

BADANIA MODELOWE NAD KIERUNKAMI ZMIAN STOPNIA ZBITOŚCI W WARSTWIE ORNEJ

Stanisław Trzecki

Instytut Produkcji Roślinnej SGGW w Warszawie

WSTĘP

Gleba, a szczególnie jej warstwa orna, ulega corocznie w okresie wegetacji dużym zmianom strukturalnym (układu i udziału poszczególnych faz). W procesie uprawy mechanicznej gleba uzyskuje określony stopień spulchnienia, zależnie od składu mechanicznego i wilgotności, a następnie ulega zagęszczeniu bądź to przez samoosiadanie, bądź to przez dodatkowe działanie ugniatające ciągnikami i narzędziami rolniczymi. Zmiana stopnia zagęszczenia wywołuje zmiany retencji wody, a w tym i wody dostępnej dla roślin, zmiany stosunków powietrznych, oraz z reguły zmiany oporów glebowych.

Szczegółowe przebadanie tych zjawisk na różnych glebach ma duże znaczenie dla wyjaśnienia zmienności parametrów środowiska glebowego dla wzrostu roślin uprawnych, oraz ich optymalizacji.

Istnieje bogata literatura, zarówno krajowa, jak i zagraniczna na temat zbitości gleby i jej skutków, oraz szeregu zależności pomiędzy zbitością a różnymi innymi właściwościami gleby. Podobnych badań jakie przytaczamy poniżej, nie znaleźliśmy w dostępnej literaturze, dlatego też nie możemy jakichkolwiek danych przytoczyć na ten temat.

BADANIA WŁASNE

Do badań laboratoryjnych pobrano większe partie materiałów glebowych z warstw ornich kilku różnych gleb. Typ gleby, skład mechaniczny oraz przynależność jej do grupy mechanicznej, przedstawia tabela 1. Jak z niej wynika były to utwory glebowe od bardzo lekkich (piasek luźny) do względnie ciężkich (utwór pyłowy zwykły). Równoległe z pobieraniem większych partii materiałów glebowych wzięto próbki glebowe w stanie nienaruszonym, w których to oznaczono ważniejsze właściwości fizyczne, a w szczególności pojemności wodne wyrażane zdolnością zatrzymywania wody przy określonych siłach ssących (pF).

Celem tych oznaczeń było między innymi wyznaczenie granic wilgotności, w których to najczęściej występuje ugniatanie gleby kołami ciągników i maszyn

rolniczych. Rzadko bowiem zdarza się, aby jakiegokolwiek zabiegi agrotechniczne wykonywane były na glebie o wilgotności przekraczającej pojemność polową. Często natomiast przejazdy i mechaniczna obróbka gleby odbywają się przy wilgotności znacznie niższej, niż wilgotność odpowiadająca punktowi trwałego wędnięcia roślin. W tych to granicach wilgotności w zależności od sił ucisku będą one w warunkach polowych ulegały zagęszczeniu mechanicznemu.

Zachodzi więc pytanie, czy istnieje jakaś prawidłowość tego procesu na różnych glebach? Aby to wyjaśnić przeprowadziliśmy szereg żmudnych pomiarów stopnia zagęszczenia 4-centymetrowej warstwy powierzchniowej tych gleb przy różnej ich wilgotności i różnych siłach ucisku. Zastosowano następującą metodykę badań: z każdego materiału glebowego przygotowano kilkanaście partii o różnej wilgotności w granicach od stanu powietrznie suchego do wilgotności równej wodnej pojemności polowej. Następnie w warunkach laboratoryjnych formowano, przez luźne nasypywanie, warstwę dokładnie 4-centymetrowej grubości, na którą w prasie hydraulicznej działano z różną siłą. Powstający stopień zagęszczenia wyrażony ciężarem objętościowym oznaczono przy następujących siłach ucisku: 0 kg/cm² (luźne ułożenie), 0,2; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 kg/cm².

Uzyskano tą drogą wyniki, które przy określonej sile ucisku można przedstawić w formie wykresu obrazującego zależność pomiędzy wilgotnością gleby, a powstającym zagęszczeniem wyrażonym ciężarem objętościowym. Punkty na wykresie układają się wzdłuż dość foremnej krzywej zbliżonej do paraboli.

Przyjęto więc założenie, że zależność między wilgotnością gleby i jej ciężarem objętościowym, można przedstawić w postaci funkcji o wzorze $y = ax^2 + bx + c$, po matematycznym wyrównaniu danych empirycznych metodą najmniejszych kwadratów. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że funkcja ta dobrze aproksymuje wyniki doświadczalne.

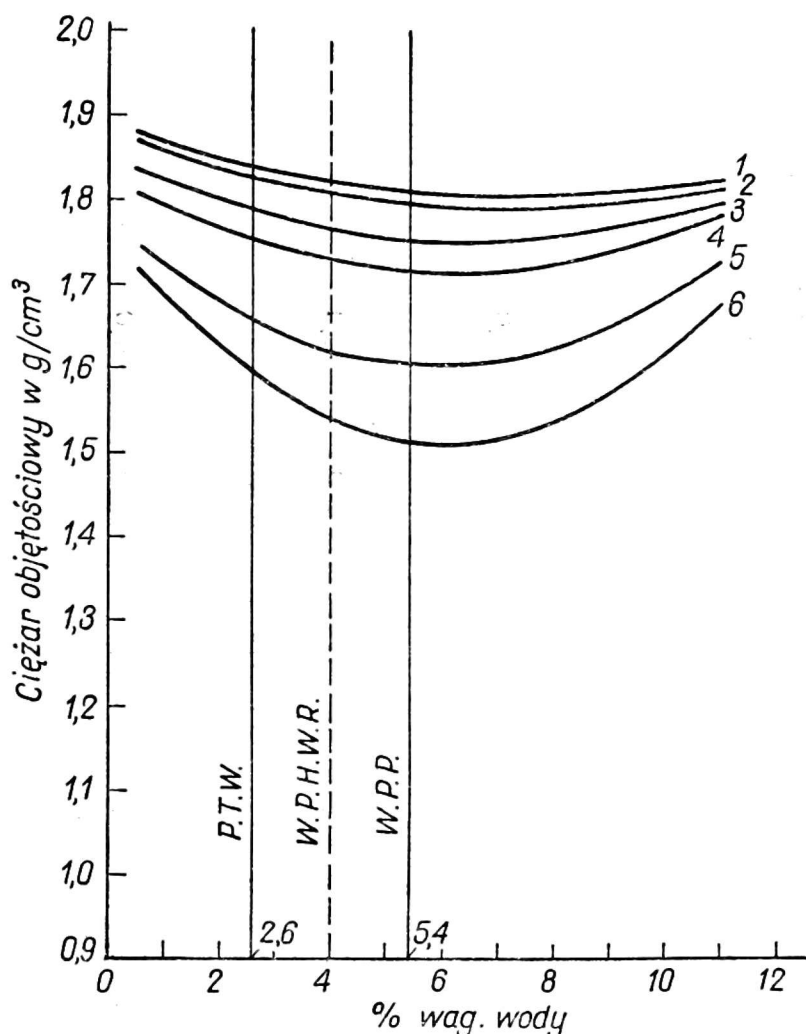
Dobre w ten sposób krzywe, opisane odpowiednimi wzorami, przedstawiono — dla różnych sił ucisku — na rys. 1-5. Analizując je należy stwierdzić, że występują określone tendencje zmian w zagęszczeniu mechanicznym gleb w zależności od ich wilgotności i siły ucisku. Stwierdzono, że przy swobodnym usypie warstwy (bez zagęszczania) uzyskujemy różne stopnie pulchności.

