

Degradacja gleb spowodowana mechanizacją prac polowych oraz sposoby i możliwości jej zapobiegania

Marek Marks, Grzegorz Buczyński

*Katedra Systemów Rolniczych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Pl. Łódzki 3, 10-718 Olsztyn-Kortowo*

Słowa kluczowe: gleba, mechanizacja rolnictwa, degradacja gleby, ugniatanie gleby

Wstęp

Rolnictwo jest jedną z najstarszych dziedzin działalności człowieka, która wywierała i wywiera przemożny wpływ na środowisko [13]. W miarę rozwoju cywilizacyjnego również w pracy rolnika zaczęła pojawiać się coraz nowocześniejsza technika. Sam postęp techniczny nie gwarantował jednak pełni sukcesu, ponieważ proces wytwórczości rolniczej jest bardzo specyficzny i złożony. Dotyczy to zwłaszcza produkcji roślinnej, w której na końcowy efekt składa się współdziałanie warunków przyrodniczych z postępowaniem biologicznym i nowoczesną agrotechniką. To właśnie naturalne czynniki siedliska, takie jak gleba, klimat, rzeźba terenu, warunki wodne i inne, w znacznej mierze decydują o poziomie i strukturze tej produkcji [12, 18, 20]. Racjonalne korzystanie z osiągnięć techniki należy tu do elementów wspomagających i stymulujących jej wzrost [1]. Coraz szybsze tempo rozwoju mechanizacji prac polowych może jednak stanowić zagrożenie dla środowiska przyrodniczego [8, 30]. Dotyczy to przede wszystkim obniżenia potencjału produkcyjnego gleb użytkowanych rolniczo, wywołanego nadmiernym, niezamierzonym ich ugniataniem.

Pokrywa glebowa na znacznych obszarach ulega procesom niszczenia, a nawet trwałej degradacji. Według Niewiadomskiego [18] za najważniejsze przyczyny tych negatywnych zmian w środowisku glebowym należy uznać:

— Wysychanie gleb lekkich centralnej Polski. Zagrożone jest ok. 50% terytorium kraju. Główne przyczyny to nadmierne wylesienie i oddrzewienie, negatywne działanie melioracji technicznych, nieracjonalna gospodarka rolna.

- Erozję wodną i wietrzną gleb. Według Żółcińskiego – „Erozja to... ukryty bicz rolnictwa...” (cyt. za Niewiadomskim [19]).
- Uchybienia w chemizacji, a zwłaszcza niewłaściwe stosowanie nawozów mineralnych i pestycydów.
- Obniżenie i utratę produktywności gleb torfowych poprzez zbyt intensywne użytkowanie płużne, dziką eksploatację torfowisk, nadmierne ich odwodnienie.
- Uwstecznianie się kultury roli w wyniku zaburzeń w układzie powietrzno-wodnym gleby, narastającego zachwaszczenia, ubytku substancji organicznej, postępującego zakwaszania, obniżenia się zawartości przyswajalnych form makro- i mikropierwiastków.
- Uchybienia w projektowaniu i użytkowaniu melioracji. Melioracja ma za zadanie poprawę właściwości powietrzno-wodnych gleby, a nie tylko szybkie odprowadzenie wody z pól uprawnych.
- **Wzrost zagęszczenia (ugniecenia) wierzchnich warstw gleby i podglebia jako skutek przejazdu ciężkiego sprzętu uprawowego, trakcyjnego i kombajnów.**

Mechanizacja prac polowych jako jedna z przyczyn degradacji gleby

Postęp w mechanizacji rolnictwa trafnie określił Domsch stwierdzając, że „... gleba jest dzisiaj nie tylko stanowiskiem dla roślin, ... lecz również jezdnią dla traktorów, sprzętu rolniczego i środków transportu ...” (cyt. za Černym 1971 [4]). Według nielicznych badań prowadzonych w Polsce zagęszczenie warstwy uprawnej należy uznać za jeden z najważniejszych czynników degradujących glebę [2, 5, 6, 15, 16, 17]. Główną przyczyną wzrostu tego zagęszczenia jest:

- konsolidacja (zespalandie) fazy stałej w procesie glebotwórczym;
- ugniatanie gleby przez ludzi i zwierzęta;
- naturalne kurczenie się podczas wysychania;
- naturalne osiadanie w wyniku działalności wody (opady, nawadnianie);
- działanie systemu korzeniowego roślin okopowych korzeniowych;
- **ugniatanie przez maszyny oraz narzędzia uprawowe i trakcyjne.**

Już w drugiej połowie lat siedemdziesiątych Niewiadomski pisał: „Mechanizacja rolnictwa wywiera przemożny wpływ na glebę, urzeźbienie, mezo- i mikroklimat, stosunki wodne, roślinę, zwierzę i w końcowym ogniwie – na człowieka” [17].

