

WPŁYW NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW SIEDLISKA NA ZWIĘZŁOŚĆ WARSTWY UPRAWNEJ GLEB ORNYCH

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ТВЕРДОСТЬ ПАХОТНОГО
СЛОЯ ПОЧВЫ

THE INFLUENCE OF SOME FACTORS ON SOIL COMPACTION
OF UPPER LAYER OF ARABLE SOILS

J. BENDER

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin WSR w Poznaniu
Kierownik Katedry: prof. dr J. Dorywalski

Spośród wielu czynników siedliska, fizyczne właściwości gleby odgrywają niepoślednią rolę w kształtowaniu produktywności gleb ornych. Jak stwierdza np. Raney [12], znaczenie uprawy roli i fizycznych właściwości gleby, a przede wszystkim jej zwięzłości, będzie stale wzrastało. Z coraz bardziej rozwijającą się mechanizacją produkcji polowej pogarszają się fizyczne właściwości gleb ornych, które ograniczają w dużym stopniu ich produktywność jak również efektywność stosowanych nawozów, środków ochrony roślin etc.

Niedocenie znaczenia zwięzłości gleb ornych w kształtowaniu warunków bytowania roślin uprawnych uznać wypada za poważne niedociągnięcie agrotechniczne. Zważywszy ponadto, że dotychczas nagromadzony materiał poznawczy w zakresie badań nad zwięzłością gleb ornych jest stosunkowo skąpy, a zagadnienie tutaj poruszone jest zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia bardzo ważne, każda próba zmierzająca do wyjaśnienia chociażby fragmentu wspomnianej problematyki wydaje się być uzasadniona.

W ciągu ostatnich kilku lat prowadzone są przez Katedrę Ogólnej Uprawy Roli i Roślin poznańskiej WSR [3, 4, 5, 6, 7, 8, 14] odpowiednie badania nad zwięzłością gleb ornych. Mają one na celu poznanie dynamiki zmian tej cechy w ściśle określonych i kontrolowanych warunkach glebowych, wilgotnościowych, mechanicznej uprawy roli i wpływu na zwięzłość gleby roślin uprawnych.

Na podstawie będących w naszej dyspozycji materiałów badawczych możemy wnioskować, że dynamika zmian zwięzłości wierzchnich warstw

gleby, wywoływana wyżej wymienionymi czynnikami, może posiadać różnorodny i złożony charakter. W zależności bowiem od fizyko-mechanicznych i fizykochemicznych właściwości gleby, a więc od składu mechanicznego, struktury, zawartości w glebie substancji organicznej, charakteru połączeń organomineralnych, ciężaru objętościowego, porowatości itp., stosunki wodne utworu glebowego i oddziaływanie roślin uprawnych na te stosunki, a więc i na zwięzłość gleby będą się kształtować odmiennie. Również wpływ uprawy roli na zwięzłość różnych pod względem wyżej wymienionych właściwości utworów glebowych będzie inny.

Ten zespół czynników, często działających wielokierunkowo, czyni zagadnienie zwięzłości gleb uprawnych bardzo trudnym i złożonym. Nie zawsze i nie w każdym przypadku daje się bowiem wyodrębnić i zdefiniować działanie oraz wpływ na zwięzłość gleby któregoś z badanych czynników. Trudności potęgują się zwłaszcza wtedy, gdy pomiary są prowadzone w naturalnych, polowych warunkach. W takich warunkach nasze spostrzeżenia dotyczą najczęściej całego zespołu lub w najlepszym przypadku pewnej określonej grupy czynników, które kształtują zwięzłość gleb ornych. Posługując się jednakże całym zespołem metod i parametrów można z dość dużą dokładnością określić wpływ badanego czynnika na zwięzłość wierzchniej warstwy gleby.

Niniejsze opracowanie, które jest próbą podsumowania wyników kilkuletnich badań, ma na celu dać przede wszystkim ocenę i ogólną orientację podstawowych prawidłowości kształtujących dynamikę zwięzłości różnych gatunków gleb ornych.

SKŁAD MECHANICZNY A ZWIĘZŁOŚĆ GLEBY

Wpływ składu mechanicznego na zwięzłość wierzchniej warstwy gleby nie został dotychczas dostatecznie wyjaśniony. Na podstawie dostępnych nam opracowań [cytuje za Kowalińskim — 11], można zasadniczo wyodrębnić dwie kategorie poglądów.

Pogląd reprezentowany przez Kina i Kiwadze sprowadza się do następującej tezy: o zwięzłości decydują części spławialne gleby. Wzrost procentowego udziału tych frakcji powoduje zwiększenie zwięzłości gleby, lecz nie jest to zależność prosta. Ponadto zawartość w glebie poszczególnych frakcji nie daje dostatecznej informacji i nie stanowi podstaw, by sądzić o ich charakterze i jakości, a tym bardziej nie pozwala stwierdzić, że jakakolwiek z tych frakcji mechanicznych ma decydujące znaczenie w kształtowaniu zwięzłości wierzchnich warstw gleby [10].

Nieco odmienny pogląd reprezentują Szczuczkin, Fadiejew, Williams, Sabanin i Kowaliński [11]. Decydującą rolę w kształtowaniu zwięzłości

gleby wyżej wymienieni autorzy przypisują łąowi koloidalnemu i stwierdzają, że pomiędzy ilością łąu koloidalnego, a zwięzłością gleby istnieje prosta zależność. Jednakże Kowaliński zastrzega się, że ta prosta zależność potwierdza się tylko w ściśle określonych warunkach. Powyżej 20—25% zawartości łąu koloidalny nie wpływa już na zwięzłość gleby, która kształtuje się wtedy tak jak zwięzłość samego łąu.

Badania własne, przeprowadzono w warunkach polowych na kilku gatunkach gleb, których charakterystykę podajemy w tabelach 1 i 2.

Tabela 1

Skład mechaniczny gleb
Mechanical composition of soils

Gatunek gleby wg klas. PTG Soil textural names acc. to the P.S.S.S.	Głębokość w cm Depth in cm	Części ziemiste Earthy particles			
		< 0,002 mm	< 0,02 mm	0,02-0,1 mm	0,1-1 mm
Piasek słabo gliniasty Sand	0-18	2,0	9,0	13,0	78,0
	18-35	2,0	10,0	18,0	72,0
	35-45	2,0	9,5	26,0	64,5
Piasek gliniasty lekki Loamy sand	0-20	3,0	12,0	15,0	73,0
	20-35	4,0	12,0	15,0	73,0
	35-50	2,0	10,5	12,0	77,5
Glina lekka silnie spiaszczona Sandy loam	0-20	6,0	21,0	25,0	54,0
	20-35	7,0	22,0	23,0	55,0
	35-50	10,0	26,0	21,0	53,0
Glina lekka słabo spiaszczona Loam	0-18	9,0	26,0	22,0	52,0
	18-35	7,0	33,0	18,3	48,7
	35-45	20,0	56,0	16,0	28,0
Mursz piaszczysty Sandy muck	0-20	—	—	—	26,1
	20-35	—	—	—	23,7
	35-50	—	—	—	2,4

Jak wynika z tych badań (rys. 1), zwięzłość poszczególnych gatunków gleb kształtowała się w warunkach optymalnego ich uwilgotnienia (pomiarzy były wykonane w kwietniu 1963 roku) nie tylko w zależności od procentowego udziału w tych glebach łąu koloidalnego, lecz także od zawartości łąu pyłowego. Ze wzrostem zawartości w ogólnej masie gleby tych frakcji zwiększała się również zwięzłość badanych warstw. Zależność ta, najwyraźniej zaznaczała się w warstwach głębiej zalegających (25—40 cm) gdzie wpływ mechanicznej uprawy roli, modyfikujący tę cechę gleby, był bardzo ograniczony (orkę na przedzimię wykonano na głębokość 18 cm). Jednakże ta zależność, jak wynika z naszych badań, ma ściśle określone granice. Po przekroczeniu 20% zawartości frakcji spła-

Tabela 2

Niektóre fizyczne właściwości i zawartość substancji organicznej badanych gleb
Some physical properties and content organic matter of soils

