

Ryszard Weber

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

BEZPŁUŻNA UPRAWA ROLI W WARUNKACH DUŻYCH ILOŚCI POZOSTAŁOŚCI POŻNIWNYCH*

Wstęp

Uprawa zachowawcza (*conservation tillage*) to taki system uprawy roli, który w porównaniu z konwencjonalną uprawą płużną pozostawia na powierzchni gleby co najmniej 30% resztek poźniwnych (8). Europejskie Stowarzyszenie Rolnictwa Konserwującego określa ten system uprawy roli jako sposób gospodarowania ograniczający zaburzenia w strukturze gleby i jej bioróżnorodności. System ten ogranicza w znacznym stopniu degradację gleby i straty wody (8). Obecnie ze względu na duże koszty uprawy płużnej stosuje się w coraz większym zakresie uprawę zachowawczą, która wpływa korzystnie na środowisko glebowe. Zachowawcza – konserwująca uprawa roli stymuluje różnorodność biologiczną gleby, ogranicza erozję wodną i wietrzną, stabilizuje agregaty glebowe oraz sprzyja zwiększaniu zawartości substancji organicznej, potasu i fosforu w glebie (32). Skrajną metodą bezpłużnej uprawy roli jest siew bezpośredni (uprawa zerowa). Wyniki badań krajowych i zagranicznych wskazują na zróżnicowane plonowanie roślin w warunkach uprawy zerowej w porównaniu ze stwierdzonym w warunkach konwencjonalnej uprawy roli. Niektórzy autorzy (33, 35) donoszą o znacznym zmniejszeniu plonów przy stosowaniu siewu bezpośredniego, inni zaś wysokość plonowania roślin uzależniają głównie od warunków hydrotermicznych w okresie wegetacji (26). W wielu pracach podkreśla się jednak, że plony w warunkach uprawy zerowej lub bezpłużnej, nawet na glebach lekkich, nie różnią się istotnie od uzyskiwanych przy stosowaniu tradycyjnej uprawy roli (1, 9). W publikacjach porównujących różne systemy bezpłużnej uprawy roli w wielu przypadkach autorzy nie podają typu stosowanego siewnika do siewu bezpośredniego. Znaczne zróżnicowanie tych siewników pod względem rodzaju redlic wysiewających oraz sekcji doprawiających rolę bezpośrednio przed siewem może warunkować nieporównywalność wyników w cytowanych doniesieniach. Duży udział zbóż w obecnie stosowanych zmianowaniach wskazuje, że szczególną uwagę należy poświęcić technice siewu bezpośredniego w warunkach dużych ilości resztek poźniwnych. Stąd celem pracy jest przed-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

stawienie aktualnych problemów związanych z techniką siewu w warunkach bezpłużnej uprawy roli.

Charakterystyka okresów stosowania bezpłużnej uprawy roli

Należy podkreślić, że nie różniące się plony roślin w uprawie konwencjonalnej i długoletnim siewie bezpośrednim lub uprawie uproszczonej można jedynie osiągnąć poprzez przestrzeganie podstawowych zaleceń w okresie przejściowym (4-6 lat) po wprowadzeniu uprawy bezpłużnej (16). Wyniki badań z obszaru Europy Zachodniej wskazują, że efekty działania uprawy bezpłużnej, a szczególnie siewu bezpośredniego, należy podzielić na dwa okresy. **Okres I – przejściowy** charakteryzuje się znacznymi zmianami we właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych górnych warstw gleby. Po początkowym zwiększeniu zwężłości i gęstości gleby w miarę wzrostu zawartości substancji organicznej następuje poprawa właściwości fizycznych na skutek tworzenia się kompleksów ilasto-próchnicznych oraz biogennych porów, w większości o pionowym przebiegu (20). Zwiększa się również aktywność biologiczna górnych warstw gleby oraz zawartość makroelementów (16). Natomiast obniża się ilość azotanów wypłukiwanych do wód gruntowych i powierzchniowych (32). Zmianom tym towarzyszy powolny wzrost plonowania roślin uprawnych w porównaniu z niskimi plonami w pierwszych latach stosowania uprawy bezpłużnej. Czas trwania zmian właściwości biologicznych i chemicznych, jak również struktury wierzchnich warstw gleby uzależniony jest od klasy gleby, jej składu granulometrycznego i wyjściowej zawartości próchnicy. **Okres II** odznacza się znaczną stabilizacją wymienionych właściwości biologicznych i fizykochemicznych gleby. W okresie tym plonowanie roślin w systemach uprawy bezpłużnej w wielu przypadkach jest podobne do występującego w warunkach uprawy konwencjonalnej.

Uprawa roślin w okresie przejściowym

Sukces w postaci porównywalnych plonów w warunkach siewu bezpośredniego i uprawy płużnej można osiągnąć poprzez odpowiedni dobór systemu bezpłużnej uprawy roli i agrotechniki do rodzaju gleby w okresie przejściowym.

Do bezpłużnej uprawy roli szczególne nadają się (6, 16):

- gleby ilaste odznaczające się dużą zawartością próchnicy i wapnia, które sprzyjają tworzeniu struktury gruzełkowej i stwarzają korzystne środowisko dla rozwoju mikroorganizmów, bogate w minerały ilaste o znacznej pojemności sorpcyjnej, wykazujące dużą kurezliwość i plastyczność;
- gleby gliniaste o dobrym drenażu, odznaczające się dużą zawartością substancji organicznej (powyżej 3%) i wysoką aktywnością biologiczną;
- piaski gliniaste o znacznej zawartości substancji organicznej (powyżej 2%) i małej zwężłości gleby w okresie wegetacji.

W mniejszym stopniu do uprawy bezpłużnej nadają się gleby ilaste i gliniaste o małej zawartości substancji organicznej, piaski słabogliniaste lub piaski luźne pylaste,

które odznaczają się zwiększoną zwięzłością, gęstością i skłonnością do zamulania. Do uprawy bezplużnej nie nadają się ily pylaste zbite, mokre, o złych stosunkach wodno-powietrznych i wysokim poziomie wody gruntowej, wykazujące bardzo małą zawartość substancji organicznej (16).

