

Zbigniew Kogut  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku

## JAKOŚĆ PRACY BRON TALERZOWYCH W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI

### Streszczenie

Jakość pracy bron talerzowych oceniono, w sposób porównawczy, podczas mulczującej uprawy gleby w dwóch terminach: latem i jesienią. Celem uprawy było spulchnienie i podcięcie wierzchniej warstwy gleby na zadaną głębokość i wymieszanie jej z resztkami roślinnymi będącymi na powierzchni. Jako zmienne badawcze przyjęto zmienność warunków pracy i zróżnicowanie konstrukcji bron. Badania prowadzono na czterech polach A–D o różnej postaci i masie resztek roślinnych: wysokie ściernisko po pszenicy o średniej masie resztek  $960 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i  $2130 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  oraz po kukurydzy na ziarno ( $2010 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), a także poplon gorczycy w fazie kwitnienia ( $2210 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Nastawiana głębokość uprawy wynosiła  $0,05 \text{ m}$  i  $0,11 \text{ m}$ . Wybrano z produkcji seryjnej siedem wersji bron talerzowych kompaktowych i jedną klasyczną. Dla wersji klasycznej (w pionowym ustawieniu talerzy) na polach B i C zmieniano także wartość kąta natarcia talerzy. Wykonano charakterystykę techniczną tych bron. Jakość pracy oceniono wskaźnikami: głębokością roboczą  $h$  i miąższością  $h_M$  zmulczowanej warstwy oraz ich nierównomiernością  $b_h$  i  $b_M$ . Określono także wartości wskaźnika  $P_R$  przykrycia resztek roślinnych i gęstości objętościowej  $\gamma$  na powierzchni po pracy bron. Uzyskane wyniki porównano, wykorzystując analizę jednorodności grup.

**Słowa kluczowe:** brony talerzowe, badania polowe, jakość pracy, głębokość robocza, miąższość zmulczowanej warstwy, warunki pracy

### Wstęp

Brony talerzowe są wykorzystywane zarówno w przedsięwzięciu poprawiania gleb ciężkich po orce, jak i w uprawie zachowawczej wykorzystującej ideę mulczującej uprawy powierzchniowej gleby. Podstawową zaletą ich pracy jest cięcie i mieszanie resztek roślinnych z warstwą glebą z zachowaniem znacznej odporności na zapychanie. Stosowane po orce umożliwiają intensywne pocięcie i pokruszenie górnej warstwy skib oraz równoczesne zagęszczenie warstwy dolnej, co przyśpiesza jej osiadanie. Stosowane w uprawie zachowawczej, a więc wszędzie tam, gdzie eliminując orkę pozostawiono znaczne ilości resztek roślinnych na powierzchni gleby (co najmniej 30%

pokrycia powierzchni [Lafien i in. 1978; Reeder 2000; Weber 2007]), umożliwiają płytkie podcięcie i spulchnienie gleby. Podczas jej przesuwania w prawo i lewo przez kolejne sekcje talerzy następuje także mieszanie resztek organicznych z glebą, przyspieszające ich rozkład, oraz wyrównanie powierzchni gleby. W ostatnich latach brony talerzowe nabierają także szczególnego znaczenia w dwufazowej ekologicznej technologii uprawy ściernisk, eliminującej stosowanie herbicydów [Ptaszyński 2008; Talarczyk 2004; 2005]. Umożliwiają bowiem równomierną i płytką uprawę wraz z mulczowaniem, sprzyjającą kiełkowaniu i szybkim wschodom chwastów oraz nasion osypanych podczas zbioru.

Szerokie zastosowanie bron talerzowych w produkcji roślinnej zarówno rolnictwa zrównoważonego, jak i ekologicznego oznacza konieczność ich pracy w bardzo zróżnicowanych warunkach. Do głównych czynników różnicujących warunki ich pracy zalicza się: pochodzenie i masę resztek roślinnych, warunki glebowo-wilgotnościowe, a także głębokość uprawy gleby. Duża liczba tych czynników i szeroki zakres ich zmienności generują potrzebę stosowania w praktyce wielu konstrukcji bron talerzowych, różniących się parametrami technicznymi i efektami pracy.

Generalnie brony talerzowe występują w dwóch istotnie różnych wersjach: klasycznej i kompaktowej. Regułą jest ustawianie talerzy z tylnego rzędu względem rozmieszczenia talerzy w pierwszym rzędzie, tak aby pracowały w ich śladach. W bronach klasycznych talerze są zmontowane w sekcjach ustawionych skośnie do kierunku pracy [Gach i in. 1991; Grudnik i in. 2004; Talarczyk 2004]. Takie zamocowanie warunkuje prostopadłe ustawienie ich krawędzi do powierzchni gleby, ogranicza także kopiowanie nierówności na powierzchni gleby. Przez zmianę położenia sekcji, w zależności od warunków pracy, regulowany jest kąt ich natarcia (tj. ustawienia krawędzi talerzy w stosunku do kierunku ruchu po polu). Ustawienie sekcji na ramie nośnej może występować w kształcie V, X lub 2V [Bernacki 1981; Sineokov, Panov 1977]. W bronach kompaktowych standardem jest ustawianie talerzy w dwóch równoległych rzędach na długości brony, zawieszonych niezależnie do ramy nośnej. Talerze łożyskowane są pojedynczo lub podwójnie na ramionach sprężyn lub gumowych amortyzatorów. Takie indywidualne mocowanie powoduje, oprócz kopiowania nierówności terenu, powstawanie swoistego efektu udarowego, wspomagającego kruszenie gleby oraz zagłębianie i samooczyszczanie się talerzy [Talarczyk 2007]. Pozwala również uzyskać, w zależności od warunków pracy, zróżnicowanie wartości kąta natarcia oraz kąta pochylecia krawędzi talerzy.

