

Struktura naturalna gleby i struktura nadana roli a teoria W. R. Williamsa*

Moje rozważania nawiązuję do niektórych tez referatu, prof. Terlikowskiego, a mianowicie do wykresu, który zręcznie ujmuje w całość szereg zagadnień żyzności gleby (patrz schemat I, str. 78).

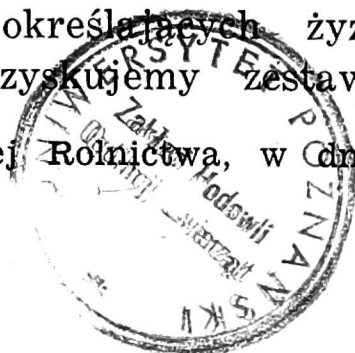
Schemat ten jest właściwie graficznym przedstawieniem przez przyrodnika twierdzenia Engelsa, które znajdujemy w „Dialektyce przyrody“, a które brzmi „agregatowy stan — to węzłowe punkty, gdzie ilościowe zmiany przechodzą w jakościowe“.

W schemacie tym jasno widać, że elementy żyzności, to jest najprostsza masa mineralna i próchniczna nagromadzona w glebie, dopiero przy odpowiedniej strukturze roli wyzwalają się w inną formę. W formę życia biologicznego a w konsekwencji i w formę plonów.

Na znaczenie struktury jako jednego z czynników urodzajności zwracają uwagę liczni badacze całego świata zarówno obecni jak i dawni. Już Wirgiliusz w Georgikach wspomina o strukturze roli jako o czynniku jej sprawności agronomicznej. O strukturze wspominają obszernie Schumacher, Wolny, Puchner, ale dopiero szkoła rosyjska z Dokuczajewem i Kostyczewem na czele postawiła to zagadnienie na pierwszy plan.

Williams w swej nauce o powstawaniu gleb i o trawopolnym systemie rolnictwa zwraca uwagę gleboznawców na fakt, że struktura gleby jest jednym z głównych czynników określających żyzność. „Tylko w strukturalnej glebie, mówi on, uzyskujemy zestawienie

* Referat wygłoszony w Radzie Naukowej Rolnictwa, w dniu 25 kwietnia br.



dwóch procesów, anaerobowego — w wilgotnych gruzełkach i aerobowego — na powierzchni gruzełków i w przestrzeniach międzyagregatowych“. Duży nacisk kładzie on też na zachowanie trwałości struktury, gdyż jak mówi: „z gospodarczego punktu widzenia główną własnością gleby jest trwałość jej struktury“.

Wprawdzie dla wyprodukowania plonu, a nawet bardzo wysokiego plonu z jednostki powierzchni, można się całkowicie obejść bez struktury, ba! można się obejść nawet i bez gleby, tak jak to jest w kulturach wodnych — hydroponicznych lub piaskowych, ale w tych wypadkach rolę struktury przejmuje na siebie człowiek. Reguluje wtedy sam dopływ wody, powietrza, pokarmów, temperatury itp., koniecznych składników życia rośliny, bez których nie tylko roślina nie będzie dawać wysokich plonów, ale i nie będzie wcale rosła.

Lapidarnie rolę struktury gruzełkowo-ziarnistej określa Williams. Wg niego tworzy ona „laboratorium, gdzie przygotowują się i częściowo (na powierzchni) mineralizują cenniejsze dla gleby i roślin organiczne materie, a wśród nich znajdują się zdolne do denaturacji humina i ulmina — drogocenny element struktury glebowej“. Zatem, gruzełki są pełne życia.

Ale gruzełki dopiero wtedy spełniają swoją rolę, jeśli są trwałe, to jest nie rozplływają się na pierwszym lepszym deszczu lub pod wpływem rosy. Jeśli zatem są wodoodporne.

