

Wpłynęło 28.05.2012 r.  
Zrecenzowano 03.10.2012 r.  
Zaakceptowano 25.10.2012 r.

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

## Sposoby ograniczania negatywnego oddziaływania agregatów ciągnikowych na rolę

Zbyszek ZBYTEK<sup>ABDEF</sup>, Włodzimierz TALARCZYK<sup>ABDEF</sup>

*Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu*

### Streszczenie

Zagęszczona warstwa gleby utrudnia rozwój roślin i stawia duży opór narzędziom i maszynom uprawowym. W pracy omówiono techniczne sposoby ograniczania i zapobiegania negatywnemu oddziaływaniu środków technicznych na rolę. Pominięto czynniki agrotechniczne, w tym stosowanie uproszczeń w uprawie. W celu zobrazowania podjętej problematyki przytoczono wyniki badań maszyn uprawowych opracowanych w PIMR oraz badań innych autorów. W celu ograniczenia zjawiska zagęszczania roli stosuje się nowe materiały konstrukcyjne do budowy maszyn, wprowadza się innowacyjne rozwiązania układów jezdnych oraz opracowuje się nowe technologie rolnicze.

**Słowa kluczowe:** gleba, agregaty ciągnikowe, ugniatanie, zagęszczanie gleby, ograniczanie, zapobieganie

### Wstęp

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych (PIMR) w Poznaniu od dawna w swych pracach konstrukcyjno-badawczych uwzględnia zagadnienia rolnictwa zrównoważonego, w tym również ekologicznego. Wiele tematów badawczo-rozwojowych z tego zakresu zakończyło się sukcesem wdrożeniowym, co najlepiej dowodzi celowości ich podjęcia.

W odniesieniu do gleby są stawiane dwa sprzeczne wymagania. Gleba powinna być najlepszym środowiskiem dla wzrostu i rozwoju roślin oraz dostarczać roślinom składniki pokarmowe w odpowiedniej ilości, a także powinna być odpowiednim podłożem dla ruchu pojazdów rolniczych po polu, a więc przenosić mechaniczne obciążenia bez nadmiernych odkształceń.



Najlepszym sposobem usuwania zaistniałych w glebie zagęszczeń i przywracania jej do stanu wyjściowego jest uprawa roli. Według KUSIA i JOŃCZYKA [2003]: „Zabiegów uprawowych powinno być stosowanych tak dużo, jak to jest konieczne, aby stworzyć uprawianej roślinie korzystne warunki wzrostu i rozwoju, a zarazem tak mało, jak to jest możliwe”. Efekty uprawy zależą od stopnia rozpoznania potrzeb rośliny, sposobu oddziaływania narzędzia uprawowego i kół pojazdów na glebę, zachowania się roli w określonym stanie pod obciążeniem. W związku z tym przed konstruktorami maszyn rolniczych stoją nowe zadania. Konstruowane obecnie maszyny są opracowywane w różnych wariantach i wyposażone w liczne adaptory (przystawki), co umożliwia dobranie maszyny do konkretnych wymagań i oczekiwań użytkownika. Maszyny te powinny ponadto być niezawodne w eksploatacji w krótkim okresie agrotechnicznym.

W artykule przedstawiono wybrane osiągnięcia Instytutu w zakresie konstrukcji maszyn do uprawy gleby. Na ich przykładzie zobrazowano zagadnienia, dotyczące ograniczania negatywnego oddziaływania środków technicznych na środowisko glebowe.

### **Czynniki wpływające na zagęszczenie gleb**

Środki techniczne stosowane w produkcji rolniczej powodują kilka zagrożeń dla gleby. Zbyt duża liczba przejazdów sprzętem rolniczym po polu prowadzi do nadmiernego zagęszczenia warstwy uprawnej i podglebia [AKKER i in. 2003]. Zagęszczenie warstwy ornej i podglebia powoduje także stosowanie ciągników i maszyn rolniczych o dużej masie oraz przeciążanie środków transportowych, poruszających się po polu [SZEPTYCKI 2006]. Zagęszczona warstwa gleby utrudnia ukorzenianie się roślin, przewodzenie wody, związków mineralnych oraz powietrza. Roślina reaguje na to zjawisko zmniejszeniem plonu i pogorszeniem jego jakości. Ubita gleba stawia też duże opory narzędziom i maszynom uprawowym.

Ważnym czynnikiem, od którego zależy zagęszczenie gleby, jest stosowana technologia uprawy danej rośliny, czyli dobór środków technicznych i sposób ich poruszania się po polu. Badania wykazały [BULIŃSKI, MARCZUK 2009], że w uprawie zbóż, w tradycyjnym systemie poruszania się agregatów po polu, ślady przejazdu kół pokrywały od 54,5 do 61,4% powierzchni pola. Łączna długość śladów pozostawionych na powierzchni 1 ha wynosi w przypadku uprawy jęczmienia jarego 30 km [POWAŁKA 2009].