W okresie przejściowym następuje najczęściej znaczne zwiększenie zwięzłości i gęstości gleby, czyli głównego czynnika ograniczającego plonowanie roślin (33, 34). W pierwszych latach stosowania systemów bezplużnych obserwuje się również zwiększoną liczebność chwastów, szczególnie jednoliściennych i wieloletnich. Dlatego pole, na którym w przyszłości zamierzamy prowadzić siew bezpośredni powinno być wyrównane. Przed przystąpieniem do uprawy uproszczonej należy zlikwidować wszelkiego rodzaju zagęszczenia gleby spowodowane ciężkimi maszynami rolniczymi oraz ograniczyć występowanie chwastów. W okresie przejściowym należy stopniowo zmniejszać głębokość spulchniania gleby, stosując w pierwszym, drugim i trzecim roku uprawę bezplużną, na przykład przy użyciu gruberów, bron talerzowych lub kultywatorów (6). Wszelkiego rodzaju zabiegi uprawowe w okresie przejściowym należy bezwzględnie wykonywać w optymalnych warunkach wilgotnościowych, unikając zagęszczeń górnej warstwy gleby (5, 22). Zaleca się stosowanie ciągników z kołami bliźniaczymi lub w układzie tandemowym w celu zmniejszenia naprężeń w glebie. Pozytywne efekty można uzyskać poprzez wprowadzenie opon radialnych lub obniżenie ciśnienia w oponach ciężkich maszyn rolniczych (25). Resztki poźniwne powinny być pocięte na 5 cm odcinki i równomiernie rozrzucone na powierzchni pola. W okresie czterech pierwszych lat uprawy bezplużnej zaleca się stosować takie zmianowanie roślin, które ograniczy niebezpieczeństwo wtórnego zagęszczenia gleb przez ciężkie maszyny rolnicze w warunkach podwyższonej wilgotności gleb (np. zbiór buraków cukrowych). Po okresie przejściowym w wyniku poprawy nośności gleby można zrezygnować z wyżej wymienionych zabiegów. Niektórzy autorzy zalecają zastosowanie w okresie przejściowym zwiększonej dawki azotu o 20-30 kg · ha⁻¹ (6). Jednak ostatnie doniesienia wskazują, że w wyniku zmiany intensywności mineralizacji substancji organicznej należy zmienić jedynie podział dawki azotu (16). Dawka startowa na początku wegetacji powinna być podwyższona o 20-30 kg, a następne stosowane w trakcie wegetacji roślin ograniczone o tę ilość. W okresie przejściowym szczególną uwagę należy poświęcić ochronie roślin. Jednak przy prawidłowej agrotechnice i zróżnicowanym następcstwie roślin w okresie przejściowym nie należy się liczyć z podwyższonymi kosztami związanymi ze zwalczaniem chwastów i chorób grzybowych. Przed wprowadzeniem uprawy bezplużnej należy dokonać wyboru siewnika, który będzie najbardziej odpowiedni do warunków glebowo-wilgotnościowych panujących na obszarze gospodarstwa rolniczego.

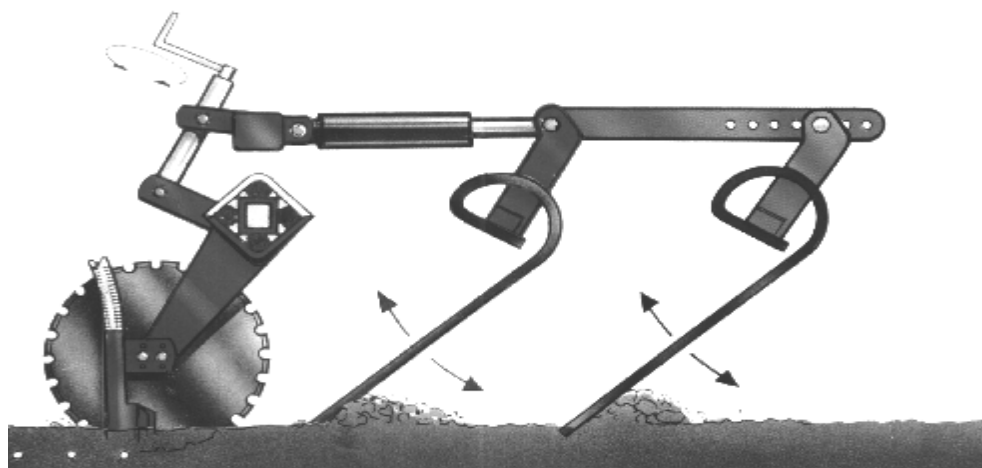
Budowa i rodzaje siewników do siewu bezpośredniego i uprawy bezplużnej

Siewniki do siewu bezpośredniego tworzą bruzdkę siewną najczęściej poprzez redlice tarczowe albo talerzowe pojedyncze lub podwójne, które przystosowane są do siewu w glebę pokrytą dużą ilością resztek poźniwnych. Kąt ustawienia talerzy jest

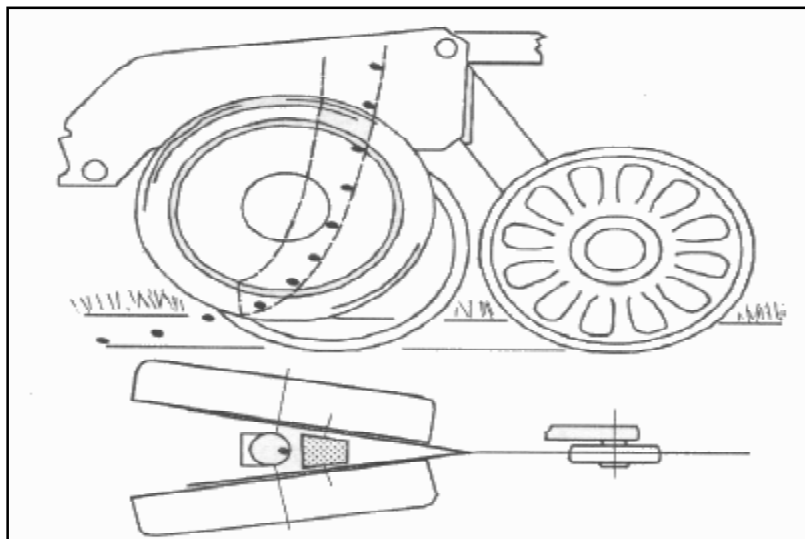
uzależniony od prędkości jazdy siewnika i ilości resztek poźniwnych i waha się od 6° - 14° (13). Rzadziej stosuje się redlice klinowe lub w postaci gęsiostópki. Wiele firm oferuje również redlice dłutowe wyposażone w zęby, które lepiej niż redlice talerzowe pracują na glebach zakamienionych (12).