To właśnie wysoki poziom mechanizacji rolnictwa powoduje negatywne zmiany we właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych środowiska glebowego i stanowi podstawę degradacji gleb użytkowanych rolniczo [14, 17, 29]. Problem ten nasilił się szczególnie w początku lat siedemdziesiątych i trwa do chwili obecnej. Jest

on spowodowany rozwojem umaszynowania prac polowych, a przyczynia się do niego szczególnie ciągły wzrost mocy, a co za tym idzie – masy ciągników.

Pojawiły się także nowe konstrukcje kombajnów zbożowych o dużych szerokościach roboczych, kombajnów do zbioru roślin okopowych, kosiarek samobieżnych, silosokombajnów itp. W ślad za nimi wyjechały na pola przyczepy o dużej ładowności dochodzącej do kilkunastu ton, niezbędne do odbioru plonów [9].

Coraz wyższa wydajność roślin uprawnych wymusiła aplikowanie dużych dawek nawozów mineralnych i organicznych oraz stosowanie pestycydów. W związku z tym na polach można zaobserwować nową generację siewników nawozowych o dużej ładowności, rozrzutników do obornika, rozsiewaczy nawozów wapniowych i opryskiwaczy.

Według danych powszechnego spisu rolnego [24], w 1996 roku tylko w gospodarstwach indywidualnych po polskich polach jeździło ponad 1,22 mln ciągników (tab. 1). Ciągnęły one za sobą całą gamę sprzętu towarzyszącego, jak kombajny do zbioru buraków i ziemniaków, prasy zbierające, przyczepy samozbierające itd. Przejazdy takiego sprzętu zmieniają w drastyczny sposób właściwości fizyczne, a w ślad za nimi biologiczne i chemiczne i coraz bardziej potęgują proces mechanicznej degradacji gleby w wyniku niezamierzonego ugniatania. Skutki nie zawsze są od razu uchwytne, lecz powolna kumulacja tych negatywnych procesów prowadzi najczęściej do obniżenia potencjału produkcyjnego gleby i spadku plonowania roślin; a niekiedy nawet do trwałej degradacji siedliska rolniczego [3, 16].

Tabela 1. Ciągniki, kombajny oraz inne ważniejsze maszyny i narzędzia rolnicze będące na wyposażeniu indywidualnych gospodarstw rolnych w Polsce w 1996 roku [24]

Wyszczególnienie	Wyposażenie [tys. szt.]	Liczba sztuk na 100 ha użytków rolnych
Ciągniki	1221,4	6,9
Kombajny: zbożowe	83,1	0,8
ziemniaczane	74,1	0,6
buraczane	25,2	0,3
silosowe	9,4	0,1
Rozrzutniki obornika	472,2	2,9
Rozsiewacze nawozowe	430,7	2,8
Przyczepy samozbierające	92,9	0,7
Opryskiwacze	398,6	2,7

O postępie w mechanizacji prac polowych decyduje nie tylko liczba ciągników i sprzętu towarzyszącego, przypadających na 100 hektarów użytków rolnych, lecz także ich jakość. Traktory i kombajny zbożowe użytkowane przez polskich rolników mają najczęściej po kilkanaście lat i są na ogół w złym stanie technicznym. W 1980 roku współczynnik odnowienia, czyli udział ciągników nowych, zakupionych w da-

nym roku w ich ogólnej liczbie według stanu w dniu 31 grudnia roku poprzedniego wynosił 10,4. Znaczyło to, iż co dziesiąty ciągnik, jeżdżący wtedy po polach był nowy. W dziesięcioleciu 1981–1990 liczba ciągników, będących na wyposażeniu polskiego rolnictwa, uległa podwojeniu [24]. W końcu lat dziewięćdziesiątych współczynnik odnowienia nie przekraczał wartości 1,2–1,4. Świadczy to o postępującym zużyciu i szybkim starzeniu się sprzętu. Proces ten nasilił się po likwidacji rolnictwa państwowego. W początkach lat dziewięćdziesiątych od likwidatorów byłych państwowych przedsiębiorstw gospodarki rolnej lub Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa właściciele gospodarstw indywidualnych zakupili wiele złej jakości, starych i wyeksploatowanych kombajnów zbożowych, ciągników oraz sprzętu towarzyszącego (kombajny ziemniaczane, buraczane, przyczepy, rozrzutniki do obornika, rozsiewacze do nawozów, opryskiwacze itp.).

