

## WPLYW STANU FIZYCZNEGO GLEBY W WARSTWIE ORNEJ I PODORNEJ NA WEGETACJĘ I PLONOWANIE ROŚLIN

*J. Pabin*

Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia IUNG  
ul. Łąkowa, 255-230 Jelcz-Laskowice

**Streszczenie:** W pracy wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych w Zakładzie Uprawy Gleby IUNG w Jelczu-Laskowicach oraz zagraniczne dane literaturowe. Podjęto próbę wyjaśnienia związków występujących między niektórymi właściwościami gleby w warstwy ornej i podornej oraz ich wpływ na plonowanie roślin. Zależności te powiązано z przebiegiem opadów. Scharakteryzowano reakcje różnych roślin w zależności od stopnia zwięzłości warstwy podornej. Stwierdzono występowanie zależności między krytycznymi wartościami gęstości objętościowej oraz zwięzłości gleby a wilgotnością gleby, zawartością części pylastych oraz ilu koloidalnego w warstwie podornej.

**Słowa kluczowe:** gęstość objętościowa gleby, warstwa orna i podorna, wartości krytyczne, plonowanie roślin

### WSTĘP

Potrzeba utrzymania gleby we właściwym stanie fizycznym odnosi się przede wszystkim do warstwy powierzchniowej. Dowodem na to są między innymi badania amerykańskie i angielskie [9, 10, 26, 27], z których wynika, że nawet gleba uprawiana tradycyjnie z wykorzystaniem uciągu ciągnikowego ulega silniejszemu zagęszczeniu i zmniejsza się jej wartość plonotwórcza w porównaniu z uprawianą narzędziami zawieszanymi na szerokiej ramie umożliwiającej uprawę roli bez jej ugniatania kołami ciągników. Utrzymanie jednak, w trakcie wegetacji roślin, właściwego zagęszczenia w warstwie ornej jest bardzo trudne do zreali-

zowania, zarówno ze względów technicznych, jak również z powodu braku odpowiednich charakterystyk glebowych opisujących optymalne dla rozwoju roślin warunki fizyczne gleby.

Stan fizyczny warstwy podornej jest również ważny dla vegetacji roślin. Jego znaczenie uwikłane jest jednak wieloma uwarunkowaniami natury glebowej i przebiegiem pogody. Nie znane są także wartości progowe gęstości odnoszącej się do gleby zalegającej pod warstwą orną.

Istnieje zatem potrzeba wyjaśnienia różnych uwarunkowań, które mogą wpływać na ostateczny efekt głębokiego spulchniania gleby, jak również zagrożeń wynikających z nadmiernego zagęszczenia gleby w warstwie uprawnej.

#### ZWIĄZEK GĘSTOŚCI Z INNYMI WŁAŚCIWOŚCIAMI FIZYCZNYMI GLEBY ORAZ WZROSTEM I PLONOWANIEM ROŚLIN

Zmiany właściwości fizycznych gleby, zachodzące w środowisku glebowym pod wpływem uprawy mechanicznej oraz wynikające z naturalnych procesów jej osiadania i pęcznienia, ujawniają się najpełniej w gęstości gleby. Parametr ten jest jednak czynnikiem wpływającym na rozwój roślin pośrednio, chociaż oddziałuje on na wszystkie fizyczne właściwości glebowe decydujące o vegetacji roślin, takie jak: dostępność wody i tlenu, warunki termiczne oraz opory mechaniczne gleby stawiane korzeniom roślin [1].

Badania mające na celu wyjaśnienie związku gęstości z właściwościami wodnymi gleby dotyczyły najczęściej określenia zdolności wiązania wody przez stałą fazę gleby. Większość autorów prac z tego zakresu była zgodna, że ugniatanie gleby najbardziej różnicuje jej zdolności retencyjne w przedziale niskich wartości sił wiążących wodę (poniżej  $pF$  2), zmniejszając ogólną ilość porów aeracyjnych i grubych porów kapilarnych, a także ilość wody zawartej w tych porach [1, 11-13, 27, 28]. Przy rozpatrywaniu wpływu gęstości gleby o wyższych kategoriach sił wiązania wody, wyniki badań okazały się bardziej zróżnicowane. Niektóre z nich świadczą, że w zakresie  $pF$  2-3, w przybliżeniu odpowiadającym połowej pojemności wodnej, retencja wody jest stała, niezależnie od tego, czy gleba jest spulchniona czy też zagęszczona [1]. Wyjaśnia się to przejściem, przy ugniataniu gleby, takiej samej ilości porów grubych do średnich, co średnich do drobnych.

Z innych badań wynika, że w rozpatrywanym zakresie  $pF$  zmiany retencji wody pod wpływem ugniatania mogą być różnokierunkowe, co jest uwarunkowane wielkością siły ssącej oraz rodzajem i gatunkiem gleby [11, 29]. Zdecydowanie

negatywny wpływ zagęszczenia gleby na zatrzymywanie wody przy sile ssącej pF 2,0-2,7 obserwował natomiast Walczak [39].

Większość badaczy stwierdziła, że przy wartościach sił ssących gleby powyżej pF 3 ugniatanie gleby zwiększa jej zdolność do zatrzymywania wody, lecz tylko trudno dostępnej i niedostępnej dla roślin, a zatem zostaje ograniczona pojemność wody dostępnej. Według Domżała [11] ograniczenie to jest dodatnio skorelowane z wielkością powierzchni właściwej gleby, jeśli nie przekracza ona wartości  $70-80 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ . Po prze-kroczeniu tej granicy, w niektórych przypadkach wzrost gęstości może powodować nieproporcjonalnie duże zmniejszenie pojemności wodnej gleby.

Oprócz przytoczonych statycznych charakterystyk retencyjności wodnej gleby zależnych od stopnia ugniecenia, istotne znaczenie ma również wpływ gęstości gleby na gromadzenie w niej wody w warunkach polowych, rozpatrywane w ujęciu dynamicznym, gdzie retencja wody jest modyfikowana procesami przesiąkania, podsiąkania, parowania, transpiracji i intercepcji. Badania takie można traktować jako pewnego rodzaju weryfikację wszystkich ustaleń dokonanych w warunkach laboratoryjnych. Przeprowadzone pod tym kątem obserwacje wykazały, że zawartość wody użytecznej w warstwie uprawnej gleby (0-25 cm) zależy nie tylko od stanu jej zagęszczenia, ale także od długotrwałości występowania okresów nawilżania i wysychania roli [23]. Potwierdzenie tych spostrzeżeń można znaleźć również w wynikach badań uzyskanych przez innych autorów [17].

