

Ryszard Weber

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Jelcz-Laskowice

Efektywność siewu bezpośredniego w warunkach dużych ilości pozostałości poźniwnych

Słowa kluczowe: siew bezpośredni, resztki poźniwne, redlice tarczowe, redlice klinowe

Wstęp

Duże koszty tradycyjnej uprawy roli związane ze znaczną pracochłonnością oraz istotnie wyższym zużyciem paliwa spowodowały, że w coraz większym stopniu uwzględnia się wszelkie alternatywne technologie uprawy bezplużnej. Badania wykazały, że tradycyjna uprawa roli pochłania do 40% ogólnych nakładów ponoszonych na agrotechnikę określonej rośliny [17]. Uproszczone technologie mogą jednak powodować istotny wzrost zachwaszczenia pól oraz spadki plonu [18, 24]. Uproszczenia w uprawie roli warunkują również zmiany gęstości, zwięzłości i porowatości gleby. Skrajną metodą bezplużnej uprawy gleby jest siew bezpośredni. Wyniki badań krajowych i zagranicznych wskazują na zróżnicowane plonowanie roślin w warunkach uprawy zerowej w porównaniu z tradycyjnymi metodami uprawy roli. Część autorów [28, 48] donosi o znacznym zmniejszeniu plonów przy stosowaniu siewu bezpośredniego, inni wysokość plonowania roślin uzależniają głównie od warunków hydrotermicznych w czasie wegetacji [19, 22]. W wielu pracach podkreśla się jednak, że plony w warunkach uprawy „zerowej“ nie różnią się istotnie od wyników uzyskanych przy stosowaniu tradycyjnej metody uprawy roli [14, 42]. Również wyższe nawożenie azotowe roślin wysianych metodą siewu bezpośredniego przyczynia się do znacznej poprawy plonowania [7]. Publikacje porównujące różne sposoby bezplużnej uprawy roli w wielu przypadkach nie podają typu stosowanego siewnika do siewu bezpośredniego. Znaczne zróżnicowanie tych siewników pod względem rodzaju aparatów wysiewających oraz sekcji doprawiających rolę bezpośrednio przed siewem może warunkować nieporównywalność wyników w cytowanych doniesieniach. Przewaga zbóż w obecnie stosowanych plodozmianach wskazuje, że szczególną uwagę należy poświęcić technice siewu bezpośredniego w warunkach dużych ilości resztek poźniwnych. Celem pracy jest przedstawienie zmiennych czynników wpływających na jakość siewu bezpośredniego, które w istotny sposób wpływają na zróżnicowanie plonów roślin uprawnych.

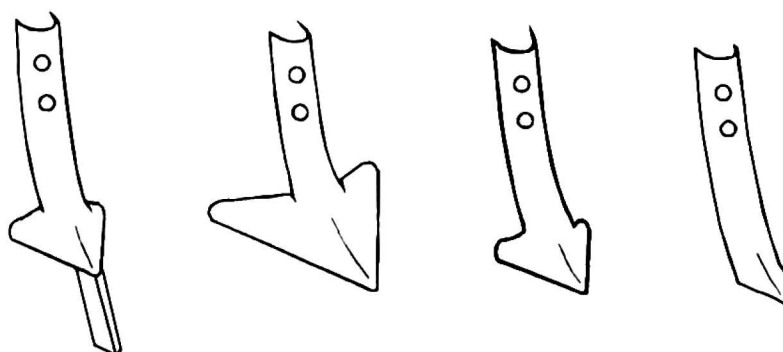
Zasada działania aparatu wysiewającego siewników do siewu bezpośredniego

Bruzdkę siewną tworzą najczęściej redlice talerzowe z jednym lub dwoma talerzami. W mniejszym stopniu stosuje się redlice klinowe lub w postaci gęsiostopki. Przed właściwym zespołem wprowadzającym nasiona do gleby stosowane są różnego rodzaju kroje talerzowe, zęby sztywne lub wibrujące, spulchniające pas siewny i rozcinające lub rozgarniające pozostałości poźniwne. Specjalne koła kopiujące i układy dociskujące zespoły redlicowe do gleby pracują w bezpośrednim sąsiedztwie zespołu tworzącego rowek, warunkując utrzymanie równomiernej głębokości siewu. Koła dociskowe o zróżnicowanym kształcie i szerokości, o średnicy nie przekraczającej 250 mm, wprasowują wysiane nasiona w dno rowka, umożliwiając nawilżenie nasion wodą podsiąkającą z gleby. Zagarnianie rowka siewnego wykonywane jest przez jedno lub dwa skośnie ustawione koła lub tarcze o tępych krawędziach [34]. Badania Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu wykazały, że optymalnym rozwiązaniem jest jedna redlica talerzowa z dociskiem pneumatycznym z automatyczną regulacją głębokości wysiewu [27]. Autorzy nie uwzględnili jednak w badaniach różnych typów gleby występujących na obszarze Polski.

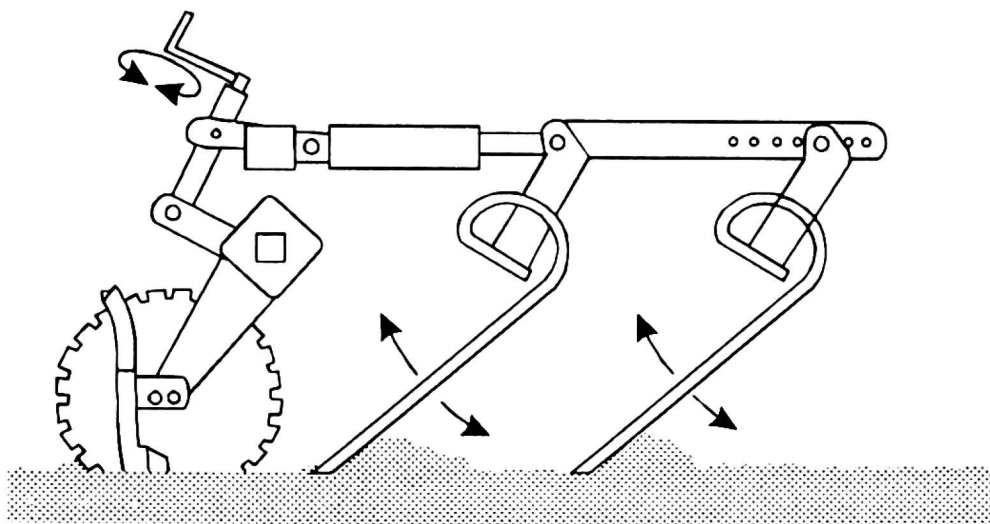
Rodzaje siewników do siewu bezpośredniego

Podstawowym problemem w czasie siewu w nie przyoraną warstwę słomy jest zapychanie się przewodów nasiennych siewnika resztkami roślin. Obecnie stosowane siewniki firm Amazone, Dutzi, Horsch, Juko, Väderstad, Great Plains wyposażone są w redlice tarczowe (obciążone mechanicznie lub hydraulicznie do 250 kg) lub sztywne zęby o różnej głębokości penetracji gleby. Ząb zakończony jest często gęsiostópką za którą znajduje się ujście przewodów nasiennych. Różna szerokość robocza gęsiostópki warunkuje znaczną zmienność efektywności spulchniania gleby (rys. 1).