Dla środowiska zrodziło to dalsze negatywne skutki w postaci emisji toksycznych gazów trafiających z rur wydechowych do przyziemnej warstwy atmosfery, a także wycieków olejów, smarów i innych substancji ropopochodnych zanieczyszczających glebę. Pozbawione katalizatorów i nie przystosowane do spalania benzyny bezolowiowej silniki benzynowe emitują do atmosfery przede wszystkim tlenek węgla, węglowodory aromatyczne oraz związki ołowiu, pojazdy z silnikami wysokoprężnymi zaś – głównie tlenki azotu oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

Agroekologiczne i produkcyjne skutki mechanicznej degradacji gleb

Oddziaływanie mechanizacji i motoryzacji rolnictwa na glebę można podzielić na zamierzone i uboczne [3]. Zamierzone występuje wtedy, gdy rolnik uzna, iż gleba jest zbyt spulchniona i należy ją zagęścić. Wykonuje on wtedy wałowanie, najczęściej wałami gładkimi lub rzadziej strunowymi czy Campbella, w celu przyspieszenia procesu tzw. wydobrzenia roli, odbudowy podsiąku kapilarnego i lepszego kontaktu nasion roślin uprawnych z glebą. Oddziaływanie uboczne pojawia się na skutek przejazdów roboczych po polu ciągników wraz z towarzyszącymi im narzędziami oraz maszyn samobieżnych (kombajny, silosokombajny) itp. Przejazd taki, niezbędny z punktu widzenia agrotechniki, prowadzi zarazem najczęściej do trwałej zmiany tekstury i struktury gleby, bądź tylko do przemijającego zagęszczenia.

O skali problemu niech świadczą przytoczone za Byszewskim i Hamanem liczby [3]. W Polsce szacunkowo przyjmuje się, że powierzchnia użytków rolnych poddawana corocznie ugniataniu, wynosi około 25–30 mln ha, jest więc 1,5–2-razy większa od powierzchni uprawnej w całym kraju. Przy większości upraw ciągnik przejeżdża po polu o wielkości 1 ha od 20 do 100 km rocznie, a każdy jego punkt może być ugniatany nawet 10-krotnie. Naciski w strefie roboczej narzędzi i maszyn dochodzą mogą

do 1000 kPa. Autorzy ci dokumentują także, iż przy orce 2 skibowym pługiem ugniata się 88% powierzchni pola, z czego połowa przypada na koła toczące się w bruździe.

Podobne wyniki uzyskano w Czechach. Przeprowadzone tam badania dowodzą, iż powierzchnia utłaczana kołami ciągników, narzędzi i maszyn jest zawsze kilkakrotnie większa niż powierzchnia pola i zależy od gatunku uprawianej rośliny. Pełne, jednorazowe pokrycie śladami kół ciągników uzyskuje się już po wykonaniu trzech zabiegów agrotechnicznych [4, 10]. Černy stwierdził, iż podczas uprawy jęczmienia jarego powierzchnia pola jest „zajeżdżana” 2,5 raza, buraków cukrowych 3,5 raza, a lucerny 4 razy. Łączna długość przejazdów wynosiła na 1 ha w wypadku jęczmienia jarego – 30 km, buraków cukrowych – 58 km, lucerny 57 km. Stosunek powierzchni pola do powierzchni utłaczanej kołami maszyn, narzędzi i ciągników przy uprawie jęczmienia jarego wynosi 1 : 2,5; buraka cukrowego 1 : 3,5, a lucerny 1 : 4,0 [4].

W Polsce podobne wyniki uzyskano w ośrodku lubelskim [5, 6]. Analizując produkcję roślinną w kilkudziesięciu gospodarstwach rolnych zaobserwowano, iż najbardziej zajeżdżane są pola, na których uprawia się ziemniaki, buraki cukrowe i kukurydzę silosową, najmniej zaś tam, gdzie uprawia się zboża i rzepak.

Tabela 2. Powierzchnia ugniatana kołami ciągników i maszyn w technologii produkcji poszczególnych ziemiopłodów w stosunku do powierzchni pola przyjętej za 1 [6]

Roślina	Liczba gospodarstw objętych badaniami	Powierzchnia ugniatana kołami	
		średnio	zakres wahań
Ziemniak	8	5,05	4,22–6,25
Burak cukrowy	14	4,97	3,37–7,90
Kukurydza silosowa	13	3,30	1,95–4,09
Jęczmień jary	16	2,87	1,75–4,16
Pszenica ozima	13	2,68	2,38–3,29
Żyto ozime	4	2,63	2,29–2,87
Rzepak ozimy	4	2,36	1,52–3,32

Zauważalnym bezpośrednio efektem wprowadzenia do prac polowych bardzo ciężkich ciągników i maszyn są zmiany w mikrorzeźbie pól. Zagłębienia w postaci kolein mogą mieć głębokość kilku, a nawet kilkunastu centymetrów. W miejscu przejazdu koła wyraźnemu obniżeniu ulega szybkość wsiąkania wody. Podczas intensywnych opadów sprzyja to nadmiernemu uwilgotnieniu, a nawet gromadzeniu wody na powierzchni gleby.

Na terenach falistych koleiny często biegną wzdłuż pochyłości, a więc mają określony spadek, przez co zwiększa się spływ powierzchniowy, powodując erozję. W okresach suchych zagęszczona przejazdami gleba wykazuje większy podsiąk zwiększając przez to parowanie powierzchniowe. Po wyschnięciu natomiast ma tendencję do zaskorupiania się, a nawet pękania. W wypadku gleb ciężkich i bardzo

ciężkich, mających właściwości pęcznienia i kurczenia się, powstające szczeliny uszkadzają mechanicznie system korzeniowy roślin i zwiększają parowanie z głębszych warstw. Dowodów na ten temat dostarczają badania Piechnika [22, 23].