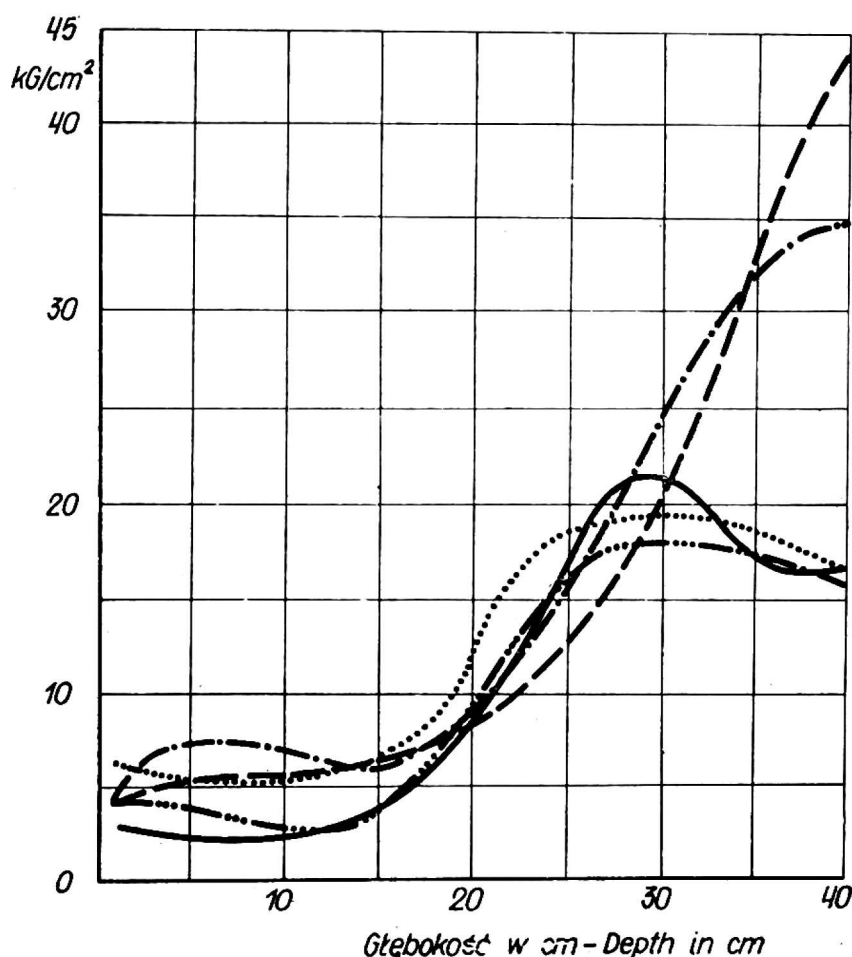
Gatunek gleby wg klas. PTG Soil textural names acc. to the P.S.S.S.	Głębokość w cm Depth in cm	% (wag) % (weight)		Substancja organiczna % Organic matter in per cent (C × 1,724)
		maksymalna hygroskopowość hygroscopic coefficient	pojemność kapilarna capillary capacity	
Piasek słabo gliniasty Sand	0-20	1,59	40,67	1,53
	20-35	1,37	32,88	0,93
	35-45	1,45	35,33	0,88
Piasek gliniasty lekki Loamy sand	0-20	1,60	36,10	1,21
	20-35	1,56	35,48	0,90
	35-45	1,05	38,40	0,61
Glina lekka silnie spiaszczona Sandy loam	0-20	2,33	34,68	1,26
	20-35	2,36	35,62	1,26
	35-45	3,16	37,50	0,87
Glina lekka słabo spiaszczona Loam	0-20	3,00	31,65	2,09
	20-35	3,42	30,53	1,57
	35-45	5,71	29,76	0,86
Mursz piaszczysty Sandy muck	0-20	13,20	119,10	35,50*
	20-35	13,77	111,50	37,46
	35-45	20,14	108,60	61,90

*) Podano straty żarzenia
Loose by ignition

wialnych, zwięzłość utworu glebowego wyraźnie zmniejsza się. Przykładem potwierdzającym powyższe stwierdzenie mogą być pomiary zwięzłości gliny lekkiej słabo spiaszczonej (rys. 1). Zwięzłość tego utworu glebowego, w którym zawartość części spławialnych w warstwie 0—45 cm zmieniała się od 26 do 56% (tab. 1), kształtowała się prawie tak jak zwięzłość piasku słabo gliniastego lub jak zwięzłość murszu piaszczystego, którego właściwości fizyczne i fizykochemiczne są — w porównaniu z glebami mineralnymi — diametralnie różne.

Według zasady Fadiejewa i Williamsa w tym konkretnym przypadku ze wzrostem ładu koloidalnego, powinien nastąpić wzrost zwięzłości gliny lekkiej słabo spiaszczonej. Zaobserwowano jednak tutaj zjawisko odwrotne. Ze wzrostem ładu koloidalnego, a przede wszystkim ze wzrostem ładu pyłowego następowało zmniejszenie zwięzłości gleby.

Przytoczone wyżej wyniki badań potwierdzają zasadę Kina, że w kształtowaniu zwięzłości gleb orných decydującą rolę odgrywają czę-



Rys. 1. — Zwięzłość kilku gatunków gleb pod owsem; 11—16.IV.1963

Fig. 1. — The compaction of some soils types under oat; 11—16.IV.1963

- | | | | |
|-----------|------------------------------|-------------|-----------------------------|
| ————— | Piasek słabo gliniasty | | Gлина lekka słabo spieczona |
| | Sand | | Loam |
| ----- | Piasek gliniasty lekki | — · — · — · | Mursz piaszczysty |
| | Loamy sand | | Sandy muck |
| · — · — · | Gлина lekka silnie spieczona | | |
| | Sandy loam | | |

ści spławialne gleby, jak również tezę, że zależność pomiędzy zawartością tych frakcji w glebie a zwięzłością nie jest zależnością prostą. Wzrost zwięzłości gleby nie odbywał się bowiem proporcjonalnie do wzrostu ilości frakcji spławialnych, a po przekroczeniu 20% tej zawartości następowało nawet zmniejszenie zwięzłości gleby.

Stwierdzona przez nas dla wyżej wymienionych gatunków gleb prawidłowość potwierdziła się również w warunkach maksymalnego wysuszenia tych utworów glebowych [8]. Zwięzłość badanych gleb przy wilgotności zbliżonej do podwójnej maksymalnej higroskopowości lub poniżej tej granicy kształtowała się następująco: zwięzłość piasku słabo gliniastego wynosiła 96 kG/cm², piasku gliniastego lekkiego — 142 kG/cm², gliny lekkiej silnie spieczonej — 322 kG/cm², gliny lekkiej słabo spieczonej — 145 kG/cm², a murszu piaszczystego — 74 kG/cm².

Jak wynika z przytoczonych materiałów, zwięzłość badanych gatunków gleb, zarówno w warunkach optymalnego uwilgotnienia, jak

i w warunkach maksymalnego ich wysuszenia, była uzależniona przede wszystkim od zawartości części spławialnych.

Skrajne wysuszenie gleby może w określonych warunkach składu mechanicznego prowadzić do zmniejszenia zwięzłości gleby. Takie zjawisko zanotowano w badaniach nad zwięzłością piasku słabo gliniastego, gliniastego lekkiego, gliny lekkiej słabo spiaszczonej i murszu piaszczystego. Nie zaobserwowano natomiast spadku zwięzłości na glinie lekkiej silnie spiaszczonej [8]. Tego rodzaju zjawiska tłumaczą Winkler, Lemos i Gill [8] nierównomiernym kurczeniem się masy glebowej przy jej dużym wysuszeniu. Może to prowadzić do częściowego rozpadu wiążącego lepiszcza i zmniejszenia mechanicznej wytrzymałości masy glebowej. To wyjaśnienie wydaje się prawdopodobne i logiczne w odniesieniu do zaobserwowanego przez nas przypadku. Przypuszczać należy, że właściwościami nierównomiernego kurczenia odznaczają się przede wszystkim koloidy glebowe, substancje, które decydują o dynamice zwięzłości gleby. Pewną rolę mogły odgrywać również inne cechy i właściwości tych gleb, które są zwykle ściśle związane ze składem granulometrycznym określonego gatunku gleby.