W standardowym wyposażeniu bron talerzowych znajdują się wały ugniatające. Umieszczane z tyłu jako ostatnie mają podwójne zadanie: ustalać głębokość pracy elementów roboczych oraz zagęszczać i wyrównywać spulchnioną (wymieszaną z resztkami roślinnymi) wierzchnią warstwę gleby. Panuje opinia, że wybór konstrukcji wału (tj. postaci powierzchni roboczej, średnicy

zewnętrznej i nacisku jednostkowego) należy uzależnić od warunków glebowych i pożądanego efektu pracy [Ptaszyński 2001; Talarczyk 2005].

Celem badań była ocena jakości pracy bron talerzowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji, na przykładzie wybranych konstrukcji z produkcji seryjnej, pracujących podczas mulczącej uprawy powierzchniowej gleby. Taka ich eksploatacja wychodzi naprzeciw współczesnym oczekiwaniom w zakresie uprawy gleby [ClimSoil 2008; Weber 2010; Zimny 2003].

## **Metody badań**

Badania wykonano w warunkach polowych podczas eksploatacji bron talerzowych na glebie średniozwięzłej o optymalnej wilgotności w dwóch terminach agrotechnicznych: latem i jesienią 2010 r. Pola były płaskie a ich zakamienienie niewielkie. Podczas badań wykorzystano procedury badawcze do oceny narzędzi i maszyn do powierzchniowej uprawy gleby pod kątem ich przydatności w rolnictwie, opracowane w IBMER oraz Polskie Normy [PN-83/R-55000; PN-90/R-55004]. Zmiennymi badawczymi były:

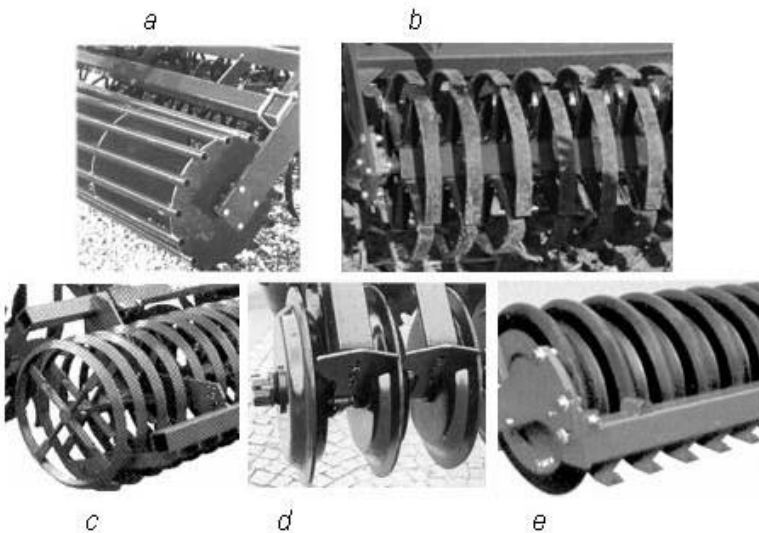
- zróżnicowane warunki eksploatacji bron talerzowych, obejmujące postać i masę resztek roślinnych, wynikającą ze źródła ich pochodzenia a także nastawianą przez rolnika głębokość pracy bron – mulcząca uprawę gleby wykonywano na czterech polach:
  - pole A: ściernisko po zbiorze pszenicy o mniejszej ilości resztek roślinnych (słoma zebrana z pola), nastawiana głębokość uprawy gleby  $h = 5$  cm;
  - pole B: ściernisko po zbiorze pszenicy o większej ilości resztek roślinnych (słoma pocięta i rozrzucona szarpaczem kombajnu), głębokość uprawy gleby  $h = 11$  cm;
  - pole C: ściernisko po zbiorze kukurydzy cukrowej, nastawiana głębokość uprawy  $h = 11$  cm;
  - pole D: poplon z gorczycy w fazie kwitnienia, nastawiana głębokość uprawy  $h = 11$  cm;
- zróżnicowane konstrukcje bron talerzowych zawieszanych o szerokości roboczej 3,0 m: stosowano siedem konstrukcji bron kompaktowych (oznaczonych A1, A2, ..., A7) i jedną konstrukcję brony klasycznej (B1), dla której w wybranych warunkach pracy (na dwóch polach – B i C) stosowano regulację kąta natarcia  $\beta$  talerzy dla trzech wartości ( $12,5^\circ$ ;  $17^\circ$  i  $24^\circ$ ).

Charakterystykę warunków pracy bezpośrednio przed eksploatacją bron na stosowanych w badaniach polach wykonano w pięciu powtórzeniach, a uzyskane wartości (średnie i odchylenia standardowe) zestawiono w tabeli 1. Dla zastosowanych w badaniach konstrukcji bron talerzowych (fot. 1 i 2) wykonano szczegółową charakterystykę techniczną, a wybrane jej parametry zestawiono w tabeli 2. Przed wykonaniem ocenianej uprawy gleby brony były



Źródło: fot. Z. Kogut. Source: photo Z. Kogut.

Fot. 1. Przykładowa wersja konstrukcji brony talerzowej kompaktowej  
Photo 1. An exemplary version of compact disc harrow construction



Źródło: fot. Z. Kogut. Source: photo Z. Kogut.

Fot. 2. Widok powierzchni wałów współpracujących ze stosowanymi wersjami bron talerzowych: a – rurowy w A1, A3, A6, B1, b – sprężynowy w A2, c – pierścieniowy (o przekroju stożkowym) w A5, d – pierścieniowy (o przekroju szczelinowo-stożkowym) w A4, e – rolkowy w A7

Photo 2. View of the surface of shafts co-operating with applied versions of disc harrows: a – tubular (in A1, A3, A6, B1), b – springing (A2), c – ring-shaped of conical cross-section (A5), d – ring-shaped of conical-fissure cross-section (A4), e – roller (A7)