Odkształcenia na skutek ugniatania gleby można podzielić na dwie grupy. Pierwszą stanowią odkształcenia objętościowe sprowadzające się do sprasowania składników szkieletu glebowego, zmniejszenia się objętości porów glebowych, usunięcia z gleby powietrza i wzrostu wilgotności objętościowej. Druga grupa odkształceń to odkształcenia postaciowe, które charakteryzują się zniszczeniem naturalnego układu porów glebowych, zniszczeniem gruzełków, a w konsekwencji prowadzą do zniszczenia struktury i tekstury gleby.

Analizując skutki wywołane przejazdem koła, nie można także pominąć dodatkowego zniszczenia struktury spowodowanego poślizgiem. Zależnie od wilgotności w momencie przejazdu strukturalne gruzełki zostają na powierzchni gleby rozmazane lub rozpylone. Według Żdanowicza [31] rozwiązaniem perspektywicznym może być zespół napędowy z gąsienicami gumowymi. Prototyp ciągnika MTZ o mocy silnika 60 kW wyposażony w gąsienice gumowe umożliwił blisko 2-krotne zmniejszenie poślizgu i ograniczył ugniatanie gleby 1,4–2,0-krotnie w stosunku do ciągnika kołowego.

Podatność gleby na deformację zależy od czynników pozaglebowych – zewnętrznych oraz jej rodzaju i właściwości. Z czynników pozaglebowych największą rolę odgrywa nacisk jednostkowy wywierany na glebę oraz czas działania obciążenia. Z czynników związanych z rodzajem i właściwościami gleby o podatności na ugniatanie decydują przede wszystkim: skład granulometryczny, zawartość substancji organicznej, oraz wilgotność i gęstość w momencie ugniatania.

Według badań Kozicza [11], ugniatanie gleby, niezależnie od jej kategorii agronomicznej, przejawia się bardzo wyraźnym przyrostem gęstości oraz spadkiem pojemności powietrznej (tab. 3). Zjawisku temu towarzyszy zazwyczaj zmniejszenie się ilości wody łatwo dostępnej dla roślin. Udowadnia on także, iż spadek porowatości i pojemności powietrznej oraz wzrost uwilgotnienia i gęstości objętościowej gleby jest zależny od masy ciągnika i liczby przejazdów po tym samym śladzie. I tak np. przejazd ciągnika o masie 1,5 tony spowodował wzrost gęstości gleby z 1,36 do 1,57 g · cm⁻³, a ciągnika o masie 2,3 tony do 1,68 g · cm⁻³. Następne przejazdy po tym samym śladzie przyczyniały się już w minimalnym stopniu do zmian fizycznych gleby.

Szczególnie szkodliwe, a jednocześnie dosyć powszechnie obserwowane jest nadmierne zagęszczenie gleb ciężkich i bardzo ciężkich. Może ono dotyczyć zarówno warstwy uprawnej, jak i poziomów głębszych, przy czym na ogół bywa spowodowane właśnie niezamierzonym ugniataniem [16, 17, 26, 27]. Ponadto, w wypadku gleb ciężkich, główną przyczyną tkwi w stawianym przez nie wysokim oporze jednostkowym (powyżej 58,8 kN · m⁻²), który zmusza do stosowania ciągników i sprzętu towarzyszącego o silniejszej konstrukcji, a więc i o większej masie [15]. Przejazd takiego zestawu powoduje niszczenie trwałych agregatów, a w miejscach ugniatanych zwiąk-

Tabela 3. Zależność cech fizycznych gleby lekkiej w śladach kół od ciężaru ciągnika i liczby przejazdów po tym samym śladzie [11]

Ciągnik o ciężarze [kg]	Porowatość [%]	Pojemność powietrzna [%]	Gęstość objętościowa [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	Wilgotność objętościowa [%]
Bez ugniatania	49,2	34,0	1,36	15,1
1506 – 1 przejazd	42,2	25,7	1,57	16,4
2320 – 1 przejazd	37,1	19,3	1,68	17,8
2320 – 3 przejazdy	36,9	16,7	1,70	18,6
2320 – 10 przejazdów	33,4	13,4	1,78	20,0

sza się spoistość gleby, spada jej porowatość, wzrasta ciężar objętościowy oraz hamowane jest przesiąkanie wód opadowych w głąb profilu [28]. W rezultacie może to doprowadzić do ogólnego zagęszczenia warstw podornych, co z kolei w dużej mierze utrudnia rozwój systemu korzeniowego roślin [7]. W dużym uproszczeniu można zatem powiedzieć, iż opisane powyżej – najczęściej negatywne – zmiany cech fizycznych regulują rozwój systemu korzeniowego, a co za tym idzie – wpływają bezpośrednio na wydajność roślin uprawnych.

