

BADANIE PODATNOŚCI NA ZAGĘSZCZANIE PODORNEJ WARSTWY CZARNEJ ZIEMI GLINIASTEJ

Marek Śnieg, Dariusz Błażejczak, Jan B. Dawidowski

Institut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Tomasz Tomaszewicz

Katedra Eroзии i Rekultywacji Gleb, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Streszczenie. Badano kształtowanie się naprężenia granicznego w warstwie podornej gleby, przy wilgotności odpowiadającej sile ssącej pF₂, w zależności od sposobu jej odkształcania. Stwierdzono, że wyznaczanie naprężenia granicznego, polegające na dynamicznym odkształcaniu próbek gleby, w warunkach ograniczonej jej bocznej rozszerzalności, może prowadzić do uzyskiwania zawyżonych wartości. Wykazano również, w warunkach możliwej bocznej rozszerzalności gleby, że badane gleby są podatne na zagęszczenie w warstwie podornej (25-60 cm), przy wilgotności zbliżonej do połowej pojemności wodnej.

Słowa kluczowe: gleba, zagęszczenie, naprężenie graniczne

Wstęp i cel

Postępująca intensyfikacja produkcji roślinnej wymusza stosowanie coraz wydajniejszego a zarazem cięższego sprzętu rolniczego [Van Den Linden i Vandergeten 1999]. W rezultacie prowadzi to zwiększenia poziomu obciążeń przekazywanych na powierzchnię gleby przez koła maszyn i pojazdów rolniczych. W związku, z tym często przekraczany jest poziom naturalnej wytrzymałości gleby, a w konsekwencji następuje nadmierne jej zagęszczenie, zarówno w warstwie ornej jak i warstwie podornej, gdzie zmiany stanu zagęszczenia mają najczęściej charakter trwałe i trudno jest je usunąć [Szeptycki 2003]. Pogarszają się stosunki wodno-powietrzne w glebie, co w znacznym stopniu wpływa na obniżenie jej produktywności. Stąd pożądane jest ograniczenie poziomu wywieranych na powierzchnię gleby nacisków, tak aby wywołane w glebie naprężenia nie przekraczały jej wewnętrznej wytrzymałości. Uważa się, że rozpoznanie tej wytrzymałości pozwoli w przyszłości na dobór sprzętu rolniczego pod kątem ograniczenia nadmiernego ugniatania gleby [Nowowiejski i in. 2000].

Zasięg i stopień nadmiernego zagęszczenia gleby wzrasta wraz z jej uwilgotnieniem [Szeptycki 2003]. Według Fulajtar'a i in. [2001] gleba jest szczególnie podatna na zagęszczenie przy wilgotności zbliżonej do połowej pojemności wodnej, co wg Domżała i in. [1978] odpowiada potencjałowi wodnemu zbliżonemu do pF 2. Dlatego istotne dla praktyki byłoby rozpoznanie podatności gleby na zagęszczenie, w warunkach znacznego jej uwilgotnienia, wyrażone jako maksymalne dopuszczalne ciśnienie wywierane na glebę.

Jednym z podstawowych wskaźników określających podatność gleb na zagęszczenie jest naprężenie graniczne, które jest miarą naturalnej wytrzymałości gruntu i odzwierciedla historię wpływu obciążeń na więzi wytworzone między cząsteczkami wody a cząsteczkami fazy stałej. Po przekroczeniu wartości naprężenia granicznego następuje zerwanie naturalnych powiązań i rozpoczyna się proces chaotycznego przemieszczania cząstek [Dawidowski 1995]. Dotychczas nie opracowano standardowej metody wyznaczania naprężenia granicznego. Stosowane są zarówno różne metody odkształcania próbek, jak i wyznaczania wartości naprężenia granicznego, na bazie uzyskiwanych krzywych doświadczalnych [Dawidowski i in. 2001].

