

## **Techniczno-energetyczne aspekty uprawy gleby z wykorzystaniem mulczu**

**Zbigniew Kogut**

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

**Słowa kluczowe:** inżynieria rolnicza, uprawa gleby, narzędzia uprawowe, energochłonność, mulcz

### **Zastosowanie uprawy gleby z wykorzystaniem mulczu**

Podstawowy, ogólny cel uprawy gleby w produkcji roślinnej pozostaje niezmienny od lat. Jest nim stworzenie w środowisku glebowym optymalnych warunków zarówno do umieszczenia i kiełkowania materiału siewnego (nasion, bulw) uprawianych roślin, jak też do dalszego ich wzrostu i rozwoju dla wytworzenia maksymalnego plonu o pożądanej jakości [34]. Zmieniają się natomiast uwarunkowania produkcji rolniczej. Do historii przechodzi wysokonakładowe rolnictwo intensywne i przemysłowe na rzecz rolnictwa zrównoważonego oraz ekologicznego. Publikowane raporty Komisji Europejskiej [3] stwierdzają, że gleba może odgrywać kluczową rolę w łagodzeniu skutków zmian klimatu, magazynując (sekwestrując) w sobie dwa razy więcej węgla niż atmosfera i trzy razy więcej niż lasy. Zalecają też zwiększanie jej zdolności sorpcyjnych przy maksymalnym ograniczaniu wszelkich form jej degradacji. Wszystkie zabiegi i działania sprzyjające procesom mineralizacji i utlenienia materii organicznej gleby będą stymulowały niekorzystną emisję dwutlenku węgla do atmosfery, natomiast działania zwiększające zasoby materii organicznej w glebie będą zmniejszały emisję tego gazu oraz sprzyjały zwiększeniu ilości węgla organicznego wyłączanego z obiegu [22, 32]. W coraz szerszym zakresie są także realizowane cele ekologiczne rozumiane jako ochrona środowiska przyrodniczego przed zagrożeniami wynikającymi na przykład ze stosowania agrochemikaliów lub nadmiernego ugniataania czy przesuszania gleby w efekcie pracy narzędzi i maszyn.

Oczekiwaniom tym odpowiada uprawa zachowawcza (konserwująca – conservation tillage), w której intensywność oddziaływania na glebę jest ograniczana w sposób respektujący fizjologię życia gleby i roślin. Zdaniem wielu autorów [29, 30, 34] jest to

system uprawy z wykorzystaniem mulczowania, mający na celu ochronę gleby przed degradacją (głównie fizyczną i biologiczną) oraz zachowanie jej produktywności, ograniczający zaburzenia w strukturze gleby i jej bioróżnorodności.

Generalnie pod pojęciem „mulcz” rozumiana jest pokrywa ochronna gleby w postaci różnorodnej materii (głównie organicznej) umieszczana na powierzchni i w wierzchniej warstwie. Jej celem jest zniwelowanie lub chociażby częściowe ograniczenie niekorzystnych oddziaływań czynników siedliskowych oraz poprawa sprawności uprawnej gleby w sposób naśladujący naturalne procesy rozkładu w przyrodzie. Pozytywne działanie szeroko rozumianego mulczu można uogólnić do następujących procesów:

- wzbogacanie gleby w materię organiczną i składniki pokarmowe,
- poprawa sprawności uprawnej warstwy gleby,
- ograniczanie erozji wodnej i powietrznej,
- regulacja temperatury wierzchniej warstwy gleby (ograniczanie nagrzewania i wychładzania),
- zwiększanie ilości wody dostępnej dla roślin (w wyniku zwiększenia pojemności sorpcyjnej i podsiąkania oraz spowolnienia jej parowania),
- ograniczanie zachwaszczenia.

W zależności od zastosowanego systemu mulczowania, a więc i postaci mulczu, występuje natomiast różna ich intensywność. W produkcji rolniczej wyróżnia się następujące cztery systemy mulczowania: mieszanie materii roślinnej z wierzchnią warstwą gleby, uprawę roślin okrywowych lub kobiercowych, ściółkowanie (m.in. agrowłókninami) oraz powierzchniowe kompostowanie. Dwa ostatnie systemy mają zastosowanie głównie w produkcji warzyw. Rośliny okrywowe (jare wysiewane jesienią) stosuje się przede wszystkim w produkcji roślin jarych głównie jako zabezpieczenie gleby przed erozją. Aby ochrona była skuteczna wymagane jest co najmniej 30-procentowe pokrycie gleby materią roślinną [14, 21, 29]. Jednakże wielkości tej nie należy utożsamiać ze wskaźnikiem pokrycia (przykrycia) gleby resztkami roślinnymi. Pierwsza wyraża bowiem udział powierzchni zakrytej (przykrytej) materią roślinną w całej analizowanej powierzchni. Druga wielkość określa natomiast udział masy tych resztek pozostałych na powierzchni po uprawie w całej ich masie przed uprawą. Rośliny okrywowe pełnią też rolę ekologicznej ochrony gleby jako rośliny redukujące np. ilość nicieni (gorczyca czarna, rzodkiew oleista, facelia) lub chwastów (gorczyca biała) w glebie. Dla uprawianych w szerokich rzędach (np. buraki, kukurydza) siew wykonuje się bezpośrednio w przemarzną masę (mulcz okrywowy), która jeszcze pewien czas po wschodach chroni glebę. Dla upraw wąskorzędowych, zarówno jarych jak i ozimych, siew najczęściej odbywa się w systemie uprawy zachowawczej w warstwę płytko wymieszanej gleby z materią roślinną (w wyniku powierzchniowej uprawy mulczującej). Taka postać mulczu jest korzystniejszą formą od poprzedniej albowiem dodatkowo, oprócz ochrony przed erozją, efektywnie dostarcza do gleby substancję organiczną [8, 9].