Śledząc zmiany ciężaru objętościowego obserwujemy, że gleba sucha jak i stosunkowo wilgotna, przy swobodnym usypie ma stosunkowo wysoki ciężar objętościowy. Najwyższy zaś stopień pulchności uzyskuje się (z wyjątkiem piasku) przy wilgotności wyższej niż wilgotność trwałego wędnięcia roślin, a niższej niż wilgotność początku hamowania wzrostu roślin. Piasek luźny natomiast uzyskuje najwyższy stopień spulchnienia przy usypywaniu go przy wilgotności nieco powyżej wodnej pojemności polowej.

Siły ucisku 0,2 i 0,5 kg/cm² podnoszą stopień zagęszczenia gleby w porównaniu do swobodnego usypu z tym, że prawidłowość jest ta sama tj. najsilniej zagęszczają się pod wpływem ucisku przy stanie suchym i wilgotnym (zależność paraboliczna z wierzchołkiem paraboli na dole, $a > 0$). Dopiero duże uciski powyżej 1 kg/cm² (z wyjątkiem piasku luźnego) diametralnie zmieniają zjawisko wywołując największe zagęszczenie bądź to przy średniej wilgotności, bądź to przy dużej

wilgotności (zależność paraboliczna z wierzchołkiem paraboli na górze $a < 0$). Z reguły jednak im wilgotniejsza gleba, tym wyższą uzyskuje się zbitość pod wpływem dużych sił ugniatających.

Nadmienić należy, że w czasie pomiarów, szczególnie na glebach cięższych i przy zastosowaniu dużych sił (5 i 10 kg/cm²), następowało wyciekanie wody



Rys. 1. Zmiany zagęszczenia zachodzące przy różnej wilgotności w warstwie powierzchniowej gleby bielcowej wytworzonej z piasku w zależności od zastosowanych sił ucisku

1-10 kg/cm² $y = 0,00156x^2 - 0,02355x + 1,891$, 2-5 kg/cm² $y = 0,001833x^2 - 0,02664x + 1,884$,
 3-1 kg/cm² $y = 0,002415x^2 - 0,03208x + 1,855$, 4-0,5 kg/cm² $y = 0,002902x^2 - 0,03628x + 1,827$,
 5-0,2 kg/cm² $y = 0,004818x^2 - 0,05774x + 1,778$, 6-0,0 kg/cm² $y = 0,006831x^2 - 0,08295x + 1,761$

P.T.W. — punkt trwałego wędnięcia, W.P.H.W.R. — wilgotność początkowa hamowania wzrostu roślin, W.P.P. — wodna pojemność polowa

i mazistej gleby, co uniemożliwiło poprawne wykonanie oznaczenia. Tego rodzaju wyniki wyeliminowano z opracowania.

Na uwagę zasługuje również rozpiętość w ciężarze objętościowym poszczególnych typów gleb w granicach od stanu najbardziej pulchnego do najbardziej zbitego. Jest ona mała przy piasku luźnym i wynosi 0,4 g/cm³ (1,51-1,88), a bardzo wysoka, bo ok. 0,8 u pozostałych gleb.

Z przytoczonych powyżej danych eksperymentalnych wynika, że przez stosowanie zabiegów agrotechnicznych przy właściwej wilgotności, można znacznie zmniejszyć nadmierne zagęszczenie gleby powstające wskutek ucisku kół. Z drugiej zaś strony, przy spulchnianiu gleby, nawet tym samym narzędziem

Tabela 1

Skład mechaniczny materiałów glebowych wziętych do badań

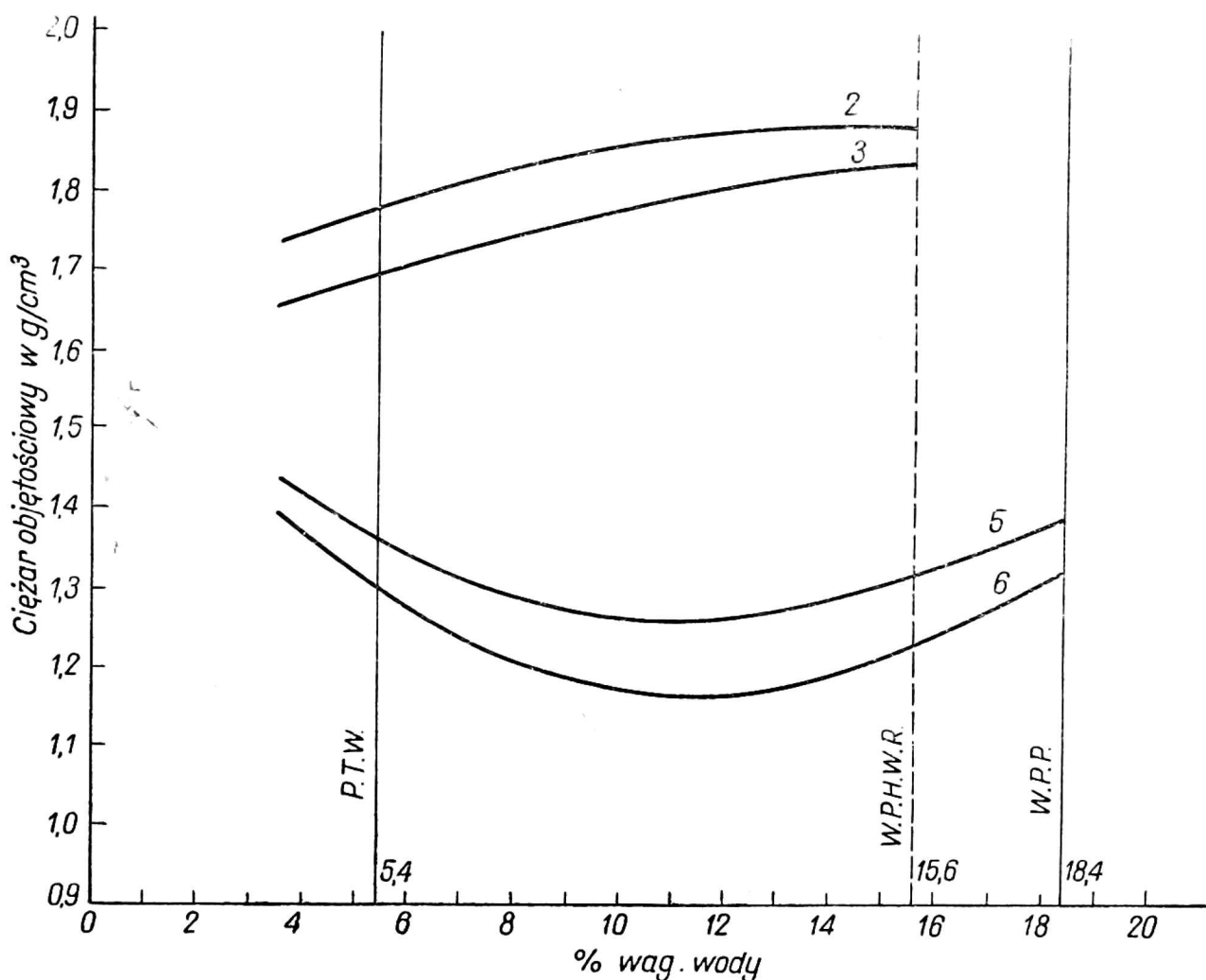
Rodzaj gleby i grupa mechaniczna	%		Procentowa zawartość poszczególnych części ziemistych o średnicy w mm						Ogółem % zawartości części ziemistych o średnicy w mm				
	części szkieletow- wych	części ziemistych	1-0,5	0,5- -0,25	0,25- -0,10	0,10- -0,05	0,05- -0,02	0,02- -0,006	0,006- -0,002	<0,002	1-0,1	0,1- -0,02	>0,02
Warstwa orna gleby biellicowej piaszczystej (RZD Chylce) piasek luźny	14,6	85,4	6,0	32,7	37,3	14,0	5,0	2,0	2,0	1,0	76,0	19,0	5,0
Warstwa orna czarnej ziemi (RZD Chylce)	7,8	92,2	5,0	22,8	31,2	11,0	9,0	4,0	4,0	9,0	59,0	20,0	21,0
-głina lekka Warstwa orna czarnej ziemi (IMER Kłu- dzienko) -głina pylasta lekka	4,6	95,4	1,9	19,0	21,1	15,0	21,0	4,0	4,0	8,0	42,0	36,0	22,0
Warstwa orna gle- by brunatnej (RZD Wolica)	—	100	4,4	21,6	19,0	13,0	26,0	9,0	4,0	3,0	45,0	39,0	16,0
-piasek pylasty mocny Warstwa orna mady (RZD Wilanów)	—	100	0,2	10,5	17,3	24,9	26,0	9,0	3,0	10,0	28,0	50,0	22,0
-utwór pyłowy zwykły	—	100	0,2	10,5	17,3	24,9	26,0	9,0	3,0	10,0	28,0	50,0	22,0