Odrębnym zagadnieniem jest wpływ gęstości gleby na jej zwięzłość. Czynniki ten nie oddziałuje bezpośrednio na vegetację roślin, ale jest cechą najsilniej dodatnio skorelowaną z oporami mechanicznymi gleby. Dlatego ze względu na brak możliwości pomiaru rzeczywistych oporów, określa się zastępczo, zwięzłość gleby. Jak już wspomniano, zależność zwięzłości od gęstości gleby jest dodatnia, jakkolwiek modyfikuje ją wilgotność gleby [1, 2, 7]; przy wyższym uwilgotnieniu wpływ gęstości na zwięzłość gleby jest niewielki [2, 6].

Reakcja roślin na zwiększenie zwięzłości gleby objawia się głównie hamowaniem wzrostu korzeni [4, 5, 14, 15, 21, 22], a to najczęściej, chociaż nie zawsze [31, 33, 38], powoduje obniżkę plonu. Niemniej, w większości badań, przy wyznaczaniu wartości krytycznych zwięzłości uwzględniono wyniki dotyczące hamowania wzrostu korzeni lub części nadziemnych roślin w początkowej fazie rozwoju. Pod tym względem istnieje jednak duże zróżnicowanie wynikające z cech gatunkowych roślin i zdolności korzeni do omijania przeszkód [34, 35, 37]. Największym jednak mankamentem tego typu badań jest trudność w ustaleniu, przy jakim tempie spowolnienia wzrostu korzeni występują istotne obniżki plonów.

Próbie powiązania wyników prostego testu opartego na wzroście korzeni siewek kukurydzy z plonami zielonej masy tej rośliny przeprowadzono w badaniach własnych [24]. Wykazały one, że istotne obniżenie plonu kukurydzy uprawianej na piasku gliniastym mocnym występowało wówczas, gdy długość korzeni siewek uległa ograniczeniu do 40% długości maksymalnej, a miało to miejsce w warunkach, gdy uwilgotnienie gleby mieściło się w zakresie 40-100 % PPW, a zwięzłość zawierała się w przedziale 1,03-3,31 MPa.

Następnym parametrem modyfikowanym przez gęstość gleby jest dostępność tlenu dla korzeni roślin. Wyrażana jest ona za pomocą różnych wskaźników. Zgodnie z opinią Stępniewskiego [29, 30], najważniejszym z nich wydaje się wydatek dyfuzji tlenu, tzw. ODR, który określa ile tlenu w danych warunkach glebowych może drogą dyfuzji przeniknąć do korzeni roślin.

Reakcją roślin na niekorzystne warunki tlenowe w glebie jest hamowanie wzrostu korzeni, analogicznie jak na występowanie zbyt dużego oporu mechanicznego gleby. Stwierdzono jednak, że głównym czynnikiem, który może ograniczać plonowanie na glebach ciężkich jest niedotlenienie, a na glebach średnich i lekkich - nadmierne opory mechaniczne [29].

Innym czynnikiem fizycznym gleby, który bezpośrednio oddziałuje na wegetację roślin, jest jej temperatura. Wpływ gęstości gleby na ten parametr jest stosunkowo niewielki. Badania Baranowskiego i Bakowskiego [3] przeprowadzone w naszych warunkach klimatycznych wykazały, że wzrost zagęszczenia gleby o  $0,25 \text{ g cm}^{-3}$  w stosunku do stanu naturalnego zwiększał przewodnictwo cieplne i obniżał średnią temperaturę gleby w warstwie ornej o  $1,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Podobne wyniki uzyskano również w innych badaniach [19]. Wydaje się zatem, że zmiany te są zbyt małe, aby mogły decydować o plonowaniu roślin.

Wszystkie omówione dotychczas zależności zachodzące między rozwojem roślin a właściwościami fizycznymi gleby dotyczyły przede wszystkim jej warstwy ornej, natomiast właściwości warstwy podornej nie były oceniane i jest ona pod tym względem mniej poznana. Rozpatrywanie tych zagadnień wiąże się ściśle z rozwojem korzeni. Zależy on od indywidualnych cech gatunkowych, a nawet odmianowych roślin oraz warunków glebowych i klimatycznych.

U większości roślin uprawnych główna masa korzeni znajduje się w warstwie ornej i ona dla roślin stanowi główny magazyn składników pokarmowych i wody, tylko niewielka część korzeni przenika głębiej. Znaczenie tej stosunkowo małej ilości korzeni przerastających do głębszych partii profilu glebowego jest bardzo istotne zwłaszcza w warunkach ekstremalnych np. w okresie suszy, kiedy dostarczają one roślinie niezbędnej ilości wody, a także składników pokarmowych.

Warstwa podorna powinna być zatem podatna na przerastanie korzeni, które dzięki temu mogą wykorzystywać większe ilości substancji odżywczych.

Plonotwórcze znaczenie warstwy podornej było doceniane przez praktykę rolniczą na ziemiach polskich już przed I wojną światową, a także w okresie międzywojennym, kiedy co kilka lat na glebach pszenno-buraczanych wykonywano bardzo głęboką orkę (ok. 40 cm) pługami o uciagu linowym, przy zastosowaniu lokomobilu. Uzyskiwano wówczas bardzo duże plony buraków.

O istotnej roli stanu fizycznego gleby w warstwie podornej dla wzrostu i plonowania roślin mogą świadczyć także wyniki badań dotyczące tzw. orek melioracyjnych, które wykonywano dla poprawienia produktywności najsłabszych gleb piaskowych. Chociaż zabiegi te były bardzo energochłonne, to jednak w bilansie kilkuletnim przynosiły dodatni efekt finansowy i mimo, że przeprowadzone wówczas badania obecnie nie mają większego znaczenia praktycznego, mogą być cennym materiałem dowodowym świadczącym o wpływie warstwy podornej na plony roślin.