Williams, jak nikt inny przed nim, ujął zagadnienia struktury. Opisuje on zespół złożonych procesów, przebiegających w glebie o budowie gruzełkowatej i podkreśla istnienie w strukturalnej glebie dwóch przeciwstawnych sobie procesów — aerobowego i anaerobowego. A mianowicie — beztlenowego w gruzełkach i tlenowego — między gruzełkami. Zwraca uwagę dalej, że krążenie wody i krążenie powietrza w glebie strukturalnej są od siebie niezależne, to jest, że te dwa systemy mogą istnieć obok siebie nie przeszkadzając sobie wzajemnie.

„Gruzełki — mówi dalej Williams — służą jako kasa oszczędnościowa, która przeszkadza w natychmiastowym roztrwonieniu wszystkich bogactw, jakie gleba posiada. W miarę tego jak roślina wykorzystuje (zużywa) elementy pokarmowe, istniejące na powierzchni gruzełka, znajduje ona coraz to nowe i nowe ilości uwalnianych pokarmów, które są jej konieczne. Ale ogólna ilość pokarmów, to bogactwo gleby, zachowuje się bez roztrwania na próżno“.

Nie każda jednak struktura wodotrwała jest dodatnia, to jest rolniczo korzystna. Należy przy tym rozróżnić pojęcie struktury morfologicznej i struktury agronomicznej.

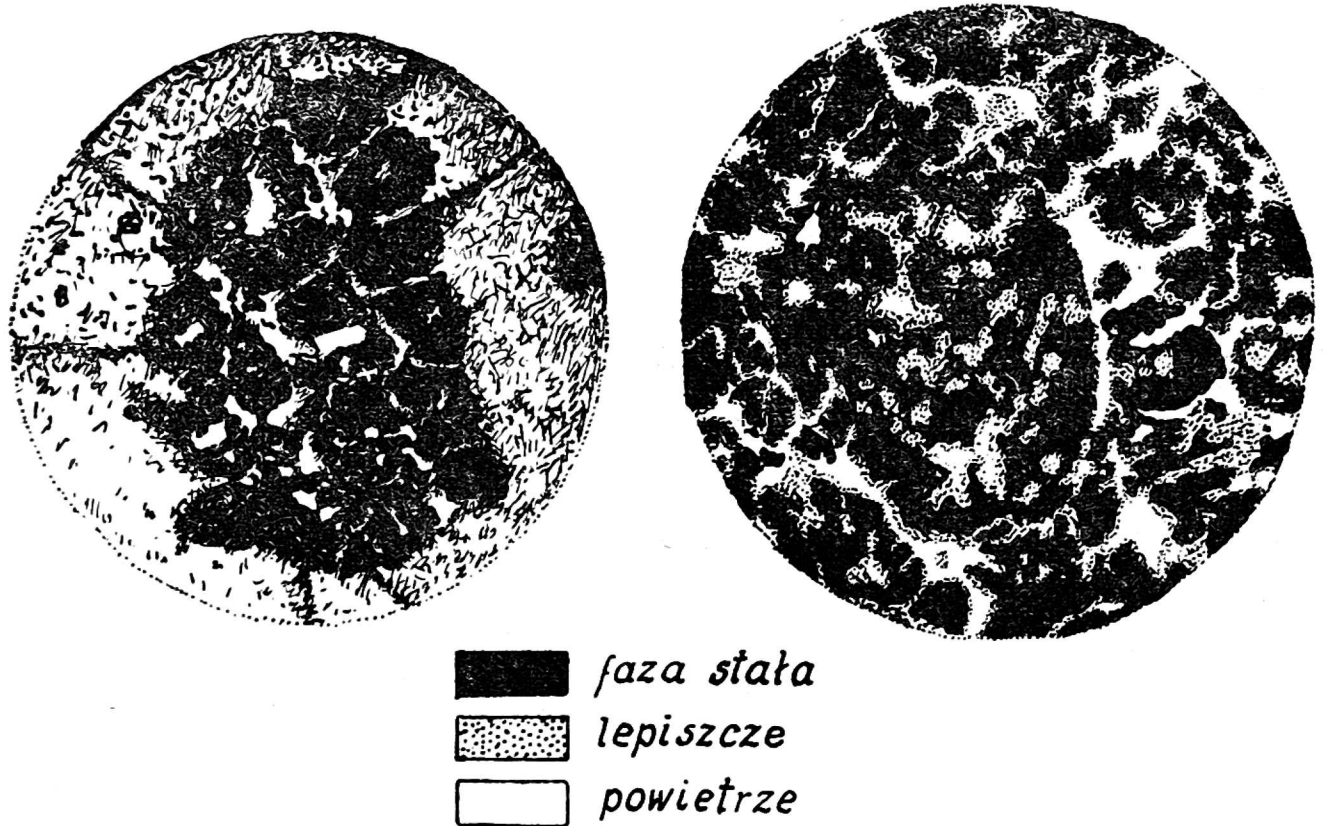
Struktura wodoodporna, gruzełkowo-ziarnista, agronomiczna jest bardzo zawiła. Gleba taka bowiem składa się z szeregu gruzełek mniej lub więcej ściśle obok siebie ułożonych, tworząc między sobą przestrzenie większe lub mniejsze w zależności od wzajemnego oddalenia. Wewnętrzna budowa gruzełek też jest złożona. Elementarne części gleby zgrużlają się pod wpływem koagulacji koloidów w mikroagregaty, te następnie na skutek innych, już bardziej złożonych procesów wiążą się w makroagregaty niższego rzędu, by następnie związać się w makroagregaty nadrzędne. Skupienia makroagregatów nadrzędnych wreszcie tworzą gruzełki. Pomiedzy skupieniami niższego i wyższego rzędu tworzą się przestworki; ściślej — tworzy się zawiła sieć przestworków o różnym świetle.