Badania przeprowadzone przez Tyca [26] na bardzo ciężkiej czarnej ziemi dowiodły negatywnej reakcji roślin na wzrost stopnia zagęszczenia gleby w momencie siewu roślin uprawnych (tab. 4). Wzrost ciężaru objętościowego gleby z około $1,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, powodował średnio u pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i rzepaku 10% spadek wydajności.

Tabela 4. Reakcja roślin na zagęszczenie bardzo ciężkiej czarnej ziemi [26] (liczby w nawiasach oznaczają wartości względne, gdzie plon przy najmniejszej gęstości objętościowej = 100)

Pszenica ozima – ziarno		Jęczmień jary – ziarno		Rzepak ozimy – nasiona	
gęstość objętościowa [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	gęstość objętościowa [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	gęstość objętościowa [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]	plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]
1,15	5,96 (100)	1,20	3,89 (100)	1,21	3,49 (100)
1,23	5,84 (98)	1,30	3,77 (97)	1,27	3,35 (96)
1,48	5,66 (95)	1,38	3,62 (93)	1,46	3,14 (90)
1,52	5,60 (94)	1,43	3,54 (91)	1,52	3,07 (88)

Nieco odmienne wyniki, dotyczące plonowania buraka pastewnego, pszenicy jarej i owsa na piasku gliniastym lekkim uzyskał Kozicz [11]. Udowadnia on, że wzrost gęstości objętościowej gleby z $1,36$ do $1,57 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ w momencie siewu pszenicy jarej przyczynił się do 8% wyżki plonu (tab. 5). Dalsze zagęszczenie gleby powodowało jednak bardzo szybki jego spadek. Podobnie reagował owies, lecz zagęszczenie gleby do wartości powyżej $1,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, przyniosło u niego tylko 16,3% spadek plonu, pszenica jara ograniczała tu produkcję ziarna o ponad 50%, natomiast najbardziej wrażliwy okazał się burak pastewny, reagując obniżeniem wydajności aż o 75%.

Tabela 5. Wzrost (+) lub spadek (-) plonów roślin) [11] (obiekt kontrolny – bez ugniatania = 100)

Ciągnik o ciężarze [kg]	Gęstość objętościowa [g · cm ⁻³]	Burak pastewny	Pszenica jara	Owies
Bez ugniatania	1,36	100	100	100
1506	1,57	+0,2	+8,0	+4,3
2320 – 1 przejazd	1,68	-27,9	-8,9	-11,6
2320 – 3 przejazdy	1,70	-58,6	-52,2	-16,3
2320 – 10 przejazdów	1,78	-74,7	-55,0	-27,5

Wyniki prezentowane przez Świecha [25] dowodzą, iż przy naciskach rzędu 25 kPa korzeń jęczmienia jarego może ograniczyć szybkość wzrostu nawet o 60%, buraków cukrowych o 55%, pszenicy ozimej o 35%, kukurydzy o 25%. Autor ten wykazuje, iż wzrost gęstości gleby z 1,3 do 1,5 g · cm⁻³ w momencie siewu powoduje opóźnienie rozwoju buraków cukrowych o 6 dni i spadek wydajności plonu korzeni o 10–20%. Jednocześnie udowadnia doświadczalnie, iż obniżenie ciśnienia w oponie tylnego koła ciągnika do 0,4 atm zwiększa plonowanie pszenicy ozimej na śladach przejazdów o 25% w porównaniu z kolejnami pozostawionymi przez koła, w których stosowano zalecane ciśnienie eksploatacyjne.

Skutki ugniatania gleby widoczne są nie tylko w warstwie ornej, lecz sięgają znacznie głębiej (tab. 6). Szczególnie zależne są one od mocy, a co za tym idzie masy ciągnika czy przyczepy.

Tabela 6. Naprężenia w glebie gliniastej, powodowane przyczepami i tylnymi kołami ciągników o różnej mocy [21]

Moc ciągnika	Głębokość zasięgu występowania naprężenia równego 40 kPa	Naprężenia w glebie występujące na głębokości 30 cm
30 kW (41 kM)	22,5 cm	30 kPa
60 kW (82 kM)	32,0 cm	40 kPa
90 kW (122 kM)	40,0 cm	60 kPa

Masa przyczepy [t]	Zasięg naprężeń o wartości 10 kPa [cm]
3	68
6	95
10	124
16	158

Procesy te potęgują się wraz ze wzrostem uwilgotnienia gleby. Z liczb tych wynika, iż nawet bardzo głęboka na 30–35 cm orka lub głęboszowanie mogą likwidować tylko w nieznacznym stopniu skutki ugniatania gleby, wywołane kołami ciągników i przyczep.