uprawowym, możemy uzyskać różny stopień spulchnienia, w zależności od wilgotności przy jakiej będziemy je wykonywać.

Dla pełniejszego wyjaśnienia tego problemu na wykresie 6 zestawiliśmy wszystkie dane z 5 badanych gleb (rys. 6).

Jak z rysunku tego wynika przy swobodnym usypie, z wyjątkiem piasku, najwyższy stopień spulchnienia uzyskujemy przy średniej wilgotności gleby, a znacznie niższy przy nadmiernie przesuszonej glebie, oraz gdy wilgotność jej zbliża się do wodnej pojemności połowej.

Maksymalny stopień spulchnienia uzyskujemy z reguły przy wilgotności gleby nieco niższej niż tzw. wilgotność początku hamowania wzrostu roślin. Natomiast na glebach piaszczystych — przy wodnej pojemności połowej, a nawet nieco wyższej.



Rys. 2. Zmiany zagęszczenia zachodzące przy różnej wilgotności w warstwie powierzchniowej czarnej ziemi w zależności od zastosowania sił ucisku

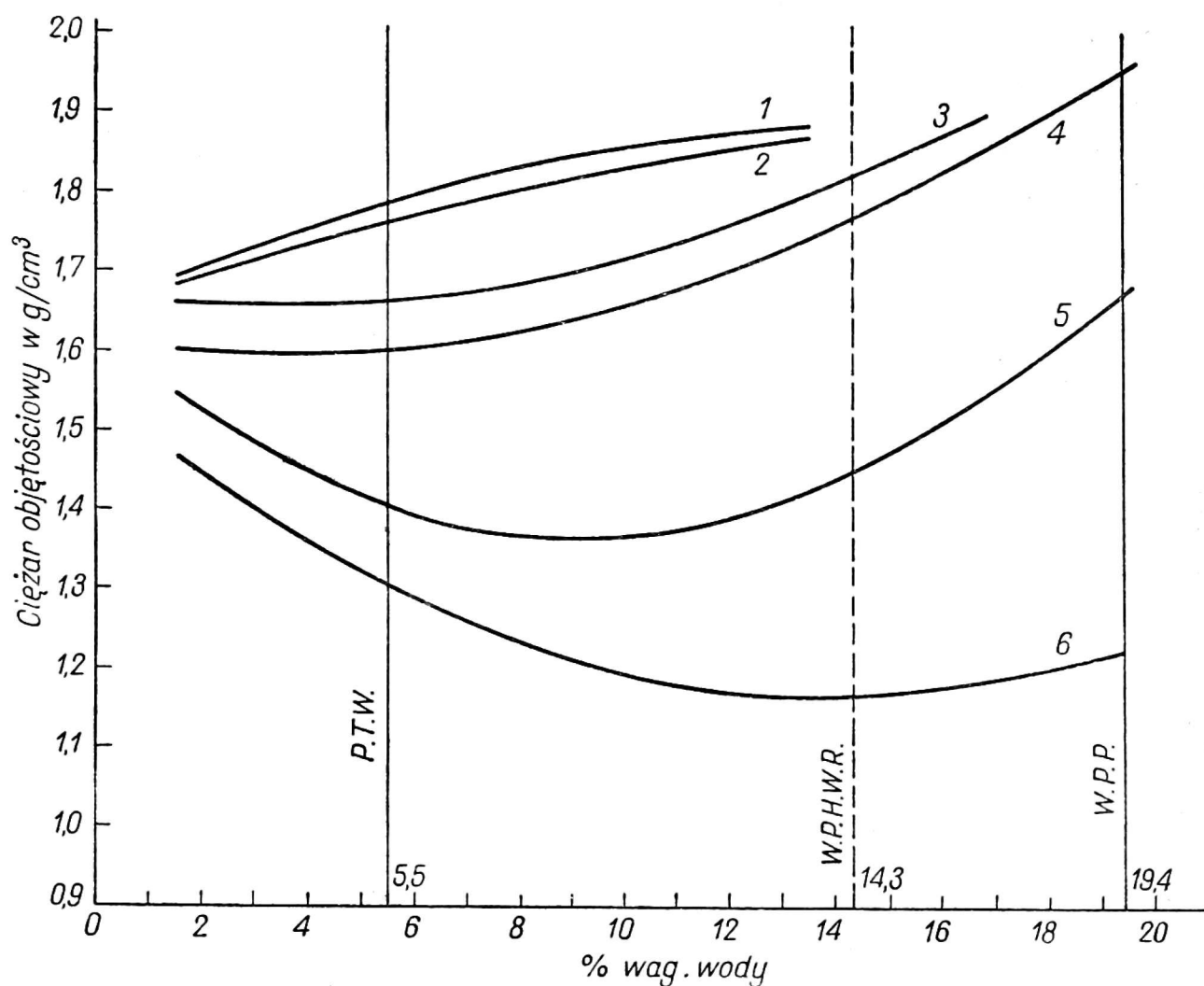
2-5	kg/cm ²	$y = -0,00126x^2 + 0,03606x + 1,623$
3-1	„	$y = -0,0007445x^2 + 0,02955x + 1,557$
5-0,2	„	$y = 0,003061x^2 - 0,06872x + 1,642$
6-0,0	„	$y = 0,003626x^2 - 0,08308x + 1,637$

Jak więc z powyższego wynika — uzyskane dane mają nie tylko znaczenie teoretyczne, ale również i praktyczne. Wyjaśniają one częściowo na przykładzie kilku różnych gleb zjawisko na ogół znane i obserwowane w praktyce rolniczej, a pomijane w teorii uprawy roli.

Wyżej omówione wyniki badań podane na rys 1-5 można przedstawić i w innej formie, a mianowicie w postaci zależności między siłą ucisku przy zagęszczeniu,

a powstającą zbitością wyrażoną ciężarem objętościowym w g/cm^3 przy określonej wilgotności gleby. Graficzny obraz tej zależności przedstawiają dla poszczególnych utworów glebowych rys 7-11.

Analizując z kolei tę serię wyników należy stwierdzić, że bez względu na wilgotność utworu glebowego, początkowo gleba pulchna wraz ze wzrostem siły ucisku do $0,5 \text{ kg/cm}^2$ gwałtownie zagęszcza się, a po przekroczeniu ucisku 1 kg/cm^2 prawie nie zmienia swego stanu skupienia.