Przestrzenie nie wypełnione fazą stałą w glebie możemy podzielić wg ich przekrojów, a wskutek tego i według ich właściwości fizycznych na następujące pory: 1) Cieńsze niż kapilary, w których znajdować się może jedynie tylko woda silnie lub słabo związana, a zatem woda nieruchliwa. 2) Kapilary, to jest pory zajęte obok wody związanej przez wodę włoskowatą ruchliwą, ulegającą ruchom kapilarnym podnoszącym wodę ku górze. Tu mogą być wyróżniane pory szersze i węższe; szersze nasycają wodą kapilary węższe. 3) Pory większe niż kapilary, w których obok wody związanej krąży woda grawitacyjna lub powietrze glebowe. Te trzy grupy por i ich układ decyduje o ustaleniu stosunków wodnych i powietrznych w glebie.

Wg Williama w gruzełkach zachodzą procesy tlenowe, między gruzełkami beztlenowe. Lecz tę koncepcję Williama, że wewnątrz wilgotnych gruzełek są pory wypełnione wodą a międzyagregatowe przestworki są zajęte przez powietrze, należy przyjmować jako ogólny schemat. W rzeczywistości stosunki te są bardziej zawiłe. Wg Kaczyńskiego i jego uczniów (np. Polskiego) wewnątrz gruzełek mogą być na stykach między makro- czy mikroagregatami pory większe niż kapilarne, a więc pory aeracji. Równocześnie zaś na powierzchniach gruzełek przy stykach między poszczególnymi gruzełkami, mogą się tworzyć przestworki kapilarne, w których krąży woda. Nie zmienia to jednak koncepcji Williama o równoczesnym procesie aerobowym i anaerobowym. Tylko, że zjawisko to jest bardziej złożone, bardziej skomplikowane i zdeterminowane. Ilustruje te stosunki rys. z fotografii wg Polskiego.

Ale mogą być w glebie gruzełki wodoodporne wskutek złej przepuszczalności w agregatach, pozbawionych całkowicie lub prawie całkowicie przestworków, gdyż przestrzenie są wypełnione cementującą masą. Będą to gruzełki z bardzo zagęszczonymi cząstkami gleby. Ta-

ka agregacja jest trwalsza niż agronomiczna, gdyż nie ma czynnika rozsadzającego agregaty. Albowiem gruzelki złożone, o zawilej strukturze z porami aeracyjnymi, są rozsadzane na skutek ciśnienia powietrza, które się znajduje w porach a będzie wypierane przez wodę w czasie szybkiego zwilżania roli.