Utrzymanie odpowiedniego stanu gleby i jednoczesna ochrona środowiska glebowego zależy od eliminacji zabiegów degradujących strukturę gleby, ograniczenia ugniatania roli, erozji wodnej i wietrznej oraz zastosowania właściwej techniki wykonywania zabiegów agrotechnicznych. W praktyce można zapobiegać ugniataniu gleby oraz likwidować skutki jej nadmiernego zagęszczenia przez ograniczenie masy produkowanych maszyn rolniczych, stosowanie nowych rozwiązań mechanizmów jezdnych oraz łączenie wykonywania zabiegów

agrotechnicznych [KOŚMICKI 2008]. Należy też unikać wykonywania zabiegów uprawowych w okresie nadmiernej wilgotności gleby, ponieważ prowadzą one do niszczenia jej struktury.

### **Metody zapobiegania negatywnemu oddziaływaniu środków technicznych na glebę**

Istnieje kilka metod umożliwiających organicznie negatywnego oddziaływania środków technicznych na glebę. Oprócz agrotechnicznych, można wyróżnić techniczne, przyczyniające się do zmniejszenia zagęszczenia gleby. Zalicza się do nich łączenie zabiegów rolniczych i stosowanie agregatów wieloczynnościowych, ograniczenie masy ciągników i maszyn, dobór ogumienia i stosowanego w nim ciśnienia, używanie kół bliźniaczych lub układów gąsienicowych oraz stosowanie większych prędkości roboczych.

Ruch agregatów ciągnikowych pozostawia w glebie ślad przejazdu, tzw. koleiny. Grubość ugniecionej warstwy zależy od kilku czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć masę produkowanych maszyn, powierzchnię nacisku oraz prędkość jazdy. Badania własne [ZBYTEK, TALARCZYK 2004] wykazały, że im mniejsza jest głębokość kolein, tym lepsze wyrównanie przygotowanej do uprawy powierzchni pola. Na glebie pulchnej, która niewystarczająco dobrze osiadła po orce, koła ciągnika pozostawiają bardzo głębokie koleiny (do 18 cm), pomiędzy którymi następuje znaczne wypiętrzenie gleby. Wtedy, nawet po zastosowaniu spulchniaczy śladów kół i przedniego wału dociskającego glebę pomiędzy koleinami, trudno jest uzyskać wyrównaną powierzchnię pola po uprawie. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wykazano, że po uprawie agregatem z kultywatorem 3-rzędowym i wałem tylnym strunowym nierówności w śladach kół ciągnika wynosiły:

- do 6 cm, gdy głębokość kolein wynosiła 18 cm;
- do 4 cm, gdy głębokość kolein wynosiła 13 cm;
- do 2 cm, gdy głębokość kolein wynosiła 9 cm.

Jednym ze sposobów niwelowania kolein jest stosowanie spulchniaczy, które powinny w pełni niwelować ślady kół. Najlepszy efekt pracy spulchniaczy uzyskuje się, gdy spulchniają one boki kolein na głębokość 6–8 cm. Wtedy nie wyciągają przyoranych resztek roślinnych, nie wyrzucają gleby z kolein na boki, a podcięte skarpy łatwiej osypują się za nimi.

Podstawową zasadą agregowania narzędzi uprawowych jest łączenie ich w takiej kolejności, aby w pierwszej pracowały narzędzia spulchniające glebę głębiej, a za nimi – pracujące płycej, o tej samej szerokości roboczej. Takie połączenie narzędzi umożliwia zmniejszenie liczby przejazdów ciągnikiem po polu, co ogranicza ugniatanie gleby i zużycie paliwa oraz skraca czas pracy. Przygotowanie roli do siewu powinno nastąpić w wyniku jak najmniejszej liczby przejazdów roboczych, najlepiej jednego. Każdy kolejny przejazd roboczy źle oddziałuje na stan roli i doprowadza do jej rozpylenia. Uprawa przedsiewna obejmuje przede wszystkim tę warstwę gleby, do której następuje siew nasion. Można to osiągnąć stosując

odpowiednio dobrany do stanu i rodzaju gleby agregat uprawowy, który może nie tylko spulchniać, ale i zagęszczać warstwę roli na poziomie głębokości siewu i nieco głębiej oraz zmniejszać powierzchniowe zbrylenie gleby.