Sztywne zęby siewników firmy Amazone lub Dutzi mogą być wykorzystane jako głębosz [43]. Większość siewników wyposażona jest również w dodatkowy przewód pneumatyczny zakończony mniejszą gęsiostópką, umożliwiającą wgłębny wysiew nawozów. Firma Väderstad przed aparatem wysiewającym, typu talerzowego, proponuje zamontowanie na pojedynczej belce dwu rzędów zębów wibrujących lub



Rysunek 1. Różne typy gęsiostópki stosowane jako sekcje wysiewające

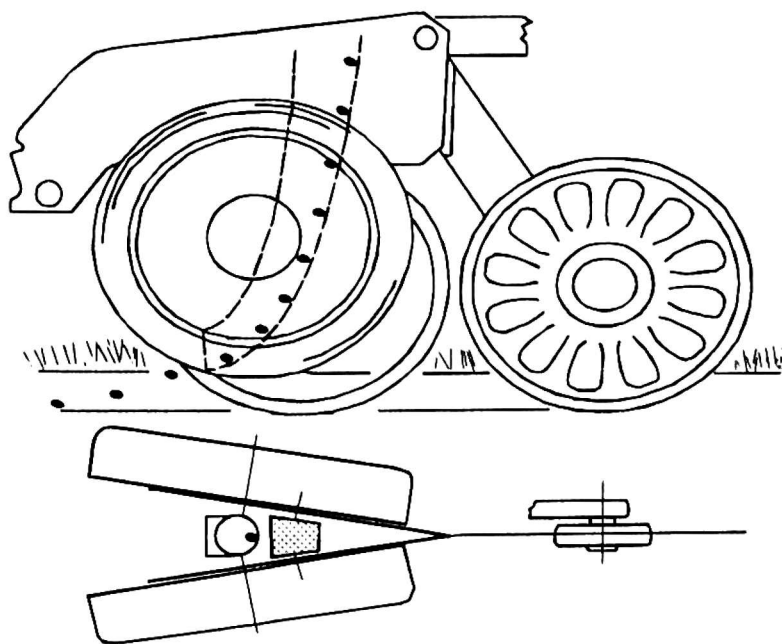


Rysunek 2. Sekcja wysiewająca z dwoma rzędami zębów spulchniających firmy Väderstad sprężynowych z możliwością wymiany na dwa rzędy karbowanych indywidualnie resorowanych tarcz do uprawy ściemiskowej (rys. 2).

Siewnik ściemiskowy John Deere posiada również redlice tarczowe zamontowane pod kątem siedmiu stopni, tworzące bruzdę siewną szerokości 2 cm.

Aparat wysiewający z podwójnymi tarczami jest podstawą wyposażenia siewnika Great Plains (rys. 3). Siewnik ten zaopatrzony jest również w wymienne spulchniacze talerzowe o różnej amplitudzie pofaldowań w zależności od rodzaju gleby i ilości resztek poźniwnych.

Przedstawiona powyżej charakterystyka stosowanych siewników do siewu bezpośredniego wskazuje na znaczną zmienność spulchnienia wierzchniej warstwy gleby w czasie siewu, co może w istotny sposób wpływać na efektywność wschodów i plonowanie roślin.

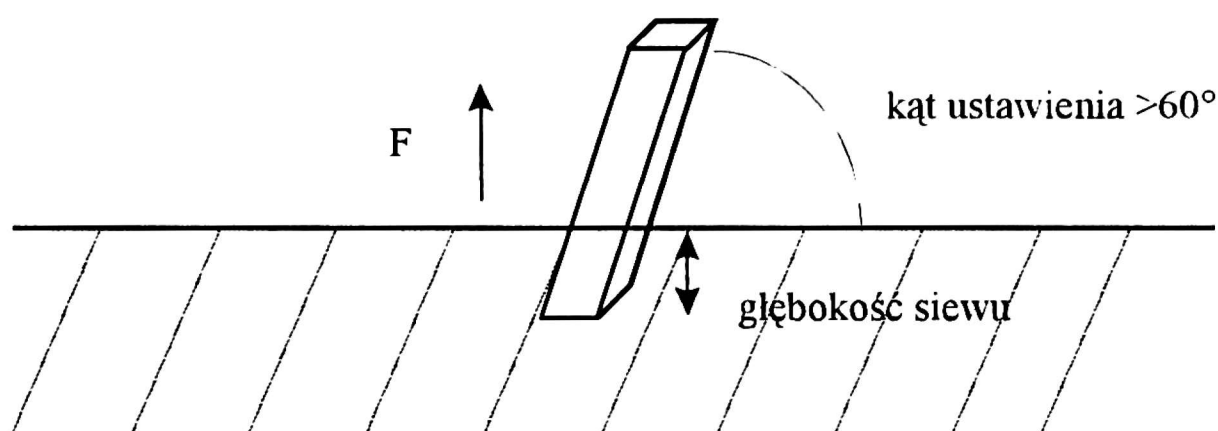


Rysunek 3. Aparat wysiewający z podwójnymi tarczami [31]

