

Wpłynęło 29.05.2012 r.
Zrecenzowano 08.10.2012 r.
Zaakceptowano 07.11.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Jakość pracy kultywatorów ścierniskowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji

Zbigniew KOGUT^{ABCDEF}

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Mazowiecki Ośrodek
Badawczy w Kludzienku*

Streszczenie

Oceniono, w sposób porównawczy, jakość pracy kultywatorów ścierniskowych eksploatowanych w zróżnicowanych warunkach polowych podczas mulczującej, powierzchniowej uprawy gleby średniozwięzłej, o optymalnej wilgotności. Przeprowadzono ją w dwóch terminach – latem i jesienią. Celem uprawy było spulchnienie i podcięcie wierzchniej warstwy gleby na zadaną głębokość oraz wymieszanie jej z resztkami roślinnymi, będącymi na powierzchni. Jako zmienne badawcze przyjęto zróżnicowanie warunków pracy (na trzech polach A–C) i konstrukcji kultywatorów. Na polu A i B występowało niskie ściernisko (0,11 m) po zbiorze pszenicy, z małą ilością masy resztek roślinnych (średnio $753 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), natomiast na polu C wysokie ściernisko (0,48 m) po zbiorze kukurydzy na ziarno, z bardzo dużą ilością masy roślinnej (średnio $2910 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$). Zróżnicowanie ilości resztek roślinnych na powierzchni gleby (w postaci odchylenia standardowego) wynosiło $113 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ na polach A i B oraz $611 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ na polu C. Nastawiana głębokość zmulczowanej warstwy wynosiła 8 cm na polu A i 16 cm na polach B i C. Do uprawy gleby wybrano z produkcji seryjnej dziesięć wersji zawieszanych kultywatorów ścierniskowych o szerokości roboczej 3,0 m oraz wykonano ich charakterystykę techniczną. Jakość pracy kultywatorów oceniono wskaźnikami: głębokością roboczą h_h i miąższością h_M zmulczowanej warstwy oraz ich nierównomiernością b_h i b_M . Określono również wartości wskaźnika P_R przykrycia resztek roślinnych po pracy kultywatorów. Uzyskane wyniki, w postaci średnich i 95-procentowych przedziałów ufności, porównano na wykresach, wykorzystując analizę jednorodności grup. Średnio dla wszystkich wersji kultywatorów zróżnicowanie głębokości h_h było większe w warunkach płytkiej uprawy na polu A ($b_h = 39\%$) w porównaniu z głębszą uprawą na polach B i C (32,0–33,5%). Zróżnicowanie miąższości h_M było większe na polach A i C ($b_M = 32\%$) w porównaniu z uprawą na polu B (26%). Wskaźnik P_R przykrycia resztek roślinnych na ściernisku po pszenicy



wynosił 93% zarówno dla uprawy płytszej (pole A), jak i głębszej (pole B). Jego wartości w występujących warunkach nie zależą od głębokości roboczej kultywatorów ścierniskowych (małe wartości 95-procentowych przedziałów ufności). Istotnie mniejsze przykrycie resztek stwierdzono natomiast na ściernisku po kukurydzy (62%), w warunkach znacznie większej zmienności wartości P_R dla stosowanych wersji konstrukcji. Najmniejszą zmienność głębokości roboczej ($b_h = 30\%$) oraz miąższości ($b_M = 20\%$) w całym zakresie zróżnicowania warunków pracy na polach A–C stwierdzono dla kultywatora wersji C7. Największe wartości tych wskaźników dla niektórych wersji dochodziły do 50%.

Słowa kluczowe: kultywatory ścierniskowe, badania polowe, jakość pracy, głębokość robocza, miąższość zmulczowanej warstwy, warunki pracy

Wstęp

Pojęciem „mulcz” określa się pokrywę ochronną gleby, głównie w postaci materii roślinnej, umieszczaną na powierzchni gleby lub w jej wierzchniej warstwie w celu: wzbogacania gleby w materię organiczną i składniki pokarmowe, poprawy sprawności uprawianej roli oraz ograniczania erozji wodnej i wietrznej, a także emisji gazów cieplarnianych [KOGUT 2011d; KOPÍŃSKI, KUŚ 2011; ROSZKOWSKI 2011; ROSZKOWSKI i in. 2011].

Jednym z systemów mulczowania, mającym zastosowanie w polowej produkcji roślinnej, jest mieszanie materii roślinnej (uzyskiwanej z resztek poźniwnych lub poplonów uprawianych na zieloną masę) z wierzchnią warstwą gleby. W tym celu wykorzystywane są, w agregacie z ciągnikiem, narzędzia o różnej konstrukcji [KOGUT 2011b, c; VOZKA 2007]. Największe zastosowanie mają brony talerzowe i kultywatory ścierniskowe.

Obecnie w produkowanych seryjnie kultywatorach ścierniskowych wykorzystuje się do uprawy wierzchniej warstwy gleby układy różnych elementów roboczych. Występuje wiele ich kombinacji, przy czym standardem jest równoczesne stosowanie następujących zespołów roboczych:

- zębów – do podcinania i spulchniania wierzchniej warstwy gleby oraz jej mieszania z materią roślinną;
- talerzy – głównie do niwelowania na powierzchni gleby śladów po pracy zębów;
- wałów – do centralnego ustalania głębokości pracy zębów i talerzy oraz zagęszczania i wyrównywania zmulczowanej (wymieszanej z materią roślinną) wierzchniej warstwy gleby, w tym także kruszenia brył i wciskania resztek roślinnych w glebę.

Zęby mogą być rozmieszczone w dwóch, trzech lub nawet czterech rzędach na długości kultywatora i zamocowane do ramy nośnej na sztywno lub elastycznie. Ich liczba i rozstaw zależą w znacznym stopniu od ich konstrukcji (tj. typu zę-

bów), a wypadkowa podziałka śladów po zębach na szerokości roboczej kultywatorów zawiera się w szerokim przedziale od 180 do nawet 450 mm. Sekcje talerzy wyrównujących, o konstrukcji zbliżonej do stosowanych w bronach talerzowych, również mogą być mocowane do ramy nośnej na sztywno lub elastycznie. Z reguły są wyposażane w regulacje do przestrzennego ustawiania położenia talerzy względem ramy, a więc i względem tworzonych na powierzchni gleby śladów po zębach, szczególnie tych ostatnich na długości kultywatora. Konstrukcje i regulacje wałów ugniatających, umieszczanych z tyłu kultywatorów, są zbliżone do stosowanych w bronach talerzowych [KOGUT 2011a].