Celem niniejszej pracy było określenie podatności na ugniatanie w warstwie podornej czarnej ziemi gliniastej, przy wilgotności odpowiadającej sile ssącej $\Psi = 100$ hPa (pF2).

Przedmiot i metody badań

Materiał badawczy pobierany był w okresie wiosennych i jesiennych prac polowych, w metalowe cylindry o średnicach 50 (cylinderki D o pojemności 100 cm³) i 100 mm (cylinderki W o pojemności 235,5 cm³), z warstw: 25–30, 35–40, 45–50, i 55–60 cm. Badania objęły dwa obiekty (pola uprawne) tj. Obojno Gospodarstwo (2Dglp) i Stobno (1Dgl). Doświadczenia laboratoryjne polegały na jednokierunkowym odkształceniu gleby w warunkach ograniczonej (D) i możliwej (W) jej rozszerzalności bocznej. Próbkę odkształcano dynamicznie stemplem o średnicy 49 mm, z prędkością 7 mm·s⁻¹ stosując penetrometr glebowy [Dawidowski i in. 2001]. Wilgotność próbek odpowiadającą sile ssącej pF2 uzyskano na płycie gipsowej w cyklu osuszania gleby. Wilgotność wagową próbek (przy pF2) oraz gęstość objętościową określono metodą suszarkowa-wagową. Z badanych głębokości pobrano także próbki bez zachowania struktury, w których określono uziarnienie (metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego), zawartość próchnicy (wg Tiurina) oraz granicę plastyczności (metodą waleczkowania). Wartość naprężenia granicznego wyznaczano metodą regresji liniowej [Lebert i Horn 1991].

Wyniki

Przedstawione w tabeli 1 średnie zawartości frakcji granulometrycznych pozwalają stwierdzić, iż są to gleby zwarte, zawierające 27,3–36,8% części spławialnych, oraz znaczne ilości pyłu 27,0–42,2%. W całej badanej warstwie obu gleb stwierdzono występowanie próchnicy (tab. 1).

W tabeli 2 zestawiono średnie wilgotności próbek uzyskane przy sile ssącej pF2. Można zaobserwować iż wyższą wilgotność gleby uzyskiwano w przypadku gdy gleba pobrana była w większe cylindry (W - średnica 100 mm). Otrzymane wartości wilgotności wagowej były zbliżone do granicy plastyczności (tab. 1).

Badanie podatności...

Tabela 1. Gatunek gleby i średnia zawartość frakcji granulometrycznych wg podziału PTG [1989] oraz zawartość próchnicy i granica plastyczności w badanych glebach

Table 1. Soil grade and average content of grain size fractions according to the PTG division [1989], humus content and yield point for the examined soils

Warstwa [cm]	Gatunek gleby	Zawartość frakcji [%]				Próchnica [%]	Granica plastyczności [% wag.]
		szkielet	piasek	pył	cz. spławialne		
		>1,0	1,0-0,1	0,1-0,02	<0,02		
Obojno Gospodarstwo							
25-30	glp	2,9	40,2	29,9	30,0	1,90	17,3
35-40	glp	3,6	39,8	27,0	33,3	1,30	15,3
45-50	glp	3,9	40,9	29,7	29,5	0,73	15,4
55-60	glp	3,1	34,0	38,8	27,3	0,58	16,4
Stobno							
25-30	plz	1,6	26,6	40,9	32,5	2,42	18,5
35-40	glp	1,9	30,8	35,2	34,0	1,98	19,2
45-50	plz	1,3	25,9	40,1	34,0	2,03	19,2
55-60	pli	2,1	21,1	42,2	36,8	1,08	18,3

Tabela 2. Średnia wartość wilgotności w badanych warstwach przy pF 2

Table 2. Average moisture content in the examined layers at pF 2

Warstwa [cm]	Obojno Gospodarstwo				Stobno			
	Wiosna		Jesień		Wiosna		Jesień	
	W	D	W	D	W	D	W	D
[cm]	Wilgotność [%]							
25-30	15,7	15,3	16,7	15,5	18,8	18,5	18,5	18,4
35-40	16,0	13,6	16,1	13,6	19,8	19,0	19,1	19,1
45-50	18,9	15,7	20,2	14,3	20,0	18,9	19,3	17,7
55-60	17,2	15,5	17,3	14,2	18,9	17,9	18,4	17,5