Podstawowym parametrem oceny jakości pracy agregatu do przedsięwzięcia uprawy jest równomierna głębokość pracy na całej szerokości roboczej, wyrównanie powierzchni pola, zbrylenie gleby i miąższość uprawianej warstwy. W PIMR opracowano agregat, który charakteryzuje się modułową budową, co umożliwia przystosowanie go zarówno do jednoczesnej uprawy i siewu, jak i do precyzyjnej uprawy przedsięwzięcia. Agregat, wyposażony w wąski wał przedni, kultywator 3-rzędowy i tylny wał strunowy lub strunowo-pierścieniowy (agregat krótki), może współpracować z siewnikiem zawieszonym na hydraulicznym sprzęgu (agregat uprawowo-siewny) lub z dodatkowymi narzędziami uprawowymi (agregat długi). Te dodatkowe narzędzia to 2-rzędowe zgrzebło mocowane przed wałem i tylny wał strunowy o małej średnicy. Na glebie średniej, po odleżanej orce, agregat długi zapewnił lepsze niż krótki: pokruszenie gleby, wyrównanie powierzchni pola i dociśnięcie warstwy siewnej do podłoża oraz bardziej równomierne doprowadzenie warstwy siewnej [TALARCYK, ZBYTEK 2009].

Zabiegi uprawowe należy wykonywać w warunkach odpowiedniej wilgotności gleby, najlepiej bezpośrednio przed siewem, na głębokość wysiewu nasion. Dotyczy to zwłaszcza zabiegu doprowadzenia roli.

Obecnie czas pracy agregatów uprawowych skraca się do okresu najbardziej sprzyjających warunków pogodowych. W skracającym się sezonie agrotechnicznym rolnik oczekuje, że będzie dysponował niezawodną maszyną, dostosowaną do jego wymagań. Dlatego coraz częściej są oferowane maszyny uniwersalne, z ramą nośną, na której mogą być mocowane różne elementy robocze. Odpowiedni dobór tych elementów umożliwia uzyskanie najlepszej jakości pracy w krótkim okresie agrotechnicznym.

W PIMR opracowano kilka rozwiązań maszyn uniwersalnych, zarówno do przedsięwzięcia uprawy gleby, jak i do zabiegów pielęgnacyjnych, m.in. wprowadzone do produkcji narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne [ZBYTEK, TALARCYK 2007], kompaktowy agregat uprawowy o modułowej budowie [TALARCYK, ZBYTEK 2009] czy dwuwersyjny kultywator podorywkowy, z możliwością przezbrojenia na obsypnik do ziemniaków [ZBYTEK i in. 2009].

Zagęszczanie gleby można ograniczyć przez poruszanie się agregatów ciągnikowych po polach obsianych poplonem. Znajdujący się w warstwie powierzchniowej poplon zwiększa nośność gleby, co ogranicza przenoszenie naprężeń do warstw położonych niżej. W celu określenia wpływu poplonu na zwiększoną odporność gleby na ugniatanie, wykonano przejazd roboczy agregatu ciągnikowego Ursus 1222 i rozsiewacza nawozu Annaburger HTS 14.04, a następnie zmierzono głębokość kolein (tab. 1) [TALARCYK, ZBYTEK 2005].

Tabela 1. Głębokość kolein w zależności od rodzaju uprawy  
Table 1. Depth of the wheel tracks depending on the tillage type

Rodzaj uprawy i głębokość spulchnienia gleby Kind of tillage procedure and depth of soil loosening [cm]	Poletko Plot	Głębokość koleiny na glebie Depth of wheel tracks in soil [mm]	
		lekkiej light	średniej medium
Uprawa jednowarstwowa, głębosz – 20, kultywator – 20 Single-layer tillage; scarifier – 20, cultivator – 20	tylko spulchnione scarification only	95	110
	obsiane gorczycą sown with sharlock	65	90
	obsiane facelią sown with <i>Phacelia</i>	60	86
Uprawa dwuwarstwowa; głębosz – 25, kultywator – 10 Double-layer tillage; scarifier – 25, cultivator – 10	tylko spulchnione scarification only	101	120
	obsiane gorczycą sown with sharlock	86	100
	obsiane facelią sown with <i>Phacelia</i>	86	91

Źródło: opracowanie własne na podstawie: TALARCZYK, ZBYTEK [2005].  
Source: own elaboration based on TALARCZYK, ZBYTEK [2005].

Z badań wynika, że głębokość kolein na obiektach doświadczalnych obsianych poplonem jest mniejsza niż na obiektach spulchnionych bez poplonu. Świadczy to o tym, że poplon zwiększa nośność gleby. Poplon z facelii wpływał na zwiększenie właściwości wytrzymałościowych gleby korzystniej niż poplon z gorczycy. Na obiektach, na których wykonano tylko spulchnienie gleby, po silnych opadach deszczu na powierzchni kolein długo utrzymuje się woda, co świadczy o dużym zagęszczeniu gleby.