Nie ulega bowiem wątpliwości, że w kształtowaniu się zwięzłości tych gleb mogła również uczestniczyć substancja organiczna, której zawartość w glinie lekkiej słabo spiaszczonej była znacznie wyższa niż w pozostałych glebach mineralnych (tab. 2). Z zawartością substancji organicznej łączy się zwykle strukturalność gleby, która, jak stwierdza Świętochowski [16], może mieć niekiedy decydujący wpływ na zwięzłość warstwy ornej.

Wpływ substancji organicznej na zwięzłość wierzchnich warstw badanych gleb uwidocznili się najbardziej kontrastowo w murszu piaszczystym (rys. 1). Jak wykazały pomiary przeprowadzone w innych terminach [8], zwięzłość tego gatunku gleby, w porównaniu z pozostałymi, kształtowała się przez cały okres wegetacji 1963 roku na najniższym poziomie. Wprawdzie mursz piaszczysty jest utworem glebowym o odmiennych właściwościach, powstały w zupełnie odmiennych warunkach geologicznych, jednakże kontrastowo zaznaczające się różnice w zwięzłości gleb mineralnych i murszu piaszczystego zasługują na uwagę i pozwalają sądzić, że substancja organiczna odgrywa niepoślednią rolę w kształtowaniu zwięzłości gleby.

Doświadczenia przeprowadzone przez Wolny'ego [11], polegające na dodawaniu do gleby odpowiedniej ilości sproszkowanego torfu, wykonane w warunkach laboratoryjnego eksperymentu, są zgodne z wynikami naszych badań, przeprowadzonymi w warunkach polowych. Mursz piaszczysty, który charakteryzował się najwyższą zawartością substancji organicznej, posiadał również najniższą zwięzłość.

Zagadnienie wpływu frakcji mechanicznych i próchnicy na zwięzłość wierzchnich warstw gleb uprawnych jest niewątpliwie problemem bardzo złożonym. Zwięzłość gleby zależy prawdopodobnie nie tylko od ilościowej zawartości ładu koloidalnego i ładu pyłowego (części spławialne), lecz również od jakości elementów składowych tych frakcji i stopnia humifikacji substancji organicznej gleby. Należy przypuszczać, że skład mineralogiczny frakcji grubszych, a także jakość minerałów koloidalno-dyspersyjnych i próchnicy będą miały wpływ na zwięzłość gleby. Wyjaśnienie tego zagadnienia wymaga jednak dalszych i szczegółowych badań.

Dalszych i szczegółowych badań wymaga również poznanie dynamiki zmian zwięzłości różnych gatunków gleb w okresie wegetacji, a przede wszystkim interesujące być mogą dla agrotechniki wartości skrajne. Nie znamy dotychczas tych wartości dla różnych gatunków gleb, występujących w naszej strefie klimatycznej. Dotychczas zostały przez nas wyznaczone takie wartości zaledwie dla pięciu gatunków gleb ornich: piasku słabo gliniastego, gliniastego lekkiego, gliny lekkiej silnie i słabo spieczonej oraz murszu piaszczystego [8].

Poza tym opracowanie wskaźników, na podstawie których sądzić by można, czy stan zwięzłości gleby odpowiada wymaganiom, jakie stawia środowisku glebowemu określony gatunek rośliny uprawnej, a więc z tym wiążące się dostosowanie do tych wymagań agrotechniki, nie jest nam całkowicie znane. Bez znajomości tych wskaźników zabiegi agrotechniczne, przynajmniej nie w każdym przypadku, będą we właściwy sposób wykonywane.

Wprawdzie notujemy ostatnio próby zmierzające do opracowania tych wskaźników (B a c h t i n i L w o w [1], H a n n a, R o s e n b e r g i W i l l i t s [9] i inni), lecz są to zaledwie prace wstępne, oparte w dodatku na odmiennej metodyce pomiaru i stanowiące dopiero początek szerokiego dla współczesnej agrotechniki problemu.

WPLYW ROŚLIN UPRAWNYCH NA ZWIĘZŁOŚĆ GLEBY

Nieliczne opracowania w tym zakresie [4, 5, 6, 7, 14], pozwalają sądzić, że jest to przede wszystkim wpływ pośredni. Rośliny uprawne oddziałują i kształtują dynamikę zwięzłości warstwy ornej głównie poprzez zmiany uwilgotnienia masy glebowej, znajdującej się w zasięgu systemu korzeniowego określonego gatunku rośliny uprawnej. Nie możemy bowiem na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań ściśle określić, w jakim zakresie korzenie roślin uprawnych działają na glebę rozkruszająco (rozluźniająco), a w jakim stopniu ich wpływ zespala polidispersyjną masę glebową. Dotychczasowe poglądy odnoszące się do wy-

żej poruszonego zagadnienia kształtowały się, najogólniej rzecz traktując, na podstawie obserwacji wizualnych i pod wpływem hipotetycznych uogólnień. Nie wiadomo również w jakim stopniu rozmieszczony w profilu glebowym system korzeniowy poszczególnych gatunków roślin uprawnych wpływa na masę glebową rozkruszającą, a w jakim stopniu wysuszającą, zwiększając przynajmniej w niektórych okresach wegetacji jej zwięzłość. Jednak wypadkowa dwu przeciwstawnych wpływów (wysuszenie i spulchnianie) będzie zapewne w różny sposób kształtować dynamikę zwięzłości różnych pod względem składu mechanicznego gatunków gleb.

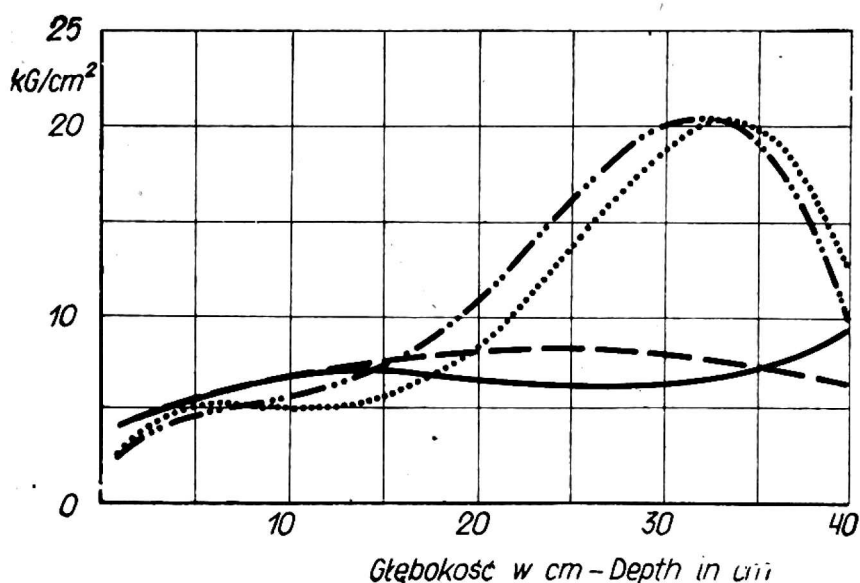
Poczynione w 1962 roku obserwacje nad wpływem lucerny siewnej i koniczyny czerwonej na zwięzłość wierzchniej warstwy gliny lekko słabo spiaszczonej i piasku słabo gliniastego (charakterystykę niektórych właściwości tych gleb podano w tabelach 1 i 2) wskazują, że oddziaływanie roślin uprawnych o odmiennie rozmieszczonym w glebie systemie korzeniowym jest zależne nie tylko od samej rośliny, jej gospodarki wodnej, lecz również od składu mechanicznego gleby.