Podsumowując powyższe rozważania można stwierdzić, iż środowiskowe zagrożenia wynikające z intensywnego ugniatania gleb są uzależnione od następujących czynników:

- warunków pogodowych (temperatura, opady), decydujących o wilgotności gleby w okresie wykonywania zabiegów uprawowych, a zwłaszcza zbioru roślin;
- podatności gleby na działanie presji mechanicznej pochodzącej od kół maszyn i ciągników rolniczych;
- intensywności ugniatania gleby, w zależności od stosowanych technologii uprawy (liczby przejazdów).

Możliwości zapobiegania i sposoby likwidacji skutków mechanicznej degradacji gleby

Przywracanie optymalnego stanu fizycznego gleby, z powodu uwarunkowań ekonomicznych i trudności technicznych nie zawsze daje zadowalające rezultaty. Należy więc większą uwagę zwrócić na możliwości zapobiegania nadmiernemu zagęszczeniu gleby niż na likwidację jego negatywnych skutków. Szczególną rolę do spełnienia mogą tu mieć konstruktorzy sprzętu rolniczego. Główny cel ich prac badawczych i konstrukcyjnych winien mieć na uwadze szczególnie dwa aspekty, tj. zmniejszenie nacisku na jednostkę powierzchni i skrócenie czasu jego oddziaływania na podłoże. Zatem postęp w konstrukcji maszyn, ciągników i kombajnów rolniczych powinien ewoluować w kierunku:

- budowy ciągników i kombajnów o większej liczbie osi i szerszych oponach na kołach;
- doskonalenia mechanizmów jezdnych maszyn i ciągników rolniczych (np. koła walcowe, szerokoprofilowe i niskociśnieniowe opony, gumowe gąsienice itp.);
- wykorzystywania do budowy maszyn i narzędzi rolniczych włókien węglowych, aluminium, plastiku itd. w celu zmniejszenia ich ciężaru;
- wprowadzania nowych środków technicznych i źródeł napędu ograniczających mechaniczną degradację (ugniatanie) gleby (np. poduszkowce, śmigłowce, samoloty itp.);
- nowych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i narzędzi rolniczych o zwiększonych szerokościach roboczych, przystosowanych do dużych prędkości pracy.

Warto też zwrócić uwagę na możliwości ograniczania niekontrolowanego zagęszczenia gleby, które można zalecać i wprowadzać na poziomie gospodarstwa, np.:

- odpowiednią organizację rozłogu pól, tj. dostosowanie ich długości i szerokości do ładowności maszyn i środków transportowych używanych podczas zabiegów agrotechnicznych;

- prawidłowe zmeliorowanie pól i właściwą konserwację systemu melioracyjnego, w celu ograniczenia nadmiernego uwilgotnienia gleby (zwłaszcza wczesną wiosną i późną jesienią, kiedy wykonuje się większość zabiegów związanych z uprawą roli), które potęguje proces zbyt dużego jej zagęszczenia, szczególnie poniżej warstwy ornej, na skutek przejazdu ciągników i sprzętu towarzyszącego;
- budowę dróg śródpolnych, przystosowanych do dużych i ciężkich maszyn oraz narzędzi rolniczych i wyznaczenie stałych tras przejazdów;
- wykorzystywanie starych, sprawdzonych środków technicznych, np. powrót do uciągu linowego, stosowanego z powodzeniem już kilkadziesiąt lat temu na niektórych polderach żuławskich.

Służba rolna, a także sami właściciele gospodarstw, powinni mieć na uwadze rozwiązania doraźne, mało kosztowne, będące w zasięgu ich możliwości finansowych i technicznych. Wśród tych rozwiązań, które mogą zapobiegać nadmiernemu zagęszczeniu gleb należy wymienić:

- agregatowanie narzędzi i maszyn;
- unikanie wjazdu na pole przy nadmiernym uwilgotnieniu gleby i w miarę możliwości wykonywanie zabiegów agrotechnicznych przy optymalnej wilgotności;
- planowanie tras przejazdów i eliminowanie przejazdów przypadkowych;
- stosowanie kół bliźniaczych;
- zakładanie ścieżek technologicznych (przejazdowych);
- dostosowywanie obciążenia ciągnika do jego siły uciągu;
- jazdę po polu z obniżonym ciśnieniem w ogumieniu;
- montowanie spalniaczy śladów kół jezdnych maszyn i narzędzi.

Jeśli rolnik stwierdził już na swoim polu nadmierne zagęszczenie gleby i podglebia, powinien jak najszybciej podjąć próbę ograniczenia bądź likwidacji jego negatywnych skutków poprzez:

- wprowadzenie do płodozmianu roślin strukturotwórczych (strączkowe, motylkowe drobnonasienne, trawy);
- zastosowanie, zwłaszcza na glebach ciężkich, agromelioracyjnego nawożenia w postaci bardzo wysokich dawek wapna, obornika, kompostu itp.;
- wykonanie specjalnych, agromelioracyjnych zabiegów uprawowych, np. głęboszowania, bardzo głębokiej orki, drenowania kreciego;
- intensyfikację uprawy różnego rodzaju międzyplonów.