Nie należy utożsamiać systemu uprawy zachowawczej z określeniem „powierzchniowa uprawa mulczująca” gleby. Pojęcie „uprawy zachowawczej” jest znacznie szerszym określeniem. Odnosi się przede wszystkim do dłuższego czasu (wielu lat) i obejmuje nie tylko sposób uprawy gleby zgodnie z zasadą „tak dużo zabiegów uprawowych jak to jest konieczne, tak mało jak jest to możliwe” [4], ale też właściwy sposób realizacji niezbędnych zabiegów towarzyszących (np. tworzenia płodozmianu, postępowania z resztkami roślinnymi, siewu nasion, zabiegami pielęgnacyjno-ochronnymi w tym dostarczania składników pokarmowych). Często w literaturze system ten jest nazywany bezpługim, wykluczającym stosowanie pługa [28, 30, 33]. Uwzględniając jednakże wiele niezaprzeczalnych zalet stosowania orki [23, 33], słusznym wydaje się wręcz zalecanie jej w systemie uprawy zachowawczej pod warunkiem właściwego jej zastosowania (minimalizującego wady) i to nie częściej niż raz na 5–6 lat.

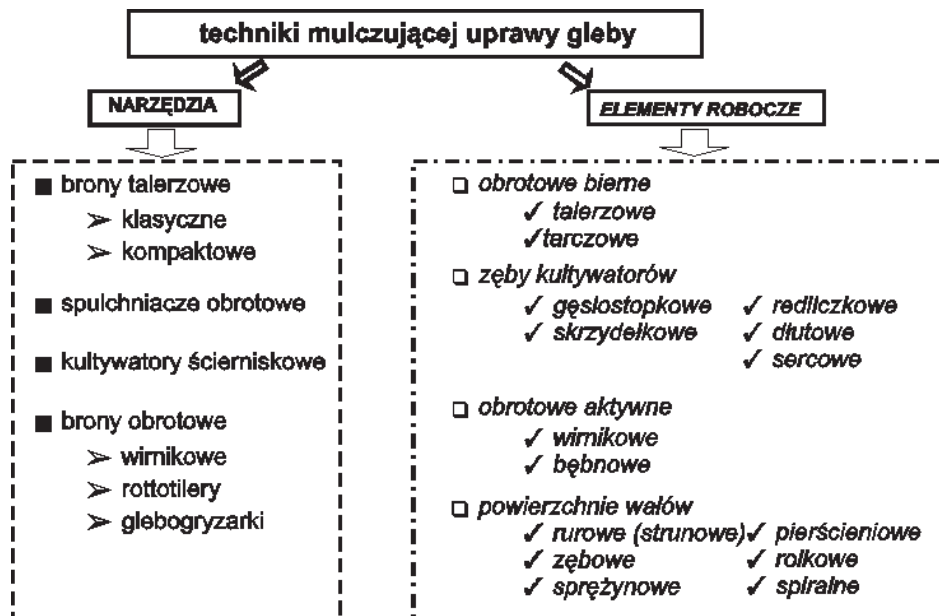
Jak wynika z przedstawionej charakterystyki systemów mulczowania, powierzchniowa uprawa mulczująca ma szerokie zastosowanie w produkcji roślinnej. Oznacza to również, że jest wykonywana w różnych warunkach ze względu na pochodzenie materii roślinnej i termin agrotechniczny, np. na ścierniskach po zebranych plonach głównych (latem rzepaku i zbóż, późną jesienią kukurydzy na ziarno), jesienią na poplonach uprawianych na zieloną masę (np. gorczycy) lub międzyplonach ścierniskowych, wiosną na przemarzniętej masie mulczu okrywowego lub na ścierniskach po zebranych poplonach ozimych. Zróżnicowane są więc zarówno warunki wilgotnościowe i fizyczne gleby, jak też postać i ilość materii roślinnej. Najlepszy efekt powierzchniowej uprawy mulczującej uzyskuje się po rozdrobieniu resztek roślinnych i równomiernym jej rozrzuceniu na powierzchni pola. Dla słomy rzepaku i zbóż następuje to równocześnie ze zbiorem nasion kombajnem (wyposażonym w szarpacz), przy czym długość uzyskiwanej sieczki nie powinna być większa niż 7–8 cm [15, 17]. Wymagania te nie pokrywają się z propagowanym w ostatnich latach, mającym wiele zalet [29, 31], kombajnowym sposobem zbioru z pozostawieniem wysokiego ścierniska (30–40 cm). Trudno wymagać, aby po takim zbiorze w oddzielnym przejeździe rozdrabniać ściernisko. Dla roślin uprawianych na zieloną masę sieczkę można uzyskać tylko w wyniku przejazdu specjalną maszyną, co zwiększa koszty i ugniatanie gleby. Mulczu okrywowego najczęściej nie rozdrabnia się przed uprawą powierzchniową.

Oddzielnym zagadnieniem wpływającym na warunki mulczującej uprawy jest wybór jej głębokości. Minimalne wartości, ok. 5 cm, sprzyjają kiełkowaniu i szybkim wschodom chwastów oraz nasion osypanych podczas zbioru i są zalecane w dwufazowej ekologicznej technologii uprawy ściernisk, eliminującej stosowanie herbicydów [25, 26]. Maksymalne wartości są kompromisem oczekiwań rolnika: dobrego przykrycia i wymieszania z glebą resztek roślinnych oraz jak najmniejszego zużycia paliwa i ograniczonej ingerencji w glebę. Aby przyspieszyć właściwy rozkład materii organicznej, szczególnie zaś trudno rozkładającej się słomy, konieczne jest intensywne

i równomierne jej wymieszanie z glebą. Przyjmuje się, że właściwe wymieszanie pod względem proporcji masy słomistej z glebą uzyskuje się stosując co najmniej 2–2,5 cm głębokości uprawy na 1 tonę słomy na powierzchni 1 ha [18]. W praktyce ilość mieszanych z glebą resztek roślinnych jest bardzo zróżnicowana i wynosi od  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  do nawet  $28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  [12, 17], a głębokość uprawy najczęściej nie przekracza 15 cm. Sporadycznie, w szczególnych warunkach glebowych i nie częściej niż raz na kilka lat, uzasadnione bywa stosowanie w powierzchniowym mulczowaniu większych głębokości (nawet do 40 cm). Dodatkowym utrudnieniem jest też lokalna zmienność ilości resztek na polu, wynosząca średnio ok. 20%, a maksymalnie (np. na ściernisku po zbiorze ziarna kukurydzy) nawet 35% masy resztek [11].