Czynniki wpływające na prawidłowy siew bezpośredni

Niezadowalająca jakość siewu obecnie stosowanych siewników wynika głównie z dużych ilości słomy na powierzchni gleby oraz ze zbytniego uwilgotnienia i spulchniania warstwy uprawnej [32]. Głęboko pracujące redlice wysiewające wynoszą wilgotne warstwy gleby na powierzchnię, co wpływa, w suchych regionach uprawy, na poprawę wschodów. Jednak zbytnie przemieszczenie gleby może być powodem znacznych strat wody w początkowej fazie wzrostu roślin. Badania Bakera [1, 2] wykazały, że w wielu przypadkach sekcje wysiewające niewystarczająco głęboko wnikają w warstwę siewną gleby i nie utrzymują określonej głębokości wysiewu. Często pozostałości poźniwne nie ulegają rozdrobnieniu i są wciskane do gleby, powodując niekorzystne warunki kiełkowania. Głębokość działania redlic wysiewających typu talerzowego uzależniona jest od siły nacisku siewnika, zwięzłości gleby, średnicy oraz kształtu tarczy i typu krawędzi tnącej. W celu utrzymania odpowiedniej głębokości wysiewu siła nacisku redlic tarczowych na powierzchnię gleby powinna zawierać się w przedziale 0,8–1,5 kN, w zależności od zwięzłości gleby [23, 37]. Siły nacisku na redlice talerzowe zwiększają się wraz ze średnicą i grubością tarczy. Pofalowane kroje tarczowe potrzebują wyższej siły nacisku w stosunku do gładkich lub zębatach talerzy. Przy dużych ilościach słomy na polu musi również wystąpić istotne zwiększenie siły nacisku na redlice wysiewające [30]. Przy stosowaniu podwójnych tarcz wysiewających siła nacisku przy dużych ilościach resztek poźniwnych może się zwiększyć do poziomu 2,5 N. Przy głębokości siewu powyżej 45 mm umieszczenie kroju między tarczami redlicy zmniejszyło znacznie siłę pionową w porównaniu z układem, w którym tarcze redlicy zamontowano 35,5 cm za krojem [38]. Jurga [26], badając działanie różnych typów redlic na glebie brunatnej kompleksu pszennego, wykazał, że składowa pionowa oporu roboczego (głębokość siewu 80 mm) była największa dla redlicy dwutarczowej i kroju płaskiego — 459 N. Natomiast największym oporem (2475 N) odznaczała się redlica gęsiostopkowa z krojem gładkim.

Pionowo działająca siła na redlice zębate w trakcie wysiewu zależy od kąta ustawienia zębów do powierzchni gleby. Badania wykazały istotną korelację między gęstością objętościową gleby a wielkością siły nacisku redlic wysiewających na powierzchnię uprawną. Zmiana gęstości w zakresie $1,1 \text{ Mg/m}^3 - 1,4 \text{ Mg/m}^3$ powoduje



Rysunek 4. Siła (F) działająca na redlice siewnika

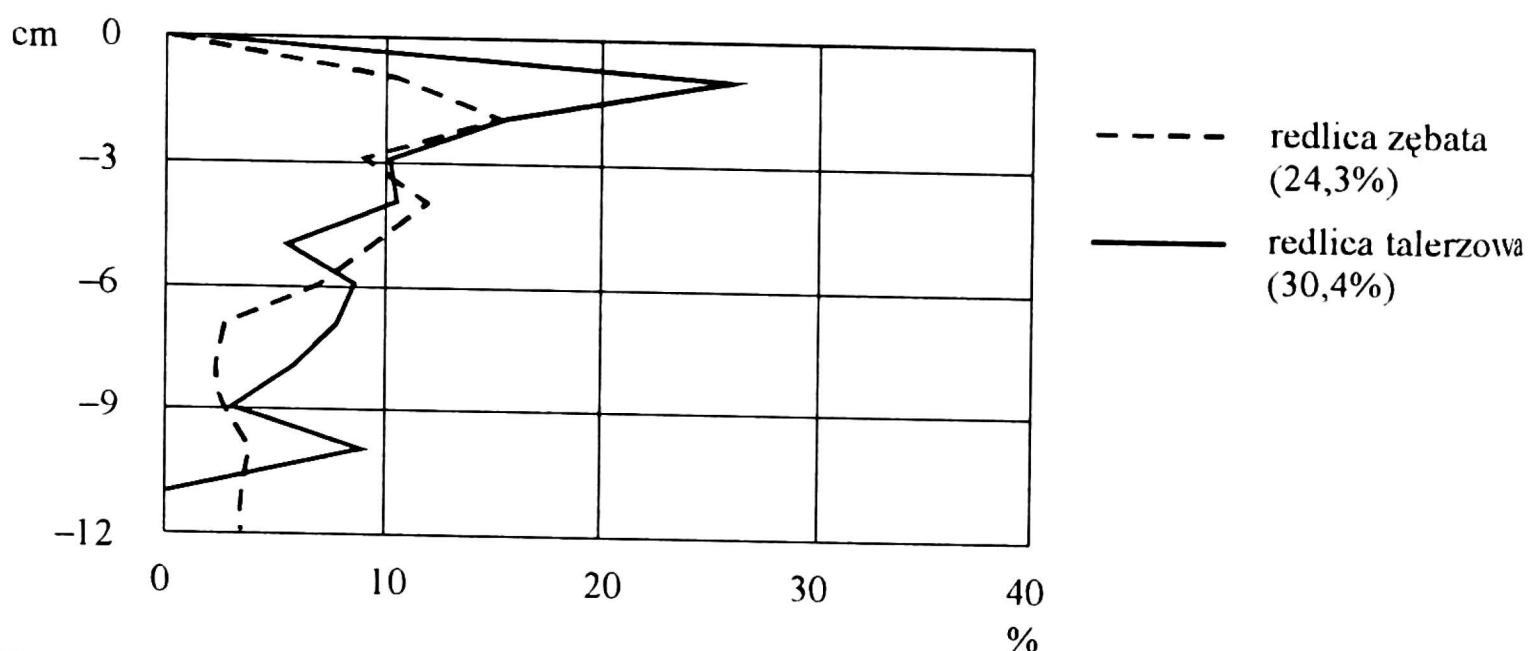
wala trzykrotny wzrost oporów nacisku sekcji wysiewających przy zachowaniu głębokości wysiewu 40, 60 i 80 mm [35, 36].

Przy małych głębokościach i dużym kącie ustawienia redlic, oddziałująca siła pionowa powoduje wyciąganie zębów na powierzchnię. Redlice pracujące pod kątem większym niż 60° potrzebują więc dodatkowego obciążenia (rys. 3). Prawidłowe obciążenie siewnika w celu utrzymania określonej głębokości siewu jest jednak niższe przy redlicach zębatych w porównaniu z sekcjami talerzowymi. Redlice talerzowe mogą więc warunkować większe zagęszczenie gleby. W praktyce spotyka się różne kształty redlic wysiewających, od form typu nożowego do różnej wielkości gęsiostópek, które w większym stopniu spulchniają i mieszają wierzchnie warstwy gleby [8, 36]. W zależności od kąta natarcia i formy redlic wysiewających może wystąpić różny stopień zagęszczenia gleby w bruzdce siewnej [15, 47]. Przy kącie natarcia poniżej 25° gleba zostaje prawie całkowicie spulchniona, natomiast zwiększający się kąt powoduje wzrastanie zagęszczeń gleby w warstwie siewnej. Na obszarach o dobrym zaopatrzeniu w wodę zwiększone spulchnienie i wymieszanie gleby sprzyja szybszemu ogrzaniu wierzchniej warstwy roli, co warunkuje szybsze wschody. Wysiew siewnikiem zaopatrzonym w redlice talerzowe wpływa natomiast na lepsze wschody roślin na terenach z małą ilością opadów, ponieważ zwiększone spulchnianie gleby redlicą typu gęsiostópki powoduje również ubytki wody w górnych poziomach profilu glebowego.