Oceniając przedstawione w tabeli 3 wartości gęstości objętościowej możemy stwierdzić iż w trzech pierwszych badanych warstwach gleby, gęstość objętościowa mieści się w przedziale określanym przez Ślusarczyka [1985] jako optymalny dla rozwoju roślin uprawnych.

Tabela 3. Średnia wartość gęstości objętościowej w badanych warstwach

Table 3. Average value of volumetric density in the examined layers

Warstwa [cm]	Obojno Gospodarstwo				Stobno			
	Wiosna		Jesień		Wiosna		Jesień	
	W	D	W	D	W	D	W	D
[cm]	Gęstość [g · cm ⁻³]							
25-30	1,54	1,56	1,41	1,53	1,70	1,62	1,68	1,59
35-40	1,68	1,65	1,59	1,63	1,61	1,61	1,69	1,55
45-50	1,57	1,55	1,55	1,55	1,56	1,56	1,70	1,54
55-60	1,55	1,58	1,51	1,54	1,62	1,61	1,71	1,58

Na wykresach (rys. 1 i 2) przedstawiono wyniki rozkładu naprężenia granicznego gleby w badanych warstwach. Uzyskane w niniejszej pracy wartości, zgodnie z klasyfikacją zaproponowaną przez Horn'a i in. [2005] dla gleby w warstwie 30-60 cm, przy wilgotności odpowiadającej sile ssącej pF 1,8, mieszczą się w zakresie od bardzo niskich (poniżej 30 kPa) do ekstremalnie wysokich (powyżej 150 kPa). Widać wyraźne różnice pomiędzy naprężeniem granicznym wyznaczonym w warunkach ograniczonej bocznej rozszerzalności gleby (D), gdzie uzyskano wartości wyższe, niż przy możliwej bocznej rozszerzalności (W). Jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała ($\alpha=0,05$), że różnice te były istotne dla obu badanych obiektów (tab. 4). Jednocześnie wartości naprężenia granicznego wyznaczone w warunkach ograniczonej bocznej rozszerzalności gleby (D) charakteryzowały się wyraźnie większą zmiennością wyznaczanego parametru. Uzyskane wyniki są odmienne od przedstawionych przez Dawidowskiego i in. [2001], którzy wykazali, iż naprężenie graniczne wyznaczone, z zastosowaniem tego samego penetrometru, w warunkach możliwej bocznej rozszerzalności osiąga wyższe wartości. Powodem tej sprzeczności mogą być inne warunki prowadzenia doświadczenia, opisywanego w niniejszej pracy. Należy do nich zaliczyć użycie próbek o tzw. nienaruszonej strukturze oraz ściskanie gleby o znacznie większym uwilgotnieniu, zbliżonym do połowej pojemności wodnej. Wynika stąd, że na rejestrowany opór odkształcania gleby, w warunkach ograniczonej jej rozszerzalności, mogły mieć wpływ zjawiska związane z utrudnionym odprowadzeniem wody i powietrza ze strefy oddziaływania stempla. Również nie bez znaczenia mógł być gatunek badanej gleby, w której stwierdzono obecność szkieletu glebowego. Istniała zatem możliwość tarcia ziaren o ściany cylinderka i ich klinowanie się pomiędzy stemplem a cylindrem – średnica cylindra 50 a stempla 49 mm. Powyższe spostrzeżenia pozwalają wnioskować, iż wyniki uzyskane w cylinderkach D są zawyżone, nie odpowiadają rzeczywistej podatności gleby na ugniatanie. Dlatego należałoby się zastanowić nad celowością stosowania dynamicznej metody odkształcania gleby do wyznaczania naprężenia granicznego w warunkach ograniczonej jej rozszerzalności.