Podsumowanie

Postęp techniczny w rolnictwie u końca XX i na początku XXI wieku charakteryzuje się przede wszystkim stosowaniem coraz doskonalszych i bardziej wydajnych środków pracy. Zapewniają one wysoką precyzję wykonywanych operacji przy zachowaniu wymogów poszanowania naturalnego środowiska.

Wyższy poziom mechanizacji niesie za sobą szereg bezspornych korzyści, wśród których należy przede wszystkim wymienić terminowość wykonania prac polowych, wzrost skuteczności zabiegów (zwłaszcza uprawowych), skrócenie czasu ich wykonania, zwiększenie zakresu oraz efektywności uprawek (poprzez agregatowanie narzędzi), skuteczniejsze zwalczanie agrofagów (chwastów, chorób i szkodników) czy skrócenie okresu zbiorów (kombajnizacja).

Wdrażanie nowoczesnego postępu technicznego w Polsce utrudnia obecna sytuacja ekonomiczna naszego rolnictwa. Stanowi to poważną przeszkodę na drodze do zmniejszania dystansu dzielącego naszych rolników od rolnictwa przodujących krajów Unii Europejskiej. Najpilniejszym zadaniem na najbliższe lata powinna być zatem wymiana starych, zamortyzowanych środków technicznych i doinwestowanie zakupu maszyn nowej generacji.

Pamiętać też należy o tym, iż postępująca w bardzo szybkim tempie mechanizacja uprawy roli, nawożenia i ochrony roślin, a przede wszystkim ich zbioru, obok ewidentnych korzyści, powoduje nasilenie procesów degradacyjnych w środowisku i zmienia, nie zawsze w sposób korzystny, równowagę istniejącą między rośliną a glebą.

Wskazać tu należy na takie zagrożenia, jak negatywne oddziaływanie na strukturę gleby poprzez nadmierne rozpylenie, przesuszenie itp., zwiększenie możliwości pojawienia się erozji wodnej i wietrznej, a przede wszystkim mechaniczną degradację gleby jako skutek nadmiernego, choć niezamierzonego, jej ugniatania. Ugniatanie to jest przyczyną wzrostu zwięzłości gleby i zachwiania stosunków powietrzno-wodnych w środowisku glebowym. Właśnie te negatywne zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych, zachodzące w warstwie uprawnej i w strefie korzenienia się roślin są najczęściej przyczyną spadku ich wydajności.

Wśród naukowców i rolników praktyków trwają ciągle poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych (m.in. zmniejszenie intensywności uprawy roli, łączne stosowanie agrochemikaliów, siew bezpośredni itp.) i technicznych (agregatowanie sprzętu, zwiększenie szerokości roboczej maszyn i narzędzi itp.), mających za zadanie eliminowanie negatywnych skutków mechanizacji rolnictwa. Kierunek tych poszukiwań prowadzi przede wszystkim do zmniejszenia liczby przejazdów podczas wykonywania prac polowych, zwiększenia wydajności oraz ograniczenia czasochłonności zabiegów.

W dobie nowoczesnego rolnictwa od coraz większej presji na jego zmotoryzowanie, zmechanizowanie czy nawet zautomatyzowanie nie ma odwrotu. Chodzi o to, aby procesy te w jak największym stopniu ułatwiały i przyspieszały pracę w gospodarstwie oraz w jak najmniejszym – degradowały środowisko.