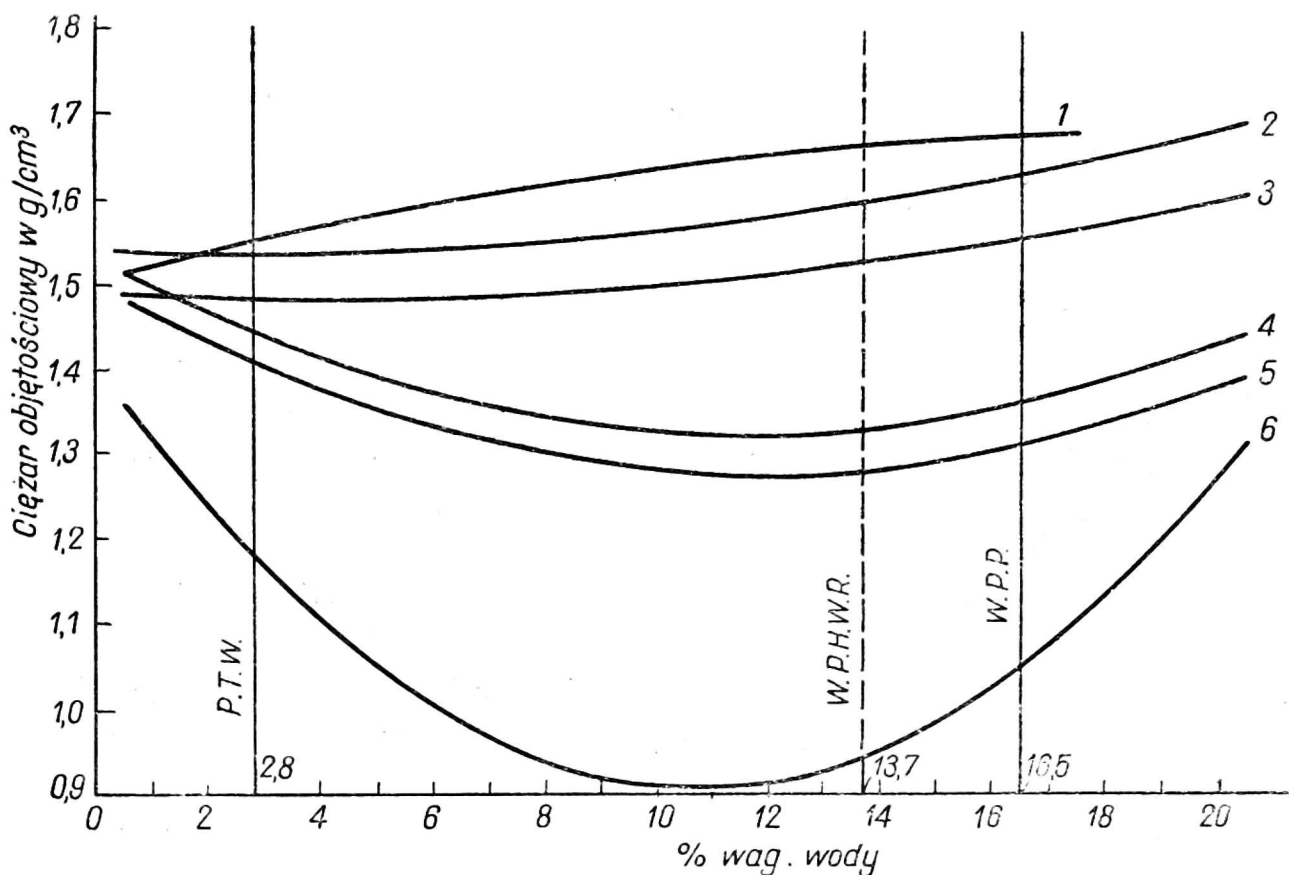


Rys. 3. Zmiany zagęszczenia zachodzące przy różnej wilgotności w warstwie powierzchniowej czarnej ziemi w zależności od zastosowanych sił ucisku

1-10	kg/cm^2	$y = -0,0009627x^2 + 0,0306x + 1,648$
2-5	"	$y = -0,0003974x^2 + 0,02157x + 1,653$
3-1	"	$y = 0,001345x^2 - 0,008791x + 1,673$
4-0,5	"	$y = 0,001513x^2 - 0,01095x + 1,617$
5-0,2	"	$y = 0,003155x^2 - 0,05706x + 1,623$
6-0,0	"	$y = 0,002056x^2 - 0,05608x + 1,548$

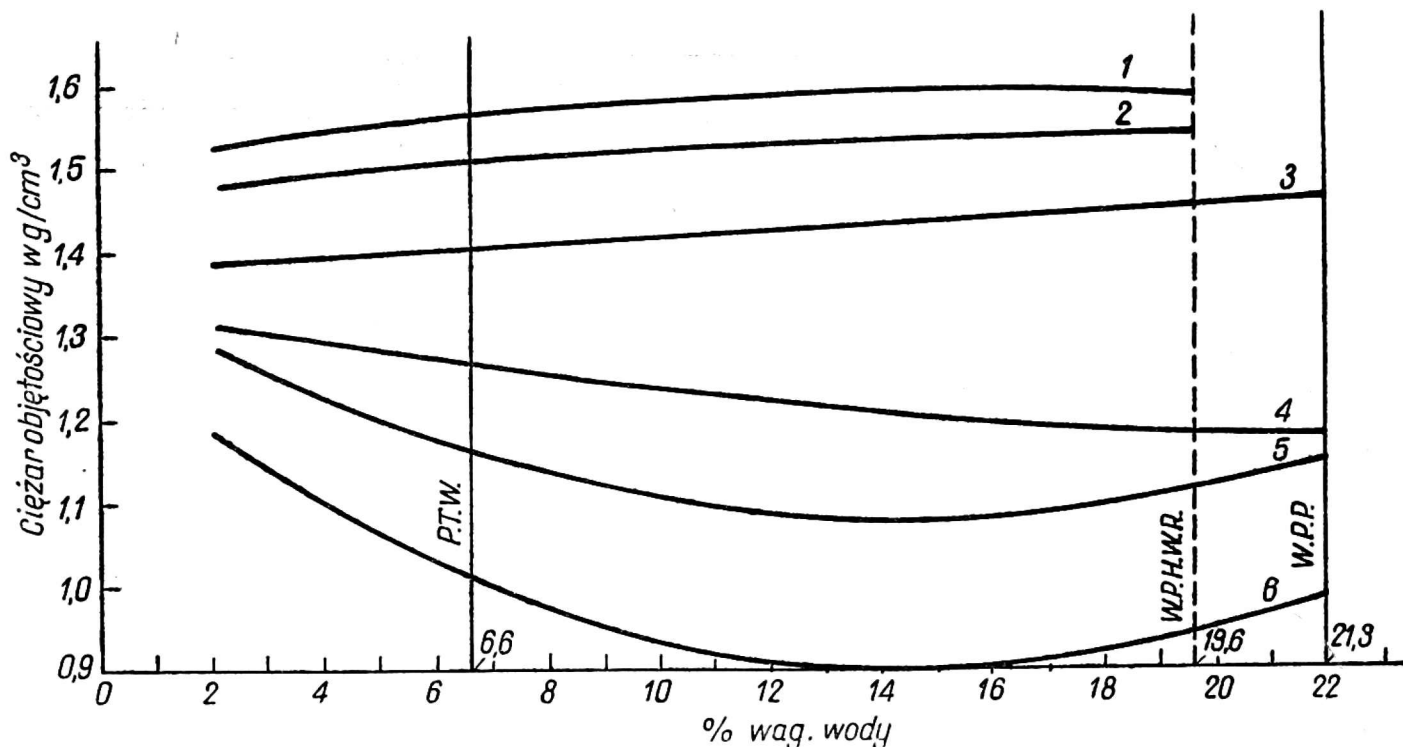
Pewną prawidłowością, choć różnie ukierunkowaną na materiale piaszczystym a pozostałymi użytymi w badaniach, jest to, iż na glebie piaszczystej wraz ze wzrostem wilgotności materiału glebowego, maleje uzyskiwany stopień zagęszczenia przy tejże samej sile ucisku. Na pozostałych zaś badanych utworach glebowych odwrotnie, bo wraz ze zwiększeniem się wilgotności utworu glebowego wzrasta stopień zbitości przy tejże samej sile ucisku.