Innym sposobem ograniczenia zagęszczenia gleby kołami agregatu ciągnikowego jest stosowanie ścieżek technologicznych. Polega to na utworzeniu ścieżek przejazdowych, po których poruszają się agregaty przeznaczone do pielęgnacji, nawożenia i ochrony roślin. Zmniejsza się dzięki temu powierzchnia pola pokryta śladami kół. Wymaga to od użytkownika stosowania narzędzi o odpowiednio dobranej szerokości roboczej. Pierwszy raz ścieżki wykonuje się już podczas zasiewu. Szerokość robocza siewnika w tym przypadku musi być wielokrotnością szerokości roboczej rozsiewacza. System ścieżek przejazdowych jest stosowany głównie w uprawie zbóż, ale ścieżki mogą być również zakładane w uprawie buraków cukrowych i rzepaku. Wytyczenie ścieżek wymaga wyłączenia napędu sekcji wysiewających siewnika, w miejscach odpowiadających rozstawie kół ciągnika. Powszechnie przyjmuje się, że rozstaw ten wynosi 1800 mm. Szerokość ścieżki musi być tak dobrana, aby szerokość opony każdego z zastosowanych agregatów rolniczych nie ugniatała bocznych rzędów i nie uszkadzała roślin. Uszkodzone rośliny mają tendencję do słabszego wzrostu, nierównomiernego dojrzewania i są podatne na porażenie chorobami grzybowymi. Badania wybranych właściwości fizycznych piasku gliniastego mocnego w strefach pola o dużej liczbie przejazdów maszyn rolniczych w uprawie jęczmienia ozimego wykazały pozytywny wpływ stosowania ścieżek technologicznych (tab. 2) [JURGA

2005]. Ponadto BULIŃSKI [2009] wykazał, że wprowadzenie systemu ścieżek technologicznych 4,5-krotnie zmniejszyło intensywność ugniatania powierzchni gleby kołami agregatów w porównaniu z technologią, w której zastosowano agregaty przyczepiane o małej szerokości roboczej i przejazdu w systemie tradycyjnym.

*Tabela 2. Wybrane właściwości fizyczne piasku gliniastego w zależności od oddziaływania układów jezdnych agregatów rolniczych*

*Table 2. Selected physical properties of the clay sand, depending on the impact of driving system of agricultural tractor aggregates*

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Warstwa gleby Soil layer [cm]	Ścieżka technologiczna Technological path	Między ścieżkami technologicznymi Between technological path	Uwrocie Turn land
Gęstość objętościowa Bulk density	g·cm <sup>-3</sup>	orna <sup>1)</sup>	1,69	1,58	1,66
		arable <sup>1)</sup> podorna <sup>2)</sup> sub-arable <sup>2)</sup>	1,71	1,62	1,70
Wilgotność całkowita Total moisture content	%	orna <sup>1)</sup>	10,20	11,30	10,40
		arable <sup>1)</sup> podorna <sup>2)</sup> sub-arable <sup>2)</sup>	9,20	9,60	9,20
Zwięzłość Compaction	MPa	orna <sup>1)</sup>	4,87	2,12	3,60
		arable <sup>1)</sup> podorna <sup>2)</sup> sub-arable <sup>2)</sup>	6,92	5,43	9,08

Objaśnienia: <sup>1)</sup> 0–22 cm; <sup>2)</sup> 22–60 cm. Explanations: <sup>1)</sup> 0–22 cm; <sup>2)</sup> 22–60 cm.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: JURGA [2005].

Source: own elaboration based on JURGA [2005].

Zagęszczenie gleby jest także powodowane przez stosowanie nieodpowiedniego ogumienia kół ciągnika. Obecnie powszechnie stosowane są opony radialne, które zwiększają powierzchnię kontaktu bieżnika z glebą i umożliwiają rozłożenie ciężaru ciągnika na większej powierzchni, a to zmniejsza ugniatanie gleby i zwiększa siłę uciągu ciągnika.

Najczęściej popełnianym błędem jest stosowanie nieprawidłowego ciśnienia w oponach – zwłaszcza zbyt dużego, przekraczającego nawet 0,2 MPa (2 bary). Użytkownicy do wszystkich zabiegów agrotechnicznych stosują stałe ciśnienie, co jest błędem. Ciśnienie w oponach należy zmieniać w zależności od zastosowania ciągnika – wyższe w transporcie, niższe w uprawie. Od właściwego doboru ciśnienia w oponie zależy stopień zagęszczenia gleby, czas użytkowania opon, siła uciągu ciągnika i zużycie paliwa. Badania własne [TALARCZYK i in. 2009] wykazały, że głębokość kolein i zwięzłość gleby zagęszczonej w koleinach jest tym mniejsza, im mniejsze jest ciśnienie powietrza w oponach (tab. 3).