Postępowanie ze słomą

Badania wykazały, że system bezorkowy z pozostałymi resztkami poźniwnymi może powodować obniżkę plonów zarówno na nawadnianych, jak i nie nawadnianych polach [10]. W warunkach niedoborów opadów zastosowanie mulczu ze słomy może przyczynić się do podwyższenia plonowania roślin poprzez zwiększenie wilgotności gleby w warstwie siewnej [5, 41]. Siewniki do siewu bezpośredniego zaopatrzone w redlice zębate powodują gromadzenie resztek poźniwnych na powierzchni pola, co powoduje zapychanie się przyrządów wysiewających [20]. Szczególne utrudnienia powstają w wypadku mokrej, słabo rozdrobnionej słomy. Często uzyskuje się istotnie niższe wschody rzepaku wysianego w wysoką ściern w porównaniu z polem z rozdrobnionymi resztkami poźniwnymi. Siewniki wyposażone w dwie redlice typu talerzowego, ustawione pod ostrym kątem w stosunku do siebie, mogą w znacznym stopniu rozrywać materię organiczną. Tarcza jednej z redlic powinna być w tym przypadku lekko wysunięta w stosunku do drugiej. Wadą redlic talerzowych są jednak znaczne nakłady energetyczne przy użytkowaniu tego typu siewnika oraz częste rozmazywanie gleby w bruzdce siewnej. W celu usunięcia resztek poźniwnych, oprócz często stosowanych odgarniaczy talerzowych, wykorzystywane są również aktywnie działające tarcze zębate, które ustawione są pod ostrym kątem do jazdy siewnika. Zmniejszenie odległości pomiędzy talerzami odgarniającymi lub tnącymi a redlicą zębatą ogranicza niebezpieczeństwo zapychania redlic i zmniejsza zbytnie spulchnianie gleby.

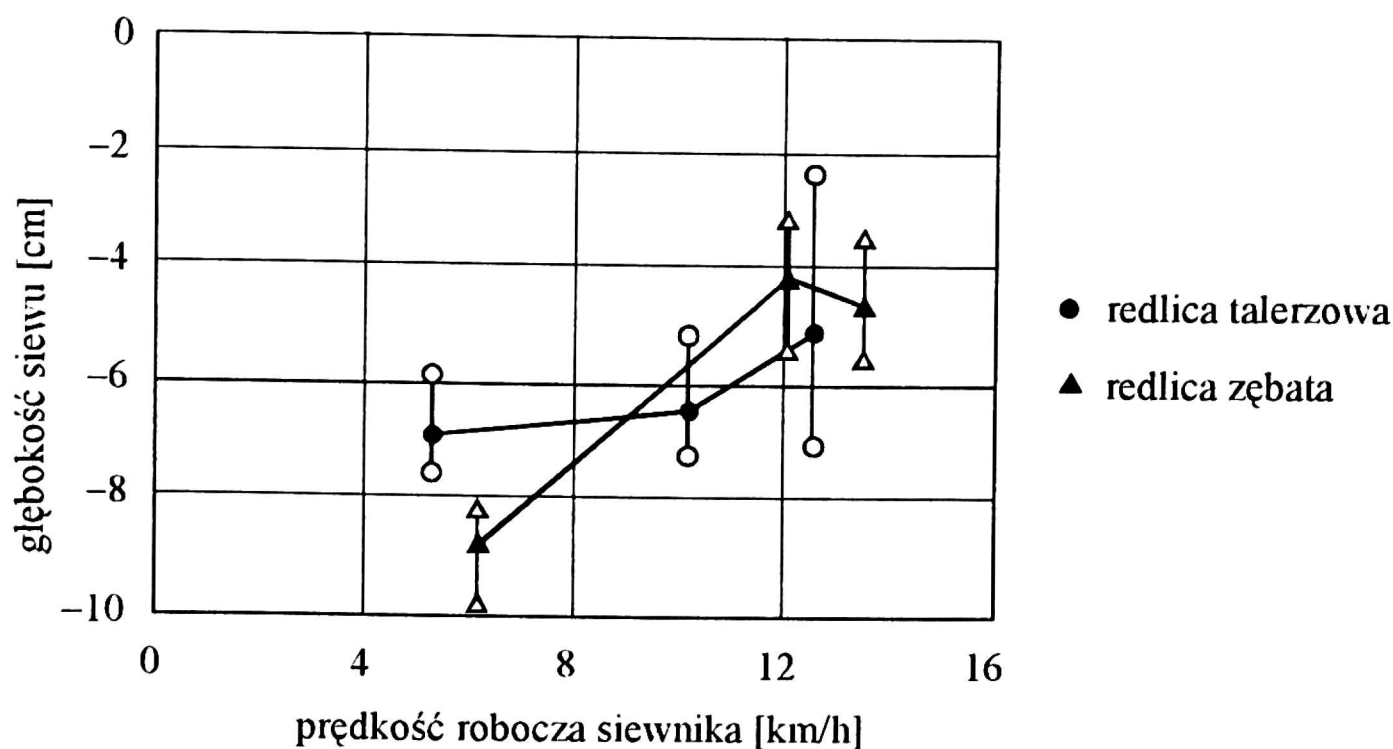
Wyniki badań [31] wskazują, że przykrycie słomy jest istotnie większe przy zastosowaniu redlicy talerzowej niż przy użyciu redlicy zębatej (rys. 5). Pozostałości



Rysunek 5. Procentowa ilość słomy w glebie po zaoraniu ścierniska w zależności od rodzaju redlicy siewnej — (głębokość siewu 8 cm) [31]

pożniwne często jednak nie zostają rozdrobnione przez krój lub redlicę talerzową, lecz zostają wciskane w glebę. W wyniku działania redlicy talerzowej na głębokości 2–3 cm może nastąpić nagromadzenie resztek pożniwnych, które odcinają kontakt wysianych nasion z głębszymi warstwami