## Stosowane techniki uprawy powierzchniowej

W procesie powierzchniowej mulczącej uprawy gleby stosowane są, w agregacie z ciągnikiem, narzędzia różnej konstrukcji. Podział ich, uwzględniający dwa główne kryteria: nazwę narzędzia i elementy robocze do mulczącej uprawy, ilustruje rysunek 1. Kryteria te wzajemnie są ściśle powiązane: część elementów przyporządkowana jest tylko odpowiednim narzędziom, część z nich występuje w większości narzędzi. Są też narzędzia, które jednocześnie wykorzystują wybrane kombinacje elementów roboczych.



**Rysunek 1.** Podział narzędzi i elementów roboczych stosowanych w technice mulczącej uprawy gleby (źródło: opracowanie własne)

Brony talerzowe występują w dwóch różnych wersjach: klasycznej i kompaktowej. Podstawową zaletą ich pracy jest cięcie i mieszanie resztek roślinnych z płytko podciętą i spulchnioną glebą przy zachowaniu znacznej odporności na zapychanie. Regułą jest ustawianie talerzy z drugiego (tylnego) rzędu względem rozmieszczenia talerzy w pierwszym rzędzie, tak aby pracowały pomiędzy ich śladami. Występuje znaczna różnorodność kształtu i średnicy talerzy. Oprócz tradycyjnych talerzy o gładkiej krawędzi skrawania stosowane są również talerze zębate, przy czym zarysy i liczby oferowanych wycięć są różne: od łagodnych kątowych ( $15 \times 30$  mm) do bardzo głębokich promieniowych (do  $40 \times 80$  mm). Te ostatnie zwane są niekiedy talerzami płatkowymi. Średnice zawierają się w przedziale od 430 mm do nawet 610 mm. Często skrajne pierwsze talerze są mniejszej średnicy i uzębione (ażeby złagodzić odrzucanie gleby), a ostatnie w rzędzie są gładkie (żeby pozostawiać równo odciętą krawędź bruzdy). Wklęsnięcie talerzy, charakteryzujące kulistość ich powierzchni, wynosi od 35 do aż 60 mm.

W wersji klasycznej talerze zmontowane są w sekcjach ustawionych skośnie do kierunku pracy [5, 6, 25]. Takie zamocowanie cechuje się kłopotliwą wymianą wybranych pojedynczych talerzy oraz warunkuje prostopadłe ustawienie ich krawędzi do powierzchni gleby. Wymusza także znaczną długość konstrukcji narzędzia oraz bardzo ogranicza kopiowanie nierówności na powierzchni gleby. Regulowany jest natomiast, poprzez zmianę położenia sekcji, w zależności od warunków pracy kąt ich natarcia (tj. ustawienia krawędzi talerzy w stosunku do kierunku ruchu po polu) w przedziale wartości od  $0^\circ$  do nawet  $30^\circ$ . Ustawienie sekcji na ramie nośnej może występować w kształcie V, X lub 2V [1, 24].

W bronach kompaktowych standardem jest ustawianie talerzy w dwóch równoległych rzędach na długości brony, zawieszonych niezależnie na ramie nośnej. Talerze łożyskowane są pojedynczo lub podwójnie na ramionach sprężyn lub gumowych amortyzatorów. Takie indywidualne ich mocowanie powoduje, oprócz kopiowania nierówności terenu korzystnie wpływającego na utrzymanie stałego zagłębienia, także powstawanie swoistego efektu udarowego wspomagającego kruszenie gleby oraz zagłębienie i samooczyszczanie się talerzy [27]. Pozwala również uzyskać w zależności od warunków pracy zróżnicowanie wartości zarówno kąta natarcia jak też kąta pochylenia krawędzi talerzy. W efekcie konstrukcja tych bron jest krótka i zwarta, co stwarza korzystne warunki do agregatownia z innymi narzędziami, a więc zwiększa zakres ich wykorzystania i stanowi istotną zaletę użytkową.

Spulchniacze obrotowe różnią się od bron talerzowych głównie kształtem i wymiarem elementów roboczych. Najczęściej są to niezależne profilowane parzyste noże, tworzące po zamocowaniu zarys talerzy [1]. Mogą też być talerze o bardzo głębokich wycięciach. Mocowane są do ramy nośnej i regulowane, podobnie jak elementy bron talerzowych, sztywno (jak w klasycznych) lub elastycznie (jak w kompaktowych). Cechą charakterystyczną jest śrubowe ustawienie ich krawędzi tnących na szerokości roboczej sekcji, ograniczające udarowy charakter pracy.

Kultywatory ścierniskowe są przykładem agregatu wykorzystującego do pracy układy elementów roboczych różnej konstrukcji. Występuje wiele ich kombinacji, przy czym standardem jest równoczesne stosowanie zębów (łap) kultywatora oraz obrotowych tarcz i talerzy. Zęby rozmieszczone są w dwóch, trzech lub nawet czterech rzędach i zamocowane do ramy nośnej sztywno lub elastycznie. Za nimi pracują sekcje talerzy, o konstrukcji zbliżonej do stosowanych w bronach kompaktowych i spulchniaczach obrotowych, lub tarcz o krawędziach pofalowanych. Niwelują ślady zębów oraz przecinają, spulchniają i mieszają wierzchnią warstwę gleby z resztkami roślinnymi. Liczba i rozstaw zębów w rzędach zależy w znacznym stopniu od konstrukcji ich elementów roboczych. W efekcie podziałka ich śladów po przejściu kultywatora może wynosić od 28 cm do 45 cm. Warunkuje też właściwy wybór kultywatora do występujących warunków eksploatacyjnych: np. do głębszej uprawy (do 30–40 cm) stosuje się wąskie (80 mm) zęby dłutowe. Do płytszych upraw (5–15 cm) zalecane są gęsiostopkowe lub skrzydełkowe, o szerokości cięcia nawet do 47 cm. Zapewniają najbardziej płaskie i pełne podcięcie warstwy gleby przerośniętej korzeniami roślin. Zęby sercowe powodują silny boczny odrzut skrawanej gleby i żłobienie głębszych bruzd.