Stwierdzono, że podczas uprawy przedsięwziętej można zmniejszyć głębokość kolein, zwiększając powierzchnię styku opon z glebą. Elementy robocze narzędzi uprawowych lepiej wtedy spulchniają glebę w koleinach i łatwiej można uży-

skać wyrównaną powierzchnię pola po uprawie. Stwierdzono ponadto, że gdy ciśnienie w oponach jest duże zostaje zagęszczona cała warstwa gleby spulchnionej podczas orki, a gdy stosujemy niższe ciśnienie, szczególnie w przypadku kół bliźniaczych, głębokość zagęszczenia gleby kołami nie sięga do dna zaoranej warstwy (pomiaru zwięzłości gleby dokonywano w środku koleiny). Inne badania [BULIŃSKI 2008; OWSIAK 2008] wykazały, że naciski od kół ciągnika prowadziły również do zmian zagęszczenia gleby w warstwie sąsiadującej z koleiną. Z kolei JURGA [2008] wykazał, że głębokość wytwarzanej koleiny zależy od jednostkowych nacisków kół ciągnika na glebę i maleje z obniżeniem ciśnienia powietrza w ogumieniu.

Tabela 3. Głębokość kolein i zwięzłość gleby w koleinach w zależności od ciśnienia powietrza w oponach

Table 3. Depth of wheel tracks and soil compaction in wheel tracks, depending on air pressure in tyres

Parametr Parameter	Koła pojedyncze z ciśnieniem Single wheels with pressure [MPa]			Koła bliźniacze z ciśnieniem Twin wheels with pressure [MPa]	
	0,20	0,14	0,08	0,20/0,14	0,14/0,08
Szerokość koleiny [cm] Wheel track width [cm]	68,0	68,5	69,0	157,0	158,0
Głębokość koleiny [cm] Wheel track depth [cm]	12,5	10,9	10,1	9,8/8,7	9,1/7,6
Głębokość zagęszczenia gleby w koleinie [cm] Depth of soil compaction in wheel track [cm]	23,0	19,0	17,0	21,0/8,0	17,0/16,0
Zwięzłość gleby poniżej warstwy siewnej [MPa]: Soil compactness below sowing layer [MPa]:	0,7 do głębokości 31 cm, głębiej podeszwa płużna 0.7 to depth 31 cm, deeper – soil of a plough pan				
– przed przejeźdem before passage					
– po przejeździe (w środku koleiny) after passage (in a middle of wheel track)	1,6	1,3	1,2	1,2/1,1	1,1/1,0
– po przejeździe poza koleinami, w strefie dociśniętej wałem pierścieniowym after passage, outside of wheel track, in a sphere tightened by ring roller	–		0,9	–	

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Ugniatanie zbyt wilgotnego dna bruzdy kołami ciągnika, płozami pługów oraz kilkukrotne wykonywanie zabiegów uprawy na tę samą głębokość powoduje zagęszczenie warstwy podornej. Na tak ubitym dnie zatrzymują się drobne cząstki gleby, wymywane z jej górnej warstwy przez wodę opadową, a po pewnym czasie tworzy się silnie zbita warstwa, która utrudnia krążenie wody i powietrza oraz przenikanie korzeni. Można temu zapobiegać przez wykonywanie orki na różną głębokość, orki z pogłębiaczem, orki dwuwarstwowej lub stosowanie ciągników poruszających się wyłącznie po caliznie.

Orkę dwuwarstwową wykonuje się wówczas, gdy podglebie jest stwardniałe, nieprzepuszczalne dla wody i utrudniające rozwój systemu korzeniowego roślin.

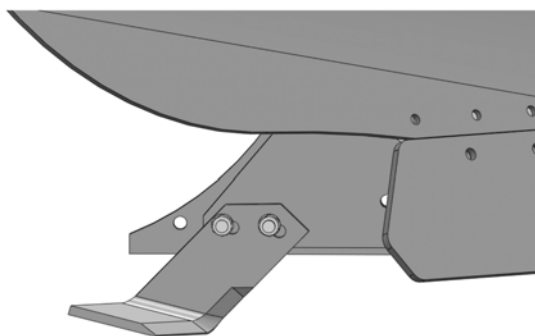
Przez wiele lat w kraju nie było narzędzia do uprawy dwuwarstwowej, dlatego w PIMR podjęto prace badawcze w tym zakresie. Opracowano koncepcję modelu badawczego narzędzia do uprawy dwuwarstwowej, a następnie zbudowano model, który posłużył do przeprowadzenia badań eksperymentalnych [TALARCZYK, ZBYTEK 2000]. W dalszych pracach opracowano model pługa zębowo-talerzowego, który pracuje według proekologicznej zasady „głęboko spulchniać – płytko odwracać”.