Celem badań była ocena jakości pracy kultywatorów ścierniskowych, na przykładzie wybranych konstrukcji z produkcji seryjnej, pracujących w zróżnicowanych warunkach eksploatacji podczas mulczącej uprawy powierzchniowej gleby.

Niniejsza praca jest kontynuacją problematyki podjętej w 2010 r. w Ośrodku Badawczym Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Kłodzku w zakresie porównania i oceny jakości wykonywania mulczącej uprawy gleby za pomocą różnych technik [GOLKA 2011]. Wyniki porównań i oceny różnych konstrukcji bron talerzowych przedstawiono we wcześniejszej publikacji [KOGUT 2011a].

Metody badań

Badania wykonano w warunkach polowych na glebie średniozwięzłej w dwóch terminach agrotechnicznych: latem i jesienią 2011 r. Pola były płaskie, o optymalnej dla uprawy wilgotności i niewielkim zakamienieniu. Podczas badań stosowano procedury badawcze do oceny narzędzi i maszyn do powierzchniowej uprawy gleby, pod kątem ich przydatności w rolnictwie, zgodnie z Polskimi Normami [PN-90/R-55004; PN-83/R-55000]. Zmiennymi badawczymi były:

- zróżnicowane warunki eksploatacji kultywatorów ścierniskowych, obejmujące postać i masę resztek roślinnych, wynikającą ze źródła ich pochodzenia, a także nastawianą przez rolnika głębokość pracy kultywatorów – mulczącej uprawę gleby wykonywano na trzech polach:
 - A – ściernisko po zbiorze pszenicy o mniejszej ilości resztek roślinnych (słoma zebrana z pola), nastawiana głębokość uprawy $h = 8$ cm;
 - B – ściernisko po zbiorze pszenicy jak na polu A, ale o większej ($h = 16$ cm) głębokości uprawy;
 - C – ściernisko po zbiorze kukurydzy na ziarno, o bardzo dużej ilości resztek roślinnych na powierzchni gleby, nastawiana głębokość uprawy $h = 16$ cm;
- zróżnicowane konstrukcje kultywatorów ścierniskowych, zawieszanych, o szerokości roboczej 3,0 m; porównano dziesięć konstrukcji oznaczonych C1, C2, ..., C10.

Charakterystykę warunków pracy wykonano w aspekcie wnoszenia do gleby materii roślinnej bezpośrednio przed eksploatacją kultywatorów w pięciu powtórzeniach, a uzyskane wartości (średnie i odchylenia standardowe) zestawiono w tabeli 1. Przed pracą kultywatory były regulowane na wyznaczonych działkach

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	B	C	A	B	C
Głębokość robocza [cm] Working depth [cm]	7,2	12,1	12,8	1,3	1,9	1,9
Masa resztek roślinnych [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$] Mass of plant residues [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	753	753	2 910	113	113	611
Wysokość ścierniska [cm] Stubble height [cm]	110	110	482	6	6	24
Wilgotność gleby [%] Soil moisture content [%]	12,8	12,8	15,4	0,2	0,2	0,5
Gęstość objętościowa [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] Bulk density [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,8	1,8	1,85	0,07	0,07	0,11

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

sąsiadujących z działkami badawczymi, niezależnie dla każdego pola A–C. Badania wykonywano na działkach o długości 150 m, w dwóch powtórzeniach podczas sąsiednich przejazdów. Dla każdej konstrukcji w poszczególnych warunkach eksploatacji A–C określano:

- głębokość roboczą: średnia (mm) i wskaźnik nierównomierności z 15 pomiarów (%);
- miąższość uprawianej warstwy: średnia (mm) i wskaźnik nierównomierności z 15 pomiarów (%);
- wskaźnik przykrycia resztek poźniwnych (średnia z 5 pomiarów) w %;
- prędkość roboczą (średnia z długości odcinka) w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Dla każdego z przejazdów oceniano również podcięcie i zbrylenie powierzchni gleby. Maksymalny względny błąd dokładności z odczytu wielkości pierwotnych wyniósł 6% i wystąpił w trakcie obliczania, wykonanego zgodnie z normą PN-83/R-55000, głębokości i miąższości w płytce (ok. 8 cm) uprawie na polu A (z różnicy wartości profili glebowych określanych przed i po uprawie, z dokładnością 0,5 cm).

Wszystkie kultywatory pracowały, połączone z ciągnikiem za pomocą trójpunktowego układu zawieszenia, z prędkością roboczą ok. $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Przejazdy badawcze odbywały się skośnie do śladów kół pozostawionych przez kombajny i współpracujące ciągniki podczas zbioru. Uzyskano w ten sposób porównywalne warunki pracy dla wszystkich konstrukcji kultywatorów.

Szczegółową charakterystykę techniczną badanych kultywatorów ścierniskowych zestawiono w tabeli 2. Uwzględniono następujące aspekty w konstrukcji kultywatorów:

- sposób mocowania zębów do ramy nośnej: stosowano elastyczne zawieszenie na automatycznych bezpiecznikach dźwigniowo-sprężynowych (fot. 1a) – konstrukcje C2, C4–C8 i C10, oraz na sprężynach typu „agrafka” (fot. 1b), zwijanych

Tabela 2. Charakterystyka techniczna stosowanych kultywatorów ścierniskowych
Table 2. Technical characteristics of the stubble cultivators applied