Rys. 1. Agregat z czarnoziemiu; z lewej strony w całości (powiększenie 30x) widoczne okrągłe mikroagregaty tworzące agregat; z prawej strony (szlif 10 mm) agregatu teźże gruzelki, widoczne są pory duże między mikroagregatami. Rys. z fotografii wg Polskiego

Pory w gruzelkach o złej przepuszczalności są przeważnie tak małe, że bakterie i włosniki korzeniowe nie mogą do nich przeniknąć, bowiem włosniki korzeniowe wymagają światła co najmniej 0,01 mm, dla bakterii zaś światło nie może być mniejsze niż 0,003 mm.

Dalej pojemność wodna, ruchliwość wody oraz ilość wody aktywnej w glebach jest niska. Korzenie nie dostają się do wnętrza gruzełek, idą tylko w miejscach pęknięcia i między przestworcami, między gruzelkami. Roślina w czasie suszy na tych glebach cierpi na brak wilgoci, gdyż mimo tego, że ogólna ilość wody będzie duża, lecz dużo więcej będzie wody nieaktywnej.

Zarówno gruzelki jak i przestrzenie międzygruzelkowe zawierać mogą pory kapilarne i przestwórki większe niż kapilarne. W tym wypadku porowatość międzygruzelkowa jest złożona z kapilar i ultra por, zatem gruzelki są pulchne, ale ściśle ułożone. Jeśli ułożenie por

jest odwrotne, świadczy to o luźnym ułożeniu zbitych gruzełków. Ale w ogóle brak por aeracji wg K a c z y ń s k i e g o, świadczy o wadliwej strukturze.

Wg P i g u l e w s k i e g o, mikroagregaty nie mają większych por; nie jest to wg Polskiego słuszne. Według niego widoczna porowatość dochodzić może w czarnoziemiu do 14,6%, przy czym w tym może być do 9% por dużych (0,5 mm przekroju). Wg tego autora im większe są agregaty tym por jest więcej i większe jest ich światło. Stosunki te ilustrują dane Polskiego:

Wielkość gruzełek	Porowatość ogólna	Porowatość widzialna	% porowatości ogólnej
3—2	42%	13 (8,5—16)	31
1—0,5	37%	4,5 (3—8)	12

Porowatość wyraźnie wzrasta wraz z powiększeniem agregatów, a ciężar objętościowy gruzełek maleje, ale tylko do pewnej granicy. W czarnoziemiu granica ta wg Polskiego wynosi 3—4 mm. Dla innych gleb będzie inna.

Jako przykład wpływu struktury nadanej dla spotęgowania działania wszystkich czynników wpływających na żyzność a tym samym na plon, pozwolę sobie przytoczyć niektóre moje dane z cyklu doświadczeń wykonywanych nad strukturą roli w Zakładzie Uprawy Roli i Roślin we Wrocławiu.

Doświadczenia, które tu będę przytaczał, wykonano w następujący sposób: wierzchnią warstwę gleby (aluwialną) (horyzont A upr. — mady nadodrzańskiej) wysuszoną na powietrzu przesiano przez sito 1,0 mm dla usunięcia zarówno większych elementarnych części gleby (żwir, piasek) jak i dużych gruzełek. Tę glebę będącą w n a t u r a l n e j strukturze mieszano z różną ilością wody, dla uzyskania różnych typów czy rodzajów struktur n a d a n y c h. Każde bowiem mieszanie mechaniczne gleby przy różnej wilgotności stwarza różną strukturę nadaną. Mieszano jednorazowo przy wilgotnościach: 10, 11, 12, 13, 14 i 15% wody w przeliczeniu wagowym oraz w jednym wypadku — dwukrotnie przy 10%. To jest po pierwszym zgruzleniu pozwolono roli wyschnąć i następnie mieszano drugi raz dolewając na nowo 10% wody. Dla porównania wzięto jeszcze glebę niezgruzloną sztucznie tylko w jej naturalnej strukturze. Zatem było 8 rodzajów struktur nadanych. Gleby te — ściślej role — użyto do badań i doświadczeń.