W warunkach optymalnego uwilgotnienia (11 IV, tab. 3) wpływ dwu-

Tabela 3

Wilgotność aktualna gleby w %
Actual moisture of soil in per cent

Gatunek gleby wg klas. PTG Soil textural names acc. to the P.S.S.S.	Roślina Crops	Głębokość w cm Depth in cm	Wilgotność aktualna Actual soil moisture on	
			11.IV 1962	30.VI 1962
Glina lekka słabo spiaszczona Loam	lucerna	10-20	16,6	10,7
	alfalfa	40-50	16,4	9,3
		80-90	14,5	10,8
		koniczyna	10-20	17,0
	czerwona	40-50	15,3	7,6
	red clover	80-90	15,4	9,4
Piasek słabo gliniasty Sand	lucerna	10-20	8,3	6,4
	alfalfa	25-45	8,8	4,2
		50-60	9,4	5,0
		100-110	13,3	9,9
		koniczyna	10-20	8,3
	czerwona	25-45	7,8	4,6
	red clover	50-60	9,7	4,6
		100-110	13,9	7,8



Rys. 2. — Zwięzłość gliny lekkiej słabo spiaszczonej i piasku słabo gliniastego pod lucerną siewną i koniczyną czerwoną — 11.IV.1962

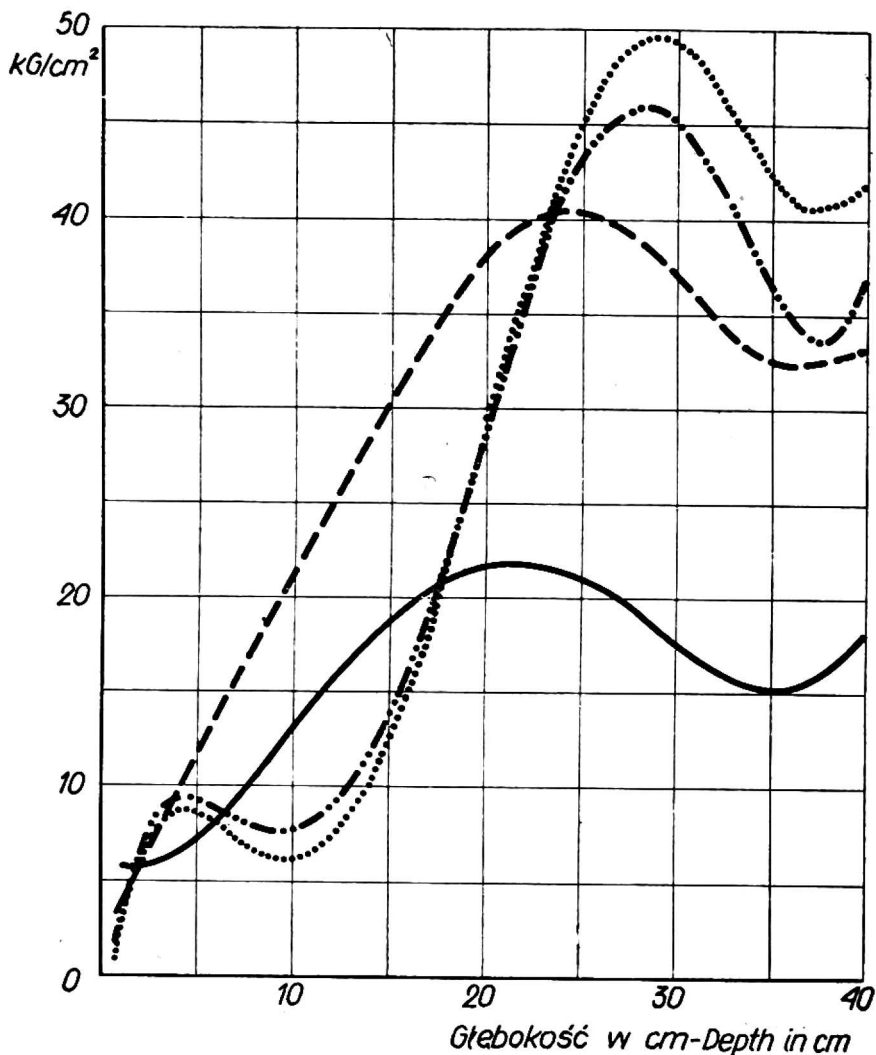
Fig 2. — The compaction of loam and sand under alfalfa and red clover — 11.IV.1962

- | | | | |
|-------|---|-----------|---|
| ————— | Glina lekka słabo spiaszczona,
lucerna
Loam, alfalfa | | Piasek słabo gliniasty, lucerna
Sand, alfalfa |
| ----- | Glina lekka słabo spiaszczona,
koniczyna
Loam, red clover | -.-.-.-.- | Piasek słabo gliniasty, koniczyna
Sand, red clover |

letniej lucerny siewnej i koniczyny czerwonej na zwięzłość piasku słabo gliniastego i gliny lekkiej słabo spiaszczonej (rys. 2) zaznaczył się minimalnie. Wprawdzie zarysowujące się różnice w zwięzłości pod tymi roślinami na obu gatunkach gleb zostały statystycznie udowodnione [5], jednak nie mają one istotnego praktycznego znaczenia. Można bowiem bez obawy popełnienia zasadniczego błędu przyjąć, że zwięzłość badanych gatunków gleb pod lucerną i koniczyną w pierwszym terminie pomiaru była jednakowa. Nie ujawnił się tutaj wpływ rośliny na zwięzłość gleby, natomiast wpływ składu mechanicznego, jak to widać z załączonego wykresu (rys. 2) był na głębokości 20—40 cm bardzo wyraźny.

Inaczej układały się te stosunki w trzecim terminie pomiaru (30.VI, tab. 3, rys. 3). Zwięzłość piasku słabo gliniastego pod lucerną siewną i koniczyną czerwoną w warstwach wierzchnich kształtowała się jednakowo. Niewielkie, lecz istotne zróżnicowanie zwięzłości zanotowano na głębokości 25—40 cm. Na tym odcinku głębokości zwięzłość piasku słabo gliniastego pod lucerną była nieco wyższa niż pod koniczyną czerwoną.

Diametralnie inny obraz uzyskano na glinie lekkiej słabo spiaszczonej. Zwięzłość tego gatunku gleby pod lucerną siewną i koniczyną czerwoną różnicuje się, poczynając od warstw wierzchnich i zwiększa się coraz



Rys. 3. — Zwięzłość gliny lekkiej słabo spiaszczonej i piasku słabo gliniastego pod lucerną siewną i koniczyną czerwoną — 30.VI.1962

Fig. 3. — The compaction of loam and sand under alfalfa and red clover — 30.VI.1962

————— Gлина легкая слабо спяшчзона,
lucerna
Loam, alfalfa
- - - - - Gлина легкая слабо спяшчзона,
koniczyna
Loam, red clover

..... Piasek słabo gliniasty, lucerna
Sand, alfalfa
- . - . - Piasek słabo gliniasty, koniczyna
Sand, red clover

bardziej z głębokością pomiaru. Powstałe kontrastowo różnice w zwięzłości gliny lekkiej słabo spiaszczonej pod lucerną i koniczyną, zostały spowodowane różnym stanem uwilgotnienia badanych warstw. Wilgotność piasku słabo gliniastego pod lucerną siewną i koniczyną czerwoną kształtowała się w tym terminie podobnie. Na głębokości 10—20 cm różnice te wynoszą zaledwie 0,6% na korzyść lucerny, a na głębokości 25—45 cm tylko 0,4% na korzyść koniczyny. Te niewielkie różnice znajdują jednak swoje odzwierciedlenie w zwięzłości gleby. Większa wilgotność gleby pod koniczyną czerwoną spowodowała na głębokości 25—40 cm zmniejszenie się zwięzłości piasku słabo gliniastego. Natomiast wilgotność gliny lekkiej słabo spiaszczonej pod uprawę lucerny była w tym

okresie (tab. 3) na głębokości 10—20 cm o 3%, a na głębokości 40—50 cm o 1,7% wyższa niż pod uprawą koniczyny czerwonej. Te niewielkiego rzędu różnice w uwilgotnieniu gliny lekkiej słabo spiaszczonej pod lucerną i koniczyną spowodowały bardzo wyraźne różnice w zwięzłości badanych warstw. Na głębokości 10 cm zwięzłość pod koniczyną czerwoną była wyższa o około 8 kG/cm², na głębokości 20 cm — 15 kG/cm², a na głębokości 25 cm — około 20 kG/cm² i utrzymywała się na mniej więcej tym samym poziomie do głębokości 40 cm.