Wyszczególnienie Specification	Wersje kultywatora Version of cultivator									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Masa kultywatora Weight of cultivator [kN]	1 200	1 200	694	1 592	1 570	1 420	1 598	1 882	1 500	1 606
Liczba zębów w rzędach Number of teeth in rows	3+4	3+4	4+5	3+4	3+4	3+4	3+4	3+3+4	3+3+4	3+4+4+5
Podziałka zębów Scale of tooth [mm]:										
– w rzędzie na szerokości roboczej in row on the working width	420	425	340	420	420	420	420	290	255	190
– między rzędami between rows	800	800	800	830	650	790	830	830	775	780
Prześwit pod ramą Ground clearance [mm]	730	575	620	810	680	810	780	700	880	730
Wymiary zęba: The dimensions of the tooth:										
– szerokość robocza width [mm]	500	470	350	480	450	450	450	450	350/75	137
– kąt ustawienia skrzydełek directional angle of the wings [°]	47	48	–	40	45	42	54	45	60	–
– kąt wzniosu redlicy coulter angle [°]	14	11	11	20	14	17	18	18	16	10
– kąt skrawania skrzydełek cutting angle of wings [°]	25	22	–	29	18	18	25	25	20	–
– maksymalne uniesienie skrzydełek od podłoża [mm] maximum lifting up of wings above the ground [mm]	25	50	20	20	30	20	60	60	40	–
Ustawienie talerzy wyrównujących: Set-up of equalizing discs:										
– kąt pochylenia α inclination angle α [°]	–19	–15	–	–7	–15	–24	2	–7	–18	–
– kąt natarcia β rake angle β [°]	21	21	–	30	18	21	19	30	24	–
– odległość minimalna między zębem a talerzem [mm] minimum distance between tooth and disc [mm]	650	450	–	650	340/440	550	600	700	400	–
– odległość minimalna między talerzami [mm] minimum distance between discs [mm]	680	350	–	600	480	630	250	640	650	–
Średnica [mm] i liczba talerzy wyrównujących Diameter [mm] and number of equalizing discs	455x8	460x8	–	460x8	420x8	420x6	460x14	455x6	420x8	–
Średnica wału Roller diameter [mm]	395/410	500	–	550	460	420	520	600	460	540
Wymiary w położeniu roboczym Dimensions in working position [m]:										
– szerokość width	3,46	3,35	3,02	2,99	3,39	3,10	2,93	3,14	3,50	3,40
– wysokość height	1,31	1,27	1,25	1,53	1,11	1,34	1,38	1,49	1,60	1,24
– długość length	3,45	2,90	2,75	3,30	2,85	2,95	3,44	3,97	3,85	3,37

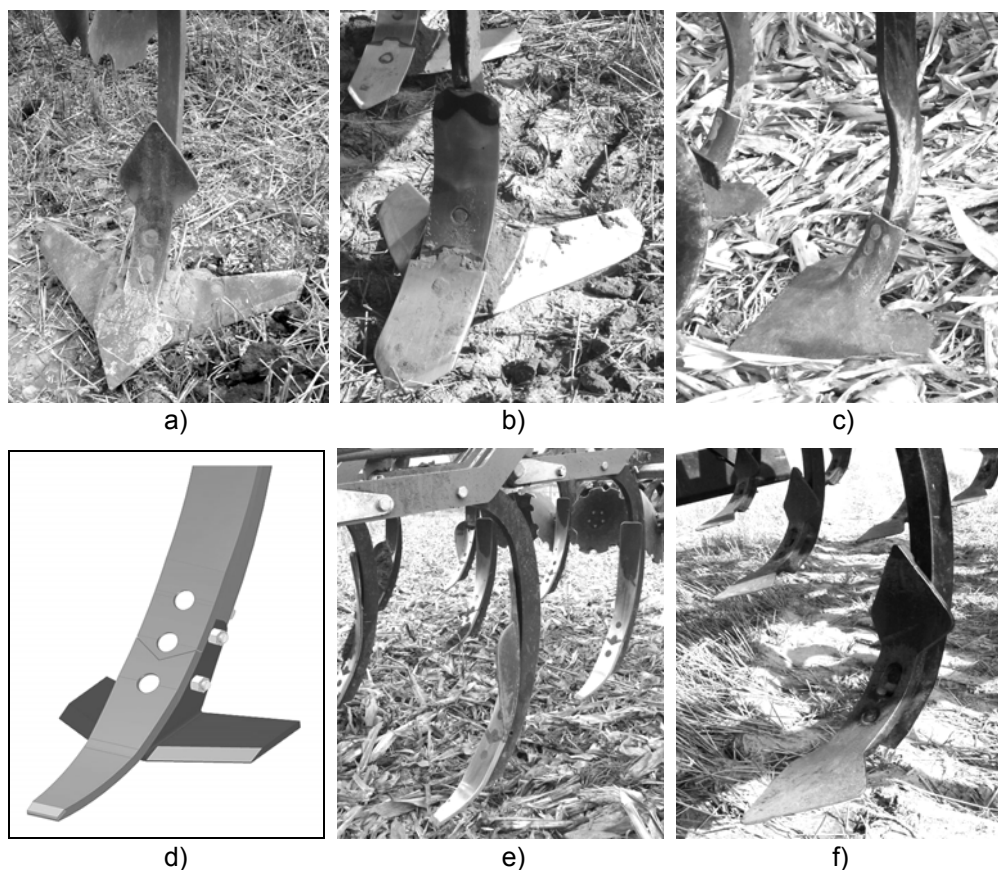
Źródło: wyniki własne. Source: own study.



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

Fot. 1. Przykładowe konstrukcje kultywatorów ścierniskowych: a) wersja C7, b) wersja C1
Photo 1. Exemplary structures of stubble cultivators: a) C7 version, b) C1 version

- z pręta kwadratowego, stanowiącego przedłużenie słupic – C1 i C9, a także sztywne zawieszenie zębów zabezpieczonych przed przeciążeniem ścinanymi bezpiecznikami – C3;
- liczbę rzędów na długości kultywatora: stosowano kultywatory 2-rzędowe C1–C7; 3-rzędowe C8–C9 i 4-rzędowe C10; wypadkowe podziałki zębów wynosiły odpowiednio: 340–425 mm, 255–290 mm i 190 mm (tab. 2);
 - wybrane cechy konstrukcji zębów spulchniających: zęby gęsiostopkowe ze skrzydełkami bocznymi (tzw. podcinaczami) na bazie redliczek sercowych dwustronnych (fot. 2a) w kultywatorach C1 i C8 i redliczek dłutowych (fot. 2b) w kultywatorach C2, C4–C7 oraz odkręcanych podcinaczy (fot. 2d i 2e) w C9, a także klasyczne zęby gęsiostopkowe (fot. 2c) w C3 i dwustronne sercowe (fot. 2f) w C10;
 - wybrane cechy konstrukcji palców zgrzebla i powierzchni wałów ugniatających;
 - sposób zawieszenia i regulacji talerzy wyrównujących: stosowano sztywne zawieszenie talerzy o różnych zakresach regulacji wartości ich położenia (C1, C2, C5, C6, C8, C9), elastyczne zawieszenie (C4 i C7) oraz w konstrukcji C7 zastosowano talerze w konfiguracji kompaktowej brony talerzowej;