Tabela 4. Ocena statystyczna wartości naprężenia granicznego gleby w warunkach ograniczonej i możliwej bocznej rozszerzalności

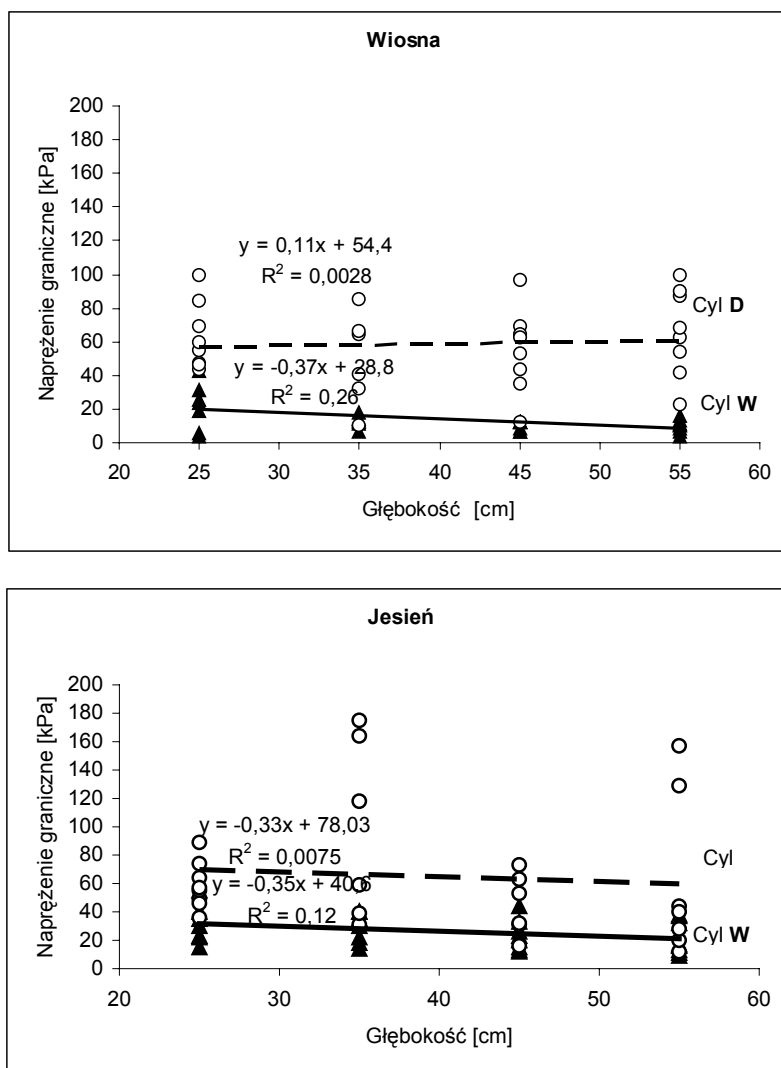
Table 4. Statistical assessment of soil limit stress value in conditions of limited and possible side expansion

Obiekt i termin	Źródło zmienności (pomiędzy)	F	Wartość - p
Obojno Gospodarstwo (wiosna)	<i>W i D</i>	107,75	+++*
Obojno Gospodarstwo (jesień)	<i>W i D</i>	20,49	+++*
Stobno (wiosna)	<i>W i D</i>	50,32	+++*
Stobno (jesień)	<i>W i D</i>	40,87	+++*