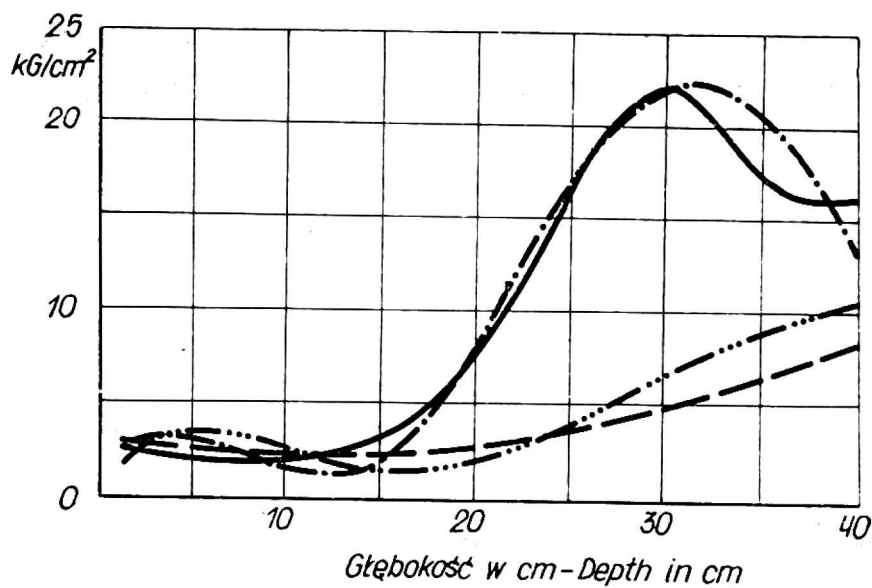
Jak wynika z przedstawionych tutaj materiałów, zwięzłość gliny lekkiej słabo spiaszczonej i zwięzłość piasku słabo gliniastego kształtowała się przede wszystkim w zależności od stanu uwilgotnienia tych gleb i ich składu mechanicznego. W warunkach podobnego i wysokiego uwilgotnienia (wiosna 1962) zwięzłość tych gleb pod uprawą obu gatunków roślin była mało zróżnicowana. W miarę postępu wegetacji i większego zapotrzebowania roślin na wodę, ujawniła się dość wyraźnie różnica w pobieraniu wody pomiędzy lucerną i koniczyną, a tym samym wystąpiły różnice w zwięzłości gleby. Wpływ różnie rozmieszczonego systemu korzeniowego tych roślin na zwięzłość gleby mimo dwuletniej ich uprawy nie został tutaj udowodniony. Był to przede wszystkim wpływ pośredni, ujawniający się poprzez zmiany w uwilgotnieniu badanych warstw. Podobną prawidłowość zaobserwowano również w badaniach wcześniejszych [4].

MECHANICZNA UPRAWA ROLI A ZWIĘZŁOŚĆ GLEBY

Czynnikiem o stosunkowo silnym działaniu, modyfikującym fizyczne właściwości gleby jest mechaniczna uprawa roli.

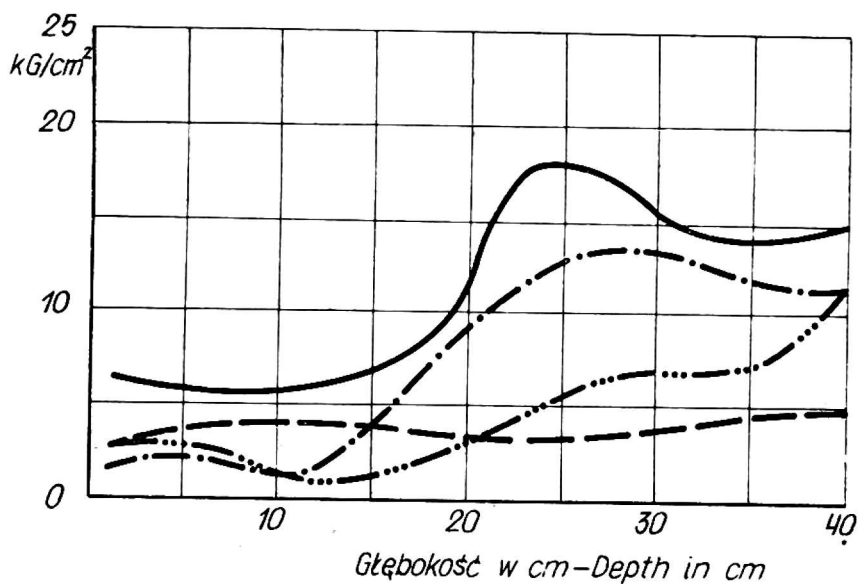
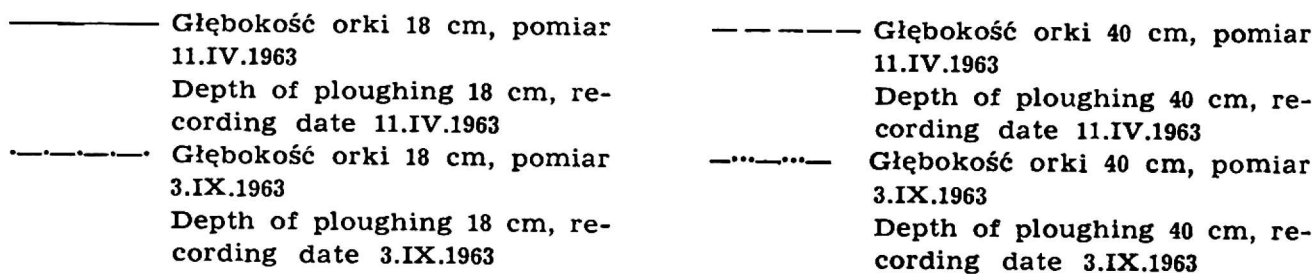
To interesujące zagadnienie oświetlają częściowo materiały zebrane przez nas w latach 1958 do 1963 [3, 6, 8, 14], których istotne części przedstawiamy poniżej.

Z badań tych wynika (rys. 4, 5, 6, 7), że orki głębokie wykonane na głębokość 40 cm na przedzimi, w porównaniu z orkami płytkimi (18 cm), dość radykalnie zmieniają zwięzłość głębszych warstw gleby. Wpływ ten jest widoczny nie tylko w początkowym (około 5 miesięcy od chwili wykonania orki), lecz również w końcowym okresie wegetacji (około roku od wykonania orki). Wpływ głęboko wykonanej orki przedzimowej (głębokość orki 40 cm) na zwięzłość warstwy ornej ujawnił się po rocznym okresie z dużą wyrazistością nie tylko pod uprawą kataranu abisyńskiego [3] lub owsa (rys. 5, 7 i 8), lecz również pod uprawą buraka cukrowego (rys. 6), rośliną o odmiennej budowie korzeni. Wydawać by się mogło, że rozrastające się korzenie buraków cukrowych będą szybciej niż inne rośliny uprawne wpływać na zmiany zwięzłości gleby, powodując zani-



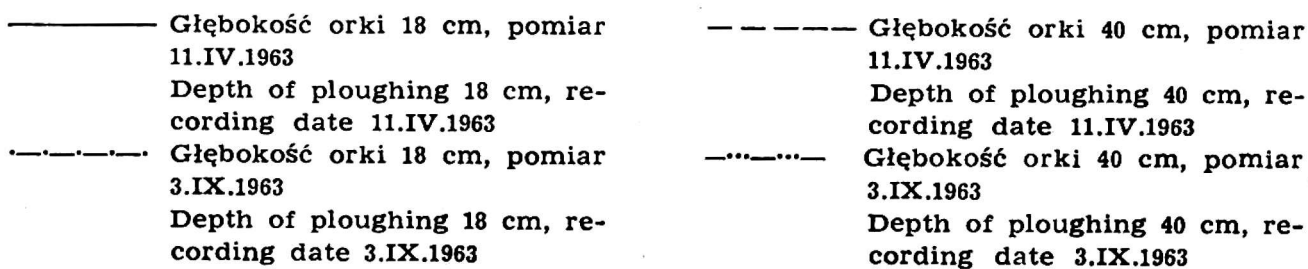
Rys. 4. — Zwęzłość piasku słabo gliniastego pod owsem