Struktura ogólna tych gleb różniła się między sobą znacznie. Wyrazem tej struktury będzie ilość gruzełek ogólnych (to jest wodoodpornych i nie odpornych) różnej frakcji (wielkości). Na tab. I, zestawiono dane dotyczące analizy gruzełkowej (ogólnej) gleby. Wydzielono frakcje o przekroju 0,25, 0,25—0,5, 0,5—1, 1—2 i powyżej 2 mm.

Tab. I. Ilość gruzełek w poszczególnych frakcjach gleb rozmaicie gruzłonych. Swojec.

Frakcje w mm	Gleba nie gruzłona	Gleby gruzłone przy procentach wody					
		10	11	12	13	14	15
Rok 1948							
> 2	—	5,3	33,0	57,8	81,8	84,9	31,3
1 — 2	—	12,7	45,8	23,8	10,1	3,0	9,9
0,5 — 1	0,3	53,7	13,7	6,0	1,9	1,3	18,0
0,25—0,5	36,1	16,0	4,5	6,2	1,7	4,2	24,9
< 0,25	63,6	12,3	3,0	6,2	4,5	6,6	15,9
Rok 1949							
> 2	—	6	22	63	81	93	25
1 — 2	—	16	49	23	11	2	10
0,5 — 1	—	57	19	5	3	1	20
0,25—0,5	39	12	7	4	2	1	22
< 0,25	61	9	3	5	3	3	23

Jak z tablicy tej wynika ilość gruzełek frakcji wyższej, o większym przekroju wzrasta w miarę tego jak wilgotność wzrasta aż do pewnej granicy. W roku 1948 do 13%, zaś w roku 1949 do 14%.

Zatem rodzaj tworzących się gruzełek jest uzależniony od stopnia wilgotności roli; istnieje pewne optimum wilgotności przy której zachodzą najkorzystniejsze wiązania się elementarnych części gleby w mikroagregaty, a te znowu w agregaty niższego i wyższego rzędu: istnieje pewna granica tej wilgotności optymalnej strukturotwórczej czy uprawowej, przy której układa się najkorzystniej budowa gleby.

Wielkość i rodzaj gruzełek, to jest ich wewnętrzna struktura, są różne w zależności od tego, w jakich warunkach wilgotnościowych tworzyły się.

Na wewnętrzną różnicę w budowie gruzełek i na różnicę w ich wzajemnym układzie wskazuje powierzchnia sorbcyjna, która jest sumą

powierzchni sorbcyjnych agregatów wszystkich stopni. Zatem na zmianę powierzchni sorbcyjnej wpływa też struktura nadana. Widać to z tabl. II, gdzie podana jest zdolność pochłaniania błękitu metylenowego.

Tab. II. Powierzchnia sorbcyjna różnych frakcji gleb wg sorbcji błękitu metylenowego w 1948. Swojec.

	Gleba nie gruźlona	Gleby gruźlone przy procentach wody				
		10 %	11 %	12 %	13 %	14 %
Całość gleby	4,15	5,10	5,64	6,70	6,30	5,98
Frakcje						
> 2	—	5,00	6,69	7,05	6,88	6,35
2 — 2	—	7,00	7,50	6,48	5,07	6,56
0,5 — 1	2,85	4,77	5,90	6,20	5,47	6,73
0,5 — 0,25	3,57	3,80	3,06	4,05	3,08	4,02
< 0,25	5,60	4,00	5,03	6,26	7,16	8,71

Z tablicy tej wynika, że charakter gruzełek tej samej wielkości jest różny w zależności od warunków wilgotnościowych zgruźlania. Im były korzystniejsze (bardziej zbliżone do optymalnej) tym ich zdolność pochłaniania była większa, nie też więc dziwnego, że i uzyskane struktury roli miały zdolność sorbcyjną większą w ogólnej masie, gdyż zawierała większe gruzełki.