O znaczeniu warstwy podornej dla wzrostu roślin świadczą także rezultaty badań modelowych (Tabela 1), które przeprowadzono w ZUR IUNG w Jelczu-Laskowicach [25]. Z równań przedstawionych w Tabeli 1 wynika, że wzrost kukurydzy w początkowym okresie nie jest zależny od warstwy podornej. Jednak po około 7 tygodniach zwiększenie zagęszczenia warstwy znajdującej się poniżej 30 cm wpłynęło istotnie negatywnie na wzrost kukurydzy. Należy zatem podkreślić, że w warunkach doświadczeń wazonowych, mimo że nie są one odzwierciedleniem warunków naturalnych także warstwa ta nie jest dla rośliny obojętna, lecz spełnia ważne funkcje mogące decydować o jej wzroście. Potwierdza się więc potrzeba utrzymania warstwy podornej w takim stanie fizycznym, który by umożliwiał korzeniom penetrację i wykorzystywanie składników pokarmowych oraz wody.

#### RELACJE MIĘDZY ZAGĘSZCZENIEM GLEBY W WARSTWIE PODORNEJ I PLONOWANIEM ROŚLIN

Stwierdzenie nadmiernego (krytycznego) zagęszczenia gleby w warstwie podornej jest ważnym sygnałem świadczącym o istnieniu konieczności jej spulchnienia. Szerokie badania nad skutkami spulchnienia podglebia, które przeprowadzono w Polsce w okresie powojennym (1948-1966) wykazały, że zabieg taki zwiększał plony roślin tylko w 25 % przypadków, w 25 % je obniżał, a w 50 % nie powodował żadnej zmiany [32]. Podobną reakcję roślin obserwowano również we wcześniejszych (1945-1953) i późniejszych (1965-1985) badaniach angielskich

[za 8]. Współczesne badania krajowe i zagraniczne dotyczące reakcji roślin na spulchnienie podglebia charakteryzują się także dużą różnorodnością uzyskiwanych wyników. Większość badań z tego zakresu ograniczała się do określenia wpływu spulchniania na właściwości fizyczne gleby i plony roślin. Nie można jednak wywnioskować z nich w jakich okolicznościach uprawa (zmniejszenie gęstości gleby w warstwie podornej) przynosi rezultaty pozytywne, a w jakich negatywne, względnie kiedy działanie jej jest obojętne.

**Tabela 1.** Równania regresji wielokrotnej najlepiej opisujące zależność wysokości roślin ( $y$ ) od gęstości gleby ( $g \text{ cm}^{-3}$ ) w warstwach zalegających poniżej: 0 cm ( $g_0$ ), 10 cm ( $g_1$ ), 20 cm ( $g_2$ ), 30 cm ( $g_3$ ), według Pabina i in., [25]

**Table 1.** Multiple regression most precisely describing the relation between plant height ( $y$ ) and soil bulk density ( $g \text{ cm}^{-3}$ ) in layers below: 0 cm ( $g_0$ ), 10 cm ( $g_1$ ), 20 cm ( $g_2$ ), 30 cm ( $g_3$ ), acc. to Pabin et al., [25]

Liczba dni po siewie	Średnia wysokość roślin (cm)	Równania znormalizowane (n = 60)	R <sup>2***</sup>	Sy <sup>*)</sup>
42	118,6	$Y = c - 0,40g_0 - 0,38g_1 - 0,35g_2$	0,89	8,2
52	150,3	$Y = c - 0,30g_0 - 0,35g_1 - 0,34g_2 - 0,24g_3$	0,92	8,9
63	169,6	$Y = c - 0,22g_0 - 0,31g_1 - 0,37g_2 - 0,28g_3$	0,85	12,4
73	179,2	$Y = c - 0,19g_0 - 0,25g_1 - 0,38g_2 - 0,33g_3$	0,81	14,7

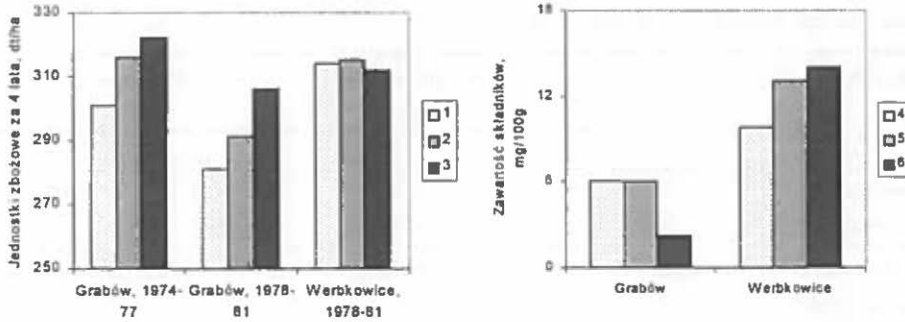
Objaśnienia: \*) - standardowy błąd oceny, \*\*\*) - współczynniki determinacji istotne przy  $P=0,001$ , c - stała równania

Abbreviations: \*)-- standard error of estimation, \*\*\*)- determination coefficients significant at  $P=0,001$ , c - constant

Pewne naświetlenie tych zagadnień można uzyskać z badań Kusia i in. [18], którzy rozpatrywali rolę warstwy podornej również w zaopatrywaniu roślin w składniki pokarmowe (Rys. 1). Okazało się jednak, że uprawa warstwy podornej łącznie z nawożeniem nie przyniosła na tyle dużych zwyżek plonów, że zdecydowałyby one o opłacalności takiego sposobu uprawy gleby. Niemniej z badań tych wynikają istotne informacje o charakterze poznawczym. Mianowicie w jednym z RZD IUNG, w którym prowadzono badania tj. w Grabowie na glebie płowej mało zasobnej, uzyskano dodatni wpływ głębokiego spulchnienia, natomiast na glebie o lepszej zasobności (Werbkowice) wpływu takiego nie było.

Ogólnie można powiedzieć, że efekt głęboszowania był związany z właściwościami chemicznymi gleb w warstwie ornej i podornej. Samo spulchnienie

warstwy głębiej zalegającej nie wpłynęło na poprawienie plonowania roślin, ponieważ współdecydowały o tym czynniki chemiczne tej warstwy.