Pług zębowo-talerzowy składa się z zębów głębosza, spulchniających glebę na pełną głębokość uprawy, zębów kultywatora, spulchniających górną warstwę gleby między śladami pracy zębów głębosza oraz talerzy odwracających glebę wypiętrzoną między zębami głębosza i kultywatora. Zaletą tego rozwiązania jest bardzo dobre zagłębianie się nawet w suchą i zwięzłą glebę. O jakości zagłębiania się pługa decydują zęby głębosza, które zagłębiają się pierwsze, a pod naporem gleby unoszonej przez redlice są wręcz wciągane w glebę. Z porównawczych badań wskaźników jakości pracy i energochłonności uprawy dwuwarstwowej i głębokiej orki [ZBYTEK 2010] wynika, że pług zębowo-talerzowy nie nadaje się do uprawy roli z dużą ilością resztek poźniwnych lub silnie zadarnionej samosiewami bądź zachwaszczonej. Z kolei na podstawie wskaźników energochłonności zabiegu uprawy roli, określonych przez zużycie paliwa i opór roboczy, stwierdzono mniejszy opór roboczy i mniejsze zużycie paliwa w przypadku stosowania pługa zębowo-talerzowego.

Zasadę uprawy dwuwarstwowej wykorzystano do opracowania pługa, którego korpusy płużne wyposażono w pogłębiacze. Pogłębiacze są mocowane na ścianach bocznych rdzeni śrubami mocującymi jednocześnie płozy boczne (rys. 1). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono [TALARCZYK i in. 2011], że pogłębiacz zapewnia płytkie spulchnienie dna bruzdy, przy czym nie utrudnia zagłębiania się korpusu. Stwierdzono dobrą jakość pracy pogłębiaczy i ich korzystny wpływ na stabilność pracy pługa. Zakres spulchniania gleby w dnie bruzdy pojedynczym pogłębiaczem obejmuje warstwę o grubości 7–8 cm i szerokości 15 cm, a więc 1/3 podeszwy płużnej pod skibami zostaje przerwana, co przyspiesza jej regenerację w wyniku lepszego obiegu wody i powietrza, przerastania korzeniami i większego przemarzania w okresie zimowym. Stwierdzono, że pogłębiacze nie pogarszają zagłębiania się pługa i utrzymywania ustawionej szerokości orki i mają korzystny wpływ na utrzymywanie jej stałej głębokości. Było to szczególnie widoczne w miejscach o bardzo dużej zwięzłości gleby, na poziomie odcinania skib, gdy pogłębiacze dobrze utrzymywały korpusy w pełnym zagłębieniu. W porównywalnych warunkach na glebie ciężkiej wskaźnik nierównomierności głębokości orki pługiem bez pogłębiaczy wyniósł średnio 3,8%, a pługiem z pogłębiaczami – 2,4%.

Nadmierne ugniecenie podskibia podczas orki można ograniczyć, stosując ciągnik, który jest prowadzony wszystkimi kołami po caliznie. Dzięki temu unika się negatywnego oddziaływania kół ciągnika na dno bruzdy, powodującego powstawanie podeszwy płużnej. Z badań [TALARCZYK, ZBYTEK 2000] wynika, że naprężenia wywołane naciskiem kół ciągnika prowadzonych w głębokiej bruzdzie są prze-





Rys. 1. Pogłębiacz spulchniający dno bruzdy

Fig. 1. Subsoiler aerating the bottom of furrow

Źródło: TALARCZYK i in. [2011]. Source: TALARCZYK et al. [2011].

noszone w glebie na głębokość ok. 12 cm i powodują zwiększenie grubości podeszwy płużnej i wzrost zwięzłości gleby w tej warstwie o ok.  $2 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ . Koła ciągnika prowadzone po caliźnie nie powodowały zagęszczenia gleby poniżej warstwy ornej, a zagęszczenie w ich śladach było niwelowane podczas orki. Prowadzenie wszystkich kół ciągnika po caliźnie jest szczególnie korzystne, gdy korpusy płużne są wyposażone w pogłębiacze spulchniające glebę szczelinowo w dnie bruzd, ponieważ gleba spulchniona w ostatniej bruździe nie jest ponownie zagęszczana kołami ciągnika. W badaniach stwierdzono także, że płytkie spulchnienie dna bruzdy (do 10 cm) jest celowe również w przypadku prowadzenia w niej kół ciągnika, ponieważ nie pogarsza ich przyczepności, a zwięzłość ponownie zagęszczanej gleby jest znacznie mniejsza niż w istniejącej podeszwie płużnej.