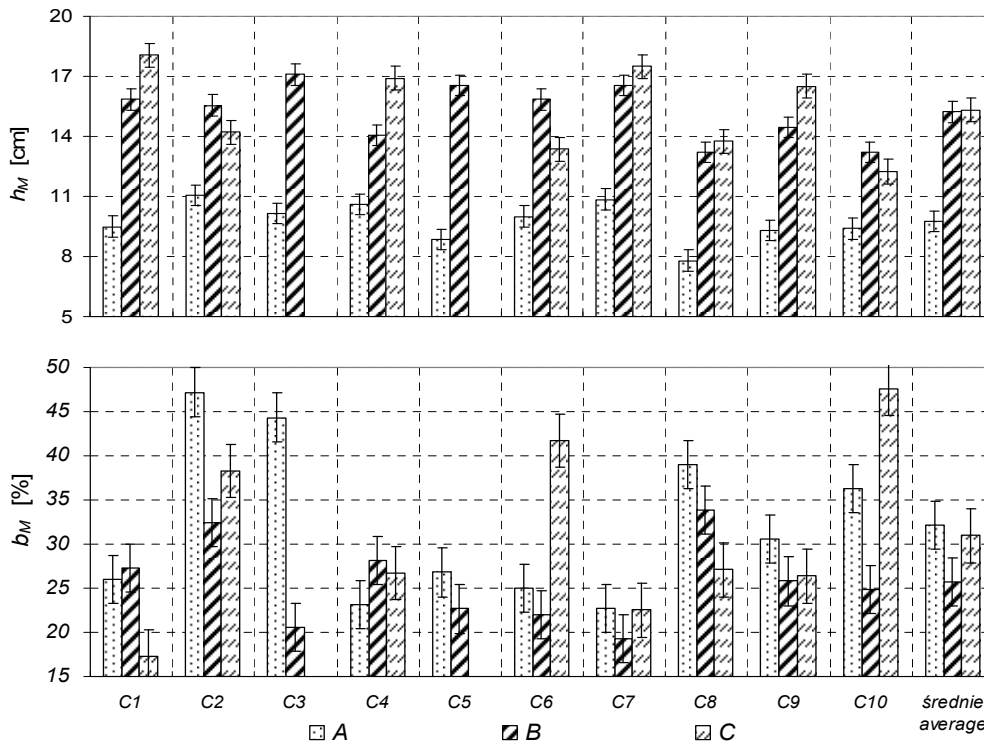
Źródło: fot. Z. Kogut. Source: photo Z. Kogut.

Fot. 2. Różne wersje zębów stosowanych w badanych kultywatorach ścierniskowych
Photo 2. Different versions of the teeth used in stubble cultivators tested

- konfigurację zespołów elementów roboczych w konstrukcji kultywatora: oprócz wersji klasycznej (zęby + talerze + wał) stosowano także:
 - zęby + zgrzebło palcowe, bez talerzy i wału – C3;
 - zęby + zgrzebło + wał, bez talerzy – C10.

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 kultywatorów w jednakowych warunkach eksploatacji, jak i średnio dla stosowanych konstrukcji na poszczególnych polach A–C. Powyższe wartości średnie porównano w analizie jednorodności grup, opartej na najmniejszych istotnych różnicach LSD (zwanym także testem NIR Fishera), na 95-procentowym poziomie ufności. Do oceny istotności różnicowania wartości średnich stosowano analizę wariancji (wykorzystując test F) z klasyfikacją poje-

dynczą metodą Anova, wprowadzając założenie jednakowej wariancji analizowanych wskaźników oddzielnie dla poszczególnych warunków eksploatacji (pól A–C). Najistotniejsze wyniki analizy statystycznej zestawiono w tabeli 3., a wyniki porównań na rysunkach 1–2.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Porównanie wartości miąższości h_M zmulczowanej warstwy gleby i wskaźnika jej nierównomierności b_M dla różnych konstrukcji kultywatorów ścierniskowych na polach A, B i C

Fig. 1. Comparison of the thickness h_M of mulched soil layer and its irregularity index b_M for different structures of stubble cultivators in the fields A, B, C

Analiza wyników badań

Pola A–C, na których wykonano powierzchniową uprawę mulczującą, wyraźnie różniły się warunkami pracy. Na polach A i B, bezpośrednio po zbiorze ziarna i słomy pszenicy, o tej samej wilgotności i gęstości gleby, średnia masa resztek roślinnych niskiego ścierniska wynosiła $753 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, gdy zbliżone względne zróżnicowanie – ok. 15% (tab. 1). Różnica w warunkach polegała na nastawianej głębokości uprawy, wynoszącej 8 cm na polu A i 16 cm na polu B. Na polu C występowało wysokie ściernisko po zbiorze kukurydzy na ziarno, z bardzo dużą ilością masy roślinnej (średnio $2910 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, w warunkach 21-proc. zróżnicowania), a nastawiana głębokość uprawy wynosiła 16 cm.

Tabela 3. Zestawienie najistotniejszych wskaźników oceny jakości pracy kultywatorów ścierniskowych
 Table 3. List of most important indices to evaluate the operation quality of stubble cultivators