* różnica wysoce istotna +++ - wartość $p < 0,001$

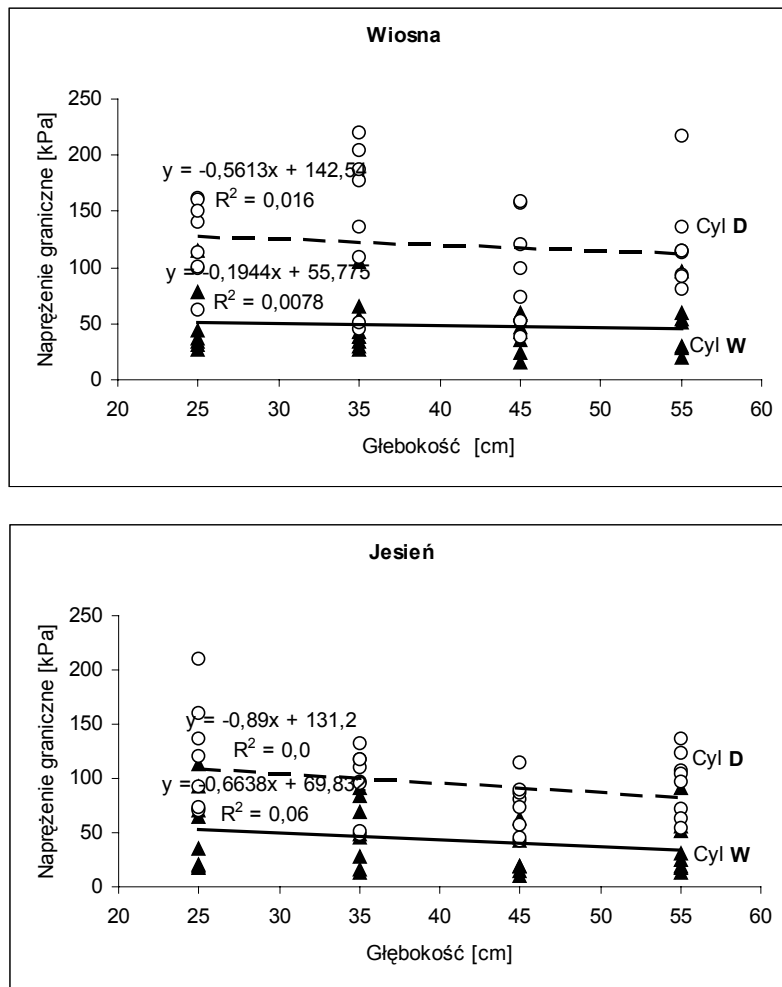
Ponadto zaobserwowano (rys. 1 i 2), że naprężenie graniczne w warstwie podornej maleje wraz z głębokością, wyjątkiem są wyniki uzyskane dla cylinderków D, pobranych wiosną z obiektu Obojno Gospodarstwo. Zależność ta nie została jednak potwierdzona statystycznie, o czym świadczą niskie wartości współczynnika determinacji (R^2). Z badań

wynika także, że gleba ma mniejszą podatność na zagęszczanie w okresie jesiennym, w stosunku do wiosennego. Powiązać to należy ze zmianami, które zaistniały w trakcie okresu wegetacyjnego - życiem biologicznym i przemianami zachodzącymi w koloidach glebowych. Stwierdzenie to wymaga jednak prowadzenia dalszych badań.



Rys. 1. Rozkład napężenia granicznego gleby w warstwie podornej dla obiektu Obojno Gospodarstwo dla wiosennego i jesiennego poboru próbek

Fig. 1. Distribution of soil limit stress in the zone under arable layer for the Obojno Farm facility for spring and autumn sample taking



Rys. 2. Rozkład napężenia granicznego gleby w warstwie podornej dla obiektu Stobno dla wiosennego i jesiennego poboru próbek

Fig. 2. Distribution of soil limit stress in the zone under arable layer for the Stobno facility for spring and autumn sample taking

Wnioski

- Otrzymane średnie wartości napężenia granicznego próbek (od ok. 10 do 50 kPa), uzyskane w warunkach możliwej ich bocznej rozszerzalności, wskazują na to, że badane gleby są podatne na zagęszczanie w warstwie podornej (25-60 cm), przy wilgotności zbliżonej do połowej pojemności wodnej.