Rys. 1. Wpływ spulchnienia i nawożenia podglebia na plony roślin na różnie zasobnych glebach, 1 - orka na 30 cm, 2 - głębosz na 45 cm, 3 - głębosz na 45 cm + NPK do warstwy podomej, 4 -  $P_2O_5$ , 5 -  $K_2O$ , 6 - Mg, (Grabów – pH 5,5; Werbkowice – pH 7,0), (według Kusia i in., [18]).

Fig. 1. Effect of subsoiling on plant yields for different nutrient availability soils, 1 - ploughing on 30 cm, 2 - chiselling on 45 cm, 3 - chiselling on 45 cm + NPK to subsoil layer, 4 -  $P_2O_5$ , 5 -  $K_2O$ , 6 - Mg, (Grabów – pH 5,5; Werbkowice – pH 7,0), (acc. to Kuś et al., [18]).

O współdziałaniu stanu fizycznego warstwy podomej z innymi właściwościami glebowymi, wyrażającym się w postaci wysokości plonowania roślin, świadczą również badania Ibrahima i Millera [16], które przeprowadzili w stanie Waszyngton na glebie piaskowej, cechującej się występowaniem "podeszwy płuznej" na głębokości 25-30 cm. Glebę głęboszowano na głębokość 90 cm w rozstawie co 60 cm, przy dwóch częstotliwościach nawadniania (Tabela 2). Zabieg ten wpływał dodatnio na plony ziemniaków i kukurydzy tylko wówczas gdy poletka nawadniano z mniejszą częstotliwością (co 4 dni), natomiast na tle częstszego nawadniania (codziennie), nie powodował on istotnego wzrostu plonów. Można stąd wnioskować, że spulchnienie silnie stwardniałego podglebia ("podeszwa płuzna") prowadziło do istotnego wzrostu plonów, tylko wówczas gdy stres wodny nie był całkowicie wyeliminowany (nawadnianie z mniejszą częstotliwością), natomiast przy likwidacji stresu wodnego - częstym nawadnianiem, głęboszowanie nie wywarło żadnego istotnego wpływu na plony roślin.

Potwierdza się zatem teza, że zniszczenie "podeszwy płuznej" nie jest zabiegiem samoistnie podnoszącym plony, lecz pomocniczym, umożliwiającym roślinom korzystanie z dodatkowych źródeł niezbędnych im do życia składników, w tym przypadku wody.



**Tabela 2.** Wpływ głębszowania na plon ziemniaków i ziarna kukurydzy przy dwóch reżimach nawadniania, gleba piaszczysta, według Ibrahim i Miller [16]

**Table 2.** Effect of subsoiling on potato tuber and grain maize yields for two irrigations regimes, sandy soil, acc. to Ibrahim and Miller [16]

Częstość nawadniania	Całkowity plon bulw (t ha <sup>-1</sup> )		Ziarno kukurydzy (t ha <sup>-1</sup> )	
	G	NG	G	NG
codziennie	65,9	60,7	10,5	10,9
co 4 dni	65,6	59,8*	12,1	10,2**

Objaśnienia: G - głębszowane na 90 cm, NG - nie głębszowane, \* i \*\* - różnice istotne na poziomie P=0,05 i 0,01

Abbreviations: G - subsoiled on 90 cm, NG -- not subsoiled; \* and \*\* - significant differences at P=0,05 and 0,01

Szczegółowych informacji dotyczących wpływu stanu zagęszczenia podglebia na plonowanie roślin dostarczyły także badania własne przeprowadzone w ZUR IUNG w Jelczu-Laskowicach. Podstawą tych badań były dwa odmienne modele profilu glebowego (Tabela 3). W doświadczeniu pierwszym warstwę orną modelu stanowił piasek słabogliniasty a podorną w różnym stopniu zagęszczony piasek gliniasty mocny. W doświadczeniu drugim, w warstwie ornej był piasek gliniasty mocny, a w podornej - glina lekka, także o zróżnicowanym zagęszczeniu. Oprócz odmienności gatunkowych wspomniane modele różniły się także zasobnością gleby w przyswajalne składniki. Dotyczyło to głównie warstwy podornej, która w modelu pierwszym była bogatsza w te elementy, aniżeli w drugim.

W czasie prowadzenia badań na omawianych doświadczeniach, w maju i w lipcu 1988 i 1990 roku, wystąpiły ostre okresy posuszne (Rys. 2). Obliczenia zależności między plonami roślin a gęstością gleby mierzoną w warstwie podornej wykazały istotny negatywny związek między tymi parametrami (Rys. 3), tzn. plony roślin malały wraz ze wzrostem zagęszczenia. W obu doświadczeniach przedstawione relacje można wyjaśnić przede wszystkim niedostatkim wody (występująca susza), co ze zrozumiałych względów silniej odczuwały rośliny rosnące na poletkach z warstwą podorną mocno zagęszczoną, niż te, które rosły na poletkach ze spulchnionym podglebiem.

Zaistniały jednak pewne różnice między omawianymi doświadczeniami w matematycznym opisie występujących zależności między gęstością gleby i plonowaniem roślin, a mianowicie lepszą korelację, jak również wyższy współczynnik regresji uzyskano w równaniu opisującym tę zależność na



doświadczeniu 1 niż na 2. Uzyskanie ściślejszej zależności między omawianymi czynnikami na doświadczeniu pierwszym niż drugim wynikała stąd, że w doświadczeniu pierwszym rośliny na skutek silnie zagęszczonego podglebia utraciły w nim, nie tylko możliwość zaopatrywania się w wodę, ale także w przyswajalne składniki pokarmowe, które były w nim zawarte. Na doświadczeniu 2 natomiast, negatywny wpływ silniejszego zagęszczenia warstwy podornej był słabszy ponieważ warstwa ta była mniej zasobna w porównywane makroelementy. Dlatego strata, którą poniosły rośliny w tym przypadku nie była tak znacząca, co wyraziło się wspomnianymi już różnicami w opisie matematycznym omawianych zależności.