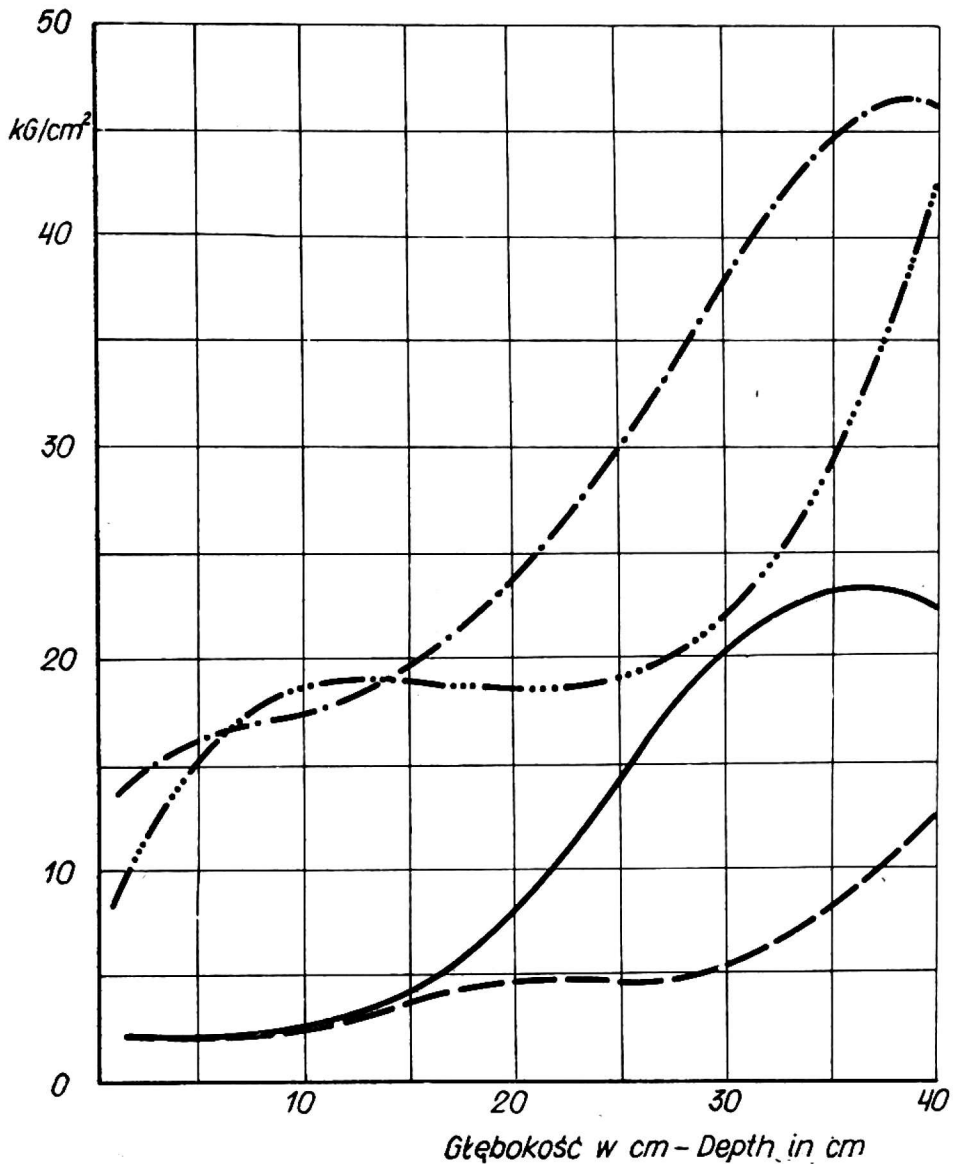
Fig. 4. — The compaction of sand under oat



Rys. 5. — Zwęzłość gliny lekkiej słabo spiaszczonej pod owsem

Fig. 5. — The compaction of loam under oat



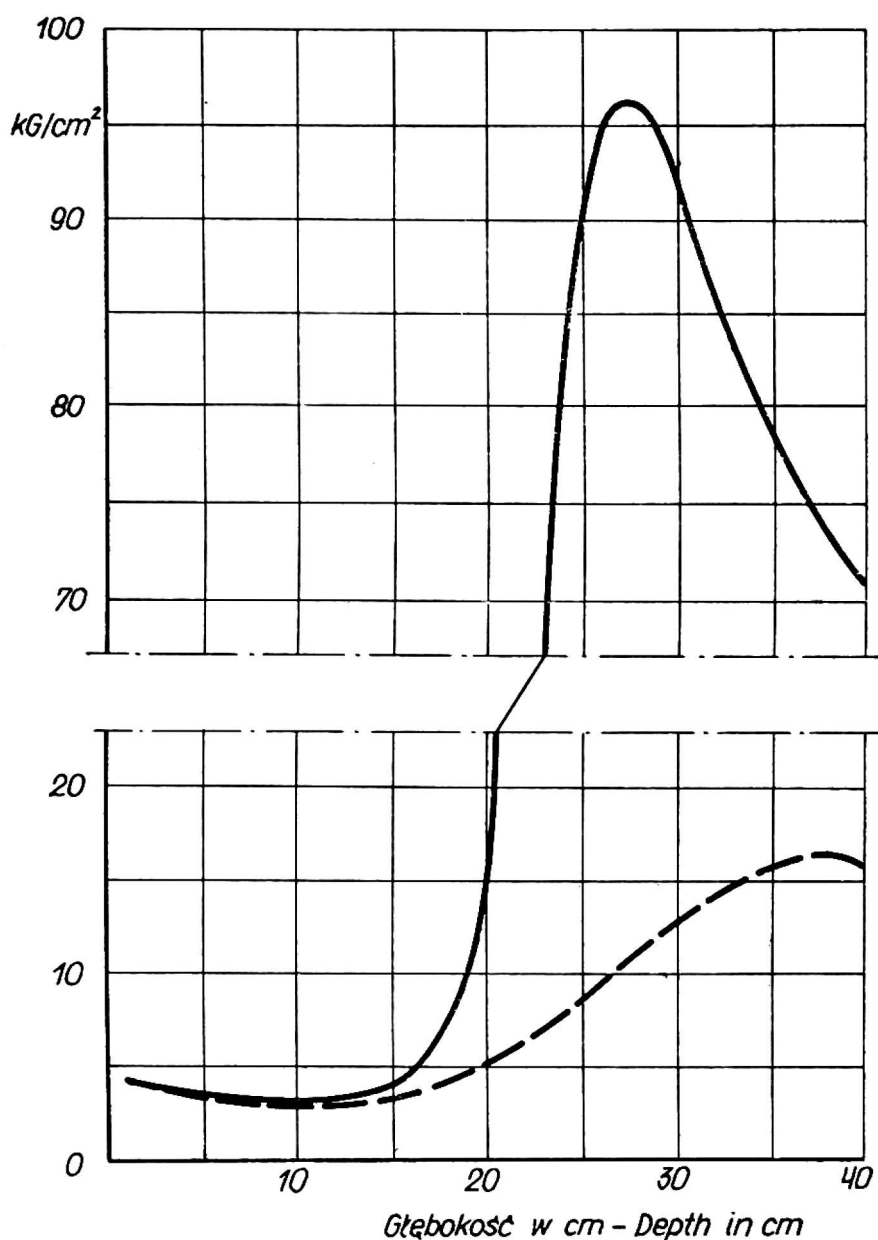


Rys. 6. — Zwięzłość gliny lekkiej silnie spiaszczonej pod burakiem cukrowym

Fig. 6. — The compaction of sandy loam under sugar beet

—————	Głębokość orki 15 cm, pomiar 14.IV.1962	-----	Głębokość orki 40 cm, pomiar 14.IV.1962
	Depth of ploughing 15 cm, recording date 14.IV.1962		Depth of ploughing 40 cm, recording date 17.X.1962
.....	Głębokość orki 15 cm, pomiar 17.X.1962	Głębokość orki 40 cm, pomiar 17.X.1962
	Depth of ploughing 15 cm, recording date 17.X.1962		Depth of ploughing 40 cm, recording date 17.X.1962

kanie rozluźnionego ustroju fizycznego gleby wywołanego orką. Należało oczekiwać, że zwięzłość gleby w końcowym okresie wegetacji na orce głębokiej będzie zbliżona do zwięzłości na polu zaoranym orką średnią. Z rysunku 6 wynika jednak, że różnice w zwięzłości gleby pomiędzy omawianymi kombinacjami uprawowymi i terminami pomiaru zachowały się prawie w takich samych proporcjach, a wzrost zwięzłości gleby w końcu okresu wegetacyjnego na obu kombinacjach uprawowych spowodowany był spadkiem wilgotności gleby (tab. 4). Zarówno na polu zaoranym jesienią na głębokość 15 cm, jak i na polu zaoranym na głębo-



