

Możliwości ograniczenia ugniatania gleby kołami pojazdów rolniczych

Jerzy Buliński

*Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Wydział Inżynierii Rolniczej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: bulinski@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: ugniatanie gleby, pojazd rolniczy

Wstęp

Ośrodki naukowe są zgodne co do tego, że następstwa ugniatania gleb uprawnych – w postaci zmian właściwości fizycznych, biologicznych i chemicznych gleby – są niekorzystne dla większości roślin uprawnych, prowadzą do zmniejszenia plonów i ich jakości technologicznej, a trwałość następstw określana jest na kilka do kilkunastu lat [42]. Jako główną przyczynę ugniatania gleb uprawnych wymienia się naprężenia przekazywane na podłoże przez mechanizmy jezdne ciągników i maszyn rolniczych. Według Olsena [29] w warstwie do głębokości 300 mm pod koleiną przejazdu kół wartości powstających naprężeń są zbliżone do ciśnienia na powierzchni styku opony z podłożem. Równocześnie z wielu badań wynika, że głębokość zauważalnych zmian stanu gleby niejednokrotnie znacznie przekracza poziom corocznie spulchnianej warstwy ornej, prowadząc do wielokierunkowego oddziaływania na środowisko wzrostu i rozwoju roślin. Jorajuria i in. [24] wskazują, że pod względem następstw powierzchniowego ugniatania gleby przez pojazdy można wyróżnić dwa poziomy ugniecenia: pierwszy, obejmujący zakres działania zespołów roboczych narzędzi uprawowych (do ok. 200 mm) i głębszy (200–600 mm), tzw. podglebie. Ponieważ działalność rolnicza jest ściśle związana z przejazdami agregatów ciągnikowych, problemu ugniatania gleby nie da się całkowicie wyeliminować. I może nie o to chodzi. Należy zatem tak zarządzać sferą produkcji polowej, a więc technologiami, maszynami, terminami zabiegów, aby niekorzystne skutki przejazdów agregatów ciągnikowych zmniejszyć do akceptowalnego poziomu. Wydaje się, że podstawowym problemem związanym z ograniczaniem skutków ugniatania gleby jest optymalizacja, która

powinna objąć przede wszystkim zagadnienia techniki i technologii prac polowych, dająca maksymalizację zysku, bez tworzenia nienaprawialnego uszkodzenia struktury gleby. Oznacza to również, że w optymalizacji należy uwzględnić nie tylko problem zagęszczenia gleby, lecz także zachodzące w niej procesy naturalne [26].

Stosowane w praktyce rolniczej i podawane w literaturze rozwiązania, zmierzające do ograniczenia ugniatania gleby kołami pojazdów rolniczych, można podzielić na dwie główne grupy:

- metody techniczne, związane z uzyskaniem odpowiednich wartości techniczno-eksploatacyjnych parametrów całego pojazdu bądź układu jezdnego;
- metody organizacyjne, związane z odpowiednimi działaniami na poziomie zarządzania procesami w gospodarstwie.

Techniczne możliwości ograniczenia ugniatania gleby kołami

Techniczne możliwości ograniczenia ugniatania gleby obejmują działania zmierzające do zmniejszenia wartości naprężeń powstających na powierzchni styku koła z podłożem. Cytowane przez Smitha i Dicksona [40] publikacje wyraźnie wskazują na bezpośredni wpływ masy poruszającego się po polu pojazdu i powierzchniowego nacisku kół na zagęszczenie gleby. Dlatego też, najczęściej wymienianym w literaturze sposobem redukcji wartości naprężeń pod kołami pojazdów rolniczych jest zmniejszenie obciążenia osi [4, 10].

Obecnie masa wielu ciężkich ciągników rolniczych przekracza 10 Mg, samojezdne dwuosiowe kombajny do zbioru buraków przy pełnym obciążeniu mogą ważyć powyżej 35–40 Mg, a trzyosiowe nawet 50 Mg lub więcej [47]. Stosowane obecnie technologie uwzględniają odbiór ziemiopłodów bezpośrednio z pola, w związku z tym, po wilgotnej, podatnej na ugniecenie glebie przejeżdżają ciężkie przyczepy na kołach o niewielkiej średnicy, z obciążeniem osi przekraczającym wartości dopuszczalne, nawet dla asfaltowych nawierzchni dróg publicznych. Z porównania wartości obciążeń kół współcześnie stosowanych pojazdów rolniczych wynika, że w przypadku niektórych maszyn do zbioru i przyczep transportowych pod względem obciążeń przenoszonych na glebę mamy do czynienia z podobną sytuacją. Chociaż nie wszystkie wyniki badań są jednoznaczne, według badaczy, obciążenie osi pojazdu rolniczego w największym stopniu decyduje o wartościach i zakresie zachodzących w glebie zmian.