Wyniki te wskazują między innymi na to, iż nie należy obawiać się zbytnio stosowania ciągników i maszyn rolniczych o wyższym ucisku jednostkowym na glebę niż 1 kg/cm^2 .



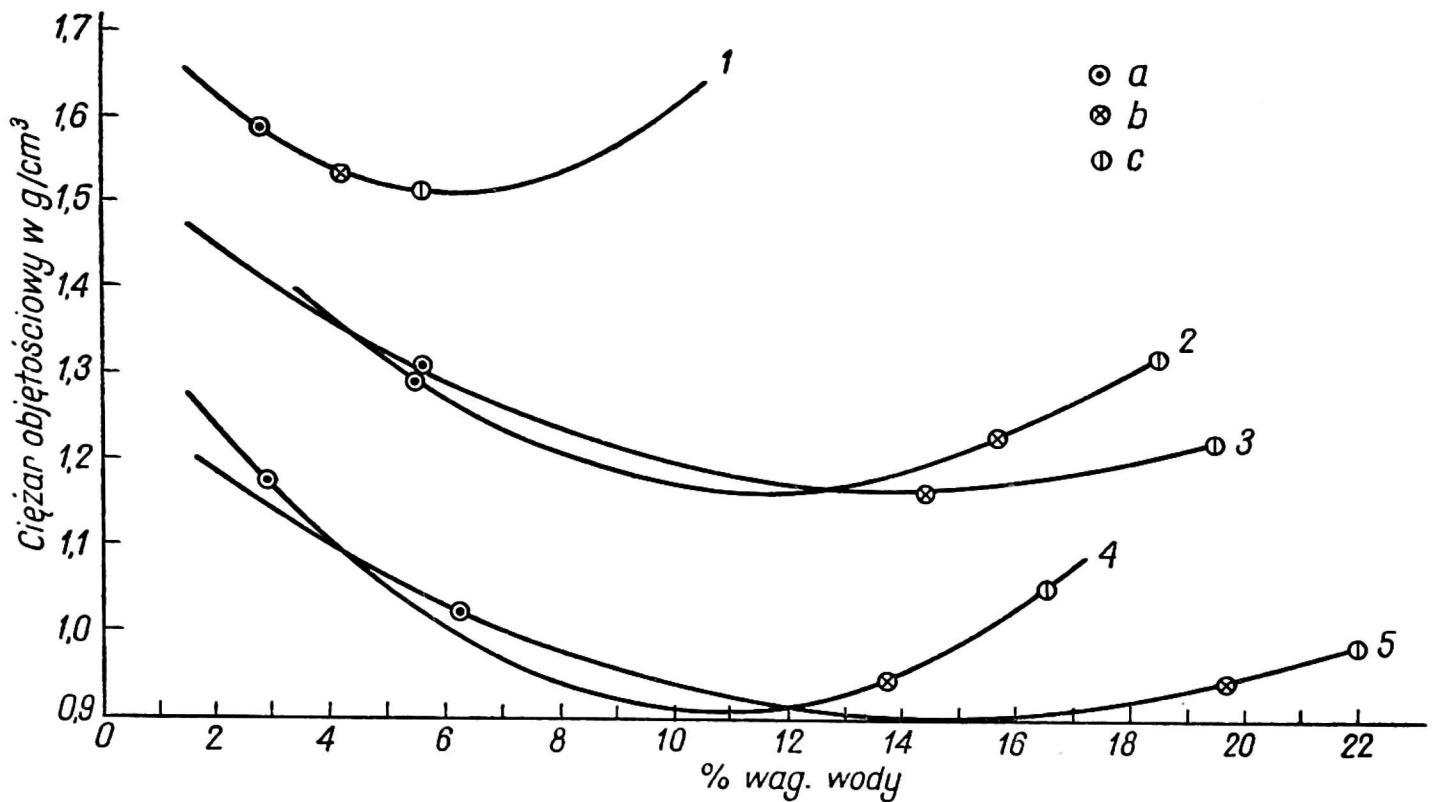
Rys. 4. Zmiany zagęszczenia zachodzące przy różnej wilgotności warstwy powierzchniowej gleby pseudobielicowej w zależności od zastosowanych sił ucisku

1-10	kg/cm ²	$y = -0,0004128x^2 + 0,01737x + 1,504$
2- 5	„	$y = 0,000416x^2 - 0,001134x + 1,537$
3- 1	„	$y = 0,0004066x^2 - 0,002474x + 1,486$
4- 0,5	„	$y = 0,001551x^2 - 0,0354x + 1,531$
5- 0,2	„	$y = 0,001557x^2 - 0,03728x + 1,499$
6- 0,0	„	$y = 0,004294x^2 - 0,09221x + 1,4$



Rys. 5. Zmiany zagęszczenia zachodzące przy różnej wilgotności warstwy powierzchniowej mady w zależności od zastosowanych sił ucisku

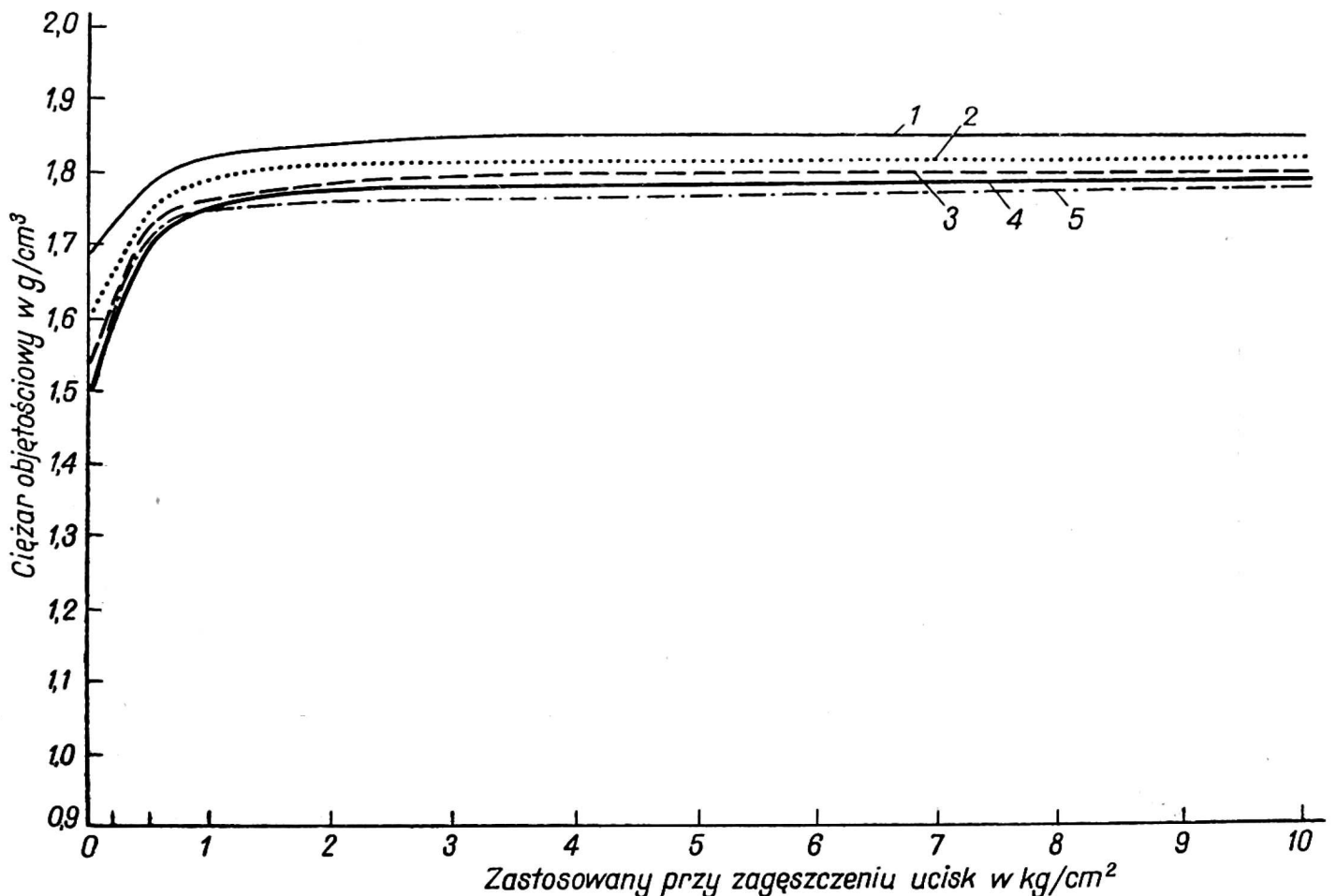
1-10	kg/cm ²	$y = -0,000354x^2 + 0,011008x + 1,504$
2- 5	„	$y = -0,0001676x^2 + 0,007009x + 1,467$
3- 1	„	$y = -0,0000297x^2 + 0,00433x + 1,377$
4- 0,5	„	$y = 0,0002209x^2 - 0,01265x + 1,339$
5- 0,2	„	$y = 0,001338x^2 - 0,0388x + 1,357$
6- 0,0	„	$y = 0,001x^2 - 0,05191x + 1,275$