**Tabela 3.** Skład granulometryczny i niektóre właściwości chemiczne gleby w doświadczeniach mikroplotkowych

**Table 3.** Particle size distribution and some soil chemical properties in microplot experiments

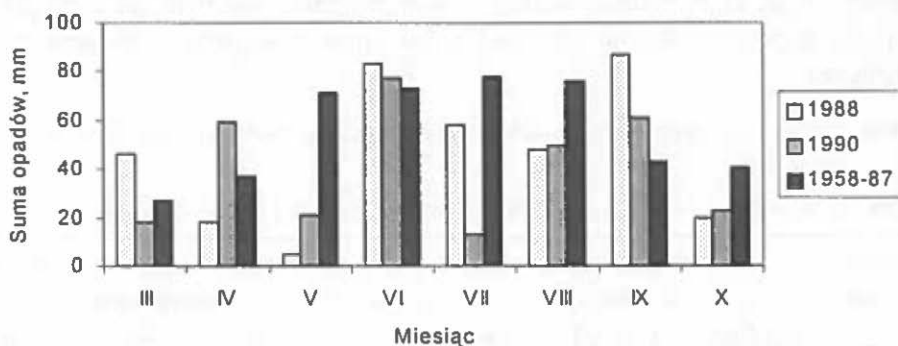
Warstwa (cm)	% zawartość cząstek o średnicy (mm)			PH KCl	Zawartość składników pokarmowych mg/100g gleby		
	1,0-0,1	0,1-0,002	<0,002		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>*)</sup>	K <sub>2</sub> O <sup>*)</sup>	Mg
Doświadczenie I							
0-30	74,0	19	7	4,6	11,0	10,8	n.o.
30-60	58,0	26	16	4,2	9,7	12,0	10,2
Doświadczenie II							
0-30	57,0	24	19	4,7	10,0	12,6	n.o.
30-60	50,0	24	26	6,9	4,0	8,8	6,3

Objaśnienia: \*) - według Egnera-Riehma, n.o. - nie oznaczano

Abbreviations: \*) - according to Egner-Riehm, n.o. - no testing

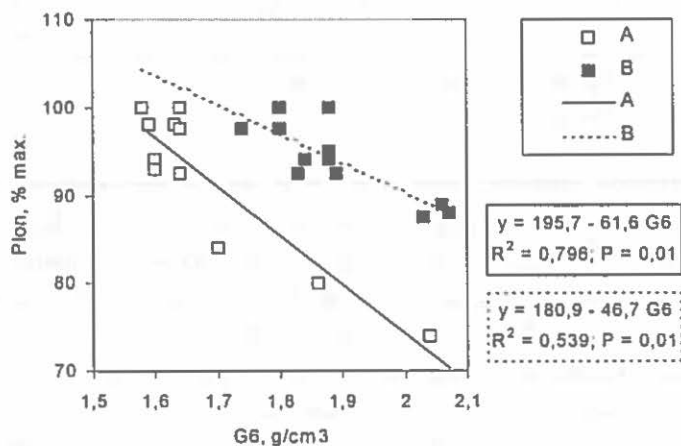
W pozostałych latach tj. 1989 i 1991 susza była mniej dotkliwa ponieważ nie występowały w czasie wegetacji dłuższe bezopadowe (Rys. 4). Niemniej rośliny odczuwały pewien niedobór wody a reakcja ich na nadmierne zagęszczenie podglebia objawiała się odmiennie na obu doświadczeniach. W pierwszym, gdzie warstwa orna (piasek słabogliniasty, patrz Tabela 3) miała niższą pojemność i większą przepuszczalność wodną, niż w drugim (piasek gliniasty mocny), rośliny zareagowały wzrostem produkcji na poletkach z silniej zagęszczoną glebą w warstwie podornej (Rys.5), w drugim doświadczeniu natomiast, nie odnotowano żadnego wpływu warstwy podornej na wegetację roślin. Zachowanie się roślin w pierwszym przypadku wynikało z ograniczenia przesiąkania wody w głąb profilu (zagęszczona warstwa podorna), dzięki temu dodatkowe jej ilości wykorzystywały

rośliny i w warunkach posusznych reagowały wzrostem plonów. Nie było natomiast, takiej reakcji w przypadku drugim, bowiem warstwa orna cechowała się większą zdolnością retencyjną i mogła zatrzymywać całą wodę opadową. Stan zagęszczenia warstwy podornej nie różnicował ilości wody zatrzymywanej w warstwie ornej, dlatego też pod tym względem rośliny nie wykazywały zmienności plonowania.



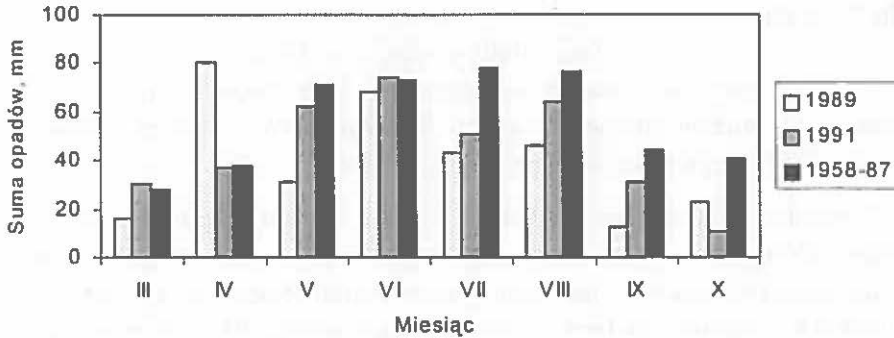
Rys. 2. Miesięczne sumy opadów w Jelczu-Laskowicach w okresach wegetacyjnych 1988 i 1990.

Fig. 2. Sums of monthly rainfalls in vegetation seasons in the years 1988 and 1990 in Jelcz-Laskowice.



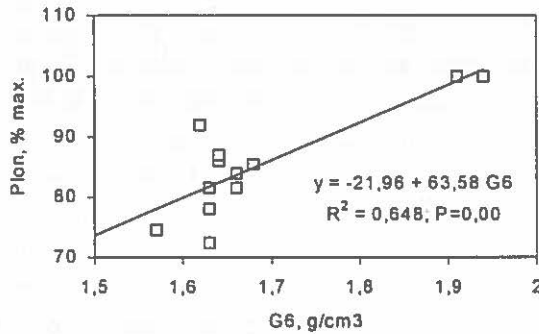
Rys. 3. Plony roślin (y) w zależności od gęstości gleby w warstwie 30-60 cm ( $G_6$ ).