Ciekawe, że w naturalnej strukturze im drobniejsze były gruzełki, tym większa sorbcja. W nadanej — odwrotnie widzi się na ogół większą sorbcję przy większych gruzełkach. Najmniejszą sorbcją zaznaczyły się elementy w granicach od 0—2,5 do 0,5 mm.

Zmieniała się również pojemność wodna gleby w zależności od rodzaju uzyskanej struktury. Jasno to wynika z tab. III.

Tab. III. Maksymalna pojemność wodna w różnie zgruźlonych glebach. 1949

Gleba nie gruźlona	Gleby gruźlone przy procentach wody					
	10	11	12	13	14	15
51	51	41	31	28	29	33

Jak z niej widać pojemność wzrasta w miarę jak gruzełki maleją. Zmieniała się również własność podsiąkania wody w glebie w zależności od rodzaju utworzonych struktur. Prawdopodobnie zmienia-

ła się i gospodarka powietrzna w tych różnych rolach, lecz własność ta nie została zbadana.

„Gleby“ te zostały załadowane w wazony i posiano w nich soję, przy czym w roku 1948 nie było ziarno szczepione Rhizobium, a w roku 1949 jedna seria była szczepiona, druga nie. Wilgotność utrzymywano na poziomie 85% całkowitej pojemności.

W czasie wegetacji w roku 1949 zrobiono analizę mikrobiologiczną we wszystkich wazonach z glebą niezgrużłą oraz w wazonach z glebą zgrużłą przy 14% wody. Niektóre wyniki uzyskane w szeregu doświadczeń (średnia) zestawione są w tabl. IV.

Tab. IV. Średnie ilości oddzielnych grup mikroorganizmów w różnie zgrużonych glebach (w tysiącach na 1 g gleby).

Sposób zgrużania	Bakterie	Promieniowce	Grzyby	Ogólna ilość mikroorgan,	Ilość oznaczeń
Niezgrużł.	3,890±0,137	1,540±0,080	2,900±0,480	8,330	23
Zgrużłona przy 14%	7,100±0,984	1,080±0,207	1,100±1,800	7,830	24

W preparatach odciskowych stwierdzono następujące nasilenie wystąpienia mikroorganizmów na szkiełku.

Tabl. V. Liczba preparatów, wykazujących dany stopień nasilenia w %/0/0.

Sposób zgrużania	Stopień nasilenia					W sumie
	0	1	2	3	4	
B a k t e r i e						
Niezgrużłona	24	48	22	4	4	100
Grużłona przy 14%	24	26	56	15	3	100
P r o m i e n i o w c e						
Niezgrużłona	57	36	6	1	—	100
Grużłona przy 14%	22	33	27	12	6	100
G r z y b y						
Niezgrużłona	92	7	1			100
Grużłona 14%	95	5	—			100

0 = brak wzrostu,

1 = pojedyncze osobniki,

2 = średnie występowanie,

3 = częste występowanie,

4 = bardzo silne występowanie.

Jak widać z tych liczb różnice w strukturze i we własnościach fizycznych gleby odbiły się na warunkach klimatu glebowego, co wpłynęło na zmianę warunków drobnoustrojów pomimo, że tekstura gleby i jej skład chemiczny nie zmieniły się. Testy (wskaźniki) mikrobiologiczne w różnych tych dwóch strukturach glebowych różnią się na korzyść gleby zgruźlonej. Ilość bakterii na glebie sztucznie zgruźlonej o strukturze nadanej była prawie dwukrotnie wyższa, niż na niezgruźlonej strukturze naturalnej. Natomiast promienic i grzybów było więcej na glebie o strukturze naturalnej.