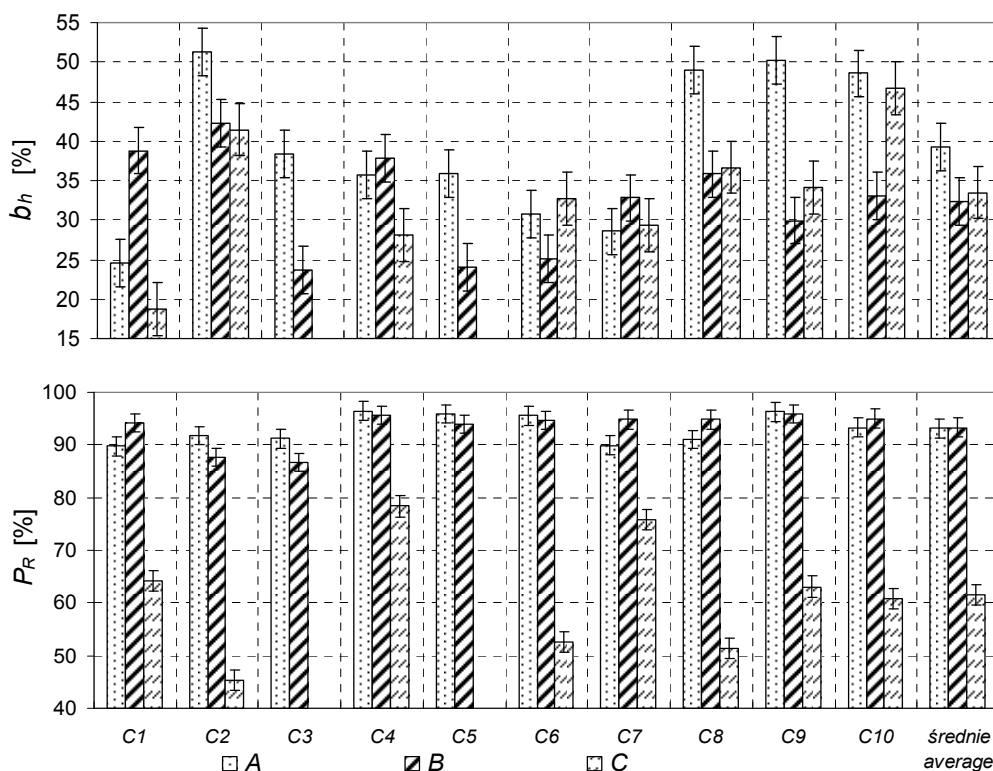
Wskaźnik nierównomierności głębokości b_n Index of working depth irregularity b_n [%]			Miąższość zmulczowanej warstwy h_M Thickness of mulched layer h_M [cm]			Wskaźnik nierównomierności miąższości b_M Index of thickness irregularity b_M [%]			Wskaźnik przykrycia resztek roślinnych P_R Index of covering plant residues P_R [%]						
Poziomy grup jednorodnych Homogeneous groups		x_{sr}	s	Poziomy grup jednorodnych Homogeneous groups		x_{sr}	s	Poziomy grup jednorodnych Homogeneous groups		x_{sr}	s				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Pole A Field A															
C1	X	24,5	13,4	C8	X	7,8	0,5	C7	X	22,7	4,8	C1	X	89,8	5,1
C7	X	28,6	2,6	C5	XX	8,9	1,4	C4	X	23,2	2,9	C7	X	90,0	0,2
C6	XX	30,8	10,9	C9	XX	9,3	0,1	C6	X	25,0	5,7	C8	XX	91,0	1,3
C4	XXX	35,7	13,2	C10	XX	9,4	1,1	C1	X	26,1	8,6	C3	XX	91,2	0,0
C5	XXX	35,9	11,4	C1	XX	9,5	1,7	C5	X	26,8	7,1	C2	XX	91,8	3,1
C3	XXX	38,4	7,6	C6	XX	10,0	0,9	C9	XX	30,6	11,0	C10	XX	93,3	0,1
C10	XX	48,6	14,0	C3	XX	10,2	1,3	C10	XX	36,3	16,5	C6	X	95,6	0,8
C8	XX	49,0	10,6	C4	X	10,6	1,7	C8	XX	39,0	3,0	C5	X	95,9	1,1
C9	XX	50,3	15,5	C7	X	10,9	0,9	C3	X	44,4	5,6	C9	X	96,3	0,4
C2	X	51,3	12,0	C2	X	11,1	2,8	C2	X	47,2	19,6	C4	X	96,5	0,3
średnio z pola average for field		39,3	14,6	średnio z pola average for field		9,8	1,5	średnio z pola average for field		32,1	12,0	średnio z pola average for field		93,1	3,1
95% przedział ufności 95% significance level			6,0	95% przedział ufności 95% significance level			1,1	95% przedział ufności 95% significance level			5,5	95% przedział ufności 95% significance level			3,5
Pole B Field B															
C3	X	23,7	7,5	C10	X	13,2	0,5	C7	X	19,3	3,6	C3	X	86,7	1,4
C5	X	24,0	5,8	C8	X	13,2	0,9	C3	X	20,6	2,7	C2	X	87,7	0,5
C6	X	25,1	7,3	C4	XX	14,1	0,8	C6	XX	22,1	6,0	C5	X	94,0	1,2
C9	XX	30,0	14,3	C9	XX	14,5	2,3	C5	XX	22,7	3,7	C1	X	94,3	0,7
C7	XX	32,8	9,2	C2	XXX	15,6	0,3	C10	XX	24,9	12,6	C6	XX	94,7	1,0
C10	XX	33,0	14,4	C1	XX	15,9	3,1	C9	XX	25,8	11,0	C7	XX	94,8	0,1
C8	XX	35,8	10,9	C6	XX	15,9	1,1	C1	XX	27,3	12,3	C8	XX	94,8	0,7
C4	XX	37,8	2,3	C7	XX	16,6	0,4	C4	XX	28,1	7,4	C10	XX	95,0	0,4
C1	XX	38,8	3,5	C5	XX	16,6	2,0	C2	XX	32,5	1,1	C4	X	95,7	0,2
C2	X	42,3	7,1	C3	X	17,1	1,6	C8	X	33,9	0,6	C9	X	95,9	0,4

cd. tabeli 3.

1		2	3	4		5	6	7		8	9	10		11	12
średnio z pola		32,3	9,8	średnio z pola		15,2	1,9	średnio z pola		25,7	8,0	średnio z pola		93,3	3,3
average for field				average for field				average for field				average for field			
95% przedział ufności			6,0	95% przedział ufności			1,1	95% przedział ufności			5,5	95% przedział ufności			3,5
95% significance level				95% significance level				95% significance level				95% significance level			
Pole C Field C															
C1	X	18,8	1,4	C10	X	12,3	0,5	C1	X	17,3	1,8	C2	X	45,4	4,4
C4	XX	28,2	0,1	C6	XX	13,4	0,3	C7	X	22,6	5,4	C8	X	51,4	3,3
C7	XX	29,3	1,2	C8	XXX	13,8	2,2	C9	XX	26,4	1,4	C6	X	52,6	1,3
C6	XXX	32,7	6,4	C2	XXXX	14,2	5,3	C4	XX	26,7	6,0	C10	X	60,8	7,0
C9	XX	34,1	4,9	C9	XXX	16,5	0,0	C8	XX	27,1	3,2	C9	X	63,1	0,4
C8	XX	36,7	2,8	C4	XXX	16,9	2,0	C2	XX	38,3	14,3	C1	X	64,3	1,1
C2	XX	41,5	10,0	C7	XX	17,5	1,8	C6	X	41,7	1,3	C7	X	75,9	9,3
C10	X	46,7	20,8	C1	X	18,1	1,0	C10	X	47,6	11,0	C4	X	78,4	3,0
średnio z pola		33,5	11,0	średnio z pola		15,3	2,8	średnio z pola		31,0	11,6	średnio z pola		61,5	11,8
average for field				average for field				average for field				average for field			
95% przedział ufności			6,7	95% przedział ufności			1,2	95% przedział ufności			6,1	95% przedział ufności			3,9
95% significance level				95% significance level				95% significance level				95% significance level			