*Jakość pracy bron talerzowych...*

**Tabela 1. Charakterystyka polowych warunków pracy**  
**Table 1. Characteristics of field operation conditions**

Wyszczególnienie Specification	Wartości średnie z powtórzeń Mean values of replications				Odchylenie standardowe Standard deviation			
	pole field				pole field			
	A	D	C	B	A	B	C	D
Masa resztek roślinnych [g·m <sup>-2</sup> ] Mass of plant residues [g·m <sup>-2</sup> ]	955	2132	2014	2213	213	432	646	458
Wysokość ścierniska [mm] Stubble height [mm]	270	394	476	888	16	21	44	97
Wilgotność gleby [%] Soil moisture content [%]	15,1	15,1	11,9	13,2	0,2	0,2	0,5	0,4
Gęstość objętościowa [g·cm <sup>-3</sup> ] Bulk density [g·cm <sup>-3</sup> ]	1,7	1,7	1,6	1,4	0,07	0,07	0,11	0,08

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

**Tabela 2. Charakterystyka techniczna stosowanych bron talerzowych**  
**Table 2. Technical characteristics of the disc harrows applied**

Wyszczególnienie Specification	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1
Ciężar brony [kN] Weight of harrow [kN]	1620	1260	1550	1520	1570	1240	1880	1300
Liczba rzędów i talerzy Number of rows and discs	2 x 11	2 x 12	2 x [4 x 4]	2 x 12	2 x 12	2 x 12	2 x 12	4 x 7
Średnica talerzy [mm]: Diameter [mm] of discs:								
– przednich frontal	560	507	430	510	557	510	560	560
– tylnych rear	560	508	450	510	557	510	560	560
– skrajnych extreme	460	–	390	455	–	460	560	460
Podziałka talerzy [mm]: Scale of disc spacing [mm]:								
– w rzędzie in row	250	250	190	240–270	235	250	250	230
– między rzędami between rows	885	700	770	800	920	650	800	min. 650
Kąty ustawienia talerzy [°]: Disc setting angles [°]:								
– natarcia $\beta$ rake angle $\beta$	22	20	16	19–20	24–20	20	12	24
– pochylenia $\alpha$ angle of inclination $\alpha$	1	12	0	12–14	12–10	12	10	0
Nacisk jednostkowy na talerz [kN] Specific load per disc [kN]	74	53	97	63	65	52	78	46
Średnica wału [mm] Roller diameter [mm]	540	480	550	600	600	440	500	500
Nacisk minimalny wału [kN] Minimum roller load [kN]	z ciężaru narzędzia of tool weight	255	275	430	380	120	z ciężaru narzędzia of tool weight	165
Wymiary w położeniu robo- czym [m]: Dimensions in working position [m]:								
– szerokość width	3,30	3,20	3,15	3,40	3,50	3,40	3,50	3,22
– wysokość height	1,18	1,32	1,31	1,45	1,40	1,40	1,47	1,31
– długość length	2,70	2,37	2,75	2,40	2,88	2,30	2,75	3,10

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 3. Zestawienie najważniejszych wskaźników oceny jakości pracy bron talerzowych  
Table 3. List of most important indices to assess the quality of disc harrow's operation

Wskaźnik nierównomierności głębokości $b_h$ [%] Index of working depth irregularity $b_h$ [%]		Wskaźnik nierównomierności miąższości $b_m$ [%] Index of thickness irregularity $b_m$ [%]		Wskaźnik przykrycia resztek roślinnych $P_R$ [%] Index of covering plant residues $P_R$ [%]		Gęstość objętościowa warstwy mulczy $\gamma$ [ $g\ cm^{-3}$ ] Bulk density of the mulch layer $\gamma$ [ $g\ cm^{-3}$ ]		
grupy jednorodnych homogeneous groups	$x_{sr}$	s	grupy jednorodnych homogeneous groups	$x_{sr}$	s	grupy jednorodnych homogeneous groups	$x_{sr}$	s
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pole A Field A								
A7 X	34,8	3,6	A3 X	3,2	3,5	A4 X	60,2	7,3
A3 XX	35,2	1,7	A6 X	25,3	2,2	A1 X	61,0	3,1
A1 XX	36,4	4,1	A4 X	26,9	5,8	A7 X	61,5	0,7
A5 XX	38,6	3,3	A5 XX	27,8	3,0	A5 X	66,5	2,0
A4 XX	39,1	2,0	B1 XX	28,2	5,1	B1 X	67,5	6,7
B1 XX	39,2	4,8	A7 XX	28,6	0,3	A3 X	70,7	4,3
A6 XX	42,5	0,7	A2 XX	29,5	6,7	A2 X	74,9	5,8
A2 X	47,4	4,6	A1 X	37,0	3,7	A6 X	77,1	8,5
średnio z pola	39,1	4,9	średnio z pola	28,3	5,2	średnio z pola	67,4	6,7
average for field			average for field			average for field		
95% przedział ufności LSD	6,1		95% przedział ufności LSD	4,4		95% przedział ufności LSD	5,0	
95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD		
Pole B Field B								
A6 X	28,0	1,6	A4 X	19,5	2,8	A6 X	73,7	3,9
A2 X	30,3	1,4	A6 X	23,6	1,0	A5 X	84,1	1,3
A5 X	30,4	3,7	A3 X	24,0	1,6	A7 X	85,1	4,6
A3 X	31,1	8,0	A7 XX	25,6	8,5	A3 X	88,7	4,2
A1 X	31,7	3,3	A5 XXX	27,9	4,3	A1 X	91,3	1,8
A4 X	32,6	5,1	A2 XXX	29,5	4,3	A4 X	91,6	1,0
A7 X	35,2	2,5	A1 XX	36,3	7,7	B1 X	92,0	3,8
B1 X	49,9	2,9	B1 X	38,3	1,3	A2 X	92,5	4,3
średnio z pola	33,6	7,3	średnio z pola	28,1	7,1	średnio z pola	87,4	6,2
average for field			average for field			average for field		
95% przedział ufności LSD	5,7		95% przedział ufności LSD	4,1		95% przedział ufności LSD	4,7	
95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD		
A7 X	0,98		A7 X	0,98		A7 X	0,98	
A4 X	1,09		A4 X	1,09		A4 X	1,09	
A6 XX	1,17		A6 XX	1,17		A6 XX	1,17	
B1 XX	1,17		B1 XX	1,17		B1 XX	1,17	
A1 XX	1,24		A1 XX	1,24		A1 XX	1,24	
A2 XX	1,28		A2 XX	1,28		A2 XX	1,28	
A3 X	1,29		A3 X	1,29		A3 X	1,29	
A5 X	1,18		A5 X	1,18		A5 X	1,18	
średnio z pola	1,18		średnio z pola	1,18		średnio z pola	1,18	
average for field			average for field			average for field		
95% przedział ufności LSD	0,041		95% przedział ufności LSD	0,041		95% przedział ufności LSD	0,041	
95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD		