Duże ilości pozostałości pożniwnych utrudniają również utrzymanie prawidłowej głębokości siewu, która jest w dużym stopniu uzależniona od prędkości jazdy siewnika i rodzaju redlic. Redlice zębate przy zwiększającej się prędkości zmniejszają głębokość umieszczenia nasion. Również jakość siewu redlic talerzowych przy prędkościach powyżej 12 km/h ulega znacznemu pogorszeniu (rys. 6). Jurga [26], analizując różne typy zespołów redlicowych, wykazał istotnie niższe nierówności głębokości siewu przy zastosowaniu redlicy gęsiostopkowej i kroju tarczowego falistego (tab. 1)



Rysunek 6. Zależność głębokości siewu od prędkości pracy siewnika po zbiorze zbóż (głębokość siewu 8 cm) [31]

Tabela 1. Wyniki pomiarów nierównomierności głębokości siewu (%) [26]

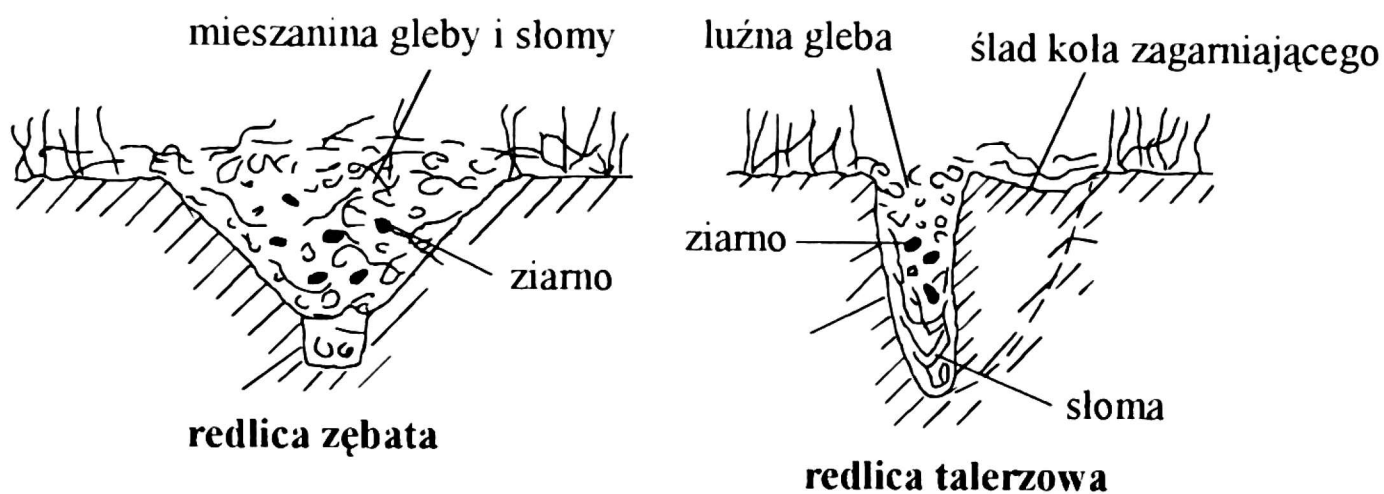
Zespół redlicowy	Nierównomierność głębokości siewu (%) przy głębokości roboczej:			
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm
Redlica dwutarczowa i krój tarczowy płaski	35,8	11,9	16,7	14,4
Redlica dwutarczowa i krój tarczowy falisty	16,3	13,8	12,2	7,5
Redlica gęsiosłopkowa i krój tarczowy płaski	23,9	11,9	10,2	10,0
Redlica gęsiosłopkowa i krój tarczowy falisty	12,7	9,6	6,3	6,5
Redlica dwutarczowa asymetryczna	9,7	13,6	20,2	9,1

Wysiew w słomę pociętą na sieczkę sprawia mniejsze trudności, lecz przy dużych ilościach resztek poźniwnych należy zastosować wyższą siłę nacisku na redlicę wysiewającą [30]. Badania własne, jak i doniesienia innych autorów [33] wskazują, że redlice talerzowe zmniejszają głębokość siewu przy dużej warstwie sieczki pozostawionej na polu. Dlatego rozdrobnienie słomy i równomierne rozmieszczenie na polu wpływa znacząco na wyrównanie wschodów. Znaczne wahania głębokości siewu mogą być spowodowane kołami podporowymi, które w wyniku dużej ilości resztek poźniwnych unoszą zespół roboczy siewnika [25]. Ustawienie w jednej linii koła ugniatającego, aparatu wysiewającego i spulchniacza talerzowego warunkuje utrzymanie stałej głębokości wysiewu, ponieważ słoma w wyniku działania tarcz spulchniających oraz siewnych zostaje przesunięta na boki bruzdki.

W przypadku stosowania siewników z redlicami talerzowymi Bohmsen [9] zaleca niskie cięcie kombajnem, rozdrobnienie słomy i płytkie wymieszanie jej z glebą. W warunkach niedoborów opadów zastosowany mulcz ze słomy może przyczynić się do podwyższenia plonów z powodu wyższej wilgotności w górnych warstwach profilu glebowego [5, 41]. Badania wykazały, że pokrycie powierzchni pola warstwą drobno rozdrobnionej słomy umożliwia o 80 % zmniejszenie strat wody w górnej warstwie gleby. Zastosowany mulcz może zwiększyć zapas wody w warstwie uprawnej do poziomu 30–90 l/m² [39]. Spalanie słomy jako środek poprawiający warunki siewu należy zdecydowanie odrzucić. Czynność ta praktykowana w Wielkiej Brytanii sprzyjała jedynie przejściowo uzyskiwaniu wyższych plonów [13, 14]. Po kilku latach nastąpiło na polach znaczne zmniejszenie substancji organicznej oraz zwiększenie zagęszczenia warstwy ornej, co wpłynęło na znaczne pogorszenie plonowania roślin [6].

Zalety i wady redlicy zębatej i talerzowej

Redlice typu zębatego powodują wytworzenie rowka w kształcie litery v przy równoczesnym znacznym spulchnieniu gleby w obszarze umieszczanych nasion [26, 27]. Kroje typu tarczowego warunkują wąskie wcięcie w powierzchniową warstwę ze znacznymi, w zależności od składu mechanicznego gleby, zagęszczeniami bocznych ścian klina (rys. 7) [31].