Brony obrotowe mają ruchome obrotowe elementy robocze napędzane od wałka odbioru mocy ciągnika. W zależności od położenia osi ich obrotu – pionowej lub poziomej [1, 2, 5] – są to wirniki z nożami (w wirnikowych) i bębny z tarczami mocującymi noże (w glebogryzarkach) lub zęby (w rototillerach). Taki wymuszony ruch elementów roboczych bardzo intensywnie oddziałuje na glebę. Jest to podstawowa cecha ich procesu pracy będąca jednocześnie zaletą i wadą w zależności od występujących warunków pracy. Na glebach zwięzłych i bardzo ciężkich w optymalnych warunkach wilgotnościowych pozwalają, szczególnie wirnikowe [19], uzyskać rozdrobnienie i wymieszanie wierzchniej warstwy gleby odpowiednie do jednoczesnego (w jednym przejeździe) umieszczenia i kiełkowania materiału siewnego. Niewłaściwe ich użycie może łatwo zniszczyć strukturę gleby lub uzyskać niewystarczającą jakość uprawy. Są też bardziej energochłonne i mniej wydajne od wcześniej wymienianych narzędzi biernych. Zdaniem Bulińskiego i in. [2], uzyskiwanie dobrych efektów pracy bron obrotowych wymaga znajomości wielu aspektów związanych z oddziaływaniem ich elementów roboczych na glebę. W bronach o wirnikowych zespołach roboczych do mulczującej uprawy gleby zalecane są noże kątowe, o dodatkim kącie natarcia na glebę. Są one również znacznie dłuższe od tradycyjnych noży, ustawionych pionowo (o kącie zerowym). W bronach o zespołach bębnowych większy efekt mieszania uzyskuje się nożami łukowymi. Istotna jest odpowiednia proporcja wartości prędkości postępowej do prędkości obrotowej elementów roboczych. Z reguły, mimo kilkustopniowych przekładni napędowych, ogranicza to bardzo prędkość roboczą i zmniejsza wydajność bron obrotowych.

Wały ugniatające występują na wyposażeniu wszystkich agregatów do powierzchniowej uprawy gleby. Umieszczane są z tyłu jako ostatnie, spełniając podwójną rolę:

- ustalają głębokość pracy elementów roboczych,

- zagęszczają oraz wyrównują spulchnioną i wymieszaną z resztkami roślinnymi warstwę gleby.

Wybór ich konstrukcji (głównie postaci powierzchni roboczej, średnicy zewnętrznej i nacisku jednostkowego) należy uzależnić od warunków glebowych i pożądanego efektu pracy. Im cięższa gleba i bardziej przesuszona tym większy powinien być nacisk wału na powierzchnię gleby [26]. Również im większa jego średnica tym najczęściej jest stosowany większy ciężar nacisku i uzyskiwane lepsze dociśnięcie zmulczowanej warstwy (w efekcie większego nacisku normalnego [10]). Natomiast, jeżeli zależy głównie użytkownikowi na dobrym wymieszaniu i wciśnięciu ścierniska oraz napowietrzeniu zmieszanej z glebą warstwy, to należy zastosować wał pierścieniowy (działający wgłębnie i wciskający resztki roślinne) lub zębowy z długimi kłami. Wały o powierzchni rolkowej są szczególnie zalecane przy równoczesnym siewie nasion w mulczowaną warstwę, gdzie nasiona powinny być umieszczane na zagęszczonej warstwie w bruzdzie nasiennej po śladach rolek i przykryte luźną warstwą w wyniku pracy zagarniaczy śladów redlic. Wały zębowe dobrze pracują na glebach suchych, natomiast na wilgotnych mogą być szkodliwe i lepiej stosować wały rurowe [19].

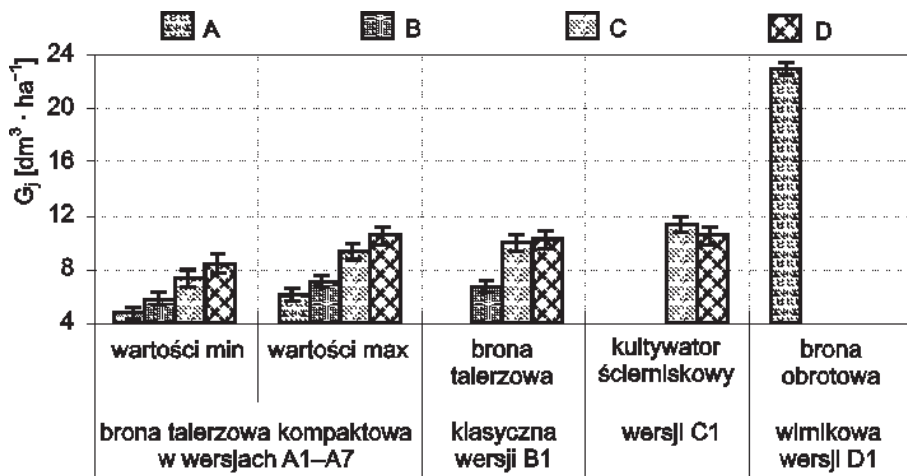
## Energochłonność uprawy

Energochłonność powierzchniowej uprawy gleby, w tym także z wykorzystaniem mulczu, oceniana jest zdefiniowanymi w badaniach wskaźnikami energetycznymi [16]. Charakteryzuje nakłady energetyczne ponoszone na jednostkę powierzchni lub objętości uprawionej gleby określonym (tj. zdefiniowanym wartościami parametrów konstrukcyjnych) narzędziem. Pozwala ocenić i porównać pod względem energochłonności pracę różnych narzędzi w zbliżonych (porównywalnych) warunkach eksploatacyjnych oraz wpływ zmian konstrukcyjnych w obrębie tego samego narzędzia uprawowego. Najczęściej używanymi wskaźnikami są: energochłonność jednostkowa i jednostkowe zużycie paliwa, odnoszone na jednostkę powierzchni lub na jednostkę objętości uprawionej gleby. Niekiedy bywa także stosowany opór roboczy narzędzia lub jego elementu roboczego, odniesiony do jednostki szerokości lub przekroju uprawianej warstwy gleby.