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pole C Field C											
A2 X	23,2	3,8	A7 X	28,7	0,4	A1 X	53,7	11,5	A3 X	1,41	0,17
A1 XX	29,2	1,0	A5 X	29,7	3,7	A2 X	56,4	7,0	A1 XX	1,49	0,12
A7 XXX	31,3	4,1	B1 X	30,8	1,4	A3 X	60,9	1,3	A4 XXX	1,55	0,07
A3 XXX	37,9	1,1	A1 X	31,3	6,9	A7 X	62,3	0,6	B1 XX	1,58	0,16
B1 XX	40,5	1,8	A3 X	33,2	2,4	A5 X	63,2	5,3	A5 XX	1,63	0,05
A5 X	43,3	6,7	A2 X	36,4	7,1	A4 X	64,7	16,2	A2 XX	1,63	0,11
A4 X	57,1	6,7	A4 X	39,0	7,1	B1 X	73,1	3,0	A7 X	1,65	0,12
średnio z pola	37,5	11,1	średnio z pola	32,7	5,1	średnio z pola	62,0	8,5	średnio z pola	1,56	0,14
average for field			average for field			average for field			average for field		
95% przedział ufności LSD		6,2	95% przedział ufności LSD		4,4	95% przedział ufności LSD		5,0	95% przedział ufności LSD		0,063
95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD		
Pole D Field D											
B1 X	24,4	1,8	A4 X	29,0	1,6	A4 X	83,7	1,3	A5 X	1,24	0,06
A2 XX	31,8	3,7	A3 XX	31,7	5,0	A7 XX	84,7	5,2	A4 X	1,25	0,09
A1 XX	32,7	10,5	A2 XX	32,3	5,8	A5 XX	86,5	6,4	B1 XX	1,32	0,08
A7 XX	35,1	9,2	A7 XX	33,2	9,8	A1 XX	91,0	2,6	A1 XX	1,32	0,13
A3 XX	38,9	10,3	A1 XX	33,7	1,2	A3 XX	91,5	0,6	A2 X	1,38	0,09
A5 XX	39,9	3,0	A5 XX	35,4	1,6	A2 X	91,9	1,3	A7 X	1,38	0,02
A4 X	44,3	2,1	B1 X	42,2	1,5	B1 X	92,8	2,6	A3 X	1,41	0,08
średnio z pola	35,3	8,0	średnio z pola	33,9	5,3	średnio z pola	88,9	4,4	średnio z pola	1,33	0,10
average for field			average for field			average for field			average for field		
95% przedział ufności LSD		6,1	95% przedział ufności LSD		4,4	95% przedział ufności LSD		5,0	95% przedział ufności SD		0,063
95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD			95% significance level LSD		

Objaśnienia:  $x_{sr}$  – średnia, s – odchylenie standardowe.  
 Explanations:  $x_{sr}$  – average, s – standard deviation.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

regulowane na wyznaczonych działkach sąsiadujących z działkami badawczymi, niezależnie dla każdego pola A–D. Podczas badań na działkach badawczych o długości 150 m określano, w dwóch powtórzeniach na sąsiednich przejazdach, dla każdej konstrukcji w poszczególnych warunkach eksploatacji na polach A–D następujące wielkości, dotyczące oceny pracy tych bron w aspekcie wnoszenia do gleby materii roślinnej:

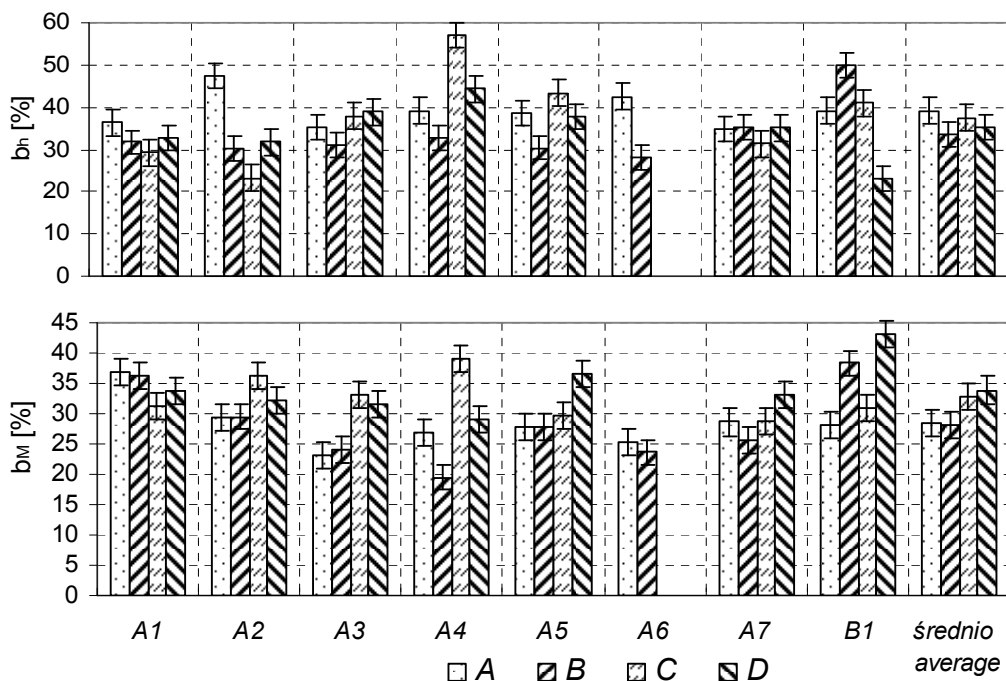
- głębokość robocza: średnia (mm) i wskaźnik nierównomierności z 30 pomiarów (%);
- miąższość uprawianej warstwy: średnia (mm) i wskaźnik nierównomierności z 30 pomiarów (%);
- gęstość warstwy uprawianej gleby: (średnia i nierównomierność z 6 pomiarów) w  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ;
- wskaźnik przykrycia resztek poźniwnych (średnia z 5 pomiarów) w %;
- prędkość robocza (średnia z długości odcinka) w  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Maksymalny względny błąd dokładności z odczytu wielkości pierwotnych wyniósł 10% i wystąpił w trakcie obliczania, zgodnie z normą PN-83/R-55000, głębokości i miąższości w płytce (ok. 5 cm) uprawie na polu A (z różnicy wartości profili glebowych określanych przed i po uprawie z dokładnością 0,5 cm). Uzyskane wartości powyższych wskaźników oceny poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem pakietu STATGRAPHICS. Wykonano analizę opisową, określając średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe wartości wskaźników oceny zarówno dla poszczególnych bron w jednakowych warunkach eksploatacji, jak i średnio dla stosowanych konstrukcji na poszczególnych polach A–D. Powyższe wartości średnie porównano w analizie jednorodności grup opartej na najmniejszych istotnych różnicach LSD na 95-procentowym poziomie ufności. Do oceny istotności zróżnicowania wartości średnich stosowano analizę wariancji z klasyfikacją pojedynczą metodą ANOVA, wprowadzając założenie jednakowej wariancji analizowanych wskaźników oddzielnie dla poszczególnych warunków eksploatacji (pól A–D). Najistotniejsze wyniki analizy statystycznej zestawiono w tabeli 3, a wyniki porównań na rysunkach 1–3. Wszystkie bronny pracowały zawieszona na trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika Ursus 1224 z prędkością roboczą ok.  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Przejazdy badawcze na ścierniskach (pola A, B, C) odbywały się skośnie do śladów kół pozostawionych przez kombajny i współpracujące ciągniki podczas zbioru. Na polu D, z gorczyczą uprawianą na zielony nawóz, nie miało to znaczenia i przejazdy odbywały się wzdłuż plantacji. Uzyskano w ten sposób porównywalne warunki pracy dla wszystkich wersji bron. W trakcie badań z przyczyn niezależnych konstrukcja A6 bronny została wycofana z eksploatacji na polach C i D.

### **Analiza wyników**

Poszczególne pola A–D, wybrane do mulczującej uprawy powierzchniowej bronami talerzowymi, wyraźnie różniły się warunkami pracy. Na sąsiednich polach A i B bezpośrednio po zbiorze ziarna pszenicy, o tej samej wilgotności





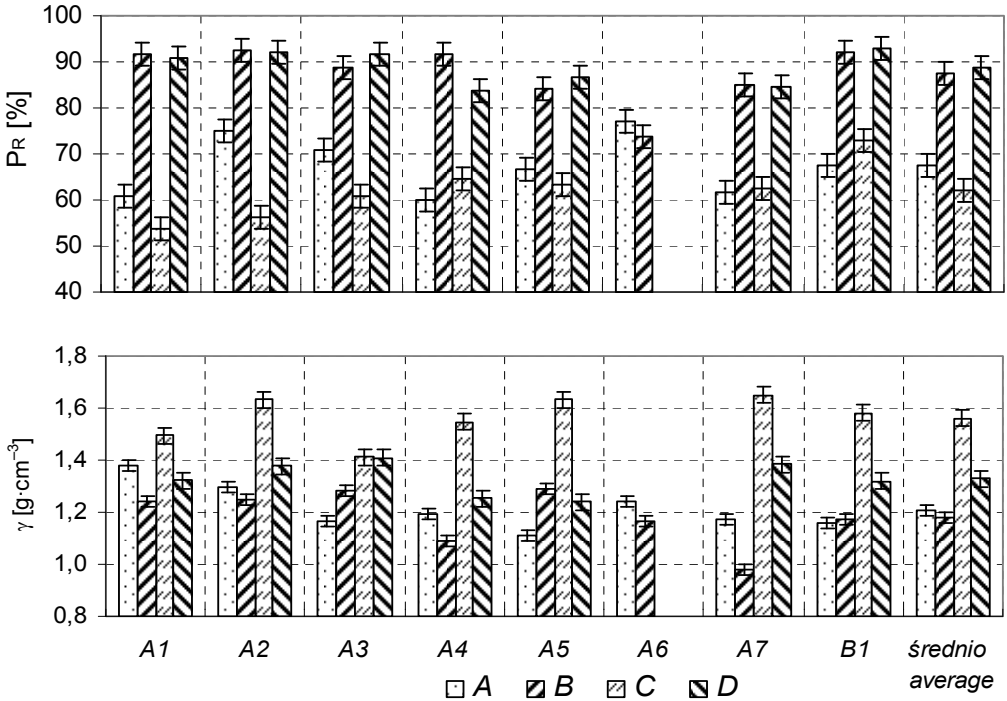
Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Porównanie wartości wskaźników nierównomierności: głębokości  $b_h$  i miąższości  $b_M$  dla różnych konstrukcji bron talerzowych na polach A, B, C i D

Fig. 1. Comparison of inequality indices of the depth  $b_h$  and thickness  $b_M$  for disc harrows of different construction on fields A, B, C, D

i gęstości gleby w warstwie 0–100 mm (tab. 1), średnia masa resztek roślinnych wynosiła odpowiednio 955 i 2132 g·m<sup>-2</sup> ze zbliżonym względnym zróżnicowaniem ok. 20%, a wysokość ścierniska 0,27 i 0,39 m z 6-procentowym zróżnicowaniem. Na powierzchni stwierdzono też wyraźne ślady kolein po przejazdach kombajnu i ciągników. Na polu D wystąpiła największa masa resztek (2213 g·m<sup>-2</sup>) o największej ich wysokości (0,76–1,02 m), natomiast największe względne zróżnicowanie tej masy wystąpiło na polu C (na ściernisku po zbiorze kukurydzy) i wynosiło 32%. Ze względu na pochodzenie resztek różna też była ich podatność na cięcie talerzami bron i mieszanie z glebą.