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

Źródło: wyniki własne. Source: own study.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 2. Porównanie wartości wskaźników nierównomierności głębokości b_h i przykrycia resztek roślinnych P_R dla różnych konstrukcji kultywatorów ścierniskowych na polach A, B i C

Fig. 2. Comparison of the indices: b_h – depth irregularity and P_R – covering of plant residues, for different structures of stubble cultivators on the fields A, B, C

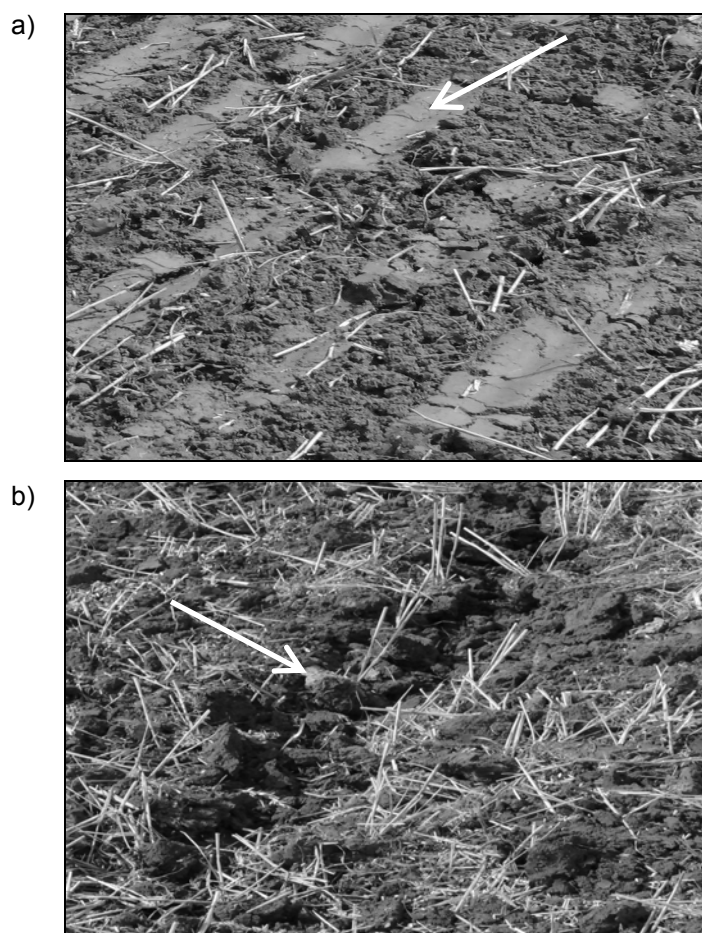
W wyniku uprawy na polach A i B stwierdzono pełne podcięcie ścierniska pszenicy dla wszystkich stosowanych kultywatorów. Na polu C, po zbiorze kukurydzy na ziarno, z powodu ciągłego zapychania materia roślinną, nie pracowały kultywatory C3 i C5. W przypadku kultywatora C3 przyczyną zapychania się były zęby gęsiostopkowe (fot. 2c): kultywator trudno się zagłębiał na każdym polu, a w warunkach ścierniska po kukurydzy, podczas zgarniania resztek roślinnych, natychmiast ulegał zapychaniu. W przypadku kultywatora C5 przyczyną zapychania był zbyt mały prześwit roboczy, zarówno pod ramą, jak i wzdłuż między rzędami. Niepełne (w ok. 50%) podcięcie ścierniska po kukurydzy stwierdzono dla kultywatorów C9 i C10, wyposażonych w wąskie zęby w postaci redliczek dłutowych (fot. 2e) po odkręceniu bocznych podcinaczy oraz klasycznych dwustronnych „sercówek” (fot. 2f). Większa liczba rzędów z zębami (trzy w C9 i cztery w C10) nie zwiększyła stopnia podcięcia: następowało przepuszczanie stojących łodyg kukurydzy z silnym systemem korzeniowym.

Zbrylenie występujące na powierzchni gleby po pracy kultywatorów ścierniskowych dotyczyło tylko niektórych wersji konstrukcji i miało różne źródła powstawania. Największe, wynoszące ok. 45% udziału brył o średnicy powyżej 30 mm na powierzchni 1 m², stwierdzono dla wersji C9 na polu A. Miało ono charakter zbrylenia wtórnego (po wyschnięciu powierzchni) i było spowodowane intensywną pracą zgrzebła o szerokich, płaskich elementach roboczych (fot. 3a). Również duże (ok. 30%) zbrylenie stwierdzono dla wersji C3 kultywatora bez wału, pracującego tylko z trzyczęściowym zgrzebłem palcowym. Ostatnią przyczyną powstawania zbrylenia był sprężysto-udarowy charakter pracy zębów w niektórych konstrukcjach. W przypadku zbyt małej wartości sił zabezpieczających przed przeciążeniem występował on szczególnie na polu B. Rezultatem były widoczne na powierzchni gleby ślady szczelin i bryły po chwilowym wyrwaniu gleby w wyniku odchylenia się do tyłu i unoszenia sprężystych zębów (fot. 3b).

Miejscowe zbrylenie w otoczeniu szczelin wynosiło ok. 50%. Efektu tego w większości przypadków nie były w stanie usunąć współpracujące talerze i wały. Wyodrębniono dwa przypadki częstej pracy udarowej, dotyczące wszystkich zębów kultywatora (wersji C5) oraz tylko niektórych zębów (C1 i C2). Pierwszy wynika z założonej dla kultywatora siły przeciążeniowej, drugi natomiast jest efektem dokładności wykonania konstrukcji.