**Tabela 1.** Charakterystyka warunków pracy w badaniach porównawczych [11, 12]

Wyszczególnienie	Wartości średnie z powtórzeń				Odchylenia standardowe			
	pole A	pole B	pole C	pole D	pole A	pole B	pole C	pole D
Masa resztek roślinnych [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ]	955	2132	2014	2213	213	432	646	458
Wysokość ścierniska [mm]	270	394	476	888	16	21	44	97
Wilgotność gleby [%]	15,1	15,1	11,9	13,2	0,2	0,2	0,5	0,4
Gęstość objętościowa [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]	1,7	1,7	1,6	1,4	0,07	0,07	0,11	0,08

Zużycie paliwa w powierzchniowej mulczącej uprawie gleby zależy głównie od sposobu pracy elementów roboczych i ich głębokości roboczej. Narzędzia z biernymi



**Rysunek 2.** Jednostkowe zużycia paliwa  $G_j$  (średnie i odchylenia standardowe) dla wybranych konstrukcji narzędzi w uprawie mulczującej na polach A, B, C i D o różnej postaci i masie resztek roślinnych [11]

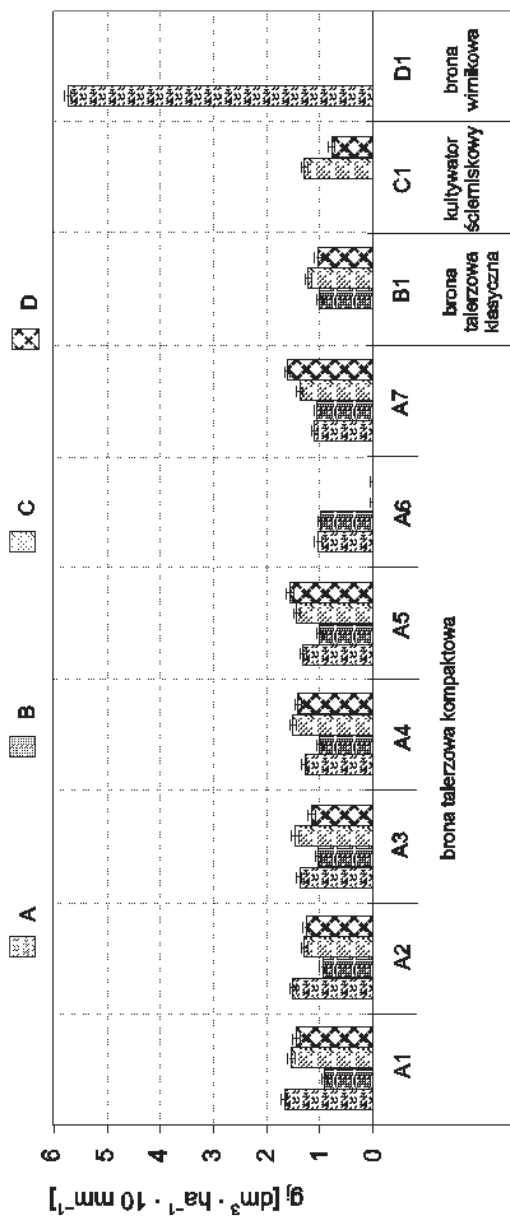
elementami roboczymi zużywają kilkakrotnie mniej paliwa aniżeli z elementami aktywnymi, napędzonymi od wałka odbioru mocy ciągnika. Przykładowo na ściernisku po zbiorze pszenicy (gleba średniozwięzła o gęstości  $1,7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i wilgotności 15,1% oraz średniej masie resztek roślinnych na powierzchni ok.  $950 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  – pole A w tabeli 1 i na rysunku 2. zużycie paliwa podczas pracy brony wirnikowej szerokości roboczej 3,0 m na głębokość 45 mm wynosiło  $23 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  i było prawie 4-krotnie większe od średniego zużycia dla bron talerzowych tej samej szerokości roboczej i głębokości [11]. Również wydajność pracy była ponad 4-krotnie mniejsza. Stosowana podczas pracy brony wirnikowej prędkość współpracującego ciągnika wynosiła  $0,71 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  i była optymalną dla występującego przełożenia napędu wirników. Dla bron talerzowych i kultywatora ścierniskowego stosowano prędkość roboczą ok.  $3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

W grupie narzędzi biernych, stosowanych w uprawie mulczującej gleby, jednostkowe zużycie paliwa  $G_j$  zależy od warunków pracy i niektórych parametrów konstrukcyjnych. W badaniach własnych dla przykładowej konstrukcji brony talerzowej klasycznej i kultywatora ścierniskowego o zębach gęsiostopkowych, pracujących w tych samych warunkach na polach C i D (tab. 1) nie stwierdzono istotnej różnicy w wartościach zużytego paliwa  $G_j$  w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (rys. 2). Niewielkie różnice pojawiają się dopiero po uwzględnieniu rzeczywistej głębokości pracy – jednostkowe zużycie paliwa  $g_j$  w przeliczeniu na 1 cm głębokości uprawy jest nieznacznie większe podczas pracy kultywatora aniżeli brony klasycznej, ale tylko na ściernisku po zbiorze kukurydzy (rys. 3). Na polu z poplonem gorczyca relacje są odwrotne.

W grupie bron talerzowych kompaktowych zróżnicowanie w zużyciu paliwa  $G_j$  ze względu na warunki polowe jest zbliżone do zróżnicowania w zużyciu  $G_j$  pomiędzy ich konstrukcjami (rys. 2).