Siewniki stosowane w warunkach uprawy bezpłużnej wyposażone są w różnego rodzaju sekcje poprawiające jakość wysiewu nasion. Są to najczęściej kroje talerzowe, rozgarniacze resztek, koła kopiujące itp. urządzenia:

- Kroje talerzowe, zęby sztywne lub wibrujące spulchniające pas siewny i rozcinające lub rozgarniające pozostałości poźniwne tworzą sekcję wysiewającą (rys. 1). Pofalowane kroje tarczowe rozrywają materię organiczną i spulchniają glebę przed sekcją wysiewającą (rys. 2). Kroje te najczęściej pracują kilka centymetrów głębiej w stosunku do redlicy wysiewającej. W celu optymalnego działania tych krojów stosuje się w niektórych siewnikach obciążenie do 200 kg na pojedynczy krój tarczowy.
- Rozgarniacze resztek poźniwnych, w postaci tarcz zębatych lub gwiazdowych ustawionych pod kątem ostrym w stosunku do siebie, przesuwały masę organiczną poza obręb działania redlicy wysiewającej (rys. 3). Mogą one również powodować lekkie spulchnienie gleby. Rozgarniacze te są szczególnie przydatne w warunkach znacznych ilości słomy i plew na polu. Złe ustawienie rozgarniaczy może powodować zbytne przemieszczanie gleby i tworzenie płytkich bruzd stwarzających niebezpieczeństwo erozji wodnej. Dlatego w niektórych siewnikach montowane są dodatkowe koła kopiujące utrzymujące precyzyjnie głębokość pracy rozgarniaczy.
- Specjalne koła kopiujące i układy dociskające zespoły redlicowe do gleby pracują w bezpośrednim sąsiedztwie zespołu tworzącego rowek, warunkując zarazem utrzymanie równomiernej głębokości siewu. Koło podporowe umieszczone



Rys. 1. Sekcja wysiewająca z dwoma rzędami zębów spulchniających firmy Väderstad



Rys. 2. Aparat wysiewający z podwójnymi tarczami

Źródło: Linke C., 1998 (20).

- z boku redlicy talerzowej umożliwia bardziej precyzyjne umieszczenie nasion w rowku siewnym niż koła podporowe z tyłu lub z przodu sekcji wysiewających.
- W niektórych siewnikach koła kopiujące spełniają równocześnie rolę kół wciskających nasiona na dno rowka siewnego. Jednak przy dużej gęstości gleby działanie tych kół nie jest wystarczające i często nasiona nie zostają umieszczone na dnie bruzdy siewnej. 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. W warunkach zbyt dużej wilgotności koła dociskowe pracujące w bruzdce siewnej mogą powodować rozmazywanie gleby i w wyniku przyklejania się nasion do kół dociskowych wyrzucanie ich na powierzchnię roli. Niektóre siewniki wyposażone w redlicę radełkową posiadają dodatkowo montowane gumowe koła palcowe. Koła te poruszają się po powierzchni pola obok rowka siewnego przyciskając resztki poźniwne do podłoża. Zapobiega to przedwczesnemu zasypywaniu bruzdki siewnej i sprzyja równomiernemu umieszczeniu nasion na dnie bruzdki (30).
 - Zagarnianie rowka siewnego wykonywane jest przez jedno lub dwa skośnie ustawione koła lub tarcze o tępych krawędziach. Często koła zagarniające pracujące w warunkach suszy lub zbyt dużej wilgotności mają do dyspozycji mało spulchnionej roli i pozostawiają rowek siewny nieprzykryty glebą, co powoduje nierówne wschody i spadki plonów. Dlatego w niektórych siewnikach są montowane ostre tarcze zagarniające, które zagłębiają się w wierzchnią warstwę roli i przemieszczają ją na nasiona w bruzdce siewnej.

Głębokość umieszczenia nasion w glebie uzależniona jest również od masy siewnika. Gdy zbiornik na nasiona umieszczony jest na siewniku, wówczas przy pełnym zbiorniku siła nacisku na redlice wysiewające jest znacznie większa niż przy częściowo opróżnionym. Dlatego siewniki przyczepiane charakteryzują się lepszą dokładnością głębokości wysiewu niż zawieszane. Przy siewnikach zawieszanych istnieje możliwość regulacji siły nacisku poprzez różne systemy hydrauliczne lub pneumatyczne. Jednak przy niewyrównanym polu drgania ciągnika przenoszone są na siewnik i przyczyniają się do nierównomiernego wysiewu. Siew w mulcz bez uprawy późniejszej wymaga znacznego obciążenia redlicy wysiewającej typu talerzowego.

Obecnie siewniki można podzielić w zależności od intensywności uprawy na następujące grupy (14, 19):

1. Siewniki wyposażone w aktywne brony rotacyjne lub wirnikowe (rys. 4). Nadają się do siewu w mulcz, szczególnie przy zastosowaniu po bronach wałów ugniatających masę organiczną. Jednak przy znacznej ilości resztek późniejszych na polu konieczna jest dodatkowa płytka uprawa późniejsza. Wymienne redlice spulchniające w postaci łap grubera o rozstawie do 80 cm umożliwiają intensywną bezpłużną uprawę roli. Maszyny te (AmazoneD9/AD3, Lemken DKA-S, Rauch Venta LC, Dutzi QM 250/300) wymagają jednak znacznego nakładu energii.
2. Siewniki uzbrojone w redlice wysiewające typu talerzowego o sile nacisku na powierzchnię gleby do 100 kg na pojedynczą sekcję wysiewającą. Przy znacznej