Pewnym wyznacznikiem do przyjmowania granicznych wartości obciążenia osi pojazdów rolniczych mogą być spostrzeżenia Håkansson i Reedera [22] oparte na analizie wyników badań prowadzonych dla szerokiego zakresu warunków glebowych. Z obserwacji wynika, że przejazdy agregatów po wilgotnej spulchnionej glebie przy obciążeniu osi 10 Mg (98,1 kN) powodowały jej ugniecenie do głębokości 50 cm. Według tych autorów można przyjąć, że w większości warunków glebowych

obciążenie osi pojazdu 4 Mg zwiększy zagęszczenie gleby do głębokości 30 cm i odpowiednio: 6 Mg – 40 cm, 10 Mg – 50 cm, 15 Mg – 60 i głębiej. Inni autorzy [20] na podstawie badań polowych podają, że zmiany stanu gleby wynikające z nacisku na oś pojazdu wynoszącego 107,6 kN były zauważalne tylko do głębokości 25 cm. Håkansson i Danfors [21] – przyjmując, że każdy wzrost zagęszczenia gleby na głębokości poniżej 0,4 m jest szczególnie niekorzystny – uważają, że graniczne dopuszczalne obciążenie kół agregatu to takie, które nie powoduje zmian właściwości gleby poniżej tego poziomu. Soane [41] przytaczając wyniki badań innych autorów podaje, że warunek ten jest spełniany, jeżeli nacisk na pojedynczą oś nie przekracza 60 kN, a w tandemie – 100 kN. Taka proporcja wartości dopuszczalnych obciążeń osi znajduje potwierdzenie w wynikach badań Kinney'a i in. [26], w których ciągnik z pojedynczymi kołami tylnymi powodował w warstwie gleby 0,1–0,4 m naprężenia większe o 55% niż ten sam ciągnik z podwójnymi kołami tylnymi. Z kolei Botta i in. [4] stwierdzają, że zastosowanie podwójnych kół w niewielkim stopniu przyczynia się do zmniejszenia ugniecenia gleby w warstwie uprawnej, najważniejszym czynnikiem jest jednak odpowiednie do warunków obciążenie osi, zwłaszcza, gdy rozpatruje się zagrożenia związane z ugnieceniem warstw podornych.

Mimo że przedstawione wyniki badań uzyskano w różnych warunkach polowych są one ważne, gdyż pozwalają w sposób przybliżony oszacować zakres możliwych zmian właściwości gleby i odnieść je do głębokości corocznie wykonywanych zabiegów spulchniających. Równocześnie należy zwrócić szczególną uwagę na zakres rozprzestrzeniania się naprężeń w strefach sąsiadujących z koleiną przejazdu. Z badań [34] wynika, że w wypadku nakładania się śladów kół, co ma miejsce w większości zmechanizowanych technologii prac polowych, strefa zmienionych właściwości gleby może obejmować pas szerokości przekraczającej 1 m wzdłuż osi koleiny. Niewątpliwie znaczną rolę odgrywa tu rodzaj i szerokość ogumienia, przy czym z jednej strony wiążą się one z szerokością strefy odkształceń gleby pod wpływem przejeżdżającego koła, z drugiej zaś zwiększenie szerokości opon daje możliwość zmniejszenia wartości jednostkowych nacisków powstających na powierzchni styku opony z podłożem. O ile szerokość opon kół tylnych w ciągnikach lekkich z reguły nie przekracza 0,35 m, a w ciągnikach średnich – 0,5 m, to w ciągnikach ciężkich wyposażonych w szerokie, niskociśnieniowe ogumienie szerokość śladu pozostawianego przez oponę może wynosić nawet 0,7 m [25]. W nowoczesnych ciągnikach z napędem na dwie osie istnieje dodatkowo możliwość zakładania kół bliźniaczych zarówno na oś przednią, jak i tylną i szerokość śladu może wynosić nawet 1,5 m. Stosowanie podwójnych kół nasuwa pytanie o ich rozmieszczenie. Który układ – bliźniaczy, czy tandem mniej ugniatą glebę? Układ bliźniaczy, stosowany głównie w ciągnikach na osiach napędowych, zwiększa ogólną powierzchnię ugniecenia, chociaż z mniejszymi wartościami jednostkowych nacisków. W układzie tandem, spotykanym powszechnie w wielu przyczepach rolniczych, stosowanie dużych rozmiarów kół jest utrudnione, stąd też powierzchnię styku opony można zwiększać głównie poprzez jej

szerokość. Jadące tym samym śladem koło tylne prowadzi jednak do kumulowania się naprężeń w glebie. Problem ten nadal nie jest dostatecznie wyjaśniony i wymaga prowadzenia badań.