Rys. 6. Zmiany zagęszczenia warstw ornych przy swobodnym usypie w zależności od wilgotności gleby wyrażonej w % wagowych

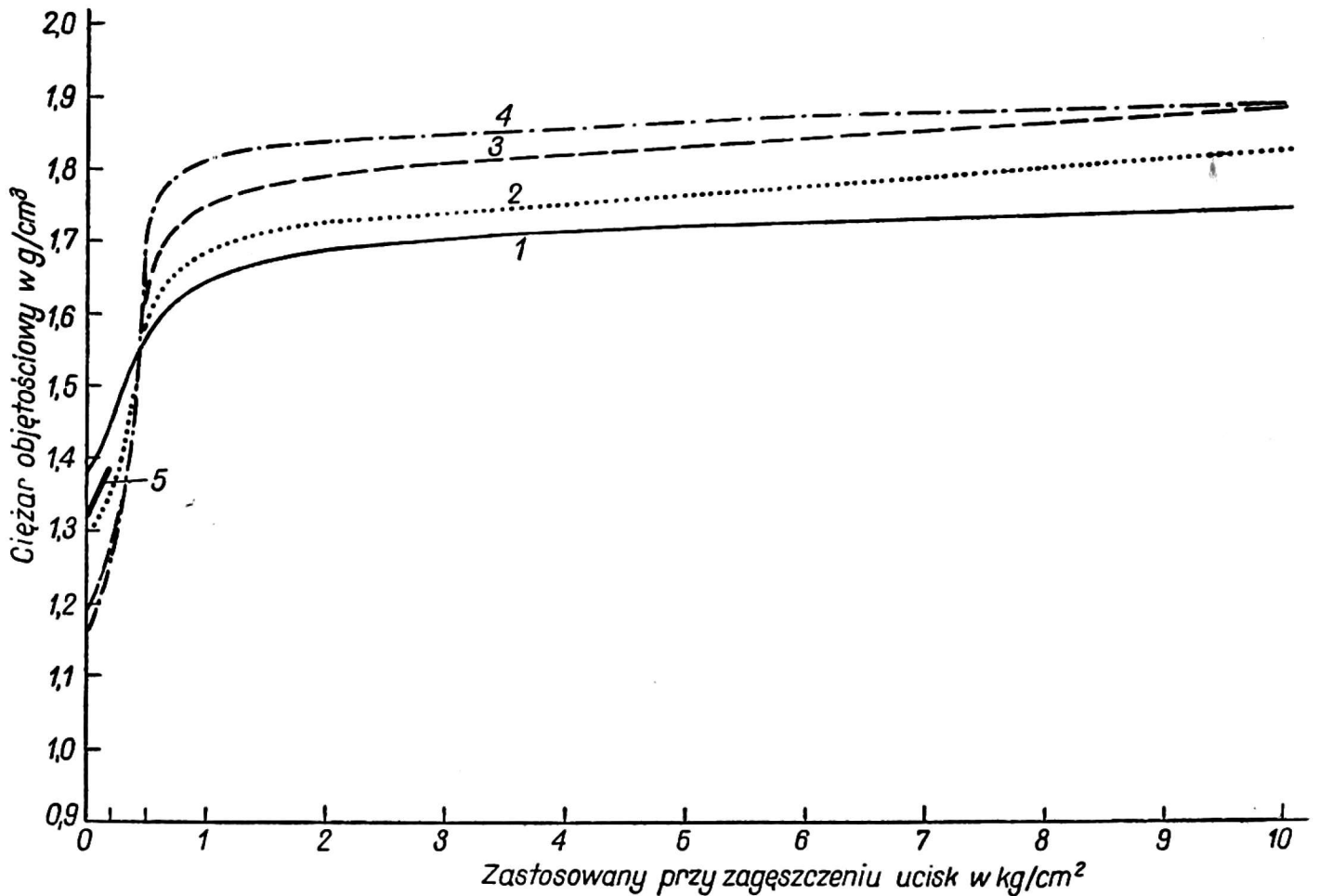
1 — gleba bielcowa wytworzona z piasku (Chylice): $y = 0,006831x^2 - 0,08295x + 1,761$,
 2 — Czarna ziemia (Chylice): $y = 0,003626x^2 - 0,08308x + 1,637$, 3 — Czarna ziemia (Kłudzienko): $y = 0,002056x^2 - 0,05608x + 1,548$, 4 — gleba pseudobielcowa (Wolica) $y = 0,004294x^2 - 0,09221x + 1,4$, 5 — mada (Wilanów): $y = 0,001x^2 - 0,05191x + 1,275$

a — wilgotność w punkcie trwałego wędnięcia roślin, b — wilgotność początku hamowania wzrostu roślin, c — wilgotność równa wodnej pojemności połowej