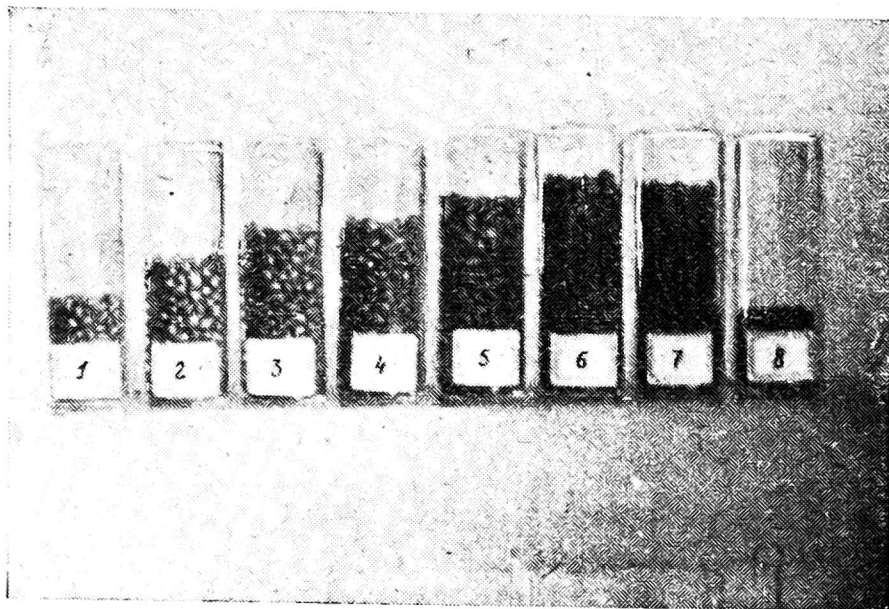
Tab. VI. Plony soi (ziarna i całości) w % plonu na glebie nie zgruźlanej. Swojec.

Plon	Gleba nie zgruźlana	Gleby gruźlone przy procentach wody						Gleba dwukrotnie zgruźlana
		10	11	13	14	14	5	
Rok 1948, soja nie szczepiona.								
Ziarna	100	143	164	167	188	196	204	76
Cały plon	100	147	179	184	190	181	180	67
Rok 1949, soja nie szczepiona.								
Ziarna	100	219	258	261	381	213	121	311
Cały plon	100	144	157	162	199	149	110	165
Rok 1949, soja szczepiona Rhizobium.								
Ziarna	100	115	116	115	120	102	95	108
Cały plon	100	112	112	114	115	111	96	106

Wszystkie te przejawy życia gleby, czy roli odbić się musiały na plonie. Toteż nie dziwnego, że uzyskano znaczne różnice plonów w tych trzech doświadczeniach w zależności od sposobu zgruźlania. We wszystkich wypadkach na glebie ze strukturą naturalną, nie zmienianą uprawą, plon był wyższy niż na glebie ze strukturą nadaną przy odpowiedniej wilgotności. Przy gruźleniu w warunkach za wilgotnych plon spadał, nawet i poniżej plonu na glebie niezgruźlonej sztucznie, a to w wypadkach, gdy struktura gruzelków była wadliwa. Krzywe wykresów obrazujących plony ziarna, słomy i części nadziemnych charakteryzują te warunki. Plon ziarna i słomy wzrasta w miarę wzrostu wilgotności zgruźlania do pewnej granicy (13 — 15% wagowych), by potem spadać przy stanie za wilgotnym.

Z dwuletnich tych doświadczeń widać jak wielkie znaczenie ma struktura roli nadana przez celową uprawę, uchwyconą w odpowiednim momencie, to jest przy wilgotności optymalnej dla uprawy. Przy za suchym stanie gleby obróbka roli nie daje należytego działania,