Również rodzaj ogumienia i stosowane ciśnienie, mogą mieć wpływ na wartości powstających pod kołem naprężeń. W badaniach porównawczych [36] opony radialnej 18,4R38 z ciśnieniem fabrycznym 103 kPa, promieniowej 18,4–38 z ciśnieniem fabrycznym 130 kPa i specjalnej niskociśnieniowej 600/65R38 XM108 z ciśnieniem 80 kPa, jednakowo obciążonych masą 2,54 Mg stwierdzono, że w wyniku wzrostu powierzchni styku, w porównaniu z oponą promieniową, naciski jednostkowe opony radialnej były mniejsze o ponad 39%, a opony specjalnej, niskociśnieniowej – mniejsze o ponad 54%. Z połowych badań [17] wynika, że zastąpienie w ciągniku opon diagonalnych – radialnymi o większym wymiarze, pozwala zmniejszyć ciśnienie o 36%, co prowadząc do istotnego zmniejszenia ugniecenia gleby przyczyniało się do wzrostu plonowania roślin. Obniżenie ciśnienia w oponach prowadzi do niewątpliwych korzyści, należy jednak mieć na uwadze, że w pewnych warunkach może wpływać na obniżenie trwałości ogumienia [5].

Korzyści ze zwiększenia powierzchni podparcia kół wynikają również z możliwości ograniczenia ich poślizgu i rozwijania większej siły uciągu potrzebnej do współpracy z narzędziami bądź maszynami o dużych oporach roboczych. W tym celu w praktyce rolniczej coraz częściej zalecane jest stosowanie mechanizmów gąsienicowych. Jednakże jeżeli rozpatruje się wartości nacisków przekazywanych na glebę, to okazuje się, że opinie o korzyściach wynikających ze stosowania takich rozwiązań nie są jednoznaczne.

Janzen [23] uważa, że nowoczesne konstrukcje gąsienic gumowych powodują, że powodowane przez nie ugniecenie gleby jest mniejsze niż mechanizmów kołowych o porównywalnych rozmiarach. Z badań Jorajurii i in. [24] wynika, że zwięzłość gleby w śladach ciągnika kołowego była o 7,5% wyższa niż ciągnika gąsienicowego, natomiast w innych badaniach [33] stwierdzono, że opory narzędzi podczas spulchniania gleby w koleinach ciągników gąsienicowych były o 25%, w koleinach ciągników kołowych o 40% i w koleinach kombajnów zbożowych lub samochodów ciężarowych o 60% większe od oporu gleby nieugniecionej. Równocześnie porównawcze badania [29] oddziaływania na glebę podwozia kołowego typu tandem i gąsienicowego stosowanego w rozlewaczu gnojówki o pojemności zbiornika 18 m³ wynika, że opory przetaczania pojazdu na podwoziu gąsienicowym były istotnie większe niż na podwoziu kołowym, natomiast głębokość powstałej koleiny w obydwu typach mechanizmów jezdnych nie przekraczała 50 mm. Autorzy rozpatrując różne aspekty związane ze stosowaniem tych typów podwozi stwierdzają, że przy niewielkich różnicach oddziaływania na glebę, w warunkach prowadzonych badań, podwozie kołowe wydaje się korzystniejsze.

Mimo większej powierzchni styku z glebą mechanizmu gaśienicowego, wartości jednostkowych nacisków w znacznym stopniu zależą od rozmieszczenia rolek podporowych wzdłuż gaśiennicy.

W badaniach nad ugniataniem gleby prowadzonych w Ohio State University i North Dakota State University [3], w których zastosowano ciągnik o napędzie na 2 osie z podwójnymi oponami radialnymi napompowanymi do ciśnienia zalecanego fabrycznie i z ciśnieniem powiększonym oraz ciągnik na gaśienicach gumowych, wykazano, że najkorzystniejsze efekty pod względem ograniczenia ugniecenia gleby uzyskiwano dla ciągnika z prawidłowo napompowanymi oponami. Opony z ciśnieniem powiększonym dawały efekt najgorszy, a ciągnik na gaśienicach gumowych dawał efekt pośredni. W badaniach stwierdzano znaczną nierównomierność rozkładu naprężeń zarówno wzdłuż, jak i w poprzek gaśienicy (np. znaczne obciążenie stwierdzano w tylnej i środkowej części gaśienicy). Uzyskiwane wartości nacisków w znacznym stopniu mogą być związane z rozkładem obciążeń na poszczególne osie, wynikającym z warunków współpracy ciągnik-narzędzie.

Jednym z czynników wpływających na zmianę obciążenia osi w pojazdach rolniczych jest rozkład masy. Pewne możliwości regulowania związanych z tym obciążeń kół są możliwe poprzez odpowiednie zestawienie agregatu [28].