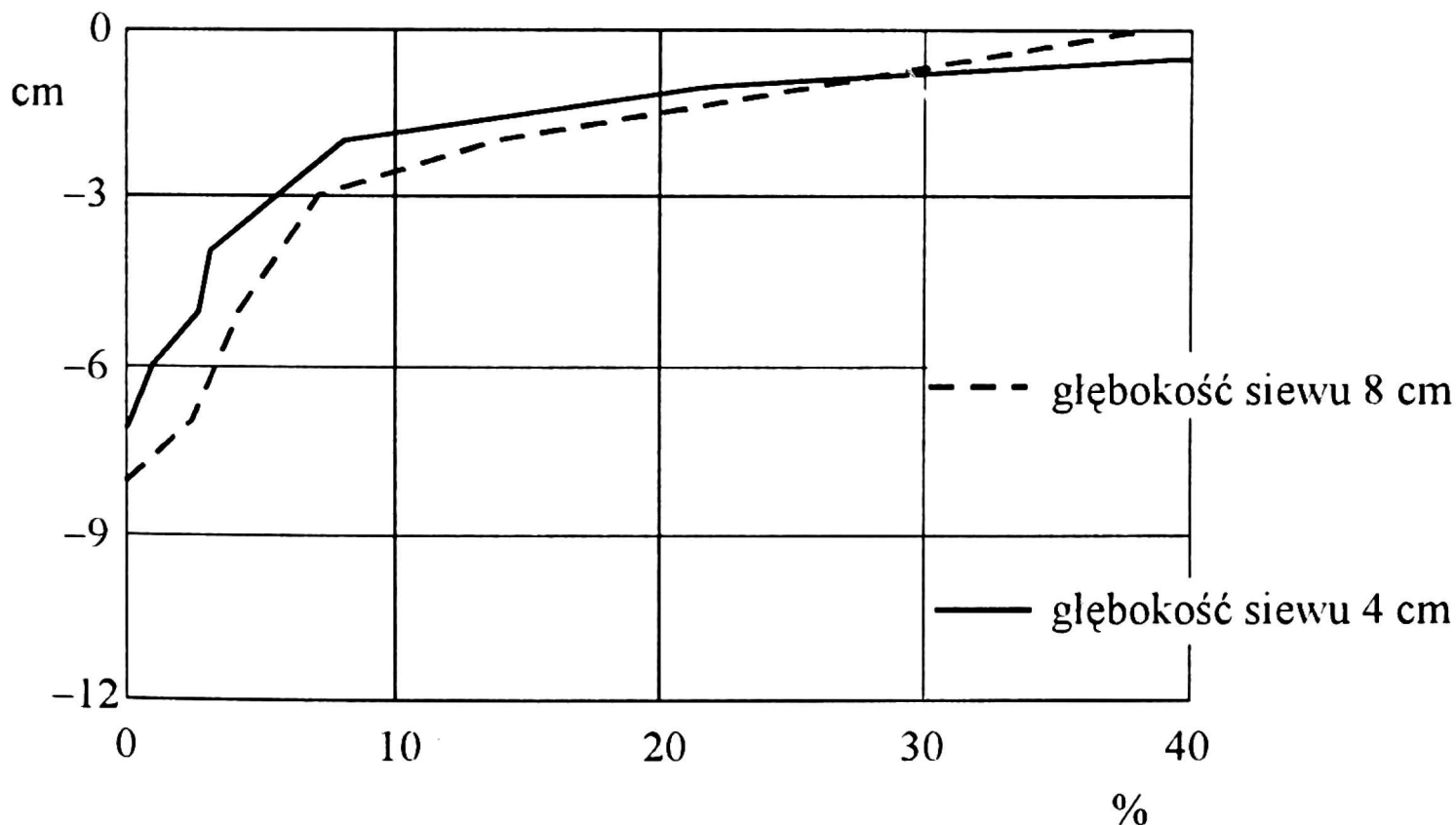


Rysunek 7. Redlica zębata i redlica talerzowa

Bruzda wytworzona przez redlicę typu zębatego wypełniona jest mieszaniną gleby i części słomy, w której umieszczone są nasiona. Brak bezpośredniego kontaktu nasion z dolną warstwą gleby może powodować znaczne opóźnienia wschodów. Ograniczenia wschodów mogą być również spowodowane podszwą wytworzoną z rozmazanej gleby, która powstała poprzez zakończenie redlicy zębatej. Redlice talerzowe spulchniają glebę w istotnie mniejszym stopniu. Bruzda wytworzona przez przyrząd wysiewający może jednak być w znacznym stopniu zapychana przez nierozcięte źdźbła słomy, które tworzą zawartą warstwę ograniczającą kontakt nasion z wilgotną glebą. Przy dużych ilościach słomy pociętej na sieczkę, w wyniku wprasowania resztek poźniwnych, wytwarza się również szczelina w kształcie litery v, która nie jest zagarniana przez koło dociskające przyrządu wysiewającego. Słabe spulchnienie gleby za pomocą redlic talerzowych powoduje zmniejszenie głębokości siewu [31].

Rysunek 8 przedstawia zależność między głębokością siewu a procentową zawartością słomy w warstwie siewnej (redlice typu talerzowego). Przy wysiewie na głębokość 4–8 cm nie stwierdzono znacznych różnic w rozmieszczeniu słomy w powierzchniowej warstwie gleby. W celu uzyskania pożądanej głębokości siewu nacisk na redlicę wysiewającą typu zębatego powinien wynosić 0,8 KN. Natomiast wyższe siły nacisku pożądane są przy stosowaniu redlic talerzowych (2,0 KN). Brak sekcji rozgarniających, rozrywających lub tnących stwarza więc niebezpieczeństwo braku kontaktu ziarna z glebą.

Efektywność rozdrobnienia słomy przez redlice tarczowe lub radelkowe uzależniona jest od wielu czynników. Istotną rolę przypisuje się strukturze, stopniu zdrewnienia i wilgotności materiału roślinnego. Obszerne informacje związane z właściwościami reologicznymi i odpornością na cięcie podaje w swej pracy Persson [40]. Zróżnicowanie zdrewnienia słomy może wynikać z różnych technologii pielęgnacji plantacji (regulatory wzrostu, herbicydy, fungicydy). Badania wykazały znaczną zmienność tej cechy wśród odmian pszenic uprawianych na terenie kraju [16]. Zwiększenie prędkości pracy siewnika wpływa również na podwyższenie oporów cięcia resztek poźniwnych.