Rys. 3. Tarcze rozgarniające warstwę słomy w siewnikach do uprawy bezpłużnej
Źródło: Kreitmayr J., Beckmann Ch., 2004 (14).

ilości resztek poźniwnych siewniki te nie utrzymują prawidłowej głębokości siewu. Dlatego przed sekcją wysiewającą montowane są w tego typu siewnikach sekcje doprawiające w postaci bron rotacyjnych lub wirnikowych. Firma Väderstad przed aparatem wysiewającym typu talerzowego proponuje zamontowanie na pojedynczej belce dwu rzędów zębów wibrujących lub sprężynowych z możliwością wymiany na dwa rzędy karbowanych indywidualnie resorowanych tarcz do uprawy ścierniskowej (rys. 1). Siewniki nowej generacji (Amazone Xakt, Horsch Pronto AS, John Deere 740 A, Junkkari 3000T, Kerner KC 300) wyróżniają się dobrą precyzją wysiewu, nawet przy prędkościach powyżej $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

3. Siewniki posiadające redlice wysiewające typu talerzowego o sile nacisku na powierzchnię gleby powyżej 100 kg . Przy znacznych ilościach resztek poźniwnych redlice te wprasowują słomę na dno rowka siewnego, ograniczając możliwość podsiąkania wody z dolnych warstw gleby. W wilgotnych warunkach siewu ściany i dno rowka siewnego ulegają rozmazywaniu, co w istotny sposób ogranicza wschody i plonowanie roślin. Dlatego przy tego typu siewnikach, w warunkach dużych ilości słomy na polu, należy przed siewem przeprowadzić płytką uprawę poźniwną, np. przy użyciu kultywatora lub brony talerzowej. Ostatnio proponuje się system wysiewu Cross-Slot, który polega na stosowaniu odpo-



Rys. 4. Siewnik uniwersalny wyposażony w redlice talerzowe i bronę wirnikową
Źródło: Kreitmayr J., Beckmann Ch., 2004 (14).

wiednio wyprofilowanej redlicy talerzowej z dwoma bocznymi skrzydełkami; tworzy się bruzdka siewna w postaci odwróconej litery T. Precyzyjne wysianie nasion następuje z jednej strony redlicy, natomiast z drugiej strony wysiew nawozów mineralnych. Ten typ wysiewu ogranicza wprowadzenie słomy do rowka siewnego i zmniejsza niebezpieczeństwo zagęszczenia gleby. Obciążenia pojedynczej redlicy wynoszą do 500 kg (siewniki typu Amazone Cirrus, Cross-Slot No-Tillage Air Grill, John Deere 7500 A).

4. Siewniki uzbrojone w podwójne redlice wysiewające. Przy tego rodzaju siewnikach przed zespołem wysiewającym montowany jest pofałdowany krój tarczowy (rys. 2), który spulchnia glebę i rozrywa masę organiczną w obszarze działania redlicy wysiewającej. Aparat wysiewający z podwójnymi tarczami jest podstawą wyposażenia siewnika Great Plains (rys. 2). Siewniki tego typu (Great Plains CP-1000, Kuhn Fastliner 3000-6000 SD) zaopatrzone są również w wymienne spulchniacze talerzowe o różnej amplitudzie pofałdowań w zależności od rodzaju gleby i ilości resztek poźniwnych. Znaczne ilości resztek poźniwnych na polu pogarszają efektywność pracy tych siewników, dlatego często zaleca się przeprowadzać płytką uprawę poźniwną.
5. Siewniki o sztywnych redlicach w kształcie łap grubera nie powinny być zaliczane do siewników do siewu bezpośredniego, ponieważ wykonują typową uprawę poźniwną. Stosuje się je najczęściej na obszarze Ameryki Północnej do wysiewu



Rys. 5. Siewnik uzbrojony w redlice wysiewające w kształcie łap grubera

Źródło: Kreitmayr J., Beckmann Ch., 2004 (14).

pasowego. Siewniki te (Farmet BSK, Köckerling AT, Horsch) mogą pracować w obecności znacznych ilości resztek poźniwnych (rys. 5).

6. Siewniki wyposażone w redlice zębate (Amazona Primera, Dutzi KS). W przeciwieństwie do redlic talerzowych redlice typu zębatego wymagają mniejszego nacisku na pojedynczy przyrząd wysiewający. Wprowadzają one mniej resztek poźniwnych do bruzdki siewnej, umożliwiając dokładniejszą głębokość wysiewu. Nadają się one szczególnie do siewu bezpośredniego i uprawy w mulcz bez jakiegokolwiek uprawy przedsiewnej. Jednak słoma na polu powinna być bezwzględnie pocięta na fragmenty długości około 5 cm i równomiernie rozmieszczona na polu. Nieprzebranie tego warunku grozi zapychaniem się redlic długimi źdźbłami słomy.

W niektórych siewnikach, przy dużych ilościach masy organicznej na polu, za sekcjami doprawiającymi w postaci bron czynnych lub biernych stosuje się różnego rodzaju wały ugniatające w postaci walców klinowych lub trapezowych. Przedstawiona powyżej charakterystyka siewników stosowanych do siewu bezpośredniego wskazuje na znaczną zmienność spulchnienia wierzchniej warstwy gleby w czasie siewu, co może w istotny sposób wpływać na jakość wschodów i plonowanie roślin.