Zawieszenie maszyny na układzie trypunktowym TUZ ciągnika prowadzi do zwiększenia obciążenia tylnych kół, wyposażonych zazwyczaj w szerokie niskociśnieniowe ogumienie, przy równoczesnym zmniejszeniu nacisków kół przednich. W wypadku ciągników lżejszych, z wąskim ogumieniem przedniej osi, wartości nacisków tych kół mogą być prawie dwukrotnie większe niż tylnych kół napędowych [7]. Równocześnie polowe badania porównawcze dwóch agregatów o jednakowej masie, zawieszanego i jednoosiowego przyczepianego [9] wykazały, że po przejazdach agregatu z maszyną przyczepianą gęstość gleby w koleinie była większa o 3–4%, a zwięzłość o 4–10%. Potwierdza to spostrzeżenia badaczy o kumulowaniu się naprężeń w glebie wraz z liczbą wykonywanych przejazdów kół tym samym śladem [2, 18].

Współczesne technologie zmechanizowanych prac polowych z jednej strony powinny stwarzać roślinom korzystne warunki rozwoju i plonowania, z drugiej zaś spełniać kryteria efektywności wynikające m.in. z wydajności i czasu wykonywania zabiegu. Stąd też, wraz z nowymi konstrukcjami ciągników, narzędzi i maszyn rolniczych obserwuje się tendencje do wzrostu prędkości roboczej agregatów ciągnikowych. Z badań polowych [8] wynika, że szczególnie w zakresie małych prędkości i agregatów wieloosiowych, np. przyczepianych, ugniatające działanie kół na glebę jest najbardziej widoczne. Wzrost prędkości ciągnika od $0,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ do $4,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ powodował zwiększenie wskaźnika CI (compaction index) o 15%, oporu stożka o 71% i głębokości koleiny o 24% [1]. Chociaż z badań [11, 12] wynika również, że obciążenie i rodzaj ogumienia znacznie silniej wpływają na wartości parametrów ugniecenia gleby niż prędkość ruchu.

Technologiczne możliwości ograniczenia ugniatania gleby pojazdami rolniczymi

Technologiczne możliwości ograniczenia ugniatania gleby kołami pojazdów rolniczych związane są z organizacją wykonywania zabiegów polowych. Prowadzone w tym zakresie badania obejmują różne rozwiązania, wśród których można wymienić: termin wykonania zabiegu, ścieżki technologiczne, konstrukcje „bramowe”, tzw. „gantry”, uprawa bezorkowa, orka „on land”, siew bezpośredni, łączenie zabiegów. Większość z rozwiązań jest znana w praktyce rolniczej, lecz wieloletnie tradycje, przyzwyczajenia, a także organizacyjne i finansowe możliwości gospodarstw stanowią istotny czynnik ograniczający stosowanie tych technologii i związanych z nimi konstrukcji narzędzi i maszyn.

Można stwierdzić, że zakres stosowania technologii uprawy roślin wykorzystujących ścieżki przejazdowe, ze względu na wieloaspektowe korzyści dla użytkownika i środowiska glebowego, będzie coraz większy. Podstawowym wymogiem stosowania tego systemu, polegającego na oddzieleniu pasów ruchu pojazdów od strefy wzrostu roślin, jest dostosowanie techniczno-eksploatacyjnych parametrów narzędzi i maszyn do siewu, nawożenia i ochrony roślin. Poza lepszymi warunkami trakcyjnymi dla kół ciągnika poruszającymi się po ubitej glebie, korzyści z wprowadzenia systemu ścieżkowego wynikają z możliwości znacznego ograniczenia obszaru zajmowanego przez koleiny przejazdów. Ze względu na fakt, że w typowych technologiach uprawy zbóż ponad 50% powierzchni jest ugnieciona kołami stosowanych agregatów [7], a także, że zależnie od szerokości agregatu wiodącego powierzchnia ścieżek zwykle nie przekracza kilku procent [50], system ten może wiele wnieść do poprawy warunków wzrostu i rozwoju roślin. W badaniach stwierdzono, że przejazdy agregatów po ścieżkach zmniejszyły wielkość powierzchni ugniecionej o ponad 40% w uprawie buraków cukrowych, 90% w uprawie kukurydzy i ponad 2,5-krotnie w uprawie pszenicy ozimej [38]. Wadą systemu ścieżek przejazdowych jest jednak to, że przejazdy po ścieżkach rozpoczynają się dopiero po ich wytyczeniu podczas siewu. Tymczasem już w wyniku zabiegów doprawiających rolę i przedsiewnego nawożenia, prawie 20% powierzchni pola pokrywają ślady przejazdów [7]. Równocześnie wielkość powierzchni zajmowanej przez ślady kół nie odzwierciedla faktycznych zmian stanu gleby w warstwie pod koleiną i obok niej w wyniku rozchodzenia się naprężeń. Z licznych badań polowych i analiz wynika, że w wielu miejscach na polu ślady mogą nakładać się ponad dwudziestokrotnie i w tych miejscach, na skutek kumulowania się naprężeń, zachodzące zmiany pod względem ilościowym i jakościowym mogą być bardzo intensywne, długotrwałe i trudne do usunięcia [34, 43]. Wprawdzie zagęszczenie gleby zwiększa się wraz z każdym przejazdem koła, to jednak stopień zmian poszczególnych wartości parametrów charakteryzujących stan gleby jest coraz mniejszy. Większość badań [10, 44] wskazuje, że największe ugniecenie gleby zachodzi podczas pierwszych 3–4 przejazdów koła i zmiany zagęszczenia gleby prze-