Analiza tego zużycia po uwzględnieniu rzeczywistej głębokości pracy bron kompaktowych (rys. 3) pozwala stwierdzić, że:

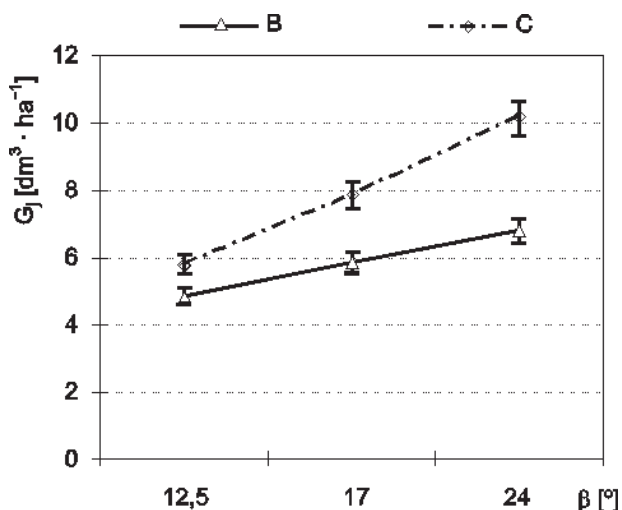




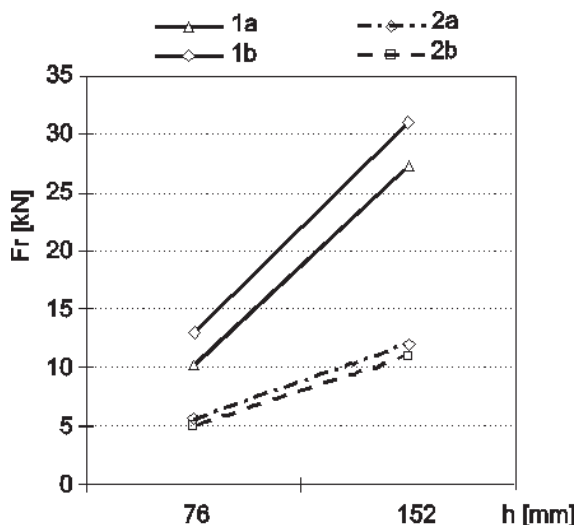
Rysunek 3. Jednostkowe zużycia paliwa g, (średnie i odchylenia standardowe) dla wybranych konstrukcji narzędzi w uprawie mulczącej na polach A, B, C i D o różnej postaci i masie resztek roślinnych [11]

- Największe wartości  $g_j$  występują podczas eksploatacji na polu A przy głębokości pracy ok. 4 cm, a znacznie mniejsze na polu B (o tej samej wilgotności i gęstości – tab. 1) przy głębokości pracy ok. 6,5 cm i dwukrotnie większej masie resztek roślinnych. Źródłem wzrostu wartości  $g_j$  może być bardziej gęsty system korzeniowy pszenicy na mniejszej głębokości pracy talerzy.
- Brak jednoznacznych różnic w wartościach  $g_j$  podczas eksploatacji na polach C i D, natomiast są one wyraźnie większe niż podczas eksploatacji na polu B mimo mniejszych wartości gęstości objętościowej gleby (tab. 1). Może to oznaczać, że mulcząca uprawa na głębokość ok. 6–7 cm w warunkach ścierniska po zbiorze kukurydzy i poplonu gorczycy jest bardziej energochłonna aniżeli w warunkach ścierniska po zbiorze pszenicy.
- Różnice występujące w wartościach  $g_j$  podczas eksploatacji w tych samych warunkach (tj. na tych samych polach) dla porównywanych konstrukcji bron talerzowych kompaktowych (tej samej szerokości roboczej) wynikają z różnicy w wartościach ich parametrów konstrukcyjnych, np. kątów natarcia i pochylenia talerzy, ich promieni czy liczby wcięć. Parametry te wpływają bezpośrednio na opór roboczy bron [7].

Z badań własnych, wykonanych podczas eksploatacji brony talerzowej klasycznej (przy kącie pochylenia talerzy  $\alpha = 0^\circ$ ) nastawionej na tę samą głębokość roboczą wynika, że wraz ze wzrostem kąta natarcia  $\beta$  talerzy istotnie wzrasta jednostkowe zużycie paliwa  $G_j$  na jednostkę powierzchni (rys. 4). Zależność ta ma w przybliżeniu charakter liniowy, a dynamika tego wzrostu (kąty pochylenia odcinków na rysunku) jest większa w warunkach bardziej energochłonnej uprawy (pole C w stosunku do pola B).



**Rysunek 4.** Wpływ kąta natarcia  $\beta$  talerzy w bronie klasycznej na jednostkowe zużycie paliwa  $G_j$  (wartości średnie i odchylenia standardowe) podczas uprawy mulczącej na polach B i C wg tabeli 1 [11]



**Rysunek 5.** Wartości średniej siły oporu roboczego  $F_r$  kultywatora ścierniskowego (1) i brony talerzowej (2) dla dwóch głębokości roboczych  $h$  podczas uprawy jesienią (a) i wiosną (b) ścierniska po zbiorze nasion sorga, na podstawie publikowanych wyników [20]

Przedstawione zmiany w zużyciu paliwa przez ciągniki współpracujące z narzędziami uprawowymi, spalniającymi wierzchnią warstwę gleby i mieszającymi ją z resztkami roślinnymi będącymi na powierzchni tej gleby, wynikają bezpośrednio z wartości siły oporu roboczego  $F_r$  tych narzędzi podczas ich pracy [1, 5, 13]. Jako potwierdzenie prezentowanych różnic w nakładach energetycznych ponoszonych na mulczującą uprawę powierzchniową gleby kultywátorem ścierniskowym i bróną talerzową, interesujące są wyniki z badań [20] przedstawione na rysunku 5. Analizując je można stwierdzić, że:

- Podczas uprawy płytkiej, na głębokość ok. 7,5 cm, opór roboczy kultywátora ścierniskowego wynosi 10–13 kN i jest większy o 100% od oporu brony talerzowej wynoszącego ok. 5 kN.
- Wraz ze wzrostem głębokości uprawy do ok. 15 cm wzrastają również wartości oporu roboczego: do 12 kN dla brony i do 27–31 kN dla kultywátora.
- Wzrostu tego oporu jest istotnie większa dla kultywátora ścierniskowego aniżeli dla brony talerzowej i wynosi odpowiednio 170% i 120%.
- Wyniki powyższe uzyskano dla dwóch terminów uprawy ścierniska na tej samej glebie (jesienią i wiosną), co sugeruje powtarzalność charakteru ich zmiany.