Fig. 3. Plant yield (s) as dependent on soil bulk density in the layer 30-60 cm ( $G_6$ ).



Rys. 4. Miesięczne sumy opadów w Jelczu-Laskowicach w sezonach wegetacyjnych 1989 i 1991.

Fig. 4. Sums of rainfalls in vegetation seasons in years 1989 and 1991 in Jelcz Laskowice.



Rys. 5. Plony roślin (y) w zależności od gęstości gleby w warstwie 30-60 cm ( $g_6$ ) w latach 1989 i 1991.

Fig. 5. Plant yields in % of maximum yield as dependent on soil bulk density in the layer 30-60 cm ( $g_6$ ) in 1989 and 1991.

Przykładem występowania niekorzystnego wpływu spulchniania warstwy podornej na plonowanie roślin mogą być także inne wyniki badań uzyskane w ZUR IUNG w Jelczu-Laskowicach [20]. Stwierdzono, że między wielkością plonów (y) buraka cukrowego a gęstością ( $g_3$ ) i wilgotnością ( $w_3$ ) gleby w warstwie 0-30 cm zachodzi następująca zależność:

$$Y = 386,3 - 199,6g_3 + 1,48w_3 \quad (1)$$

przy:  $R^2=0,488$ ;  $P_m=0,0009$ ;  $P_{w_3}=0,23$ ;  $P_{g_3}=0,0003$

a także między wilgotnością gleby w warstwie 0-30 cm ( $w_3$ ) oraz gęstością ( $g_6$ ) i wilgotnością ( $w_6$ ) gleby w warstwie 30-60 cm:

$$w_3 = -10,62 + 3,86g_6^2 + 1,03w_6 \quad (2)$$

$$\text{przy: } R^2=0,833; P_m=0,0000; P_{g_6^2}=0,09; P_{w_6}=0,0000,$$

gdzie:  $P_m$  - poziom istotności modelu równania,  $P_{w_3}$  - poziom istotności dla regresji cząstkowej według zaznaczonego symbolu.

Z przedstawionych relacji wynika, że plony korzeni buraka cukrowego były dodatnio związane z wilgotnością gleby w warstwie ornej (0-30 cm), ta natomiast jest dodatnio skorelowana z gęstością gleby w warstwie podornej (30-60 cm). Czyli spulchnienie warstwy podornej wpływało negatywnie na wilgotność gleby w warstwie ornej a to z kolei odbijało się niekorzystnie na plonach. Przytoczone dane są więc przykładem ujemnego wpływu spulchnienia gleby w warstwie podornej na wielkość plonów. W rezultacie reakcja roślin na spulchnienie nadmiernie zagęszczony warstwy podornej może być trojakiemu rodzaju: pozytywna, obojętna i negatywna. Każdy z uzyskanych efektów jest uwarunkowany relacjami zachodzącymi między warstwą orną i podorną, a także przebiegiem pogody.

Pozytywna reakcja wystąpi wtedy, gdy warstwa podorna udostępni roślinie brakujących jej w warstwie ornej składników pokarmowych lub wody. Obojętna, gdy roślina nie odniesie takich korzyści, czyli wtedy, gdy podglebie jest mało zasobne w przyswajalne składniki pokarmowe i wodę, a także wówczas, gdy sama warstwa orna zapewnia roślinie dostateczną ilość niezbędnych jej do życia substancji. Reakcja negatywna natomiast, wystąpi wówczas, gdy warstwa orna ma małą pojemność wodną. W takim przypadku zagęszczona warstwa podorna zatrzymuje wodę przesiąkającą i uzupełnia potrzeby wodne roślin. Spulchnienie jej w takim układzie, w latach cechujących się pewnym niedostatkiem opadów, będzie powodowało obniżki plonów roślin uprawnych. Ten ostatni przypadek może zachodzić tylko przy stosunkowo umiarkowanym niedoborze opadów, bowiem przy głębszej suszy negatywna reakcja roślin będzie bardziej drastyczna na polu z nadmiernie zagęszczonym podglebiem, niż z podglebiem spulchnionym.

#### WARTOŚCI KRYTYCZNE STANU FIZYCZNEGO GLEBY W WARSTWIE PODORNEJ

Jednym z zasadniczych celów uprawy jest nadanie glebie odpowiedniego spulchnienia umożliwiającego swobodny rozwój korzeni roślin. Dotyczy to przede wszystkim warstwy powierzchniowej, natomiast głębsze warstwy są najczęściej nie spulchniane. Dlatego ulegają one kumulacyjnemu działaniu procesu osiadania i

efektem tworzenia się tzw. "podeszwy płuźnej" związanej z długotrwałym wykonywaniem orok na jednakową głębokość. Warstwa podorna ulega także ugniatającemu działaniu sprzętu, który porusza się po polach przy wykonywaniu różnych prac gospodarczych. W rezultacie czynniki te mogą doprowadzić do wystąpienia krytycznego zagęszczenia gleby w tej warstwie, czyli do takiego stanu, który zatrzymuje przerastanie korzeni do głębszych warstw. W ten sposób roślina pozbawiona zostaje pewnej objętości gleby, z której mogłaby wykorzystywać niezbędnej jej substancje odżywcze.

Do opisanego stanu fizycznego gleby w warstwie podornej najczęściej stosuje się wskaźniki gęstości i zwięzłości gleby. Dotychczas nie wyznaczono jednak ich wartości krytycznych, co wiąże się ze złożonym charakterem ich wpływu na wzrost i plonowanie rośliny.