kraczącą wówczas 75% wartości maksymalnych. Pewnym rozwiązaniem problemu mogą być tzw. ścieżki uprawowe [42], które np. w przesiewnej uprawie buraka umożliwiają zmniejszenie powierzchni ugniecenia o ponad 50%.

Przedstawione dane nie uwzględniają powierzchni ugniecionej przez prawe koła ciągnika poruszające się dnem bruzdy podczas orki. W zależności od szerokości roboczej narzędzia może to być nawet 50% całkowitej powierzchni pola. Problemy ugniecenia warstw podornych w wyniku przejazdu kół ciągnika po dnie bruzdy można ograniczyć wykonując orkę systemem „on land”. Jadąc wszystkimi kołami ciągnika po caliznie, zmniejsza się wartości pionowych naprężeń i przemieszczeń w warstwach podornych. Użycie ciągnika gąsienicowego poprzez zwiększenie powierzchni styku z podłożem mechanizmu jezdnego dodatkowo zmniejsza zagrożenia ugniatania podglebia.

Innym działaniem zmierzającym również w kierunku wyeliminowania przejazdów agregatów po powierzchni pola mogą być technologie wykorzystujące szerokie konstrukcje ramowe, okraczające kilkumetrowej szerokości pas pola (rys. 1). Z licznych sponsorowanych przez EWG [45] badań nad wpływem stosowania maszyn i pojazdów o zmniejszonym nacisku na glebę, stosowania specjalnych technik uprawy chroniących glebę oraz ograniczenia ruchu kół po powierzchni pola wynika, że ten sposób polegający na sprowadzeniu przejazdów agregatów rolniczych do stale utrzymywanych ścieżek przejazdowych, np. przy użyciu tego typu konstrukcji o dużym rozstawie kół jest najbardziej przyszłościowy.



Rysunek 1. Szerokoramowy pojazd skonstruowany w laboratorium USDA-NSDL w Alabamie [źródło: 35]

Konstrukcje te, ze względu na specyficzną budowę i związane z tym ograniczenia, obecnie wykorzystywane są raczej w badaniach naukowych nad ugniataniem gleby. Połowe próby [32] z modułem energetycznym o rozstawie kół dopasowanym do uprawy wszystkich roślin wynoszącym 2,7–3 m wykazały, że w wyniku wyeliminowania przejazdów ze strefy wzrostu i rozwoju roślin, plony buraków cukrowych wzrosły o 15–20%, a ziemniaków o 20–25% w porównaniu z dotychczas stosowaną typową technologią uprawy.

Badania nad wpływem pięciu różniących się intensywnością przejazdów systemów uprawowych na ugniatanie gleby [13], prowadzone na różnych glebach wykazały, że największe korzyści w postaci plonowania roślin uzyskiwano przy zastosowaniu 6 metrowej szerokości konstrukcji ramowej. Autorzy uważają, że istotnym czynnikiem zwiększającym korzyści ze stosowania takich konstrukcji jest obniżenie kosztów wynikających ze stosowania specjalnego wyposażenia. Równocześnie czynnikiem ograniczającym jest wielkość gospodarstwa wynosząca 400–500 ha.