Średnio dla wszystkich stosowanych konstrukcji kultywatorów uzyskane głębokości robocze h_h zębów wynosiły 7,2 cm na polu A oraz 12,5 cm na polach B i C (tab. 1). Miąższość zmulczowanej (wymieszanej z resztkami roślinnymi) warstwy gleby h_M wynosiła odpowiednio 10 i 15 cm (tab. 3). Zróżnicowanie głębokości h_h (w postaci wskaźnika nierównomierności b_h) było wyraźnie większe w płytkiej uprawie na polu A (39%) w porównaniu z głębszą pracą na polach B i C (32–33,5%), natomiast zróżnicowanie miąższości h_M zmulczowanej warstwy było istotnie większe na polach A i C (31–32%) w porównaniu z uprawą na polu B (26%). W przypadku wskaźnika b_h był to efekt wpływu nastawianej głębokości (im mniejsza średnia głębokość, tym większe jej względne zróżnicowanie), a w przypadku wskaźnika b_M dodatkowego wpływu zmienności masy resztek roślinnych na powierzchni pola (większa zmienność masy resztek na powierzchni generuje większe zróżnicowanie grubości zmulczowanej warstwy). Wskaźnik P_R przykrycia resztek roślinnych na ściernisku po pszenicy wynosił 93% zarówno dla uprawy płytszej (pole A), jak i głębszej (pole B). Jego wartości w występujących warunkach uprawy ścierniska po pszenicy nie zależą od głębokości roboczej h_h kultywatorów ścierniskowych. Istotnie mniejsze przykrycie resztek stwierdzono natomiast na ściernisku po kukurydzy (62%), w warunkach znacznie większej zmienności wartości P_R dla stosowanych konstrukcji kultywatorów (średnie odchylenie $s = 12\%$).

Indywidualnie dla poszczególnych konstrukcji kultywatorów najmniejszą zmienność głębokości roboczej (ok. 30%) oraz miąższości (ok. 20%) w całym zakresie zróżnicowania warunków pracy (dla pól A–C) stwierdzono dla kultywatora ścierniskowego C7. Ten 2-rzędowy kultywator wyposażony był w zęby redlicowe ze skrzydełkami (podcinaczami), o rozstawie 420 mm i automatycznym sprężynowym (regulowanym indywidualnie) zabezpieczeniu przed przeciążeniem,



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

Fot. 3. Widoczne zbrylenia na powierzchni gleby: a) po pracy zgrzebła o płaskich, sprężystych elementach roboczych, b) po wyrwaniu gleby w wyniku sprężystego uniesienia się zęba kultywatora

Photo 3. Visible clumping on the soil surface: a) work-in scrapers with flat elastic working elements: b) after snatching the soil as a result of elastic lift the tooth cultivator

a wyrównywanie powierzchni gleby po pracy zębów odbywało się za pomocą elastycznie zawieszonych w dwóch rzędach talerzy brony. Dla porównania, największe wartości wyżej wymienionych wskaźników dla niektórych wersji kultywatorów dochodziły do 50% (tab. 3). Największe przykrycie resztek roślinnych w całym zakresie występujących warunków eksploatacyjnych stwierdzono po pracy kultywatora C4 (97% na ściernisku po pszenicy i 78% po kukurydzy). Również dobre przykrycie resztek (ta sama grupa jednorodna) występuje dla kultywatora C9, ale tylko na polach A i B – ściernisko po pszenicy. Na polu C, po odjęciu z zębów tego kultywatora bocznych skrzydełek podcinających, przykrycie resztek kukurydzy

uległo pogorszeniu w stosunku do innych wersji kultywatorów. Szczególną cechą pracy zębów tej wersji kultywatora, w aspekcie całego procesu przykrywania resztek, było przemieszczanie gleby z dolnych warstw na powierzchnię w postaci skośnie kierowanych strumieni (po śrubowej powierzchni jednostronnych redliczek). Najmniejszą przydatność w przykrywaniu resztek roślinnych stwierdzono dla wersji C3 kultywatora: na polach A i B wartości wskaźnika P_R były istotnie najmniejsze, a powierzchnia zmulczowanej warstwy nieprzygnieciona, ze stojącymi resztkami ścierniska (najgorsze warunki do rozkładu materii roślinnej w zmulczowanej warstwie), natomiast na polu C kultywator ulegał ciągłemu zapychaniu.

W wyniku oceny uwzględnionych aspektów konstrukcji kultywatorów ścierniskowych stwierdzono:

- mocowanie zębów na sprężynach typu „agrafka” nie pozwala na regulację wartości siły zabezpieczającej, w przeciwieństwie do automatycznych bezpieczników sprężynowych;
- nie zaobserwowano różnic w jakości pracy, uzasadniających zwiększenie liczby rzędów (powyżej dwóch standardowych) z zębami spulchniającymi na długości kultywatorów;
- najmniejszą przydatność do pracy w kultywatorach ścierniskowych mają zęby gęsiostopkowe klasyczne (fot. 2c), natomiast największą – zęby gęsiostopkowe z odkręcanymi podcinaczami, wykonywane na bazie jednostronnych redliczek dłutowych o śrubowej powierzchni roboczej (fot. 2d i 2e), ponieważ:
 - pozwalają ograniczyć wzrost zapotrzebowania na siłę uciągu przy większych (ok. 18–20 cm) głębokościach roboczych w stosunku do głębokości ok. 10 cm;
 - śrubowa powierzchnia robocza redliczek powoduje rozsypywanie wynoszonej na powierzchnię gleby skośnym strumieniem na bok słupicy, co zmniejsza tendencję do zapychania kultywatora oraz poprawia mieszanie materii roślinnej z glebą;
- większą przydatnością cechują się elastyczne palce prętowe niż palce płaskie współpracującego zgrzebła oraz wały pierścieniowe, wciskające materię roślinną w glebę;
- elastycznie zawieszony talerze wyrównujące lepiej zagarniają ślady po zębach kultywatora niż talerze sztywno zawieszony; praca tych talerzy jest wyraźnie korzystniejsza po ustawieniu większych kątów natarcia, natomiast talerze o dodatnich wartościach kątów pochylenia (w kultywatorze C7) wymagają do właściwej pracy stosowania prędkości roboczej kultywatora ponad $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- największą przydatność w mulczującej uprawie roli ma klasyczna konfiguracja elementów roboczych kultywatora ścierniskowego (zęby + talerze + wał). Konfiguracja bez talerzy i wału (wersja C3) nie jest zalecana do zróżnicowanych warunków eksploatacji.