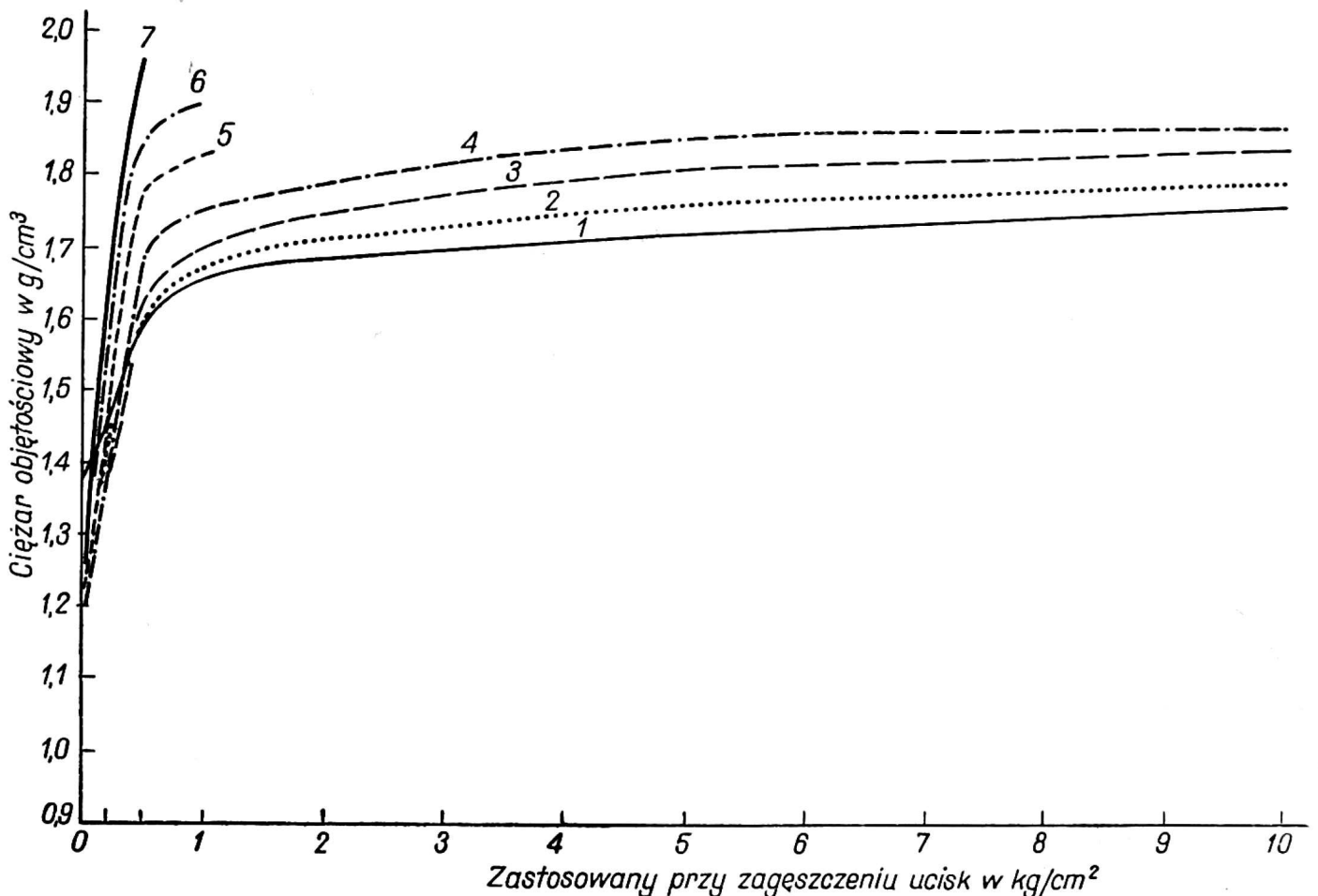


Rys. 7. Zmiany zagęszczenia w warstwie powierzchniowej gleby bielcowej wytworzonej z piasku zachodzące pod wpływem różnej siły ucisku w zależności od stanu jej wilgotności

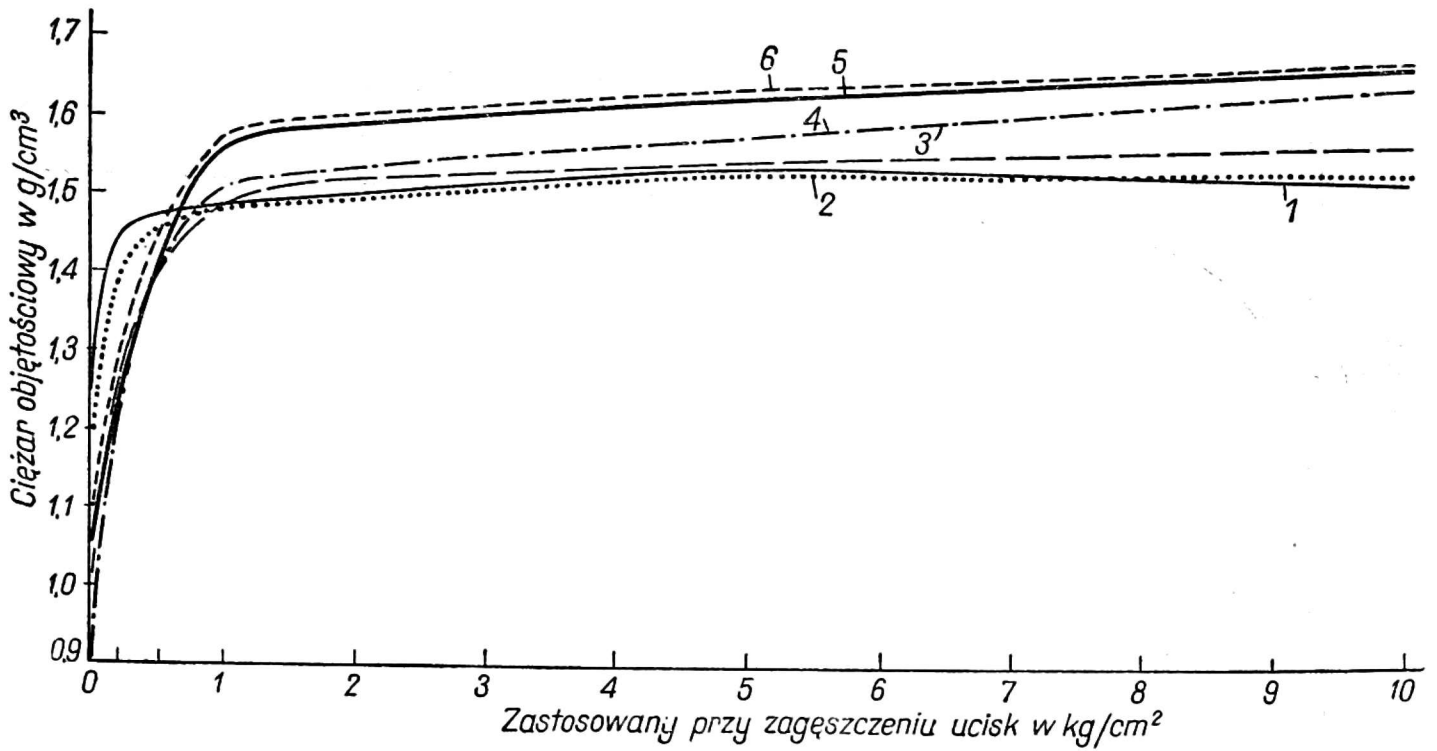
1-5 — zagęszczenia powstałe przy różnej wilgotności
 1-1,0% wag., 2-2,6% wag., 3-4,0% wag., 4-5,4% wag., 5-7,2% wag.



Rys. 8. Zmiany zagęszczenia w warstwie powierzchniowej czarnej ziemi (Chylice) zachodzące pod wpływem różnej siły ucisku w zależności od stanu jej wilgotności
 1-5 — zagęszczenie powstałe przy różnej wilgotności
 1— 3,5% wag., 2— 5,4% wag., 3— 8,5% wag., 4— 12,5% wag., 5— 18,4% wag.