Skutkiem zagęszczenia warstw leżących głębiej jest zwiększenie gęstości gleby, zmniejszenie jej przepuszczalności dla wody i ograniczenie wymiany gazowej. Nadmierne zagęszczenie warstw leżących głębiej, nawet do głębokości 0,9 m, można zlikwidować przez zastosowanie głęboszowania. Efekt głęboszowania jest najlepszy, gdy gleba w warstwie podornej nie jest zbyt wilgotna. Wówczas zakres spulchnienia i pokruszenia tej warstwy jest największy. Dlatego zabieg ten należy wykonywać po zbiorze zbóż. Stosuje się do niego głębosze, które spulchniają głębsze warstwy gleby bez odwracania. Rozróżnia się głębosze jedno- i kilkuelementowe, bierne i aktywne, z zabezpieczeniem zębów typu „non stop” lub na zasadzie ścinanej śruby. Zabieg głęboszowania wykonuje się co cztery lata. Szczególnie pozytywnie reagują na niego rośliny korzeniące się głęboko. Wadą tego zabiegu jest duże zapotrzebowanie na moc.

Bardzo istotny wpływ na jakość gleby ma prędkość robocza maszyny. Im większa jest prędkość robocza agregatu ciągnikowego podczas uprawy przedsięwziętej, tym mniejsza intensywność ugniatania gleby kołami oraz lepszy efekt jej uprawy. Gleba lepiej osypuje się na elementach roboczych, a ich wrażliwość na zapychanie jest mniejsza. Z badań wynika [TALARCZYK, ZBYTEK 2007], że minimalna prędkość robocza kultywatora i brony talerzowej powinna wynosić ok.  $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , a najlepszą jakość uprawy stwierdzono, gdy wynosiła powyżej  $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Im większa prędkość, tym lepiej drgające zęby kultywatora niwelują nierówności, a talerze brony odwracają podcięte kęsy. Po przekroczeniu prędkości  $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

odkładana przez talerze gleba przesypuje się często ponad ramą, ale tylny ekran uniemożliwia jej przesypywanie się ponad sekcją wału. Z kolei im lepiej talerze odwracają podcięte kęsy, tym lepsze jest wymieszanie resztek poźniwnych z glebą i stopień ich powierzchniowego przykrycia. Podczas uprawy ścierniska po jęczmieniu stopień powierzchniowego przykrycia resztek poźniwnych przez zestaw kultywatora i brony talerzowej wyniósł ok. 70% w warunkach prędkości roboczej  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  i ok. 85% w warunkach prędkości  $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Stosowanie większych prędkości roboczych wiąże się z opracowaniem nowych elementów roboczych, z materiałów o podwyższonej odporności na ścieranie. Kute elementy robocze zastępuje się odlewanyymi z żeliwa sferoidalnego poddanego hartowaniu z przemianą izotermiczną (ADI). Nowe elementy robocze charakteryzują się mniejszą ścieralnością i tym samym lepszymi właściwościami eksploatacyjnymi.

## Podsumowanie

W artykule omówiono techniczne sposoby ograniczenia negatywnego oddziaływania agregatów ciągnikowych na glebę. Pominięto czynniki agrotechniczne, w tym stosowanie uproszczeń w uprawie. Obecnie coraz powszechniej ogranicza się stosowanie płuźnego systemu uprawy na rzecz uprawy zachowawczej, określanej inaczej jako *conservation tillage*, a także innego systemu – tzw. uprawy zerowej, czyli siewu bezpośredniego. Wśród wielu zalet wprowadzania systemów uproszczonej uprawy można wymienić polepszenie struktury i porowatości gleby oraz zmniejszenie zużycia paliwa.

Doskonalenie konstrukcji i systemów eksploatacji maszyn rolniczych pod kątem ograniczenia ich negatywnego oddziaływania na rolę zajmuje priorytetowe miejsce w programach działań wszystkich producentów tego sprzętu. Prace w tym obszarze są prowadzone w kierunku:

- ograniczenia masy produkowanych maszyn (stosowanie nowych rozwiązań i nowych materiałów konstrukcyjnych);
- nowych rozwiązań mechanizmów jezdnych przez stosowanie kół bliźniaczych, odpowiednich opon i ciśnienia powietrza;
- łączenia zabiegów agrotechnicznych, w celu uzyskania wymaganej jakości uprawy roli w jednym przejeździe roboczym;
- opracowania nowych technologii rolniczych, uproszczonych i energooszczędnych, wymagających ograniczonej liczby przejazdów agregatów rolniczych po polu z większą prędkością roboczą.

## Bibliografia

AKKER J.J.H., ARVIDSON J., HORN R. 2003: Introduction to special issue on experiences with the impact and prevention of soil compaction in the European Union. *SoilTillage Research*. Vol. 73 s. 1–8.

BULIŃSKI J., MARCZUK T. 2008. Wpływ rodzaju agregatu ciągnikowego na zagęszczenie gleby w warstwie ornej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1 s. 49–55.

BULIŃSKI J., MARCZUK T. 2009. Ocena działania na glebę kół agregatów ciągnikowych w gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1 s. 53–59.