Najbardziej zbliżoną głębokość uprawianej warstwy gleby do nastawianej uzyskano na polu A, gdzie oczekiwano  $h = 5$  cm. Średnia głębokość robocza talerzy bron wynosiła 4,2 cm, a miąższość zmulczowanej warstwy 6 cm. Największa rozbieżność między głębokością nastawianą 11 cm a uzyskaną wystąpiła na polu C (ściernisko po kukurydzy) i B (ściernisko po pszenicy), gdzie średnie głębokości robocze wynosiły odpowiednio 6,2 i 6,4 cm a miąższości 7,7 i 8,8 cm. Różnice w wartościach pomiędzy uzyskaną głębokością a miąższością wynikają głównie z dostarczenia do warstwy gleby materii roślinnej.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 2. Porównanie wartości wskaźnika  $P_R$  przykrycia resztek roślinnych i gęstości objętościowej  $\gamma$  warstwy uprawianej gleby dla różnych konstrukcji bron talerzowych na polach A, B, C i D

Fig. 2. Comparison of the plant residue covering index  $P_R$  and the bulk density  $\gamma$  of cultivated soil layer for disc harrows of different construction on fields A, B, C, D

**Średnio dla wszystkich stosowanych wersji** konstrukcji talerzowych bron kompaktowych najmniejsza nierównomierność głębokości  $b_h$  wystąpiła na polu B i wynosiła ok. 34%, natomiast największa na polu A i wynosiła ok. 40% (tab. 3 i rys. 1). Na pozostałych polach wartości  $b_h$  były pośrednie: na ściernisku po kukurydzy (pole C) zbliżone do największych natomiast na poplonie z gorczycy (pole D) do najmniejszych. Oznacza to, że największy wpływ na wartości  $b_h$  ma wybór nastawianej głębokości roboczej. W tych samych warunkach glebowo-wilgotnościowych, z wyraźnie obecnymi śladami kolein na powierzchni, mieszanie słomy zbóż z warstwą gleby na większą (prawie o 100%) głębokość cechuje się mniejszą (o 6%) zmiennością głębokości. Mieszanie z glebą bardzo dużej ilości stojącej zielonej masy poplonu (pole D) oraz zdrewniałych resztek ścierniska kukurydzy (pole C) tylko nieznacznie zwiększa nierównomierność  $b_h$ . W tym samym aspekcie (tj. średnio dla wszystkich wersji bron) najmniejsza nierównomierność miąższości  $b_M$  wystąpiła na ściernisku po pszenicy (pola A i B, gdzie  $b_M = 28\%$ ), a największa na zielonym poplonie z gorczycy i ściernisku po kukurydzy (pola D i C, gdzie  $b_M = 34\%$ ). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w jej wartościach

w warunkach różnej głębokości uprawy i to na powierzchni pokrytej koleinami. Znacznie większe różnice pod wpływem zróżnicowania warunków eksploatacji wystąpiły w wartościach wskaźnika  $P_R$  przykrycia resztek roślinnych i gęstości objętościowej  $\gamma$  warstwy uprawianej gleby (tab. 3 i rys. 2). Najmniejsze wartości  $P_R$  stwierdzono dla ścierniska po kukurydzy (62%, pole C) i dla ścierniska po zbożach przy płytkiej uprawie (67%, pole A). Największe (najkorzystniejsze) natomiast wartości  $P_R$  (ok. 88%) wystąpiły na polach B i D i brak było istotnych różnic między nimi. Oznacza to, że łatwiej jest wnieść do gleby (przykryć) materię roślinną pochodzącą ze ścierniska zbóż oraz zielonego poplonu, nawet w nierozdrobnionej postaci, pod warunkiem stosowania co najmniej średniej głębokości ok. 10 cm. Znacznie trudniej jest przykryć resztki słomy w płytkiej uprawie oraz zdrewniałe resztki kukurydzy na średnią głębokość. Dla gęstości objętościowej  $\gamma$  warstwy gleby wymieszanej z resztkami roślinnymi, charakteryzującej także (oprócz pracy talerzy) pracę współpracujących wałów, największe średnie wartości (ok.  $1,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) stwierdzono na ściernisku kukurydzy – pole C, a najmniejsze (ok.  $1,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) na ściernisku pszenicy – pole A i B (tab. 3 i rys. 2). W stosunku do wartości bazowych, tj. sprzed uprawy, istotnie większe spulchnienie zmulczowanej warstwy występuje na ściernisku pszenicy (dla obu głębokości uprawy). Stwierdzono także istotne różnice w wartościach  $\gamma$  ze względu na wersje konstrukcji bron.