Próby wyznaczenia wartości krytycznych gęstości i zwięzłości gleby, przy których występowało całkowite zahamowanie wzrostu korzeni siewek grochu przeprowadzono w ZUR IUNG w Jelczu-Laskowicach. W badaniach testowano kilka gatunków gleb o różnej wilgotności i zróżnicowanym zagęszczeniu. W rezultacie ustalono, że wartość krytyczna gęstości lub zwięzłości gleby w warstwie podornej, odpowiadająca całkowitemu zahamowaniu wzrostu korzeni siewek grochu, zmienia się wraz ze zmianą składu granulometrycznego i zawartości wody. Szczegółowsze dane na ten temat pokazują wzory, z których widać, że wartość krytyczna gęstości ( $g$ ) lub zwięzłości gleby ( $z$ ) skorelowana jest negatywnie z ilością części splawialnych ( $s$ ) w %, a dodatnio z wilgotnością ( $w$ ) w % PPW:

$$g = 1,51 - 0,01051s + 0,008394w \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \quad (3)$$

$$z = 2,81 - 0,0597s + 0,0596w \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Zatem można powiedzieć, że ustalone wartości krytyczne gęstości lub zwięzłości gleby, przy pewnym stanie jej uwilgotnienia, charakteryzujące się zatrzymywaniem wzrostu korzeni, nie będą miały takich własności, gdy wzrośnie wilgotność lub zmieni się gatunek gleby. Względnie, wartości tych parametrów nie mające cech krytycznych, mogą je nabyć przy obniżeniu wilgotności lub przy odniesieniu ich do innej jednostki glebowej zawierającej więcej części splawialnych. Wartości krytyczne gęstości lub zwięzłości gleb dla warstw podornych są zatem wielkościami zmieniającymi się w zależności od wilgotności i składu granulometrycznego gleby.

Charakteryzując warstwę podorną określonej gleby pod kątem potrzeb spulchniania trzeba doświadczalnie poznać wielkość krytyczną gęstości lub zwięzłości i ich uwarunkowanie odnośnie wilgotności danej gleby. Mając takie

rozeznanie można dopiero określić w jakim zakresie wilgotności stan fizyczny danej gleby będzie przybierał wartości krytyczne i ocenić z tego względu możliwości obniżenia plonów roślin.

#### PODSUMOWANIE

Warstwa podorna gleby lekko spełnia istotną rolę w zaspokajaniu potrzeb życiowych roślin. Znaczenie jej stanu fizycznego i chemicznego w oddziaływaniu na plonowanie roślin zależy od żyzności warstwy ornej. Dobra zasobność tej warstwy we wszystkie składniki pokarmowe i wodę przez cały okres wegetacji pozwala uzyskiwać wysokie plony roślin niezależnie od stanu fizyko-chemicznego gleby w warstwie podornej.

Jeśli warunek ten nie jest spełniony, choćby tylko dla części okresu wegetacyjnego cechującego się wzmożonym zapotrzebowaniem rośliny na wodę i składniki pokarmowe, wówczas możliwość zaspokojenia tych potrzeb przez warstwę podorną, podnosi jej potencjalną wartość plonotwórczą. Możliwość taka zachodzi tylko wówczas jeśli warstwa podorna jest zasobna w przyswajalne dla roślin składniki pokarmowe a jej stan fizyczny pozwala korzeniom na swobodną penetrację i pobieranie składników pokarmowych i wody.

Szczególnym przypadkiem relacji między omawianymi warstwami jest mała pojemność i duża przepuszczalność wodna warstwy ornej, które sprawiają, że część wody opadowej przemieszcza się poza zasięg systemu korzeniowego. W takich warunkach, przy umiarkowanym niedoborze opadów, duże zagęszczenie gleby w warstwie podornej, tzw. „podeszwa płuzna”, wpływa korzystnie na plonowanie roślin, wskutek ograniczenia przesiąkania wody opadowej. Jednak w przypadku występowania głębokiej suszy, wpływ nadmiernie zagęszczonej warstwy podornej na plonowanie roślin jest zdecydowanie negatywny.

Zniszczenie „podeszwy płuznej” jest zabiegiem zawsze pożądanym i opłacalnym, jeśli szkodliwość jej występowania zostanie rzeczywiście stwierdzona. Utrudnieniem w rozpoznaniu szkodliwości jest brak wskaźników stanu fizycznego gleby, informujących o potrzebie spulchnienia warstwy podornej. Najczęściej nie wiadomo także, czy warstwa ta po spulchnieniu dostarczy roślinom dodatkowych substancji pokarmowych i czy są one im niezbędne w danym okresie wegetacyjnym. Rozwiązywanie tych zagadnień powinno być zatem uwzględnione w dalszych pracach badawczych prowadzonych w tym kierunku.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Baranowski R.:** Wpływ gęstości objętościowej na agrofizyczne właściwości gleby. *Roczn. Glebozn.*, 31, 2, 15-31, 1980.
2. **Baranowski R.:** Bulk density and moisture as factors influencing the strength of a calcareous soil. *Sbornik Mechanizacni Fakulty Vysoke Skoly Zemedelske v Praze, 3rd Intern. Conf. Physical Properties of Agricultural Materials*, 33-36, 1985.
3. **Baranowski R., Bakowski B.:** Wpływ zróżnicowanego składu fazowego gleby na dynamikę jej temperatury. *Rocz. Glebozn.*, 28 (1), 37-44, 1977.
4. **Baranowski R., Pabín J.:** Wpływ gęstości gleby lekkiej na plonowanie buraka cukrowego. *Probl. Post. Nauk Rol.*, 227, 61-67, 1980.
5. **Barley K.P.:** Influence of soil strength on growth of roots. *Soil Sci.*, 96, 175-180, 1963.
6. **Blake G.R., Nelson W.W., Allmaras R.R.:** Persistence of subsoil compaction in a Mollisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40, 6, 943-948, 1976.
7. **Canarache A.:** Factors and indices regarding excessive compactness of agricultural soil. *Soil Till. Res.*, 19, 145-164, 1991.
8. **Cannell R. Q.:** Reduced tillage in north-west Europe - a review. *Soil Till. Res.*, 5, 129-177, 1985.
9. **Chamen W.C.T., Vermeulen G.D., Campbell D.J., Sommer C.:** Reduction of traffic-induced soil compaction. *Soil Till. Res.*, 24, 2, 303-318, 1992.
10. **Chamen W.C.T., Watts C.W., Leede P.R., Longstaff D.J.:** Assessment of a wide span vehicle (gantry), and soil and cereal crop responses to its use a zero traffic regime. *Soil Till. Res.*, 24, 4, 359-380, 1992.
11. **Domżał H.:** Wpływ zagęszczenia gleby na zawartość wody silnie związanej oraz retencję wody produkcyjnej i użytecznej. *Roczn. Glebozn.*, 30, 3, 43-72, 1979.
12. **Domżał H., Hodara J.:** Physical properties of three soil compacted by machine wheels during field operations. *Soil Till. Res.*, 19, 227-236, 1991.
13. **Ferrero A.F.:** Effect of compaction simulating cattle trampling on soil physical characteristics in woodland. *Soil Till. Res.*, 19, 319-329, 1991.
14. **Gerard C.J., Mehta H.C., Hinojosa E.:** Root growth in a clay soil. *Soil Sci.*, 144, 37-50, 1972.
15. **Grzebisz W.:** Wzrost korzeni roślin uprawnych w glebie zagęszczonej. *Fragmenta Agron.*, 3(23), 19-31, 1989.
16. **Ibrahim B.A., Miller D.F.:** Effect of subsoiling on yield and quality of corn and potato at two irrigation frequencies. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53, 247-251, 1989.
17. **Kayombo B., Lal R., Mrema G.C., Jensen H.E.:** Characterizing compaction effects on soil properties and crop growth in southern Nigeria. *Soil Till. Res.*, 21, 3-4, 325-345, 1991.