Rysunek 8. Procentowa ilość słomy wprowadzona do gleby w zależności od nastawionej głębokości siewu [3, 4]

Tabela 2. Odporność słomy na cięcie, rozerwanie i ściskanie [31]

Autor	Gatunek słomy	Parametr	Wartość (N/mm ²)
Cakir i in. [11]	kukurydza	wytrzymałość na ścięcie	0,75–1,65
	bawełna	wytrzymałość na ścięcie	6–10
	soja	wytrzymałość na ścięcie	3,8–5,8
	pszenica	wytrzymałość na ścięcie	2,8–6,4
Kushwaha i in. [29]	pszenica	wytrzymałość na ściskanie	7–23
Usrey i in. [45]	ryż	wytrzymałość na rozerwanie	8,9
	ryż	wytrzymałość na ściskanie	4,3

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów wytrzymałości słomy różnych gatunków roślin na rozerwanie, ściskanie lub cięcie. Badania wykazały, że świeża słoma w stosunku do rozłożonej ma prawie o 50% większą wytrzymałość na rozerwanie. Wytrzymałość na rozcinanie była ściśle skorelowana z wilgotnością słomy [29]. Rozkład słomy powodował zmniejszenie odporności na rozcinanie o około 35%. Rozdrobnienie słomy na polu uzależnione jest nie tylko od odporności żdźbła na rozcinanie, lecz również od właściwości fizycznych gleby. Siła nacisku warunkująca rozcięcie słomy musi być porównywalna z siłą oporu gleby na odkształcenia wywołane krojem talerzowym. Gdy siła ta będzie mniejsza, nastąpi wgniecenie słomy w bruzdę siewną. Prędkość kątowna, promień oraz głębokość pracy kroju tarczowego

wywierają również znaczący wpływ na rozcięcie słomy [30]. Badania wykazały znaczną rolę ostrza redlicy rozcinającej źdźbła słomy [12, 44]. Siłę oporu gleby w wielu publikacjach określa się poprzez kohezję [33, 46]. Gleby zwarte wykazują wartości tego parametru w granicach $0,2 \text{ N/mm}^2$, natomiast odporność słomy odpowiada wartością w granicach 3 N/mm^2 . Dlatego prawdopodobieństwo uzyskania prawidłowego rozdrobnienia słomy może nastroczać poważne trudności. Hipotezę tę potwierdzają liczne badania [12, 21]. Autorzy wymienionych publikacji wykazują, że przy głębokościach mniejszych niż 4 cm nie uzyskano zadowalających rezultatów. Końce tarcz rozcinających ukształtowane w postaci zębów lub pofalowane kroje tarczowe rozdrabniały słomę gorzej niż gładkie kroje lub redlice talerzowe.

Podsumowanie

Przedstawiony przegląd literatury krajowej i zagranicznej związanej z zagospodarowaniem słomy w aspekcie siewu bezpośredniego wskazuje, że kroje tarczowe mogą prawidłowo rozdrabniać słomę jedynie w korzystnych warunkach uprawy (gleby zwarte z małą ilością suchej, lekko zbutwiałej słomy). Wprawdzie redlice zębate wprowadzają mniej resztek poźniwnych w obszar wysiewu nasion, powodują jednak przy dużej ilości słomy zawałowanie materii organicznej i zapychanie siewnika.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że w warunkach siewu bezpośredniego jedynie zastosowanie rozgarniaczy słomy pracujących przed redlicą wysiewającą może przynieść zadowalające rezultaty poprzez poprawę jakości wysiewu i szybsze ogrzanie gleby. Obecnie w wielu siewnikach stosuje się gładkie lub zębate tarcze rozgarniające słomę, umieszczone bezpośrednio przed sekcją wysiewającą. Zastosowanie krojów rozgarniających poprawia pracę kół przykrywających, szczególnie przy zwiększonej wilgotności gleby. Rozgarniacze słomy zmniejszają również obciążenie tarcz wysiewających, które przy dużych ilościach słomy na polu wymagają dodatkowego obciążenia.

Literatura

- [1] Baker C. J., Chaudhry A.D., Springett J.A. 1988. Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. 3. Comparison of six sowing techniques. *Soil & Tillage Research* 11: 167–181.
- [2] Baker C.J., Mai T.V. 1982. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. Groove compaction and seedling root development. *New Zealand J. of Agricultural Research* 25: 51–60.
- [3] Backer C.J., McDonald J.H., Seebeck K., Rix C.S., Griffiths S. 1979. Development with seed drill coulters for direct drill. *New Zealand J. of Experimental Agriculture* 7: 189–196.
- [4] Backer C.J., Saxton K.A. 1988. The cross-slot conservation tillage grain drill opener. St. Joseph, Michigan. ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 88: 1568.

- [5] Baldev-Singh T., Chanasyk D.S., McGill W.B., Singh B. 1998. Soil water regime under barley with long-term tillage-residue systems. *Soil & Tillage Research* 45(1-2): 59-74.
- [6] Biederbeck V.O., Campbell C.A., Bowren K.E., Schnitzer M., McIver R.N. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. *Soil Science of America J.* 44: 103-111.
- [7] Blecharczyk A., Pudelko J., Śpitalniak J. 1999. Reakcja pszenicy ozimej na sposoby uprawy roli w zależności od przedplonu i nawożenia azotowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricultura* 195(74): 163-170.
- [8] Bligh K.J. 1991. Tined and disced no-till seeder comparison. St. Joseph, Michigan, ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 91: 8005.
- [9] Bohrsen A. 1996. Direktsaat und Strohmanagement. *Landtechnik* Jg. 51(1): 8-9.
- [10] Bordovsky D.G., Choudhary M., Cleveland G.J. 1998. Tillage effects on grain sorghum and wheat yields in the Texas Rolling Plains. *Agron. J.* 90: 638-643.
- [11] Cakir E., Johnson C.E., Raper R.L., Schafer R.L. 1994. The mechanics of cutting plant residue on a rigid surface. St. Joseph, Michigan, ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 94: 1003.
- [12] Campos Magana S.G., Moreno Rico D., Willis B.M. 1994. Kinematics of notched disc coulters. St. Joseph, Michigan ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 94: 1009.
- [13] Christian D.G. 1994. Experience with direct drilling cereals and reduced cultivation in England. Proceedings of the EC — Workshop I; Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen: 25-32.
- [14] Christian D.G., Bacon E.T.G. 1990. A long-term comparison of ploughing, tine cultivation and direct drilling on growth and yield of winter cereals and oilseed rape on clayey and silty soils. *Soil & Tillage Research* 18: 311-331.
- [15] Darmora D.P., Pandey K.P. 1995. Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills. *Soil & Tillage Research* 34: 127-139.
- [16] Doliński R. 1995. Zmienność, odziedziczalność i współzależność właściwości mechanicznych i cech morfologicznych źdźbła pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) warunkujących odporność na wyleganie. Wydawnictwo AR Lublin: 3-67.
- [17] Dzieńcia S. 1995. Siew bezpośredni technologią alternatywną. Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Materiały konferencji naukowej Szczecin-Barzkowice, 12.06.1995: 9-19.
- [18] Dzieńcia S., Piskier T. 1998. Wpływ systemów uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Roczniki Nauk Rol. Seria A* 113(1-2): 37-42.
- [19] Dzieńcia S., Sosnowski A. 1991. Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego na glebie kompleksu żytniego dobrego w warunkach klimatycznych Pomorza Zachodniego. *Rocz. Nauk Rol. Seria A* 109(2): 157-173.
- [20] Erbach D.C., Choi C.H. 1983. Sh earing of plant residue by a rolling coulter. St. Joseph, Michigan, ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 83: 1020.
- [21] Erbach D.C., Morrison jr. J.E., Wilkins E. 1983. Equipment modification and innovation for conservation tillage. *J. of Soil and Water Conservation* 38: 183-185.
- [22] Giraldez J.V., Gonzalez P. 1994. No tillage in clay soils under mediteranean climate. Physical aspects experience with the applicability of no-tillage crop production in the west european countries. Proceedings of the EC Workshop I; Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen: 11-118.