Czynniki wpływające na prawidłowe wykonanie siewu bezpośredniego

Niezadawalająca jakość siewu obecnie stosowanych siewników może być spowodowana dużą ilością słomy na powierzchni gleby oraz nadmierną wilgotnością warstwy uprawnej. Badania Bakera i in. (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 do kiełkowania nasion. Redlice talerzowe odznaczają się mniejszą ingerencją w wierzchnią warstwę gleby i ograniczają bezproduktywne parowanie wody w początkowym okresie rozwoju roślin. Warunkują one wąskie wcięcie w powierzchniową warstwę ze znacznymi, w zależności od składu mechanicznego gleby, zagęszczeniami bocznych ścian rowka siewnego (20). Redlice talerzowe spulchniają glebę w istotnie mniejszym stopniu niż zębate. Bruzda wytworzona przez przyrząd wysiewający może jednak być w znacznym stopniu zapychana przez nierozcięte źdźbła słomy, które tworzą zwartą 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. Głębokość działania redlic wysiewających uzależniona jest od siły nacisku siewnika, zwięzłości gleby, średnicy i kształtu tarczy oraz typu krawędzi tnącej. Zmiana gęstości gleby w zakresie 1,1-1,4 Mg · m⁻² powodowała trzykrotny wzrost oporów nacisku sekcji wysiewających przy zachowaniu odpowiedniej głębokości wysiewu (23). Stały nacisk redlicy na glebę jest podstawą uzyskania jednakowej głębokości umieszczenia nasion w rowku siewnym. Badania

wykazały, że przy nierównościach pola do 100 mm wahania nacisku wynosiły 21% (11). Siły nacisku na redlice talerzowe zwiększają się wraz ze średnicą i grubością tarczy. Pofalowane kroje tarczowe potrzebują większej siły nacisku niż gładkie lub zębate talerze. Duże ilości słomy na polu wymagają zwiększonej siły nacisku na redlice wysiewające; przy stosowaniu podwójnych tarcz wysiewających siła nacisku może się zwiększyć do poziomu 2500 N. W wyniku działania redlicy talerzowej w rowku siewnym na głębokości 2-3 cm może nastąpić nagromadzenie resztek poźniwnych, które odcinają kontakt wysianych nasion z głębszymi warstwami gleby. Redlice talerzowe w porównaniu z sekcjami wysiewającymi typu zębatego mogą powodować większe zagęszczenie gleby i rozmazywanie bocznych ścian rowka siewnego. Siła nacisku na pojedyncze redlice zębate jest najczęściej mniejsza i wynosi około 800 N (15). Siewniki do siewu bezpośredniego zaopatrzone w redlice zębate powodują często gromadzenie resztek poźniwnych na powierzchni pola, co sprawia zapychanie się przyrządów wysiewających. Głęboko pracujące zębate redlice wysiewające wynoszą wilgotne warstwy gleby na powierzchnię, co wpływa w suchych regionach na poprawę wschodów. Na obszarach o dobrym zaopatrzeniu w wodę zwiększone spulchnienie i wymieszanie gleby sprzyja szybszemu ogrzaniu wierzchniej warstwy i wschodom roślin. Jednak zbytne spulchnienie gleby może być powodem znacznych strat wody w początkowej fazie wzrostu roślin. Redlice typu zębatego powodują wytworzenie rowka w kształcie litery „V” przy równoczesnym znacznym spulchnieniu gleby w obszarze umieszczanych nasion. 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 roślin. Ograniczenia wschodów mogą być również spowodowane podszwą wytworzoną z rozmażanej gleby, która powstaje w wyniku pracy zakończenia redlicy zębatej. W warunkach znacznej zwięzłości gleby siewniki uzbrojone w redlice w postaci gęsiostópki, dzięki zwiększonemu spulchnieniu roli, sprzyjały wyższym plonom roślin w porównaniu z plonami uzyskanymi przy siewie z redlicami talerzowymi (24).

Redlice zębate i talerzowe przy prędkości powyżej $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ lub dużych ilościach resztek poźniwnych zmniejszają głębokość umieszczenia nasion (20, 21). Wysiew w słomę pociętą na sieczkę sprawia mniejsze trudności, lecz przy dużych ilościach resztek poźniwnych należy zastosować większą siłę nacisku na redlicę wysiewającą. Dlatego rozdrobnienie słomy i równomierne jej rozmieszczenie na polu wpływa znacząco na wyrównanie wschodów roślin. Znaczne wahania głębokości siewu mogą być spowodowane przez koła podporowe, które w wyniku dużej ilości resztek poźniwnych unoszą zespół roboczy siewnika. Przy zwiększonych prędkościach siewnika, gdy koło kopiujące (podporowe) znajduje się w linii prostej za sekcją wysiewającą typu zębatego redlice wysiewające wyrzucają na powierzchnię pola coraz większe ilości ziemi z bruzdki siewnej. Powoduje to coraz niższe położenie koła kopiującego w stosunku do powierzchni pola i za głębokie wysiewanie nasion. Prawidłową głębokość siewu można jedynie uzyskać w przypadku, gdy koło kopiujące znajduje się

w bezpośrednim sąsiedztwie z boku sekcji wysiewającej. Wówczas wszelkie nierówności pola są w odpowiedni sposób odwzorowywane poprzez koło kopiujące na sekcje wysiewające siewnika. Przy małych prędkościach i nieznacznej ilości resztek poźniwnych może nastąpić również zwiększenie głębokości wysiewu w porównaniu z nastawioną głębokością. Prędkość powyżej $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ powoduje także znaczne zróżnicowanie głębokości wysiewu poszczególnych nasion (od 3 do 8 cm). Należy jednak zaznaczyć, że nowe wysokowydajne pneumatyczne siewniki do siewu bezpośredniego o dużej szerokości roboczej są przystosowane do pracy z dużymi prędkościami. Prawidłowe dozowanie wysiewanych nasion w tych siewnikach zapewnia bezstopniowy napęd dozowników. Siewniki te posiadają również elektroniczną regulację wysiewu w zależności od warunków występujących na poszczególnych częściach pola przy wykorzystaniu GPS (15).

Postępowanie ze słomą

Resztki poźniwne pozostające na powierzchni gleby odznaczają się znacznie zróżnicowanym oddziaływaniem zarówno na strukturę, jak i na życie biologiczne gleby (tab. 1). W warunkach niedoboru opadów zastosowanie mulczu ze słomy może przyczynić się do lepszego plonowania roślin z powodu wyższej wilgotności gleby w warstwie siewnej. Badania wykazały, że pokrycie powierzchni pola warstwą drobno rozdrobnionej słomy umożliwia zmniejszenie o 80% strat wody w górnej warstwie gleby. Zastosowany mulcz przyczynia się do zwiększenia zapasu wody w warstwie uprawnej w zakresie $30\text{-}90 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2}$ (27). Wprawdzie spalenie słomy może wpłynąć na zwiększenie plonowania roślin uprawnych, jednak zabieg ten jako środek poprawiający warunki siewu należy zdecydowanie odrzucić. Czynność ta praktykowana w Wielkiej Brytanii sprzyjała jedynie przejściowo uzyskiwaniu wyższych plonów. Po kilku latach nastąpiło na polach znaczne zmniejszenie zawartości substancji organicznej i zwiększenie zwięzłości warstwy ornej oraz zniszczenie życia biologicznego górnych warstw gleby, co wpłynęło na znaczne pogorszenie plonowania roślin (3).