Wnioski

1. Zróżnicowanie grubości zmulczowanej (wymieszanej z resztkami roślinnymi) warstwy gleby w efekcie pracy kultywatorów ścierniskowych zależy od ich konstrukcji oraz warunków eksploatacji. Uzyskane wartości wskaźników oce-

- niających to zróżnicowanie wynoszą: nierównomierności głębokości pracy $b_h = 19\text{--}51\%$ i nierównomierności miąższości $b_M = 17\text{--}48\%$ w warunkach średniej głębokości pracy w przedziale 7–13 cm, a miąższości 8–18 cm.
2. Elementami konstrukcji, różnicującymi grubość zmulczowanej warstwy gleby, są konfiguracja elementów roboczych kultywatora i ich parametry konstrukcyjne (w tym charakterystyki sił przeciążeniowych poszczególnych zębów). Czynnikiem eksploatacyjnymi, wpływającymi na wartości b_h i b_M , są głębokość robocza kultywatora i zmienność masy resztek roślinnych na powierzchni uprawianej gleby.
 3. Względny wskaźnik przykrycia resztek roślinnych P_R podczas mulczującej uprawy gleby kultywatorami ścierniskowymi przyjmuje wartości w przedziale 45–97%. W największym stopniu zależy on od warunków pracy, a głównie masy i jakości resztek poźniwnych. W mniejszym stopniu natomiast zależy od konstrukcji kultywatora (tj. konfiguracji jego elementów roboczych). Najmniejsze przykrycie stwierdzono na ściernisku po kukurydzy, na którym wystąpił też największy wpływ konstrukcji na wartości wskaźnika P_R .
 4. Najkorzystniejszą wersją konstrukcji kultywatora ścierniskowego jest konfiguracja klasyczna, zawierająca elementy robocze: spulchniające, wyrównujące i ugniatająco-kruszące. Właściwy dobór ich parametrów konstrukcyjnych poprawia jakość pracy kultywatora, szczególnie w różnych warunkach eksploatacji.

Bibliografia

- GOLKA W. 2011. Techniki uprawy gleby, ograniczające emisję gazów cieplarnianych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 51–60.
- KOGUT Z. 2011a. Jakość pracy bron talerzowych w zróżnicowanych warunkach eksploatacji. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 s. 53–67.
- KOGUT Z. 2011b. Jakość pracy narzędzi w uprawie gleby z wykorzystaniem mulczu. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 3 s. 89–102.
- KOGUT Z. 2011c. Mulching soil cultivation technology. W: Conservation tillage systems and environment protection in sustainable agriculture. Pr. zbior. Red. E. Kamiński. Falenty. Wydaw. ITP s. 51–80.
- KOGUT Z. 2011d. Techniczno-energetyczne aspekty uprawy gleby z wykorzystaniem mulczu. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 3 s. 75–88.
- KOPIŃSKI J., KUŚ J. 2011. Wpływ zmian organizacyjnych w rolnictwie na gospodarkę glebową materia organiczną. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 47–64.
- PN-83/R-55000: Maszyny Rolnicze. Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych.
- PN-90/R-55004: Maszyny Rolnicze. Metody badań. Charakterystyka energetyczna.
- ROSZKOWSKI A. 2011. Technologie produkcji zwierzęcej a emisje gazów. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 83–97.
- ROSZKOWSKI A., SZEPTYCKI A., CHIGAREV O. 2011. Conditions of technological progress in soil tillage. W: Development trends in soil cultivation and fertilization engineering in the aspect of organic farming standards. Pr. zbior. Red. E. Kamiński. Falenty. Wydaw. ITP s. 96–114.
- VOZKA P. 2007. Comparison of alternative tillage systems [online]. MSc Thesis. Cranfield University. [Dostęp 16.04.2012]. Dostępny w Internecie: <http://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/1826/2077/1/rozka-the-sis.pdf>

Zbigniew Kogut

**WORK QUALITY OF THE STUBBLE CULTIVATORS
UNDER DIFFERENTIATED OPERATION CONDITIONS**

Summary

The study comparatively evaluated work quality of the stubble cultivators operating under differentiated field conditions, at mulching cultivation of top soil layer. The medium heavy soil, of optimum moisture content, was cultivated in two terms – the summer and autumn. The cultivation aimed at opening and undercutting the top soil to required depth, and mixing it with plant residues remained on the surface. Differentiated operation conditions (on the three fields A, B, C), and construction of the cultivators were assumed as the research variables. The stubble after wheat harvest on fields A and B was low (0.11 m), with the small amount of crop residues ($753 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ on average), whereas on the field C high stubble occurred (0.48 m), after maize harvested for grain, with very large mass of plant residues ($2910 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, on average). Variation in plant residues on the soil surface (in form of standard deviation) amounted to $113 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ for the fields A and B, and $611 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ for the field C. Adjusted depth of soil layer to be mulched attained to 8 cm (for field A), and 16 cm (for fields B and C). Ten versions of tractor-mounted stubble cultivators, of the working width 3.0 m, were selected from series production; their technical characteristics were described. Work quality of the cultivators used was determined by the indices of working depth (h_h) and thickness (h_M) of mulched layer, as well as their irregularities (b_h and b_M). The values of P_R index (covering of plant residues by cultivators' operation) were determined, too. Obtained test results (in form of means at 95% confidence intervals) were compared on the diagrams, using the analysis of groups' homogeneity. On average, for all cultivators' versions the depth differentiation (h_h) was larger at shallow cultivation on the field A ($h_h = 39\%$), in comparison to deeper cultivation on fields B and C (32.0–33.5%). Differentiation of the thickness (h_M) was higher on the fields A and C ($b_M = 32\%$), than at cultivation on the field B (26%). Index of covering plant residues (P_p) on the wheat stubble reached 93%, both, for the shallow (field A) and deeper (field B) cultivation. Its values, under existing conditions, did not depend on the working depth of stubble cultivators (small values for 95 % confidence intervals). However, significantly worse covering of plant residues was observed on the maize stubble (62%), at considerably higher variability of P_R value for used construction versions of cultivators. The smallest variability of working depth ($b_h = 30\%$) and thickness ($b_M = 20\%$), in the whole differentiation range of work conditions on the fields A–C, were found for cultivator of C7 version. The highest values of these indices for some versions reached up to 50%.

Key words: stubble cultivators, field investigations, work quality, working depth, thickness of mulched layer, operating conditions

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 wew. 111; e-mail: z.kogut@itep.edu.pl