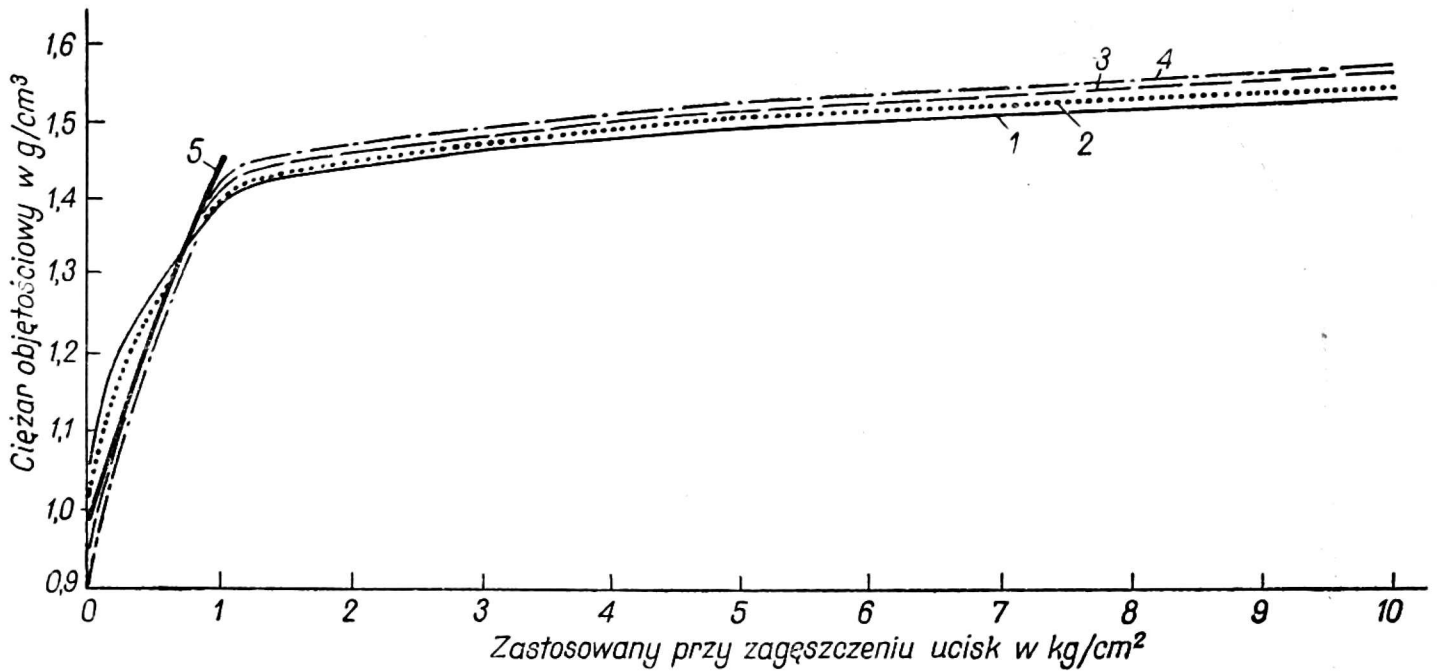


Rys. 9. Zmiany zagęszczenia w warstwie powierzchniowej czarnej ziemi (Kłudzienko) zachodzące pod wpływem różnej siły ucisku w zależności od stanu jej wilgotności
 1-7 — zagęszczenie powstałe przy różnej wilgotności
 1— 3,5% wag., 2— 5,5 wag., 3— 8,5% wag., 4— 11,5% wag., 5— 14,5% wag., 6— 16,5% wag., 7— 19,4% wag.



Rys. 10. Zmiany zagęszczenia w warstwie powierzchniowej gleby pseudobielicowej zachodzące pod wpływem różnej siły ucisku w zależności od stanu jej wilgotności

1	—	zagęszczenie powstałe przy wilgotności	1,5%	wag.
2	„	„	2,8	„
3	„	„	7,4	„
4	„	„	12,0	„
5	„	„	16,5	„
6	„	„	17,5	„



Rys. 11. Zmiany zagęszczenia w warstwie powierzchniowej mady zachodzące pod wpływem różnej siły ucisku w zależności od stanu jej wilgotności

1	—	zagęszczenie powstałe przy wilgotności	5,0%	wag.
2	„	„	6,6	„
3	„	„	10,5	„
4	„	„	14,5	„
5	„	„	21,9	„

С. ТШЕЦКИ

ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ В ПАХОТНОМ СЛОЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДАВЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Резюме

Исследования по плотности пахотного слоя под влиянием давления в зависимости от влажности почвы производились в период 1968-1970 г. Для исключения почвенной изменчивости и ее влажности, исследования проводились в модельно-лабораторных условиях. Они заключались в отборе из пахотного слоя 5 разных почв (песчаных, суглинистых, пылеватых) более крупных партий почвенного материала, который подвергали различному увлажнению в границах от так называемого воздушно-сухого состояния до влажности равной или несколько выше полевой влагоёмкости. Затем почвенный материал, в специальных сосудах с укрепленными стенками, подвергали давлению в гидравлическом прессе с мощностью 0; 0,2; 0,5; 1,0; 5,0 и 10,0 кг/см². Полученные степени уплотнения определяли в соответствии с объемным весом. Полученные результаты обрабатывали статистическим методом „наименьших квадратов“, что позволило определить зависимости между влажностью почвы, а образующейся под влиянием давления плотности в виде функции ($y = ax^2 + bx + c$).

В большинстве почв (за исключением песчаных) эта зависимость для меньших давлений была параболической с вершущкой параболы внизу ($a < 0$), а для больших давлений — вверху ($a > 0$). Для песчаных почв, безразлично от величины давления, эта зависимость была параболической с вершущкой параболы внизу.

Другой способ представления этих результатов, в частности в виде зависимости между примененной мощностью давления и полученным уплотнением почвы показал, что сильное уплотнение образуется при действии на почву давления мощностью 0,5-1 кг/см² и что по мере увеличения влажности под влиянием давления увеличивается степень уплотнения почвы.

S. TRZECKI

MODELLUNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE RICHTUNGEN DER VERÄNDERUNG DES VERDICHUNGSGRADES IN DER PFLUGSCHICHT UNTER DEM EINFLUSS DES BODENDRUCKES IN ABHÄNGIGKEIT VON DER BODENFEUCHTIGKEIT

Zusammenfassung

In Jahren 1968-1970 wurde in Laboruntersuchungen (Modellversuche) der Einfluss des Druckes auf den Boden in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit geprüft. Aus der Pflugschicht 5 verschiedener Bodentypen (sandig, lehmig u.a.) wurden grössere Mengen von Bodenmaterial entnommen, die dann im verschiedenen Grad angefeuchtet wurden, in den Grenzen vom lufttrockenen Zustand bis völliger Feldkapazität. So vorbereitetes Bodenmaterial wurde in spezielle Gefässe mit grösserer Wanddicke gebracht und dann unter hydraulischer Presse verschiedenem Druck (0, 0,2, 0,5, 1,0, 10,0 kg/cm²) unterworfen. Der Verdichtungsgrad wurde nach dem Volumengewicht bestimmt. Die Ergebnisse wurden statistisch nach der Methode der kleinsten Quadraten bewertet, was die Abhängigkeit zwischen der Bodenfeuchtigkeit und dem Druck entstehenden Bodenverdichtung in Form einer Funktion ($y = ax + bx + c$) zu bestimmen erlaubte.

Für die Mehrheit der Böden (ausser der Sandböden) war diese Funktion bei niedrigen Druck parabolis, wobei der Parabelscheitel gewöhnlich unten ($a < 0$), bei höherem Druck aber oben ($a > 0$) lag. Im Falle des Sandbodens war die Abhängigkeit für jede Druckhöhe parabolisch mit dem nach unten gerichteten Parabelscheitel.

Eine andere Darstellungsform dieser Ergebnisse, als Abhängigkeit zwischen der verwendeten Druckhöhe unter der entstehenden Verdichtung bewies, dass eine starke Bodenverdichtung bei der Druckhöhe von 0,5-1,0 kg/cm² auftritt und dass sich mit ansteigender Feuchtigkeit auch der unter Einfluss des Druckes entstehende Bodenverdichtungsgrad erhöht.