Do usuwania resztek poźniwnych oprócz często stosowanych odgarniaczy talerzowych wykorzystywane są również aktywnie działające tarcze gwiazdowe lub zębate, które ustawione są pod ostrym kątem do jazdy siewnika. Zmniejszenie odległości pomiędzy talerzami rozgarniającymi lub tnącymi a redlicą zębatą ogranicza niebezpieczeństwo zapychania redlic i zmniejsza zbytek spulchnianie gleby. Efektywność rozdrobnienia słomy przez redlice tarczowe lub zębate 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 *P e r s o n* (28). Zróżnicowanie zdrewnienia słomy może wynikać z różnych sposobów pielęgnacji plantacji (regulatory wzrostu, herbicydy, fungicydy). Badania wykazały znaczną zmienność tej cechy wśród odmian pszenic uprawianych na terenie kraju (7). Zwiększenie prędkości pracy siewnika wpływa również na zwiększenie oporów cięcia resztek poźniwnych.

Tabela 1

Wpływ pozostałości poźniwnych na środowisko

Obszar	Funkcje	Oddziaływania
Gleba	ochrona przed erozją ochrona przed zamulaniem źródło próchnicy	mniejsze straty gleby i składników odżywczych, wyższa infiltracja wody, mniejsze spływy powierzchniowe, wyższa stabilność agregatów glebowych, mniejsza zwięzłość i gęstość gleby, wyższa nośność gleby, lepsze przerośnięcie gleby korzeniami
Woda w glebie	ochrona przed ewapotranspiracją	wyższa wilgotność ornych warstw gleby, mniejsze zmiany wilgotności podczas wegetacji, więcej wody dostępnej dla roślin
Temperatura gleby	izolacja	mniejsze zmiany temperatury gleby w przeciągu roku, wolniejsze nagrzewanie gleby, wyższa mrozoodporność roślin
Chemia gleby	źródło próchnicy toksyczne substancje	wyższa pojemność sorpcyjna, adsorpcja szkodliwych substancji, poprawa właściwości buforowych gleby; ujemny wpływ na kiełkowanie roślin
Składniki odżywcze	źródło humusu i substancji odżywczych	zmiana gospodarki składnikami pokarmowymi; redukcja strat składników odżywczych
Edafon	ochrona przed wysychaniem gleby i promieniowaniem UV	Wyższa biologiczna aktywność gleby, wyższa enzymatyczna aktywność, zmiana procesów przetworzenia składników odżywczych, szybszy rozkład resztek poźniwnych, tworzenie biogennych por glebowych
Chwasty	zacinienie powierzchni gleby wytwarzanie toksycznych substancji unieruchomienie substancji aktywnych	tlumienie rozwoju chwastów hamowanie rozwoju chwastów ograniczony wybór substancji aktywnych herbicydów
Choroby	uaktywnienie życia biologicznego, źródła infekcji chorób	zmiany występowania i nasilenia chorób grzybowych
Szkodniki	źródło pożywienia i miejsce składania jaj, ochrona – przezimowanie	korzystny stosunek szkodników i owadów pożytecznych

Źródło: Köller K., Linke C., 2001 (16).

Większość siewników do siewu bezpośredniego wykazuje wadliwe działanie w warunkach dużych ilości resztek poźniwnych na polu. Z tego względu zbiór słomy może przyczynić się do lepszej efektywności wysiewu nasion. W wielu doniesieniach podkreśla się, że słoma powinna być pocięta na sieczkę długości około 5 cm i równomiernie rozmieszczona na polu (20). Jednak efekty działania redlicy talerzowej wskazują, że ten sposób postępowania przyczynia się do znacznej niedokładności wysiewu wielu gatunków roślin charakteryzujących się wąską rozstawą rzędów. Dlatego przy siewie bezpośrednim siewnikami z redlicami talerzowymi należy ciąć słomę na sieczkę o zwiększonej długości. Dłuższe źdźbła słomy (10-15 cm) przy podwójnych redlicach talerzowych są łatwiej przesuwane na boki bruzdki siewnej i nie zostają wprasowywane na dno rowka. Krótka sieczka ze słomy (długość ok. 5 cm) jest jednak nie-

odzownym czynnikiem poprawnej pracy siewników wyposażonych w redlice zębate. W przypadku siewników talerzowych w ostatnich latach zaleca się pozostawienie na polu wysokiego ścierniska. Ten sposób zbioru odznacza się następującymi zaletami (17, 31):

- zwiększoną wydajnością kombajnu o 40-100%,
- wydłużeniem okresu żniw o 1 godzinę rano i 2 godziny wieczorem,
- zmniejszeniem wilgotności ziarna o 1-4%,
- mniejszym zużyciem paliwa o 5-7 l · ha⁻¹,
- mniejszym obciążeniem części pracujących kombajnu,
- mniejszymi stratami ziarna o 3-4%,
- zmniejszonymi kosztami o 30-70 euro · ha⁻¹.