Uproszczenia uprawy, polegające na wyeliminowaniu orki lub ograniczeniu zabiegów spulchniających również mogą stanowić rozwiązanie zmierzające do ograniczenia ugniatania i zmniejszenia jego niekorzystnych następstw. Jednakże w pewnych warunkach glebowych, np. na glebach silnie zerodowanych z podwyższoną związłością podglebia, dla zapewnienia odpowiedniej związłości warstwy uprawnej i przesiąkalności wody głębokie spulchnianie powinno być wykonywane corocznie [15]. Można spotkać również opinie [19], że dopiero na glebach o wysokiej kulturze, gwarantującej wysokie plony roślin, będzie można stosować uprawę uproszczoną (bezpłużną) oraz agregaty uprawowe i uprawowo-siewne, zmniejszające liczbę przejazdów kół. Równocześnie w badaniach [49] wpływu różnych technik uprawy roli (uprawa ścierniska, uprawa płuzna z doprawianiem przedsięwziętym, uprawa ścierniska i uprawa łącznie z siewem aktywnym agregatem uprawowo-siewnym oraz siew bezpośredni w ściernisko) na jej wilgotność, związłość i gęstość, wykonanych na piasku gliniastym mocnym, nie stwierdzono ukierunkowanego charakteru zmian badanych parametrów gleby. Natomiast Chen [14], porównując trzy zróżnicowane pod względem uproszczenia systemy uprawy, stwierdził, że gęstość gleby zmniejszała się liniowo ze zmniejszaniem się energii dostarczonej z uprawą. Częściowym rozwiązaniem problemu może być stosowanie agregatów wieloczynnościowych. Połączenie zabiegów doprawiania gleby, nawożenia przedsięwziętego, siewu nasion i opryskiwania herbicydem w ramach jednego przejazdu agregatu może znacząco zmniejszyć ilość energii przekazywanej do gleby, jak również skrócić czas wykonywania prac.

Równie ważnym czynnikiem natury organizacyjnej ograniczającym niekorzystne dla roślin następstwa ugniecenia gleby jest odpowiedni termin wykonania prac polowych. Uznaje się, że każda gleba ma swoistą dla siebie wilgotność, przy której przejazdy kół agregatów powodują największe jej zagęszczenie. Wilgotność ta waha się od ok. 14% dla piasków gliniastych i glin piaszczystych do 26% dla pyłów i ciężkich

glin [31]. Równocześnie inni autorzy [16, 39, 48] wskazują, że podatność gleby na ugniatanie jest również różnicowana zawartością koloidów, co oznacza, że przy tej samej wilgotności inaczej na naciski powierzchniowe będą reagować gleby lekkie, piaszczyste, a inaczej utwory ciężkie ilaste itp. Zależność ta, choć wydaje się oczywista, nie zawsze może być uwzględniana w praktyce rolniczej.

Podsumowanie

Konstrukcje współczesnych agregatów rolniczych w znacznym stopniu ułatwiają wykonywanie prac polowych z zachowaniem kontroli ugniecenia gleby. Prowadzone w tym zakresie działania w zasadzie skupiły się na dwóch głównych kierunkach:

- zmniejszenia wartości jednostkowych nacisków mechanizmu jezdnego poprzez odpowiedni dobór parametrów technicznych pojazdu,
- zmniejszenie powierzchni ugniecenia poprzez możliwie największą eliminację liczby przejazdów po polu lub ograniczenie ruchu agregatów do wytyczonych na polu ścieżek.

Każda z tych metod ma w określonych warunkach różne możliwości wykonania i może przynosić różne efekty. Z jednej strony czynnikami ograniczającymi mogą być wymagania odnośnie nakładów na zakup odpowiednich narzędzi, maszyn i ciągników, umożliwiających wykonanie zabiegów według nowych technologii, oraz wielkość gospodarstwa stanowiąca o opłacalności tych kosztochłonnych przedsięwzięć, z drugiej strony pewne uwarunkowania natury psychologicznej. Przy uwzględnieniu struktury gospodarstw rolniczych [37], z której wynika, że ok. 80% ogólnej liczby gospodarstw nie przekracza powierzchni 10 ha, w tym prawie 60% gospodarstw mieści się w grupie do 5 ha, rolnik, posiadający już zestaw narzędzi i maszyn, będzie dążył w dalszym ciągu do maksymalnego ich wykorzystania, odwlekając możliwie jak najdłużej wymianę sprzętu na nowy. Równocześnie, z praktyki rolniczej wynika, że nawet przy pewnej świadomości negatywnego oddziaływania przejazdów kół po wilgotnej, podatnej na odkształcenia glebie, odkładanie przez rolnika momentu wykonania zabiegów nie zawsze jest możliwe. Przyjmując nośność gleby jako podstawowe kryterium momentu przejazdu agregatu po polu, z wielu innych względów może się to okazać nie do zaakceptowania. Należy jednak podejmować starania zmierzające do ograniczenia ugniecenia gleby, gdyż poza wymiernymi następstwami wpływającymi na efektywność produkcji, znaczenie problemu jest szersze, gdyż dotyczy zagrożenia degradacją środowiska, a szerzej ochrony zasobów glebowych.

