mulczującej uprawie jest oceniana za pomocą wielu wskaźników empirycznych. Wykorzystywanie wszystkich jednocześnie do oceny istotnie utrudnia, poprzez nadmiar informacji oraz ograniczoną wzajemną porównywalność wyników, wnioskowanie i obiektywną ocenę. Powoduje także, że badania – szczególnie porównawcze – stają się trudnymi i kosztownymi do zrealizowania. W aspekcie oceny mulczującej uprawy powierzchniowej gleby szczególnie wartościowymi są informacje dotyczące: grubości zmulczowanej warstwy gleby i ilości przykrytych resztek roślinnych, wyrażane równoległe wartościami średnimi i wskaźnikami rozrzutu.

Zakresy praktycznie uzyskiwanych głębokości roboczych przez narzędzia stosowane do mulczującej uprawy powierzchniowej wynoszą od 4 cm do 15 cm dla bron talerzowych oraz od 10 cm do nawet 25 cm dla kultywatorów ścierniskowych. Zróżnicowanie grubości zmulczowanej warstwy gleby zależy od nastawionej średniej głębokości pracy elementów roboczych i wyrównania powierzchni gleby przed uprawą, a także postaci i masy resztek roślinnych oraz konstrukcji narzędzi. Przy płytszej uprawie wskaźniki nierównomierności są największe: dochodzą do 50% dla głębokości i 40% dla miąższości uprawy bronami talerzowymi. Dla uprawy kultywa-

torami wielkości te nie przekraczają 45% przy najmniejszej głębokości rzędu 10 cm. Wraz ze wzrostem wartości głębokości h jej nierównomierność maleje i wynosi ok. 20% dla bron talerzowych (przy h ok. 10 cm) oraz ok. 30% dla kultywatorów ścierniskowych (przy h ok. 13 cm). Występowanie na powierzchni gleby przed uprawą kolecin po przejazdach technologicznych istotnie zwiększa wartości wskaźników nierównomierności (zarówno głębokości jak i miąższości), podobnie jak np. zmniejszenie kąta natarcia talerzy w bronach.

Przykrycie resztek roślinnych w uprawie powierzchniowej gleby jest najbardziej zróżnicowane ze względu na warunki eksploatacyjne stosowanych narzędzi: wynosi dla przykładowej konstrukcji brony talerzowej od 54% do 92%. Czynnikiem wyrażnie ograniczającymi przykrycie jest zmniejszanie głębokości uprawy oraz zwiększanie udziału w masie roślinnej stojących form, np. mocno ukorzenionych łodyg kukurydzy. Istotnie lepsze przykrycie resztek roślinnych w porównywalnych warunkach występuje w efekcie pracy brony talerzowej aniżeli kultywatora. Dotyczy to większej procentowo masy wprowadzanej do gleby oraz większej równomierności wymieszania resztek roślinnych z glebą i to zarówno na głębokości uprawy jak też jej powierzchni.

Literatura

- [1] Buliński J., Gach S., Waszkiewicz Cz. 2009. Energetyczne i jakościowe aspekty procesu uprawy gleby narzędziami biernymi. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 4, 51–57.
- [2] Chen Y., Monero F.V., Lobb D., Tessier S., Cavers C. 2005. Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance in a heavy clay soil. *Transactions of the ASAE* 47(4): 1003–1010.
- [3] Grudnik P., Józefowicz J., Mosch G. 2004. Test trzech bron talerzowych. *Top Agrar Polska* 4: 142–148.
- [4] Hensel O. 2004. Hohenheimer Messmethoden zur Stoppelbearbeitung. Verfahren zur Bestimmung der Einarbeitungsqualität von Stroh. *Landtechnik* 59(1): 18–19.
- [5] Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M. 2010. Indicators of soil aggregation and their changes in conservation tillage for onion. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(1): 73–85.
- [6] Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M., Wach D. 2010. Influence of conservation tillage in onion production on the soil organic matter content and soil aggregate formation. *Intern. Agrophysics* 24: 267–273.
- [7] Kogut Z. 2011. Jakość pracy bron talerzowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, (w druku).
- [8] Kogut Z., Konieczka D. 2011. Test siedmiu bron talerzowych. *Top Agrar Polska – top technika* 2: 12–24.
- [9] Kuczewski J. 1978. Elementy teorii i obliczeń maszyn do uprawy i pielęgnacji roślin. Skrypty SGGW-AR, Warszawa.
- [10] Naglik E., Kubsik K. 2009. Słoma na wagę złota. *Top Agrar Polska* 6: 106–108
- [11] Norma Polska PN-83/R-55000. Maszyny Rolnicze – Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych.
- [12] O'Dogherty M.J., Godzin R.J., Hann M.J., Al.-Ghazal A.A. 1996. A geometrical analysis of inclined and titled spherical plough disco. *J. of Agric. Engin. Res.* 63: 205–218.
- [13] Pikula D. 2009. Słoma – źródło składników pokarmowych i próchnicy. *Top Agrar Polska* 6: 102–105.
- [14] Pótorak G., Józefowicz J., Mosch G. 2004. Test: kultywatory ścierniskowe. *Top Agrar Polska* 3: 154–166.
- [15] Raper R.L. 2002. The influence of implement type, tillage depth, and tillage timing on residue burial. *Transactions of the ASAE* 45(5): 1281–1286.
- [16] Šařec O., Šařec P. 2003. Ocena efektów pracy brony talerzowej i kultywatora podorywkowego. *Inżynieria Rolnicza* 10(52): 255–261.
- [17] Talarczyk W. 2004. Brony talerzowe tradycyjne i kompaktowe. *Top Agrar Polska* 4: 150–153.

- [18] Talarczyk W. 2005. Uprawki poźniwne. *Top Agrar Polska* 7-8: 150–153.
- [19] Talarczyk W. 2007. Konstrukcja i działanie kompaktowej brony talerzowej. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 11–13.
- [20] Talarczyk W., Zbytek Z. 2006. Ocena jakości pracy kompaktowej brony talerzowej podczas uprawy poźniwnej. *J. of Res. and Appl. in Agric. Engin.* 51(2): 199–203.
- [21] Voßhenrich H.H., Brunotte J., Ortmeier B. 2003. Methoden zur Bewertung der Strohverteilung und Einarbeitung. *Landtechnik* 58(2): 92–93.
- [22] Wieshoff M., Schutte B., Köller K. 2004. Hohenheimer Messmethoden zur Stoppelbearbeitung. Auswertungsverfahren für die vertikale Stroheinarbeitung. *Landtechnik* 59(1): 14–15.

Quality aspects of soil surface mulching cultivation

Key words: agricultural engineering, soil cultivation, cultivation tools, work quality, mulch

Summary

The most important information on quality evaluation of soil surface mulching cultivation practice has been set down. Evaluation scope concerns the working effect of tools applied in the above method of cultivation. It includes variable conditions of exploitation and different construction of tools as well. It has been found that to evaluate work quality of tools for mulching cultivation fourteen empiric indices have been used. Some of their example values obtained under different work conditions and different construction solutions have been presented. The above data have shown that the information on thickness of mulched soil layer (working depth and soil thickness) as well as on quantity (mass) of covered plant residues (both – relative and absolute value) is the most important as regards the evaluation of soil surface mulching cultivation method.