-
- [1] Bogdanowicz J. 1993. Mechanizacja rolnictwa a ochrona środowiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 408: 77–81.
- [2] Buczyński G., Nowicki J., Marks M. 1991. Wpływ ugniatania gleby ciężkiej na plonowanie roślin. W: Doskonalenie technologii i organizacji produkcji rolniczej na Żuławach. Wyd. IMUZ Falenty/Elbląg – ART Olsztyn. Artykuły i doniesienia część III: 183–189.
- [3] Byszewski W., Haman J. 1974. Wpływ mechanizacji na środowisko glebowe. W: Gleba, maszyna, roślina. PWN Warszawa: 59–142.
- [4] Černý V. 1971. Wpływ nowoczesnych technologii na glebę i jej uprawę. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 112: 35–42
- [5] Domżał H., Gliński J., Lipiec J. 1991. Soil compaction research in Poland. *Soil & Tillage Research* 19: 99–109.
- [6] Domżał H., Horada J. 1990. Intensity of soil compaction under wheeled machinery and agricultural tools in highly mechanized farms. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 388: 21–40.
- [7] Grzebisz W. 1989. Wzrost korzeni roślin uprawnych w glebie zagęszczonej. *Fragm. Agron.* 3: 19–31.
- [8] Haman J. 1983. Mechanizacja rolnictwa – zagrożenie środowiska czy ułatwienie i usprawnienie pracy. Poznań 1983. *Rolnictwo Ekologiczne*: 60–76.
- [9] Haman J., Kaleta A. 1988. Bariery stojące przed mechanizacją rolnictwa. *Post. Nauk Rol.* 5–6: 45–58.
- [10] Kostelansky F. 1987. Mechaniczne zagęszczenie gleby pod jęczmieniem jarym i pszenicą ozimą uprawianych w różnych płodozmianach. *Acta Acad. Agric. Techn. Olst.* 44: 145–154.
- [11] Kozicz J. 1971. Wpływ ugniatającego działania kół w różnym stopniu obciążonego ciągnika na właściwości fizyczne gleby oraz na wzrost, rozwój i plon niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 112: 67–75.
- [12] Krzymuski J. 1984. Ocena działania czynników plonowania zbóż. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 305: 33–64.
- [13] Malicki L. 2000. Ekologia i świadomość ekologiczna. *Aura* 4: 4–6.
- [14] Malicki L., Nowicki J., Szwejkowski Z. 1997. Soil and crop responses to soil tillage systems. *Soil & Tillage Research* 43: 65–80.
- [15] Marks M. 1996. Problem ugniatania gleby we współczesnym rolnictwie. Olsztyn 27–28 czerwca 1996. Mat. z konf. nauk. „Czynniki agrotechniczne w rolnictwie zrównoważonym”: 86–91.
- [16] Marks M. 1998. Studium nad racjonalizacją uprawy gleb ciężkich. *Acta Acad. Agric. Techn. Olst.* (572). Rozprawy i Monografie 5: 1–72.
- [17] Niewiadomski W. 1973. Utechnicznienie rolnictwa a ochrona gleby. *Post. Nauk Rol.* 5: 25–35.
- [18] Niewiadomski W. 1986. Rozważania o plonotwórczej funkcji gleby. *Rocz. Glebozn.* 36(1): 27–35.
- [19] Niewiadomski W. 1998. „Ochrona przeciwerozyjna – systemy regionalne”. *Bibl. Fragm. Agronom.* 4A/98: 11–14.

- [20] Nowicki J., Marks M. 1997. Techniczne uwarunkowania płodozmianów. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.* 64: 101–113.
- [21] Nowoczesne technologie uprawy roli przy intensywnej produkcji roślinnej. 1985. Pr. zb. pod red. T. Karwowskiego. PWRiL. Warszawa: 5–251.
- [22] Piechnik L. 1998. Zagrożenie erozją wodną gleby lekkiej w warunkach Wielkopolski w koleinach utworzonych ciągnikami kołowymi i gąsienicowymi. *Bibl. Fragm. Agronom.* 4B/98: 57–63.
- [23] Piechnik L. 1998. Rozmiar erozji wodnej na glebach lekkich oraz rola kolein i śladów po ciągnikach i maszynach rolniczych w inicjowaniu wpływu wody i zmywu glebowego w urzeźbionym terenie Wielkopolski. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozprawy Naukowe* 285: 3–102.
- [24] Przemiany agrarne. Powszechny spis rolny 1996. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa 1997: 3–135.
- [25] Świech J. 1986. Wspólne badania krajów RWPG nad ugniataniem gleby. *Mech. Rol.* 5: 12–14.
- [26] Tyc E. 1986. Wpływ przedsięwziętego spulchniania albo ugniatania gleby ciężkiej na ważniejsze jej właściwości fizyczne i na plony roślin. *Zesz. Nauk AR Wroc., Rol.* 44: 163–186.
- [27] Vanek J. 1981. Priciny zhutnovani pud. *Uroda* 29(10): 466–467.
- [28] Vanek J., Bucek J., Kremer J. 1981. Zhutnovani pudy. I. Podstata a mechanismus zhutnovani pudy. II. Priciny zhutnovani pudy. III. Priznaky zhutnovani pudy. IV. Opatreni proti zhutnovani pud. *Uroda* 29(10): 468–492.
- [29] Walczykowa M. 1987. Niektóre problemy uprawy i ugniatania gleby w świetle badań światowych. *Masz. i Ciąg. Rol.* 7: 3–5.
- [30] Zajdel M., Bojar W.L. 1999. Kierunki rozwoju technologii produkcji rolniczej w Polsce i na świecie. *Post. Nauk Rol.* 4: 11–20.
- [31] Żdanowicz C. 1998. Określenie rozkładu nacisku gąsienicy gumowej na glebę. Warszawa 24–25 września. *Mat. z V Międz. Symp. pt. „Ekologiczne aspekty mechanizacji, nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleby”*: 155–160.

Soil degradation caused by mechanization of field operations as well as the methods and possibilities of its prevention

Key words: soil, agricultural engineering, soil degradation, soil packing

Summary

It was pointed out in the work that the mechanization of field operations creates some threats to natural environment. It was also presented what kind of agricultural, ecological and productive effects result from the changes in physical, chemical and biological properties of the soil, because of its too high density. Certain immediate and future oriented solutions aimed at preventing or eliminating the negative effects of mechanical soil degradation were also discussed.