2. Stosowanie metody wyznaczania naprężenia granicznego, polegającej na dynamicznym odkształcaniu próbek gleby, przy wilgotności odpowiadającej sile ssącej pF₂, w warunkach braku możliwej jej bocznej rozszerzalności, może prowadzić do uzyskiwania błędnych, zawyżonych wartości.

Bibliografia

- Dawidowski B.** 1995. Proces ugniatania gleby i metoda prognozowania jej zagęszczenia w zmechanizowanych technologiach prac polowych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie. Rozprawy nr 163. ISSN 0239-6467.
- Dawidowski B., Morisson J.E., Śnieg M.** 2001. Measurement of soil layer strength with plate sinkage and uniaxial confined method. Trans. ASAE 44. s. 1059-1064.
- Dawidowski B., Nowowiejski R., Błażejczak D., Śnieg M.** 2000. Dopuszczalne naciski kół na glebę w funkcji jej naprężenia granicznego. Inżynieria Rolnicza. Nr 6(17). Warszawa-Wrocław. s. 119-124.
- Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A., Turski R.** 1978. Gleboznawstwo z elementami geologii i mechaniki gleby. AR Lublin.
- Fulajtar E., Lipiec J., Medvedev V., Rousseva S.** 2001. Machinery traffic and soil moisture content. Proceedings 3rd Workshop Inco Copernicus Concerned Action: Experienced with the impact of subsoil compaction on soil nutrients, crop growth and environment, and ways to prevent subsoil compaction, Busteni, Romania, June 14-18. s. 197-211.
- Horn R., Fleige H., Richter F.-H., Czyz E.A., Dexter A., Diaz-Pereira E., Dumitru E., Enarcho R., Mayol F., Rajkai K., de la Rosa D., Simota C.** 2005. SIDASS project, Part 5: Prediction of mechanical strength of arable soils and its effects on physical properties at various map scales. Soil & Tillage Research 82(2005). s. 47-56.
- Lebert M., Horn R.** 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. Soil & Tillage Research. 19 s. 275-286.
- Szeptycki A.** 2003. Wpływ ciężkich maszyn rolniczych na fizykomechaniczne właściwości gleby. PIMR. Vol. 48(2). s. 38-42.
- Ślusarczyk E.** 1985. Optymalny model gleby dla potrzeb roślin uprawnych (pierwsze przybliżenie). Roczn. Gleb. T. XXXVI. Z. 1. Warszawa. s. 185-190.
- Van den Akker J.J.H., Arvidsson J., Horn R.** 2003. Introduction to the special issue on experience with the impact and the prevention of subsoil compaction in the Europe Union. Soil & Tillage Research. 73. s. 1-8.
- Van der Linden J.P., Vandergeten J.P.** 1999. Aandacht voor rooiwerk bespaart tot 200 gulden per hectare. Een terugblik op de rooidemonstratie in het Belgische Watervliet. CSM-informatie No. 521. s. 10-12.
- PTG. 1989. Systematyka gleb Polski. Wyd. IV. Roczn. Glebozn. T. 40. Z. 3/4.

TESTING OF SUSCEPTIBILITY TO COMPACTING FOR THE LAYER OF CLAYEY BLACK EARTH UNDER ARABLE SOIL

Abstract. The scope of the research covered the course of limit stress in soil zone under arable layer, at moisture content corresponding to capillary potential pF_2 , depending on the way of its deformation. It has been proven that the determination of limit stress involving dynamic deformation of soil samples may lead to raised results in the conditions of limited side expansion. Moreover, it has been shown that in conditions of possible side expansion of soil, the examined soils are susceptible to compacting in soil zone under arable layer (25-60 cm), at moisture content close to field water capacity.

Key words: soil, compaction, limit stress

Adres do korespondencji:

Marek Śnieg; e-mail: msnieg@agro.ar.szczecin.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej Akademia Rolnicza w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI/3
71-459 Szczecin