18. Kuś J., Nawrocki S., Skrzypek Z.: Wpływ spulchnienia i nawożenia podglebia na plonowanie roślin. *Pam. Puł.*, 87, 7-18, 1986.
19. Lipiec J., Kossowski J., Tarkiewicz S.: The effect of soil compaction on its thermal relations in a model experiment. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 346, 71-76, 1987.
20. Pabin J.: Crop yields as affected by different physical properties of a light soil brought about by subsoling and compacting. *Puławy, H(7)*, 1995.
21. Pabin J., Sienkiewicz J.: Wpływ zagęszczenia gleby i głębokości siewu nasion na wschody i plonowanie buraków cukrowych. *Roczn. Glebozn.*, 35, 3-4, 75-86, 1984.
22. Pabin J., Sienkiewicz J., Włodek S.: Effect of loosening and compacting on soil physical properties and sugar beet yield. *Soil Till. Res.*, 19, 345-350, 1991.
23. Pabin J., Włodek S.: Wpływ zagęszczenia gleby lekkiej na jej właściwości fizyczne i plonowanie grochu polnego oraz jęczmienia jarego. I. Dynamika zawartości wody łatwo dostępnej a plony roślin. *Pam. Puł.*, 88, 71-85, 1986.
24. Pabin J., Włodek S.: Wpływ zagęszczenia gleby lekkiej na jej właściwości fizyczne i plonowanie grochu polnego oraz jęczmienia jarego. II. Gęstość, zagęszczenie i porowatość gleby a plonowanie roślin. *Pam. Puł.*, 88: 87-99, 1986.
25. Pabin J., Włodek S., Biskupski A., Kaus A.: Growth and yields of maize as affected by increased soil density at different depths of the humus layer. *Pam. Puł.*, 105, 27-39, 1994.
26. Reeves D.W., Rogers H.H., Droppers J.A., Powell J.B.: Wheel-traffic effects on corn as influenced by tillage system. *Soil Till. Res.*, 23, 177-192, 1992.
27. Ronai M. D.: Influence of tire inflation pressure on soil bulk density. 3rd Intern. Conf. on Physical properties of agricultural materials and products, Prague, 867-872, 1988.
28. Słowińska-Jurkiewicz A., Domżał H.: The structure of the cultivated horizon of a Stagnogleyic Luvisol developed from loam within the zone affected by tractor wheel traffic. *Soil Till. Res.*, 19, 245-253, 1991.
29. Stępniewski W.: Dyfuzja tlenu i zwięzłość gleby w zależności od jej zagęszczenia. Zakład Agrofizyki PAN, Lublin, 1980.
30. Stępniewski W., Gliński J.: Reakcja roślin na stan aeracji gleby. *Probl. Agrofizyki*, 45, 1-76, 1985.
31. Stolzy L.H., Letey J., Szuszkiewicz T.E., Lunt O.R.: Root growth and diffusion rates as function of oxygen concentration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25, 463-467, 1961.
32. Świętochowski B., Sienkiewicz J., Śmierchalski L.: Wpływ uprawy pogłębionej na plony roślin i niektóre właściwości gleby lekkiej w świetle badań prowadzonych w Polsce w latach 1948-1966. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 100, 193-204, 1970.
33. Taylor H.M., Brar G.S.: Effect of soil compaction on root development. *Soil Till. Res.*, 19, 111-119, 1991.

34. Taylor H.M., Parker J.J., Roberson G.M.: Soil strength and seedling emergence relations. II. A generalized relation for gramine. Agron. J., 58, 393-395, 1966.
35. Taylor H.M., Ratliff L.F.: Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. Soil Sci., 108, 113-119, 1969.
36. Taylor H.M., Roberson G.M., Parker J.J.: Soil strength-root penetration relations for medium - to coarse textured. Soil Sci., 102, 18-22, 1966.
37. Taylor H.M., Roberson G.M., Parker J.J.: Cotton seedling taproot elongation as affected by soil strength changes induced by slurring and water extraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31, 700-704, 1967.
38. Wadington D.U., Baker J.M.: Influence of soil aeration on the growth and chemical composition of three grass species. Agron. J., 57, 253-258, 1965.
39. Walczak R.: Modelowe badania retencji wody glebowej w zależności od parametrów stałej fazy gleby. Problemy Agrofizyki, 41, 1983.

## EFFECT OF SOIL PHYSICAL STATE IN PLOUGH AND SUB-SOIL LAYERS ON VEGETATION AND YIELDING OF PLANTS

*J. Pabin*

Department of Soil Tillage, Institute of Soil Science and Plant Cultivation,  
Str. Łąkowa 2, 55-230 Jelcz-Laskowice, Poland

### SUMMARY

The work was described on the ground of results which were given in Institute of Soil Science and Cultivation of Plants, Department of Soil Tillage in Jelcz-Laskowice and bibliography data from other country and abroad centers. It was the trial of whole explanation of the connection occurred between some soil properties of ploughing and subsoil layers, as well as their effect on plant yields. The relation were joined with a run of rainfalls and there were qualified conditions of different kind plant responses on loosening subsoil layer. There was also proved that the critical soil bulk densities and strengths depend on soil moisture and the silt plus clay content in the subsoil layer.

Keywords: soil bulk density, soil strength, plough and sub-layers, critical value, plant yield