W warunkach wysokiego ścierniska (30-40 cm) źdźbła słomy układają się w trakcie siewu równolegle do kierunku jazdy siewnika i nie zostają wgniecione przez redlicę talerzową na dno rowka siewnego. Ten sposób zbioru przedplonu zapewnia precyzyjniejszy wysiew.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów wytrzymałości słomy różnych gatunków roślin na cięcie lub ściskanie. Badania wykazały, że świeża słoma w stosunku do rozłożonej posiada prawie o 50% większą wytrzymałość na rozerwanie. Wytrzymałość na rozcinanie była ściśle skorelowana z wilgotnością słomy (20). Rozkład słomy powodował zmniejszenie odporności na rozcinanie o około 35%. Rozcinanie słomy przez redlice talerzowe uzależnione jest nie tylko od odporności źdźbła na cięcie, 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. Siłę oporu gleby w wielu publikacjach określa się poprzez kohezję (21). Gleby zwarte wykazują wartość tego parametru wynoszącą około 0,2 N · mm⁻², natomiast odporność słomy odpowiada wartości około 3 N · mm⁻². Dlatego prawdopodobieństwo uzyskania prawidłowego rozdrobnienia słomy może nastęrczać poważne trudności. Hipotezę tę potwierdzają badania (4, 10), w których wykazano, że przy głębokościach mniejszych niż 4 cm nie uzyskano zadowalających rezultatów. Krawędzie tarcz rozcinających ukształtowane w postaci zębów lub pofałdowane kroje tarczowe rozdrabniały słomę gorzej niż gładkie kroje lub redlice talerzowe.

Tabela 2

Odporność słomy na cięcie, rozerwanie i ściskanie

Autor (poz. literatury)	Roślina	Parametr	Wartość (N · mm ⁻²)
Linke C., 1988 (20)	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 R. S. i in., 1983 (18)	pszenica	wytrzymałość na ściskanie	7-23

Uprawa konserwująca (zachowawcza)

Podstawowymi narzędziami do bezpłużnej uprawy roli są różnego rodzaju brony talerzowe, kultywatory lub grubery wyposażone w zróżnicowanej wielkości gęsiostópki. W Niemczech zaleca się również brony chwastowniki spulchniające glebę na głębokość 2 cm. Umożliwiają one równomierne rozrzucenie i rozerwanie pozostałości poźniwnych przy prędkości powyżej $14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Wysokość ramy tej brony wynosi około 70 cm, na której mocowane są 4 rzędy zębów długości 70-80 cm i średnicy 15 mm. W celu poprawnego nacisku brony na powierzchnię gleby masa jej powinna wynosić 200-300 kg na 1 metr bieżący. Działanie bron talerzowych uzależnione jest w głównej mierze od masy narzędzia uprawowego i zwężłości gleby. Często brona talerzowa wprowadza resztki poźniwne na głębokość 8-12 cm, tworząc zwartą warstwę słomy, która ogranicza kontakt wysianych nasion z podsiąkającą wodą z dolnych warstw gleby. Konwencjonalne kultywatory pracujące na głębokościach 10-20 cm odznaczają się również małą precyzją utrzymania wyrównanej głębokości spulchnionej warstwy gleby. R a p e r (29) porównując prace brony talerzowej i kultywatora o sztywnych łapach stwierdził, że brona talerzowa lepiej przykrywała resztki roślinne niż kultywator. Stopień przykrycia ziemi pozostałości poźniwnych nie zależał od głębokości pracy narzędzi. Wyniki badań wskazują jednak, że działanie kultywatora uzależnione jest od rodzaju zębów spulchniających (15). Redlice pasemkowe lub sercowe spulchniają głębiej pas ziemi w swym bezpośrednim sąsiedztwie niż między redlicami. Lepsze efekty pracy uzyskuje się przy użyciu gęsiostópki. Obecnie na terenie Niemiec propaguje się nowy typ kultywatora do uprawy konserwującej, który umożliwia płytkie spulchnienie warstwy gleby na głębokość 4 cm, pozostawiając mało naruszoną warstwę słomy na powierzchni pola (16). Kultywator ten jest przyczepiany do ciągnika, co redukuje wpływ jego drgań na równomierność spulchnienia wierzchniej warstwy roli. Za kultywatorem montowane są najczęściej wały strunowe w celu ugniecenia resztek poźniwnych. Kultywator ten posiada redlice w postaci gęsiostópki szerokości 50 cm i kącie natarcia do powierzchni gleby 25° .

W bezpłużnej uprawie roli, w celu efektywnego wymieszania słomy z wierzchnią warstwą gleby, stosuje się od wielu lat różnego rodzaju aktywne narzędzia. Są to brony wahadłowe, wirnikowe, rotacyjne i różnego rodzaju glebogryzarki. Jednak stosowane glebogryzarki odznaczają się bardzo dużą ingerencją w górną warstwę roli, dlatego nie powinny być zalecane jako narzędzia do konserwującej (zachowawczej) uprawy roli.

Podsumowanie

Przedstawiony przegląd literatury krajowej i zagranicznej związanej z zagospodarowaniem słomy w aspekcie siewu bezpośredniego i uprawy bezpłużnej wskazuje, że kroje tarczowe mogą prawidłowo rozdrabniać słomę jedynie w korzystnych warunkach uprawy (gleby zwężłe z małą ilością suchej lekko zbutwiałej słomy). W warun-

kach znacznych ilości resztek poźniwnych są do wyboru następujące warianty: siew w wysokie ściernisko albo zbiór słomy lub bezplużna – konserwująca uprawa roli. Redlice zębate wprowadzają mniej resztek poźniwnych w obszar wysiewu nasion, ale przy dużej ilości słomy powodują zwałowanie jej i zapychanie siewnika. W przypadku użycia siewników z takimi redlicami należy zastosować rozdrabniacz słomy, który znacznie poprawi precyzję wysiewu nasion.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że w warunkach siewu bezpośredniego jedynie zastosowanie rozgarniaczy słomy pracujących przed redlicą wysiewającą może przynieść zadowalające rezultaty poprzez szybsze ogrzanie gleby i poprawę jakości wysiewu nasion. Obecnie w wielu siewnikach stosuje się gładkie lub zębate tarcze rozgarniające słomę umieszczone bezpośrednio przed sekcją wysiewającą. Zastosowanie krojów rozgarniających słomę poprawia pracę kół przykrywających nasiona glebą, szczególnie przy zwiększonej jej wilgotności. Rozgarniacze słomy zmniejszają również obciążenie tarcz wysiewających, które przy dużych ilościach słomy na polu wymagają dodatkowego obciążenia. Należy jednak podkreślić, że w przypadku siewu nasion roślin o małej rozstawie rzędów brak jest siewników do siewu bezpośredniego, które w warunkach dużej ilości słomy na polu odznaczałyby się dobrą precyzją wysiewu.