- JURGA J. 2005. Właściwości fizyczne piasku gliniastego w strefach pola o zróżnicowanej intensywności oddziaływania układów jezdnych agregatów polowych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 50(4) s. 21–26.
- JURGA J. 2008. Wpływ głębokości koleiny i ciśnienia powietrza w ogumieniu na naciski jednostkowe kół ciągników na glebę. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4 s. 347–351.
- KOŚMICKI Z. 2008. Kierunki rozwoju techniki rolniczej. *Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna*. Nr 1 s. 2–6.
- KUŚ. J., JOŃCZYK K. 2003. *Uprawa zbóż w gospodarstwach ekologicznych*. Radom. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego. ISBN 83-89060-22-1 ss. 130.
- OWSIAK Z., LEJMAN K. 2008. Przyrost zwięzłości gleby lekkiej ugniatanej wielokrotnie i wielośladowo. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5 s. 153–160.
- POWAŁKA M. 2009. Ugniatanie gleby obniża plony. *AGROmechanika*. Nr 6 s. 22–25.
- SZEPTYCKI A. 2006. Znaczenie techniki w systemie zrównoważonej produkcji rolniczej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 51(2) s. 183–185.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z. 2000. Wpływ sposobu prowadzenia ciągnika współpracującego z pługiem na ugniatane gleby i stabilność roboczą. W: *Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin, uprawy gleby i zbioru roślin uprawnych*. VII Międzynarodowe Sympozjum. Warszawa. IBMER s. 154–162.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z. 2005. Wpływ głębokości spulchniania gleby i zasianego jednocześnie poplonu na stan gleby. W: *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Pr. zbior. Red. Z. Zbytek. T. 2. Cz. 1. Poznań. PIMR s. 252–257.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z. 2007. Badania obciążeń eksploatacyjnych agregatu kultywatora, brony talerzowej i wału pierścieniowego (pomiar sił i naprężeń, słabych ogniwi) i weryfikacja modelu obliczeniowego. *Maszynopis*. Biblioteka PIMR ss. 30.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z. 2009. Uniwersalna konstrukcja kompaktowego agregatu uprawowego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 3 s. 31–37.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z., ŁOWIŃSKI Ł., GOŚLIŃSKI M., SZEREMET E. 2011. Badania laboratoryjno-pólowe pługa 5/4-skibowego o dużej szerokości skib, przystosowanego do prowadzenia ciągnika w bruzdzie lub po caliźnie. *Maszynopis*. Biblioteka PIMR ss. 40.
- TALARCZYK W., ZBYTEK Z. 2009. Spuścisz powietrze – oszczędzisz paliwo i ochronisz glebę. *Rolniczy Przegląd Techniczny*. Nr 9 s. 20–28.
- ZBYTEK Z., TALARCZYK W. 2004. Utrwalenie struktury gleby w aspekcie jej bezorkowej uprawy z jednoczesnym siewem poplonu. *Maszynopis*. Biblioteka PIMR ss. 27.
- ZBYTEK Z., TALARCZYK W. 2007. Nowe wielofunkcyjne narzędzie uprawowo-pielęgnacyjne. *Technika Rolnicza-Ogrodnicza-Leśna*. Nr 2 s. 20–23.
- ZBYTEK Z., TALARCZYK W., MAC J. 2009. Wpływ stosowania różnych elementów roboczych na obciążenia eksploatacyjne wielofunkcyjnego kultywatora. W: *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Pr. zbior. Red. Z. Zbytek. T. 6. Poznań. PIMR s. 139–142.
- ZBYTEK Z. 2010. Wskaźniki jakości pracy i energochłonności uprawy dwuwarstwowej i głębokiej orki. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. Vol. 55. Nr 1 s. 120–123.

**Zbyszek Zbytek, Włodzimierz Talarczyk**

**WAYS TO LIMITING THE NEGATIVE IMPACT OF TRACTOR AGGREGATES  
ON THE SOIL**

**Summary**

Compacted soil layer negatively affects the growth of plants, increasing the resistance to soil tillage machines and implements. Paper discussed some technical manners to limiting and preventing the negative impact of mechanical means on the soil. The agrotechnical factors, simplifications in cultivation inclusive, were omitted. To illustrate the problem undertaken, the investigation results of soil tillage machines, conducted by PIMR (Industrial Institute of Agricultural Machines), as well as the research results of other authors, were quoted. In order to reduce the phenomenon of soil compaction, the new construction materials were used to building the machines, innovative solutions were introduced in driving systems; new agricultural technologies are developed, as well.

**Key words:** soil tillage, tractor aggregates, compaction, soil packing, limitation, prevention

Adres do korespondencji

dr hab. Zbyszek Zbytek, prof. nadzw.  
Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
ul. Starołęcka 31, 60-963 Poznań  
tel. 61 871-22-18; e-mail: zbytek@pimr.poznan.pl