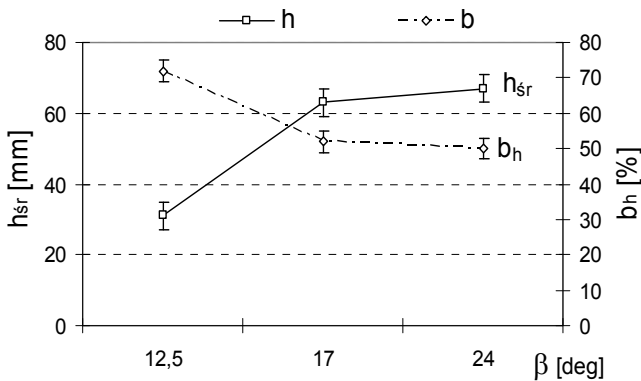
Na uwagę zasługuje fakt wystąpienia istotnego zróżnicowania wartości wskaźników oceny **indywidualnie dla poszczególnych wersji** konstrukcji bron A1–A7 i B1 – tabela 3. Dla wskaźnika nierównomierności głębokości  $b_h$  największe zróżnicowanie wartości stwierdzono na polu C (tj. na ściernisku kukurydzy), gdzie występuje pięć jednorodnych grup wartości  $b_h$ . Również duże zróżnicowanie stwierdzono na polu A (płytkie mieszanie ścierniska pszenicy, trzy grupy jednorodne). Dla wskaźnika nierównomierności miąższości  $b_M$  największe zróżnicowanie wartości stwierdzono na polu B (mieszanie ścierniska pszenicy na większą głębokość), gdzie występują trzy grupy jednorodne wartości  $b_M$ . Wskaźnik  $P_R$  przykrycia resztek roślinnych jest najbardziej zróżnicowany – siedem grup jednorodnych – podczas mieszania ścierniska pszenicy (pola A i B, z wyraźnymi śladami kolein na powierzchni). Dla tych warunków pracy stwierdzono też największą zmienność wartości gęstości objętościowej  $\gamma$  zmulczowanej warstwy (cztery grupy jednorodne).

Analizując w tym aspekcie rysunki 1 i 2, można zauważyć:

1. Dla wielkości  $b_h$  i  $b_M$ , charakteryzujących grubość zmulczowanej warstwy, jedynie wersja A7 brony jest najbardziej zbliżona do średnich wyników w całym zakresie zróżnicowanych warunków pracy. Dla pozostałych wersji bron wyniki oceny  $b_h$  i  $b_M$  różnią się wyraźnie od wartości średnich, szczególnie w ww. warunkach (polach) o większej liczbie grup jednorodnych.
2. Największa nierównomierność głębokości  $b_h$  występuje dla bron kompaktowych w wersji A4 podczas mieszania ścierniska kukurydzy i wersji A2 podczas płytkiego mieszania ścierniska pszenicy (w warunkach wyraź-

- nych kolein) oraz dla brony klasycznej B1 podczas mieszania ścierniska pszenicy na większą głębokość (w warunkach występowania kolein).
- Największa nierównomierność miąższości  $b_M$  występuje dla bron kompaktowych w wersji A4 podczas mieszania ścierniska kukurydzy i wersji A1 podczas mieszania ścierniska pszenicy w obu zakresach głębokości oraz dla brony klasycznej B1 podczas mieszania ścierniska pszenicy na większą głębokość oraz poplonu gorczycy.
  - Stopień przykrycia resztek roślinnych również nie jest trwałą cechą konstrukcji bron talerzowych: wersja A6 brony przykryła istotnie najmniejszą ilość resztek w warunkach pola B (tj. w uprawie na średnią głębokość) i największą w warunkach pola A (podczas płytkiej uprawy). Z kolei wersja A2 brony uzyskała duże przykrycie w warunkach pól A i B.

Wyniki uzyskane z badań wykonanych podczas eksploatacji brony klasycznej B1 na polach B i C nastawionej na taką samą głębokość roboczą jak dla bron kompaktowych, z kątem pochylenia talerzy  $\alpha = 0^\circ$  i zmiennym kątem natarcia talerzy  $\beta$ , przedstawiono na rysunku 3.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 3. Wpływ kąta natarcia  $\beta$  talerzy w bronie klasycznej na średnią głębokość roboczą  $h_{sr}$  i wskaźnik jej nierównomierności  $b_h$  (wartości średnie i odchylenia standardowe) podczas pracy na polach B i C

Fig. 3. The effect of disc rake angle  $\beta$  in classic harrow on the mean working depth ( $h_{sr}$ ) and its inequality index ( $b_h$ ) (mean values and standard deviations) at working on fields B and C

Stwierdzono, że wzrost kąta natarcia talerzy, zarówno w bronach klasycznych, jak i kompaktowych, powoduje istotne zwiększenie średniej głębokości pracy  $h_{sr}$  i zmniejszenie wskaźnika jej nierównomierności  $b_h$ . Jest to efekt wzrostu wartości grzebienistości [Buliński i in. 2009] dna uprawianej warstwy gleby. Charakter tych zależności jest paraboliczny: największa dynamika zmian wartości  $h_{sr}$  i  $b_h$  występuje dla mniejszych wartości kąta natarcia  $\beta$ .

## Wnioski

1. Zróżnicowanie grubości zmulczowanej (wymieszanej z resztkami roślinnymi) warstwy gleby w efekcie pracy bron talerzowych zależy w głównej mierze od ich konstrukcji. Uzyskane wartości wskaźników oceniających to zróżnicowanie zawierają się w szerokich przedziałach i wynoszą: nierównomierności głębokości pracy  $b_h = 23\text{--}58\%$ , a nierównomierności miąższości  $b_M = 20\text{--}43\%$ . Pośrednio na ich wartość wpływają, w różnym stopniu w stosowanych konstrukcjach, warunki pracy bron, głównie: wyrównanie powierzchni gleby przed uprawą, głębokość pracy elementów roboczych oraz źródło (postać) masy roślinnej.
2. Dla brony klasycznej (B1) nierównomierność  $b_h$  jest największa (50%) w warunkach pola B (tj. o wyraźnych nierównościach w postaci kolein na powierzchni gleby przed uprawą) i zmniejsza się wraz ze wzrostem wyrównania powierzchni: na polu D z poplonem gorczycy o powierzchni gleby bez kolein (po siewie nasion siewnikiem rzędowym) wynosi 23%. Inny, różny w poszczególnych wersjach konstrukcji, charakter zmian nierównomierności  $b_h$  występuje dla bron kompaktowych kopiujących poszczególne talerzami nierówności na powierzchni gleby.
3. Nierównomierność miąższości  $b_M$ , uwzględniająca w ocenie m.in. wyrównanie powierzchni gleby uzyskanej po uprawie, jest najmniejsza (najkorzystniejsza) na ściernisku pszenicy. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w jej wartościach pod wpływem zmiany głębokości uprawy. Dla wspomnianej brony klasycznej jest największa (43%) na polu D z poplonem gorczycy. Dla bron kompaktowych wielkość  $b_M$  jest różna zarówno ze względu na warunki pracy, jak i wersje konstrukcji.
4. Jednym z wielu parametrów konstrukcji bron, istotnie wpływających na zróżnicowanie grubości zmulczowanej warstwy gleby, jest właściwe rozmieszczenie talerzy w rzędach na szerokości i długości brony oraz odpowiedni kąt natarcia płaszczyzny krawędzi talerzy.
5. Względny wskaźnik  $P_R$  przykrycia resztek roślinnych podczas mulczącej uprawy gleby bronami talerzowymi przyjmuje wartości w przedziale 55–93%. W największym stopniu zależy od warunków pracy: głębokości roboczej i postaci (źródła pochodzenia) resztek. Najmniejsze przykrycie występuje podczas płytkiej uprawy i wzrasta wraz z głębokością mieszania. Równie małe przykrycie występuje podczas mieszania ścierniska kukurydzy (tj. resztek zdrewniałych łodyg i trudnych do rozdrabniania talerzami niekształtnych korzeni). W warunkach wyraźnych nierówności na powierzchni przed uprawą (np. w postaci kolein) na wartość wskaźnika  $P_R$  istotnie wpływa konstrukcja bron, przy czym wpływ ten jest różny w zależności od głębokości uprawy.
6. Uzasadnione i celowe są prace badawcze, zmierzające do identyfikacji wpływu parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych bron talerzowych w aspekcie poprawy jakości ich pracy.