Literatura

1. Arshad M.A., Franzluebbbers A.J., Azooz R.H.: Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in north-western Canada. *Soil Till. Res.*, 1999, **53(1)**: 41-47.
2. Baker C.J., Chaudhry A.D., Springett J.A.: Barley seeding establishment by direct drilling in a wet soil. 3. Comparison of six sowing techniques. *Soil Till. Res.*, 1988, **11**: 167-181.
3. Biederbeck V.O., Campbell C.A., Bowren K.E., Schnitzer M., Mciver R.N.: Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. *Soil Sci. Amer. J.*, 1980, **44**: 103-111.
4. Campos Magana S.G., Moreno Rico D., Willis B.M.: Kinematics of notched disc coulters. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan ASAE-1994, paper **94**: 1009.
5. Dauda A., Samari A.: Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. *Soil Till. Res.*, 2002, **68**: 17-22.
6. Dobers E.S., Roth R., Meyer B., Becker K.W.: Leitfaden für die Umstellung auf Systeme der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2003, 4-57.
7. Doliński R.: Zmienność, odziedziczalność i współzależność właściwości mechanicznych i cech morfologicznych źdźbła pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) warunkujących odporność na wyleganie. Wyd. AR Lublin, 1995, 3-67.
8. Dziemia S., Zimny L., Weber R.: Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 2006, **2(90)**: 227-241.
9. Ellmer F., Peschke H., Köhn W., Chmielewski F.M., Baumecker M.: Tillage and fertilizing effects on sandy soils. Review and selected results of long-term experiments at Humboldt University Berlin. *J. Plant Soil Sci.*, 2000, **163**: 267-272.
10. Erbach D.C., Morrison jr. J.E., Wilkins E.: Equipment modification and innovation for conservation tillage. *J. Soil Water Cons.*, 1983, **38**: 183-185.

11. Gratton J., Chen Y., Tessier S.: Design of a spring-loaded down force system for a no-till seed opener. *Canad. Biosyst. Eng.*, 2003, **45**: 229-235.
12. Guille G.: L'Année du machinisme: Semoirs-94 modeles en 2000 – directs et rapides. Offrir le maximum de polyvalence. *Fr. Agric.*, 2000, **2**: 96-103.
13. Kleinknecht Ch., Kornmann M., Höhner G.: Mulch und Direktsaat: Mit neuen Scharen sauber säen. *Top Agrar*, 2000, **2**: 100-1001.
14. Kreitmayer J., Beckmann Ch.: Maschinen zur Zwischenfrucht- und Mulchsaat. In: Zwischenfruchtbau und Mulchsaat als Erosionsschutz, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004, **1611-4159**, 39-49.
15. Köller K.: Trens bei Saat und Mineraldüngung. *Landtechnik*, 2001, **56(6)**: 376-377.
16. Köller K., Linke C.: Erfolgreicher Acerbau ohne Pflug. DLG-Verlags-GmbH, 2001, 7-173.
17. Krazmann A., Reckleben Y.: Lange Stoppel-Kosten sparen? *Neue Landwirtschaft*, 2006, **4**: 48-49.
18. Kushwaha R. S., Vaishnav A. S., Zoerb G. C.: Shear strength of wheat straw. *Can. Agricult. Eng.*, 1983, **25**: 163-167.
19. Landwirtschaft ohne Pflug 2006 <http://www.pfluglos.de>
20. Linke C.: Direktsaat - eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors. Hohenheim, 1998, 5-482.
21. Linke C., Kushwaha R. L.: High speed evaluation of draft with a vertical blade. *Amer. Soc. Agric. Engineers, St. Joseph, Michigan, ASAE-Paper*, 1992, **92**: 1019.
22. Marks M., Buczyński G.: Degradacja gleb spowodowana mechanizacją prac polowych oraz możliwości jej zapobiegania. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **4**: 27-39.
23. Molin J.P., Bashford L.L.: Penetration forces at different soil conditions for punches used on punch planters. *Trans. ASAE*, 1996, **39**: 423-129.
24. Munkholm L.J., Schjanning P., Rasmussen K.J., Tanderup K.: Spatial and temporal effects of direct drilling on soil structure in the seedling environment. *Soil Till. Res.*, 2003, **71**: 163-173.
25. Nidal H. Abu-Hamdeh: Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil Till. Res.*, 2003, **74**: 25-35.
26. Pabin J., Biskupski A., Włoddek S.: Wpływ zróżnicowanych technik uprawowych i gospodarki słomą na wilgotność gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2006, **508**: 131-136.
27. Papesch J., Steinert K.: Mulch und Direktsaat im Mitteldeutschen Trockengebiet. *Landtechnik Jg.*, 1997, **52(3)**: 128-129.
28. Persson S.: Mechanics of cutting plant material. ASAE Monograph nr 7, St. Joseph, Michigan, 1987.
29. Raper R.L.: The influence of implement type, tillage depth and tillage timing on residue burial. *Trans. ASAE*, 2002, **45(5)**: 1281-1286.
30. Siemens M. C., Wilkins D. E., Correa R. F.: Development and evaluation of a residue management wheel for hoe-type no-till drills. *Trans. ASAE*, 2004, **47**: 2.
31. Vosshenrich H., Reckleben Y., Gattermann B.: Aufwand vs. Bestellqualität. Stoppellänge – Technische Lösungen und wirtschaftliche Entscheidungen. *Neue Landwirt.*, 2006, **8**: 34-37.
32. Weber R.: Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **1**: 57-67.
33. Weber R.: Zmienność plonowania odmian w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli. *Monogr. Rozpr. Nauk., IUNG Puławy*, 2004, **12**: 7-88.
34. Wilkins D. E., Siemens M. C., Albrecht S. L.: Changes in soil physical characteristics during transition from intensive tillage to direct seeding. *Trans. ASAE*, 2002, **45(4)**: 877-880.
35. Włoddek S., Pabin J., Kaus A., Biskupski A.: The effect of soil different systems of tillage on the properties of soil and yielding of plants in crop rotation. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1997, **2**: 685-688.

Adres do korespondencji:

doc. dr hab. Ryszard Weber
IUNG-PIB
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel. (071) 363 87 07
e-mail: rweber@iung.wroclaw.pl