- [23] Gray A.G., MacIntyre D. 1983. Soil penetration by disc coulters of direct drills. *Agricultural Engineer* 38(3): 106–110.
- [24] Guring-Singh, Brar S.S., Singh G. 1994. Tillage and nitrogen requirement of wheat (*Triticum aestivum*) sown after rice (*Oryza sativa*). *Indian J. of Agronomy* 39(1): 162–163.
- [25] Janelle L., Tessier S., Lague C. 1993. Seeding tool design for no-tillage conditions in the North-East. St. Joseph, Michigan. ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 93: 1561.
- [26] Jurga J. 1995. Ocena jakości pracy zespołów redlicowych przeznaczonych do siewu bezpośredniego na glebie średniozwięzłej. Siew bezpośredni w teorii i praktyce. Konferencja Szczecin-Barzkowice, 12.06.1995: 159–167.
- [27] Kęska W., Maciaszek H. 1998. Optymalizacja zespołu redlicowego siewnika do siewu w glebę nieuprawioną. *PIMR*. vol. 43(1): 11–13.
- [28] Krężel R. 1991. Wpływ siewu bezpośredniego na właściwości gleby i plonowanie roślin. *Rocz. Nauk Rol. Seria A* 109(2): 175–187.
- [29] Kushwaha R.S., Vaishnav A.S., Zoerb G.C. 1983. Shear strength of wheat straw. *Canadian Agricultural Engineering* 25: 163–167.
- [30] Kushwaha R.L., Vaishnav A.S., Zoerb G.C. 1986. Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. *Transactions of the ASAE* 29: 40–44.
- [31] Linke C. 1998. Direktsaat — eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors. Hohenheim 5–482.
- [32] Linke C. 1994. John Deere — Direktsaatmaschine: Stroh und Nässe machen ihr zu schaffen. *Top Agrar* 4: 103–106.
- [33] Linke C., Kushwaha R.L. 1992. High speed evaluation of draft with a vertical blade. St. Joseph, Michigan. ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 92: 1019.
- [34] Maciaszek H. 1998. Koncepcje rozwiązań konstrukcyjnych redlic do siewu w nieuprawioną glebę. *PIMR* vol. 43(1): 4–7.
- [35] McKyes E. 1985. Soil cutting and tillage. Elsevier, Amsterdam: 217 pp.
- [36] Molin J.P., Bashford L.L. 1996. Penetration forces at different soil conditions for punches used on punch planters. *Trans. ASAE* vol. 39: 423–429.
- [37] Morrison jr. J.E., Hendrick J.G., Schafer R.L. 1994. Soil forces on coulters and disc-opener combinations. St. Joseph, Michigan. ASAE — Paper. *American Society of Agricultural Engineers* 94: 1560.
- [38] Morrison J.E., Hendrick J.G., Schafer R.L. 1996. Soil forces on coulters and disc-opener combinations. *Trans. ASAE* vol. 39(2): 369–376.
- [39] Papesch J., Steinert K. 1997. Mulch und Direktsaat im Mitteldeutschen Trockengebiet. *Landtechnik* Jg. 52(3): 128–129.
- [40] Persson S. 1987. Mechanics of cutting plant material. St. Joseph, Michigan. *ASAE Monograph* nr. 7.
- [41] Rathore A.L., Pal A.R., Sahn K.K. 1998. Tillage and mulching effects on water use, root growth and yield of rainfed mustard and chick pea grown after low land rice. *J. of the Science of Food and Agriculture* 78(2): 149–161.
- [42] Roszak W., Radecki A., Opic J. 1995. Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego w warunkach Polski Centralnej — Siew bezpośredni w teorii i praktyce — Konferencja Szczecin-Barzkowice, 12.06.1995: 21–26.

- [43] Rump B. 1997. Technik wird zuverlässiger. *DLG-Mitt.* 6: 18–21.
- [44] Tice E.M., Hendrick J.G. 1992. Disc coulters operating characteristics. *Transactions of the ASAE* 35: 3–10.
- [45] Usrey L.J., Walker J. T., Loewer O.J. 1992. Physical characteristics of rice straw for harvesting simulation. *Transactions of the ASAE* 35: 923–930.
- [46] Vyalov S.S. 1986. Rheological fundamentals of soil mechanics. Elsevier Scientific Publisher, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio: 564 pp.
- [47] Wang J. Gee-Clough 1993. Deformation and failure in wet clay soil. Part 2, soil bin experiments. *J. of Agricultural Engineering Research* 54: 57–66.
- [48] Włodek S., Pabın J., Kaus A., Biskupski A. 1997. The effect of soil different systems of tillage on the properties of soil and yielding of plants in crop rotation. Mat. 14 h ISTRO Conference: "Agroecological and ecological aspects of soil tillage." Pulawy. *Bibl. Fragmenten. Agron.* t.2: 685–688.

Effectiveness of direct sowing at high amounts of crop residues

Key words: direct sowing, post-harvest residues, disk coulters, wedge coulters

Summary

Different types of machinesets for direct sowing were presented in this paper. On the basis of literature data the performance of disk and wedge coulters was analyzed depending on sowing depth, operating speed of the drill and amount of crop residues in the field. The forces acting on disk and wedge coulters pending sowing were determined. It was shown that the correctness of direct sowing at large amounts of straw in the field depends on the straw spreaders operation. Now, the sowing coulters or disk coulters (in many cases) introduce the crop residues into the sowing area, what significantly limits the emergence of plants.

Adres do korespondencji:

dr inż. Ryszard Weber

Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa

ul. Łąkowa 2

55-230 Jelcz-Laskowice