Rys. 7. — Zwięzłość piasku słabo gliniastego pod owsem, pomiar 27.VI.1963

Fig. 7. — The compaction of sand under oat, recording date 27.VI.1963

————— Głębokość orki 18 cm
Depth of ploughing 18 cm

- - - - - Głębokość orki 40 cm
Depth of ploughing 40 cm

kość 40 cm wilgotność gliny lekkiej silnie spiaszczonej w okresie zbioru buraków cukrowych była o 2,2 do 4,7% niższa niż w okresie wiosennym. W przypadku piasku słabo gliniastego i gliny lekkiej słabo spiaszczonej (uprawa owsa) wilgotność gleby w terminie wiosennym i jesiennym była do siebie bardziej zbliżona, a nawet jesienią nieco wyższa niż wiosną, co znalazło swoje odbicie w zwięzłości tych gleb. Zwięzłość piasku słabo gliniastego (rys. 4) w okresie wiosny i jesieni była jednakowa zarówno na orkach głębokich jak i na orkach płytkich. Zwięzłość gliny lekkiej słabo spiaszczonej na polu głęboko zaoranym była w warstwie do 20 cm niższa jesienią niż wiosną a głębiej nastąpił nieznaczny wzrost zwięzłości. Na polu zaoranym orką płytką zwięzłość gleby kształtowała się jesie-

Tabela 4

Wilgotność aktualna gleby w %
Actual moisture of soil in per cent

Gatunek gleby wg klas. PTG Soil textural names acc. to the P.S.S.S.	Termin pomiaru Recording date	Głębokość w cm Depth in cm	Wilgotność gleby w % przy głębokości orki Moisture content in % by depth of ploughing	
			15 cm	40 cm
Piasek słabo gliniasty Sand	11 IV 63	10-15	9,1	9,2
		30-35	8,1	9,7
	3 IX 63	10-15	12,0	11,8
		30-35	10,8	9,1
Glina lekka słabo spiaszczona Loam	11 IV 63	10-15	15,8	15,7
		30-35	15,3	15,1
	3 IX 63	10-15	15,6	16,3
		30-35	15,6	17,6
Glina lekka silnie spiaszczona Sandy loam	14 IV 62	10-15	12,4	12,8
		20-25	12,9	12,0
		30-35	12,3	12,1
	17 X 62	10-15	9,3	10,6
20-25		8,2	9,6	
30-35		8,3	8,7	

nią niżej niż w okresie wiosennym, aczkolwiek wilgotność w obu terminach pomiaru była jednakowa.

W piasku słabo gliniastym na kombinacji z orką płytką zwraca ponadto uwagę zaznaczająca się bardzo wyraźnie poniżej 20 cm strefa zbita (rys. 4 i 7). Na polu zaoranym na głębokość 40 cm takiej strefy zbitej nie obserwujemy. Najbardziej kontrastowo zaznaczyła się ona w warunkach maksymalnego wysuszenia warstwy ornej (rys. 7). Wilgotność warstw głębszych w chwili pomiaru oscylowała w granicach podwójnej maksymalnej higroskopijności (MH piasku słabo gliniastego podano w tab. 2).

W tak ukształtowanych warunkach wilgotnościowych, różnice w związku gleby pomiędzy orką głęboką i orką płytką wynosiły na głębokości 25 cm (rys. 7) ponad 80 kG/cm². Przyczyny powstawania takich stref stwardnienia mogą być różnorodne i często bardzo złożone. W konkretnie tutaj rozpatrywanym przypadku najistotniejszą przyczyną było wieloletnie ugniatanie warstw głębszych narzędziami uprawowymi. Przez lat bowiem kilkadziesiąt orki głębokie w Ogrodzie Botaniczno-Rolniczym Katedry Ogólnej Uprawy Roli i Roślin WSR w Poznaniu nie przekraczały 25 cm.

Długoletnie oddziaływanie narzędzi uprawowych na glebę ujawniło się nie tylko w wydatnie zwiększonej zwięzłości warstw głębszych, lecz również zmienił się ciężar objętościowy, porowatość i kapilarna pojemność wodna piasku słabo gliniastego [8]. Te cechy gleby korzystniej kształtowały się na kombinacji z orką głęboką. Jednakże czynnik fizycznego oddziaływania, jak stwierdzają Raney, Edminster, Allaway i inni [12], nie jest jedyną przyczyną powstawania stref zbitych. Mogą tu oddziaływać i czynniki natury fizykochemicznej jak np. amorficzna krzemionka, żelazo, glin itp. Często bowiem wyszczególnione tutaj czynniki nakładają się na siebie, tworząc kompleks przyczynowy, warunkujący wytworzenie się swoistej w takich warunkach tekstury gleby.

Z naszych badań wynika, że wyżej wymienione przyczyny miały również miejsce w rozpatrywanym przez nas przypadku. Oznaczenia SiO_2 i Fe_2O_3 metodą Gedroica wykazały, że na polu zaoranym orką płytką (około 18 cm) ilość amorficznej krzemionki była w porównaniu z orką głęboką w strefie 18—35 cm (tab. 5) półtorakrotnie wyższa. Również zawartość żelaza była w tej warstwie wyższa. Należy przypuszczać, że wraz

Tabela 5

Niektóre chemiczne właściwości gleby
Some chemical characteristic soil

Oznaczenia Determinations	Głębokość w cm Depth in cm	Głębokość orki w cm Depth of ploughing in cm	
		18	40
Zawartość amorficznej SiO_2 w g/100 cm^3	0-18	1,211	1,270
	18-35	2,333	1,535
Amorphous SiO_2 in g per 100/cubic cm	35-45	2,081	2,381
Zawartość amorficznego Fe_2O_3 w g/100 cm^3	0-18	0,074	0,095
	18-35	0,118	0,068
Amorphous Fe_2O_3 in g per 100/cubic cm	35-45	0,071	0,094

z systematycznym i długoletnim ugniataniem głębszych warstw piasku słabo gliniastego następowało gromadzenie się na głębokości 20—35 cm amorficznej krzemionki i żelaza, związków odznaczających się zdolnością koagulacji w warunkach niedoboru wody. Dzięki koagulacji tych kolojdów, następuje w warunkach suszy znacznie silniejsze zespolenie polidispersyjnej masy glebowej i z tym związane zwiększenie się zwięzłości gleby. Niezależnie od wyżej wymienionych czynników pewien wpływ na kształtowanie się tych wyżej omawianych stosunków mogła mieć rów-

niez próchnica. Zawartość substancji organicznej na głębokości 45—60 cm wynosiła od 0,46 do 0,57%, a więc warstwa próchnicza piasku słabo gliniastego prawie dwukrotnie przekraczała miąższość warstwy ornej [8]. Należy sądzić, że połączenia organo-mineralne odgrywały najprawdopodobniej ważną rolę w kształtowaniu się zwięzłości piasku słabo gliniastego na głębokości 20—35 cm.

W ten sposób ukształtowane w wieloletnim okresie uprawy stosunki fizyczne i fizykochemiczne piasku słabo gliniastego znalazły odzwierciedlenie w rozwoju systemu korzeniowego i plonach owsa (tab. 6).

Tabela 6

Plony owsa i sucha masa korzeni
Yield of oats and distribution of its roots in soil profile

Oznaczenia Determinations	Głębokość w cm Depth in cm	Głębokość orki w cm Depth of ploughing in cm	
		18	40
Absolutnie sucha masa korzeni owsa w kg/ha	0—18	240,0	241,2
	18—36	82,0	299,6
Roots content in kg per ha of dry matter	36—56	21,0	116,5
	0—56	343,0	657,3
Plony owsa w q/ha Yield of oats in q per ha	—	15,2	19,2

Ogólna masa korzeni owsa na polu głęboko zaoranym była prawie dwukrotnie wyższa. Najbardziej jednak kontrastowo wpływ orki głębokiej na rozwój systemu korzeniowego owsa ujawnił się na głębokości 18—36 cm i 36—56 cm. Na tych głębokościach sucha masa korzeni była od trzech i pół do ponad pięciokrotnie wyższa, a plony ziarna o 4 q/ha wyższe.