Porównując i oceniając energetykę uprawy gleby kultywátorem ścierniskowym i bróną talerzową, szczególnie w procesie powierzchniowego jej mulczowania, należy wspomnieć o istotnych różnicach w składowych pionowych ich sił oporu [1, 13]. Dla brony talerzowej składowa pionowa siła oporu ma zwrot do góry (na zewnątrz powierzchni gleby). Dla kultywátorów zwrot takiej siły jest przeciwny, w głąb gleby. Wartość bezwzględna tej siły jest znacznie większa dla kultywátorów,

aczkolwiek występują duże wahania w zależności od konstrukcji zębów. Różnice te wpływają zasadniczo na warunki eksploatacji porównywanych narzędzi. Podczas pracy brony talerzowej na glebie zwięzłej o wilgotności mniejszej niż optymalna (co często występuje latem przy uprawie ściernisk zbóż) występują trudności z jej zagłębieniem i uzyskaniem wymaganej głębokości uprawy. Znacznie łatwiej uzyskać taką głębokość podczas pracy kultywatora ścierniskowego.

## Podsumowanie

Mulczująca uprawa powierzchniowa gleby wykonywana jest w celu wymieszania masy roślinnej z wierzchnią warstwą gleby. Taka uprawa gleby ma szerokie zastosowanie w produkcji roślinnej zarówno rolnictwa zrównoważonego jak i ekologicznego. W efekcie stosowane do jej wykonania narzędzia uprawowe pracują w bardzo zróżnicowanych warunkach. Do głównych czynników różnicujących je zalicza się: pochodzenie materii roślinnej (gatunek, wilgotność i długość resztek roślinnych oraz ich masa na powierzchni gleby), warunki glebowe (rodzaj, zwięzłość i wilgotność gleby oraz wyrównanie powierzchni przed uprawą) a także parametry eksploatacyjne (głębokość i prędkość robocza) wykorzystywanych narzędzi.

Duża liczba czynników i szeroki zakres ich zmienności w głównej mierze generują stosowanie w praktyce rolniczej wielu konstrukcji narzędzi do mulczującej uprawy powierzchniowej gleby. Konstrukcje te różnią się zarówno co do typu narzędzia jak i zastosowanych elementów roboczych, a ich cechą wspólną jest obecność wałów zagęszczających warstwę gleby wymieszaną z resztkami roślinnymi. Różne są także efekty ich pracy i zastosowanie.

Energetyka mulczującej uprawy powierzchniowej gleby, wyrażona zużyciem jednostkowym paliwa, bezpośrednio zależy od warunków pracy obejmujących źródło pochodzenia masy roślinnej i głębokość uprawy. Uprawa za pomocą bron talerzowych warstwy przerośniętej korzeniami jest bardziej energochłonna aniżeli warstwy tej samej grubości o małej zawartości korzeni. Również mulczująca uprawa ścierniska kukurydzy po zbiorze ziarna jest bardziej energochłonna od uprawy ścierniska pszenicy (przy zbliżonej masie resztek na powierzchni).

Pośredni wpływ na zużycie paliwa, głównie poprzez zmianę rzeczywistych głębokości roboczych na szerokości roboczej narzędzi, mają parametry konstrukcyjne narzędzi (np. kąt natarcia talerzy bron). Wynika to z faktu, że rzeczywista głębokość robocza nie jest wartością stałą przy ustalonym zagłębieniu narzędzia: np. dla bron zmienia się po krzywiźnie krawędzi talerzy.

Najmniejszą energochłonnością pracy w mulczującej uprawie powierzchniowej gleby cechują się narzędzia bierne. W odniesieniu do bron wirnikowych wynika to zarówno z mniejszego (aż 4-krotnie) zużycia paliwa w przeliczeniu na jednostkę powierzchni przy porównywalnej głębokości pracy, jak też większej (również 4-krotnie) wydajności efektywnej. Przy optymalnej dla uprawy wilgotności gleby brak jest

wyraźnie jednoznacznych różnic w jednostkowym zużyciu paliwa pomiędzy pracą bron talerzowych a kultywatozem. Występujące różnice tego zużycia wynikają ze zróżnicowania konstrukcji bron i są porównywalne ze zmiennością w zużyciu paliwa ze względu na źródło pochodzenia masy roślinnej.

Brony talerzowe zalecane są do mulczującej uprawy gleby w warunkach optymalnej wilgotności na mniejsze głębokości, od 4 cm (np. przy dwufazowej uprawie ściernisk) do maksymalnie 15 cm. Do uprawy na większe głębokości, od 10 cm do nawet 25 cm, zalecane są kultywatory ścierniskowe. W stosunku do bron talerzowych kultywatory te pracują istotnie lepiej w warunkach gleb zwięzłych, np. latem przy ograniczonej wilgotności. Wynika to z łatwiejszego zagłębiania się kultywatorów i utrzymywania zadanej im głębokości aniżeli w przypadku bron talerzowych: składowa pionowa oporu pracy bron jest skierowana do góry i wymaga zrównoważenia ciężarem narzędzia. Brony natomiast wyraźnie lepiej od kultywatorów ścierniskowych pracują przy płytszej uprawie (nie zapychają się podpowierzchniową masą korzeniową) i cechują się niższą energochłonnością uprawy.