- [1] Abebe A.T., Yamazaki M., Oida A., Nakashima H. 1992. Effects of forward velocity of tractor on transient soil compaction. *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery* 54 (3): 25–33;
- [2] Alakukku L., Weisskopf P., Chamen W.C.T., Tijink F.G.J., Van der Linden J.P., Pires S., Sommer C., Spoor G. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research* 73: 145–160.
- [3] A TJ tractor owner asks: Powermanager. Issue 46, »com/na/news/PowerManager«.
- [4] Botta G.F., Jorajuria D., Draghi L.M. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. *Journal of Terramechanics* 39: 47–54.
- [5] Braunack M.V. 2004. A tyre option for sugarcane haulout trucks to minimise soil compaction. *Journal of Terramechanics* 41: 243–253.
- [6] Buliński J. 1994. Możliwości zmniejszenia ugniatania gleby agregatami rolniczymi. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej* 6: 2–3.
- [7] Buliński J. 1998. Zagęszczenie gleby w różnych technologiach uprawy roślin i związane z tym opory orki. Rozprawy Naukowe i Monografie Wyd. SGGW Warszawa: 140 ss.
- [8] Buliński J. 2000. Wpływ prędkości ruchu i rodzaju agregatu ciągnikowego na zagęszczanie gleby kołami. *Inżynieria Rolnicza* 6(17): 111–117.
- [9] Buliński J., Majewski Z. 2005. Effect of axle load distribution in tractor-machine outfit on soil compaction in the arable layer. Maszynopis, KMRi L, WIP. SGGW: 8 ss.
- [10] Canillas E.C., Salokhe V.M. 2001. Regression analysis of some factors influencing soil compaction. *Soil & Tillage Research* 61: 167–178.
- [11] Carman K. 1994. Tractor forward velocity and tire load effects on soil compaction. *Journal of Terramechanics* 31(1): 11–20.
- [12] Carman K. 2002. Compaction characteristics of towed wheels on clay loam in a soil bin. *Soil & Tillage Research* 65(1): 37–43.
- [13] Chamen W.C.T., Audsley E., Holt J.B., Soane B.D., Ouwerkerk C. 1994. Developments in agricultural engineering Vol. 11 Soil-compaction-in-crop-production Economics of gantry- and tractor-based zero-traffic systems. Elsevier Science Publishers, B.V.; Amsterdam; Netherlands: 569–595.
- [14] Chen Y., McKyes E., Tessier S. 1994. Changes of soil bulk density during the growing season under three tillage systems. *Canadian Agricultural Engineering* 36(1): 45–49.
- [15] Clark R.L., Radcliffe D.E., Langdale G.W., Bruce R.R. 1993. Soil strength and water infiltration as affected by paratillage frequency. *Transaction of the ASAE* 36(5): 1301–1305.
- [16] Domżał H., Hodara J., Słowińska-Jurkiewicz A., Turski R. 1993. The effect of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types. *Soil & Tillage Research* 27(1–4): 365–382.
- [17] Douglas J., Campbell D., Crawford C. 1999. Soil and crop responses to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. *Soil & Tillage Research* 24: 421–439.
- [18] Gameda O.S., Raghavan S.V., Mckeyes O.E., Therianlt R. 1987. Subsoil compaction in clay soil: Accumulative effects. *Soil & Tillage Research* 10: 113–122.
- [19] Golka W., Wójcicki Z. 2004. Market-oriented ecological farms in the perspective model of Polish agriculture and agricultural engineering. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 49(3).