Ograniczone możliwości zasięgu korzeni, a z tym niewątpliwie związane słabsze wykorzystanie wody i pokarmów, były przyczyną obniżenia się plonów i w konsekwencji przyczyną spadku efektywnej żyzności piasku słabo gliniastego. Należy sądzić, że znaczne obszary gleb rolniczo użytkowanych, które były wadliwie uprawiane, będą charakteryzować się podobnymi właściwościami. Wskazują chociażby na to badania nad melioracją gleb piaszkowych, w których sygnalizuje się dodatni wpływ głębokich orok melioracyjnych na plony roślin uprawnych niezależnie od bardzo wysokich dawek nawożenia organicznego. Dodatni wpływ orok głębokich na zmianę fizycznych właściwości gleby zanotowano również w gospodarce leśnej [15].

W świetle przedstawionych fragmentów kilkuletnich badań nad zwięzłością gleb ornych bezspornym wydaje się być stwierdzenie o decydują-

cym wpływie składu mechanicznego, wilgotności i mechanicznej uprawy roli na zwięzłość wierzchnich warstw gleby. Nie przedstawia się ona jako cecha stała i niezmienna. Jest to właściwość utworu glebowego, która w zależności od zaistniałych w czasie warunków przyrodniczych stale się zmienia. Ogromny wpływ może mieć tutaj czynnik antropogeniczny, który dzięki twórczej ingerencji w układ fizyczny gleby nadaje tym zmianom kierunek korzystny, odpowiadający wymaganiom, jakie stawia środowisku glebowemu roślinność uprawna.

Jednak wpływ tych czynników na zwięzłość gleby nie został jeszcze dostatecznie poznany. Nie wyznaczono bowiem dotychczas dla poszczególnych gatunków gleby, występujących w naszej strefie klimatycznej wartości ekstremalnych. Nie opracowano również wskaźników na podstawie których sądzić by można, czy stan zwięzłości gleby odpowiada wymaganiom, jakie stawia środowisku glebowemu roślinność uprawna. Te zagadnienia, jak sądzić należy, są niezmiernie ważne dla współczesnej agrotechniki. O konieczności i kierunku dalszych badań powinny zdecydować odpowiednie Komisje Polskiej Akademii Nauk i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego.

LITERATURA

1. Bachtin P. U., Lwow A. S., Poczwow., Nr 5, s. 53—63 (1960).
2. Baver L. D., Soil Physics. New York. London (1963).
3. Bender J., Rząsa S., Zesz. probl. Post. Nauk roln., nr 40a, s. 171—192 (1963).
4. Bender J., Rząsa S., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XIV z. 3, s. 357—382 (1963).
5. Bender J., Rząsa S., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XVIII, z. 3 s. 171—192 (1964).
6. Bender J., Rząsa S., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XVIII, z. 3, s. 193—212 (1964).
7. Bender J., Rząsa S., Zesz. probl. Post. Nauk roln. nr 50b, s. 51—58 (1964).
8. Bender J., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XXII, z. 1 s. 1—62 (1966).
9. Hanna W. J., Rosenberg N. J., Willits N. A., Crops and Soils, T. 13, nr 19 s. 17 (1961).
10. Kaczynskij N. A., Poczwow. nr 9, s. 15—48 (1939).
11. Kowaliński S., Zesz. nauk. WSR we Wrocławiu nr 8, s. 171—214 (1957).
12. Raney W. A., Edminster T. W., Allaway W. H., Soil Sci. Soc. Amer. Proc., T. 19, s. 423—428 (1955).
13. Rząsa S., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XII, z. 3, s. 99—112 (1962).
14. Rząsa S., Bender J., Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn. PTPN, T. XII, z. 3, s. 113—134 (1962).
15. Sun-De-Lin, Poczwow., nr 7, s. 111—112 (1961).
16. Świętochowski B., Jabłoński B., Uprawa roli. Warszawa (1964).

РЕЗЮМЕ

В работе представлены фрагменты многолетних исследований по твердости пахотных угодий. Сконстантировано, что наиболее существенными факторами, определяющими эту особенность почвы являются: её механический состав, влажность и обработка. Из механических фракций главную роль играет илистая часть почвы.

Твердость почвы может изменяться даже при небольших колебаниях её влажности. Однако наиболее заметны эти изменения, когда влажность почвы приближается к двойной максимальной гигроскопичности.

Глубокая вспашка радикально изменяет твердость пахотного слоя почвы. Это влияние очень резко заметно еще после одного года от проведения вспашки.

На твердость почвы влияют также виды возделываемых растений. Однако, последние имеют, в основном, только косвенное влияние, проявляющееся в изменении влажности почвы.

Независимо от этих факторов твердость почвы зависит от количества перегноя, аморфной SiO_2 и Fe_2O_3 , а также от механического воздействия на почву обрабатывающих машин и орудий. Влияние этих факторов наиболее наглядно проявилось в песчаной почве. Вследствие многолетней вспашки этой почвы на глубину 20—25 см и накопления в горизонте 20—35 см аморфной SiO_2 и Fe_2O_3 создалась зона более уплотненной почвы, которая отрицательно отразилась на развитии корневой системы и на урожае овса.

SUMMARY

The paper presents the fragments of investigations, which were conducted for several years, dealing with soil compaction problem.

The most effective factors forming the soil compaction are the mechanical composition of soil (contents of clay and silt), moisture content and tillage.

The soils compaction may change even by small variations of soil humidity. The most effective changes occurs when the soil humidity approaches the amount of water which correspond to the double hygroscopic coefficient.

Deep ploughing drastically change the compaction of the plough layer. The influence of deep ploughing may be observed even in next year.

The cultivated plants influence the soil compaction indirectly changing the content of the soil moisture. Independently to the above mentioned factors the content of the organic matter, amorphous SiO_2 and Fe_2O_3 as well as the pressing of tillage implements may influence the soil compaction. The influence of these factors was distinctly observed on loamy sand. As a result of permanent tillage to the same depth 20—25 cm and of the accumulation of amorphous forms of SiO_2 and Fe_2O_3 , a compacted zone has been formed which highly restricted the roots development and decreased the yield of oats.

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono fragmenty kilkuletnich badań nad zwięzłością gleb ornych. Stwierdzono, że najistotniejszymi czynnikami kształtującymi tę cechę gleby są: skład mechaniczny, wilgotność i uprawa mechaniczna roli. Spośród frakcji

mechanicznych największy wpływ wywierają części spławialne (ił koloidalny i pyłowy).

Zwięzłość może się zmieniać nawet przy niewielkich wahaniach wilgotności gleby. Najbardziej jednak zmiany te są widoczne, gdy wilgotność gleby zbliża się do podwójnej maksymalnej higroskopowości.

Orka głęboka zmienia radykalnie zwięzłość warstwy ornej. Wpływ ten jest bardzo wyraźny jeszcze po roku czasu od chwili wykonania uprawy.

Na zwięzłość gleby oddziałują również uprawiane rośliny. Jest to jednak głównie wpływ pośredni, ujawniający się w zmianie uwilgotnienia gleby.

Niezależnie od wyżej wymienionych czynników na zwięzłość gleby wpływać mogą: substancja organiczna, amorficzna forma SiO_2 i Fe_2O_3 oraz ugniatanie narzędziami uprawowymi. Wpływ tych czynników uwidocznił się bardzo wyraźnie w piasku słabo gliniastym. Na skutek wieloletniej uprawy roli na jednakową głębokość (około 20—25 cm) i nagromadzenia się w tej strefie amorficznej formy SiO_2 i Fe_2O_3 , powstała na głębokości 20—35 cm strefa stwardnienia, najbardziej kontrastowo zaznaczająca się w warunkach maksymalnego wysuszenia gleby. Ta strefa wpłynęła ujemnie na rozwój systemu korzeniowego i plony owsa.