## Literatura

- [1] Bernacki H. 1981. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych, t. 1 część I i II: Narzędzia i maszyny uprawowe. Wydanie II, PWRiL, Warszawa.
- [2] Buliński J., Gach S., Maciejewski M. 2010. Jakościowe i energetyczne aspekty pracy maszyn uprawowych. *Post. Nauk Rol.* 1: 77–89.
- [3] CLIMSOIL (Praca Zbiorowa) 2008. Final Report: Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. //ec.europa.eu/environment/soil/pdf
- [4] Duer I., Fotyma M., Madej A. 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi i Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- [5] Gach S., Kuczewski J., Waszkiewicz C. 1991. Maszyny rolnicze. Elementy teorii i obliczeń. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 52–54.
- [6] Grudnik P., Józefowicz J., Mosch G. 2004. Test trzech bron talerzowych. *Top Agrar Polska* 4: 142–148.
- [7] Kamiński J., Ševčenko I.A. 2009. Dobór parametrów talerzy brony talerzowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 543: 127–131.
- [8] Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M. 2010. Indicators of soil aggregation and their changes in conservation tillage for onion. *Acta Sci. Polo., Hortorum Cultus* 9(1): 73–85.
- [9] 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. Agrophys.* 24: 267–273.
- [10] Kogut Z. 2006. Selection of working parameters for drill furrow opening systems in aspects of soil compacting by the coulters. *Ann. Rev. of Agric. Engin.* 5(1): 5–15.
- [11] Kogut Z. 2011. Jakość pracy bron talerzowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji. *Probl. Inż. Rol.* (w druku).
- [12] Kogut Z., Konieczka D. 2011. Test siedmiu bron talerzowych. *Top Agrar Polska – top technika* 2: 12–24.
- [13] Kuczewski J. 1978. Elementy teorii i obliczeń maszyn do uprawy i pielęgnacji roślin. SGGW, Warszawa.
- [14] Lafflen J.M., Baker J.L., Hartwig R.O., Buchele W.F., Johnson H.P. 1978. Soil and water loss from conservation tillage systems. *Transactions of the ASAE* 21(5): 881–885.
- [15] Naglik E., Kubsik K. 2009. Słoma na wagę złota. *Top Agrar Polska* 6: 106–108.
- [16] Norma Polska PN-90/R-55004. Maszyny Rolnicze – Metody badań – Charakterystyka energetyczna.
- [17] Pikuła D. 2009. Słoma – źródło składników pokarmowych i próchnicy. *Top Agrar Polska* 6: 102–105.
- [18] Popławski Z. 1996. Słoma – jako nawóz organiczny. Wydawnictwo IUNG-PIB w Puławach: 3–15.
- [19] Ptaszyński S. 2001. Jaki wybrać agregat uprawowy. *Top Agrar Polska* 3: 128–130.

- [20] Raper R. L. 2002. The influence of implement type, tillage depth, and tillage timing on residue burial. *Transactions of the ASAE* vol. 45 (5), s.1281–1286
- [21] Reeder R. 2000. Growing with conservation tillage. W: Conservation Tillage Systems and Management, R.C. Reeder ed. Ames, Iowa: MidWest Plan Service: 1–4.
- [22] Sapek B. 2000. Gleba jako źródło i „pułapka” na gazy cieplarniane. *Zeszyty Edukacyjne IMUZ-u* 6: 52–60.
- [23] Sekutowski T. 2009. Wpływ systemów uprawy na liczbę i występowanie nasion chwastów w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 543: 291–297.
- [24] Sineokov G.N., Panov I.M. 1977. Teorija i rascziet poczwobrabatywajuszczich maszin. Wydawnictwo „Maszynostroenie”, Moskwa: 213–236.
- [25] Talarczyk W. 2004. Brony talerzowe tradycyjne i kompaktowe. *Top Agrar Polska* 4: 150–153.
- [26] Talarczyk W. 2005. Uprawy poźniwne. *Top Agrar Polska* 7–8: 150–153.
- [27] Talarczyk W. 2007. Konstrukcja i działanie kompaktowej brony talerzowej. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 11–13.
- [28] Weber R. 2000. Efektywność siewu bezpośredniego w warunkach dużych ilości pozostałości poźniwnych. *Post. Nauk Rol.* 1: 57–69.
- [29] Weber R. 2007. Bezplużna uprawa roli w warunkach dużych ilości pozostałości poźniwnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 8: 217–232.
- [30] Weber R. 2010. Wpływ okresu stosowania systemów bezplużnych na właściwości gleby. *Post. Nauk Rol.* 1: 63–75.
- [31] Weber R. 2011. Wpływ wysokości ścierniska przedplonu i sposobu uprawy roli na plonowanie kilku odmian pszenicy ozimej. *Probl. Inż. Rol.* 1: 31–39.
- [32] Włodarczyk T., Brzezińska M., Borkowska A., Kotowska U., Nosalewicz M., Szarlip P., Pazur M. 2007. Wydzielanie dwutlenku węgla z pól uprawianych metodą tradycyjną i uproszczoną. *Acta Agrophysica* 4: 29–41.
- [33] Zimny L. 1999. Uprawa konserwująca. *Post. Nauk Rol.* 5: 41–52.
- [34] Zimny L. 2003. Encyklopedia ekologiczno-rolnicza. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu: 230 ss.

## Technical and energy aspects of soil surface mulching cultivation

**Key words:** agricultural engineering, soil cultivation, cultivation tools, energy consumption, mulch

### Summary

The most important information available in professional literature on technology of soil surface mulching cultivation has been set down hereby. Both – the main idea of such kind of cultivation and the range of the principal variability factors have been presented. It has been found that the most important factors diversifying the conditions of application of the method of soil surface mulching cultivation include: origin of organic matter, soil condition and recommended (expected) parameters of tools exploitation. They create work conditions for cultivation tools applied in the mulching method of soil cultivation. There have been characterized tools together with their working elements used in the above cultivation practice. The paper also includes the comparison of the tools energy input values measured during soil surface mulching cultivation, taking into account differentiation of work conditions and tools construction as well.