- [20] Gysi M., Klubertanz G., Vulliet L. 2000. Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland – field data and modeling. *Soil & Tillage Research* 56: 117–129.
- [21] Håkansson I., Danfors B. 1981. Effect of heavy traffic on soil conditions and crop growth. Proc. of the 7th Int. Conf. of ISTVS, Calgary, Canada, 1: 239–253.
- [22] Håkansson I., Reeder R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load – extent, persistence and crop response. *Soil & Tillage Research* 29: 277–304.
- [23] Janzen D.C. 1990. An industry response to compaction concerns in agriculture. ASAE Paper 90-1074. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 14 ss.
- [24] Jorajuria D., Draghi L., Aragon A. 1997. The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of Lolium/Trifolium grassland. *Soil & Tillage Research* 41: 1–12.
- [25] Katalog opon Stomil 2000. Stomil Olsztyn S.A. Dział Marketingu i Sprzedaży Opon Rolniczych: 41 ss.
- [26] Kinney G. R., Erbach D. C., Bern C. J. 1992. Soil strain under three tractor configurations. *Transactions of the ASAE* 35(4): 1135–1139.
- [27] Koolen A.J. 1987. Deformation and compaction of elemental soil volumes and effects on mechanical soil properties. *Soil & Tillage Research* 10: 5–19.
- [28] Kuczewski J., Majewski Z. 1983. Eksploatacja Maszyn Rolniczych. Tom I. PWRiL Warszawa: 214 ss.
- [29] Mc Bride R.A., McLaughlin N.B., Veenhof D.W. 2000. Performance of wheel and track running gear on liquid manure spreaders. *Canadian Agricultural Engineering* 42(1): 3.1–3.11.
- [30] Olsen H.J. 1994. Calculation of subsoil stresses. *Soil & Tillage Research* 29: 111–123.
- [31] Owczarzak W., Rzaśa S. 1990. Graniczne stany potencjalnego zagęszczenia gleb mineralnych Cz. II. Stany i stopnie oraz wskaźniki zagęszczenia i spulchnienia gleb mineralnych Polski. Mat. Międzynarodowe Seminarium RWPG „Modelowanie i optymalizacja parametrów żyzności gleb” IUNG Puławy.
- [32] Petrov G.D., Slavkin V.I., Gadzhiev P.I. 2002. Peremushhestva mikromostovoj technologii vozdeľyvanija propashnych kul’tur. *Traktory i Sel’chozmasziny* 6: 34–38.
- [33] Pikushov A.N. 2002. Vzaimodejstvie szhatogo gaza s pochvoj pri rychlenii. *Traktory i Sel’chozmasziny* 7: 8–10,
- [34] Powalka M. 2005. Wpływ nacisków kół ciągników rolniczych na zagęszczenie gleby w warstwie ornej. Rozprawa doktorska WIP. SGGW Warszawa. Maszynopis 84 ss.
- [35] Raper R.L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42: 259–280.
- [36] Reduce soil compaction.: »www.michelinag.com/agx/en-US/htbuyt/reduce_soil_compaction/reduce_soil_compaction.jsp«
- [37] Rocznik Statystyczny RP 1995–2004 GUS.
- [38] Slobodjuk P.I., Paschenko V.F., Medvedev V.V. 1987. Marsrutizacija dvizenija MTA. *Tehtory i Sel’Choz.Masziny* 11: 15–17.
- [39] Słowińska-Jurkiewicz A., Domżał H. 1991. The structure of the cultivated horizon of soil compacted by the wheels of agricultural tractors. *Soil & Tillage Research* 19(2–3): 215–226
- [40] Smith H., Dickson L. 1992. The contribution of vehicle weight and ground pressure to soil compaction. *Journal of Agricultural Engineering Research* 46: 13–29.
- [41] Soane B.D. 1985. Traction and transport systems as related to cropping systems. International Conference on Soil Dynamics. Proceedings 5: 863–936.

- [42] Stiede M., Spicher J., Kästner B., Eichelbaum U. 1988. Die Nutzung des Regelspureprinzips im Zuckerrübenanbau – Anwendungsmöglichkeiten und zu erwartende Effekte. *Feldwirtschaft* 1: 30–33.
- [43] Szeptycki A. 2003. Influence of heavy agricultural machines on the physico-mechanical properties of soil. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 48 (2): 38–42.
- [44] Taylor J H, Burt E C., Bailey A.C. 1982. Multipass behavior of a pneumatic tyre in tilled soils. *Transaction of the ASAE* 25: 1229–1236.
- [45] Taylor J.H. 1992. Reduction of traffic-induced soil compaction. *Soil & Tillage Research* 24(4): 301–302.
- [46] Thangavadivelu S., Barnes P. L., Slocombe J., Stone L., Higgins J. 1994. Soil response to track and wheel tractor traffic. *Journal of Terramechanics* 31(1): 41–50.
- [47] Van der Linden J.P., Vandergeten J.P. 1999. Aandacht voor rooiwerk bespaart tot 200 gulden per hectare. Een terugblik op de rooidemonstratie in het Belgische Watervliet. *CSM-informatie* 521: 10–12
- [48] Walczyk M. Fankowicz R. 1996. Wpływ wybranych wilgotności i obciążeń na zagęszczenie gleby piaszczystej i gliniastej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 425: 275–280.
- [49] Weber R, Hryńczuk B, Biskupski A, Włodek S. 2000. Zmienność zwięzłości, gęstości i wilgotności gleby w zależności od technik uprawy roli; Komitet Techniki Rolniczej PAN, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa – Wrocław: PTIR: 319–325.
- [50] Zukievic K. I., Lepeskin N. D. 1987. Sposoby obrazovanija technologiceskoj kolei posevnymi agregatami. *Techn. Sel'.Choz.* 11: 20–21.

Possibilities of reducing soil compaction by the wheels of agricultural vehicles

Key words: tractor vehicles, compaction, soil properties

Summary

Soil degradation is of the world-wide concern, and in highly mechanized agriculture the soil compaction is very important aspect that may impair soil productivity. The paper presents an analysis of the various technical and technological factors affecting the soil compaction. Presented strategies suggest that risk of soil compaction is increasing with the weight of farm vehicles. The axle load, specific pressure and number of tire passes are the dominant factors which influence compaction. At the present time, trend towards larger and heavier agricultural vehicles increases the risk of soil degradation and its consequences.