## Bibliografia

- Bernacki H. 1981. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 1 cz. I i II. Narzędzia i maszyny uprawowe. Wyd. II. Warszawa. PWRiL ss. 418.
- Buliński J., Gach S., Waszkiewicz Cz. 2009. Energetyczne i jakościowe aspekty procesu uprawy gleby narzędziami biernymi. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 51–57.
- ClimSoil 2008. Final Report: Review of existing information on the interrelations between soil and climate change [online]. [Dostęp 15.03.2011]. Dostępny w Internecie: <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf>
- Gach S., Kuczewski J., Waszkiewicz C. 1991. Maszyny rolnicze. Elementy teorii i obliczeń. Warszawa. Wydaw. SGGW s. 52–54.
- Grudnik P., Józefowicz J., Mosch G. 2004. Test trzech bron talerzowych. Top Agrar Polska. Nr 4 s. 142–148.
- Lafren 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. Vol. 21(5) s. 881–885.
- Ptaszyński S. 2001. Jaki wybrać agregat uprawowy. Top Agrar Polska. Nr 3 s. 128–130.
- Ptaszyński S. 2008. Uprawa ściernisk ukierunkowana na stymulację wschodów nasion chwastów i rozkład masy słomiastej. Maszynopis. Warszawa. IBMER ss. 14.
- Reeder R. 2000. Growing with conservation tillage. W: Conservation Tillage Systems and Management, 1-4. R. C. Reeder, ed. Ames, Iowa. MidWest Plan Service.
- Sineokov G. N., Panov I. M. 1977. Teorija i rascziet poczwoobrabatywajuszczich maszin. Moskwa. Maszinstroenie s. 213–236.
- Talarczyk W. 2004. Brony talerzowe tradycyjne i kompaktowe. Top Agrar Polska. Nr 4 s. 150–153.
- Talarczyk W. 2005. Uprawki późniwne. Top Agrar Polska. Nr 7–8 s. 150–153.
- Talarczyk W. 2007. Konstrukcja i działanie kompaktowej brony talerzowej. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna. Nr 2 s. 11–13.
- Weber R. 2007. Bezplużna uprawa roli w warunkach dużych ilości pozostałości poźniwnych. Studia i Raporty IUNG-PIB. Z. 8 s. 217–232.
- Weber R. 2010. Wpływ okresu stosowania systemów bezplużnych na właściwości gleby. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 1 s. 63–75.
- Zimny L. 2003. Encyklopedia ekologiczno-rolnicza. Wrocław. Wydaw. AR we Wrocławiu ss. 230.

PN-83/R-55000. Maszyny Rolnicze. Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych.

PN-90/R-55004. Maszyny Rolnicze. Metody badań. Charakterystyka energetyczna.

## **WORK QUALITY OF THE DISC HARROWS UNDER DIFFERENTIATED OPERATION CONDITIONS**

### **Summary**

Work quality of the disc harrows was comparatively evaluated during mulching tillage of soil in two terms – summer and autumn. Mulching tillage aimed at loosening and undercutting the top soil layer to adjusted depth, and mixing it with plant residues remained on the soil surface. Variability of operation conditions were assumed as the research variables. Investigations were carried out on the four fields A–D, of various forms and mass of plant residues: high stubble after wheat, of average residue masses  $960 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  and  $2130 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ; the stubble after maize for grain ( $2010 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ); the mustard after-crop at blooming phase ( $2210 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Tillage depth was adjusted on 0.05 and 0.11 m. Seven versions of the compact disc harrows and one classic disc harrow, were selected for tests from the series production. For the classic version of harrow (with vertical disc setting), on the fields B and C, the values of disc rake angle were also changed. Technical characteristics of all used disc harrows were described as well. Work quality was evaluated by the following indices: working depth ( $h$ ), thickness of the mulched layer ( $h_M$ ) and their non-uniformity ( $b_h, B_M$ ). The values of plant residue covering index ( $P_R$ ) and bulk density ( $\gamma$ ) on the surface after harrow's work were determined, too. Obtained results were compared, using the analysis of group uniformity.

**Key words:** disc harrows, field investigations, work quality, working depth, thickness of mulched layer, operating conditions

Praca wpłynęła do Redakcji: 08.02.2011 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Aleksander Szeptycki  
prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*

Adres do korespondencji:

dr hab. Zbigniew Kogut, prof. nadzw.  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku  
05-825 Kłudzienko  
tel. 22 755-60-41 w. 111; e-mail: z.kogut@itep.edu.pl