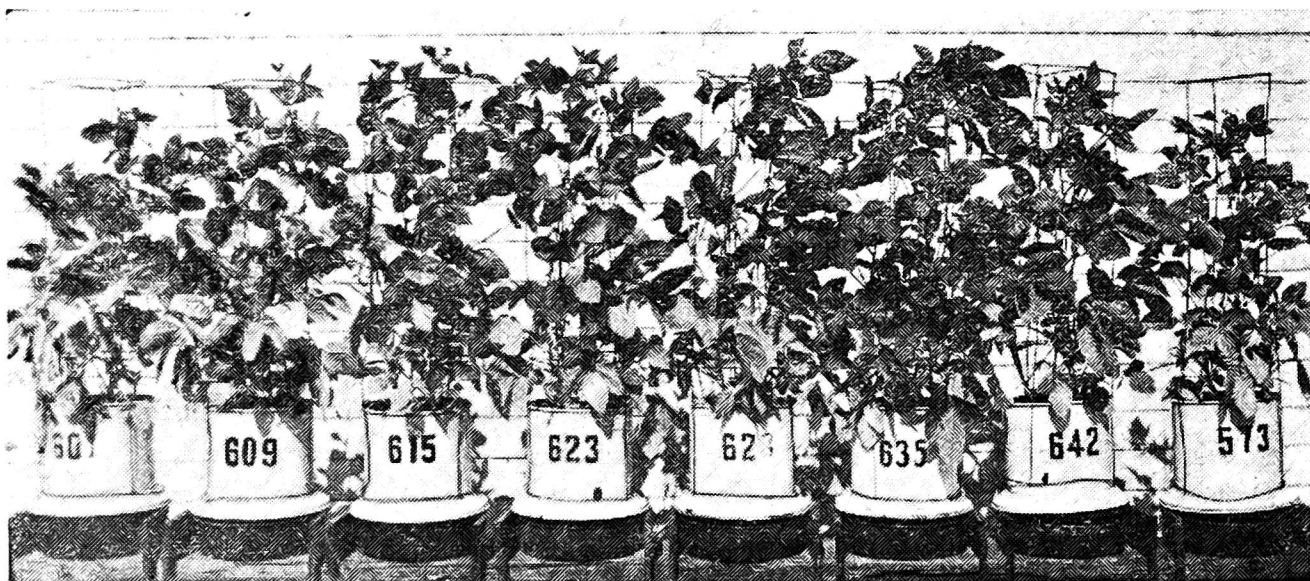
gdyż rola traci swoją plastyczność, konieczną dla gruzlenia. Gdy jest zaś za dużo wody, tworzą się wprawdzie gruzelki duże, lecz ich struktura wewnętrzna staje się bardziej zbita. Mogą się przy tym tworzyć agregaty trwałe ale o złej budowie agronomicznej z niedostateczną porowatością.



Rys. 2. Doświadczenie z soją w Swojcu w r. 1948

Nr 1 plon ziarna z wazonu z glebą niegruzloną; Nr 2 — 7 plony ziarna z wazonów z glebą gruzloną przy $\%$ wody 10, 11, 12, 13, 14, 15; Nr 8 plon ziarna z wazonu z glebą wadliwie zgruzloną (2 x gruzlona)

Omawialiśmy w tym referacie tylko jeden z czynników wpływających na agregację, dla wykazania różnic jakie zachodzą między strukturą naturalną i strukturą nadaną przez uprawę. Dla wykazania, że nie można mówić o strukturze jako o jakiejś niezmiennej własności



Rys. 3. Doświadczenie z soją w Swojcu w r. 1949

Nr 601 — gleba niezgruzlona, Nr 609 — gruzlona dwukrotnie; Nr 615 — gruzlona przy wilgotności 10%; Nr 623 — przy 11%; Nr 628 — przy 12%; Nr 635 przy 13%; Nr 642 — przy 14%; Nr 573 — przy 15% wilgotności gleby

gleby, lecz jak o czymś, co może być bardzo rozmaite w zależności od czynników zewnętrznych. Że zmieniając ilościowo jeden z czynników wpływających na gruźlenie wpływamy na jakość struktury nadanej. A od tej nadanej struktury i długotrwałości jej zachowania się w korzystnym stanie zależy wysokość plonu.

Lecz żeby efekt działania racjonalnej uprawy był naprawdę duży, musi być gleba w wysokiej kulturze, to znaczy — by jej struktura naturalna była wysokiej jakości. Co z kolei zależy od charakteru tekstury gleby (składu chemicznego i mechanicznego gleby). Zadaniem więc rolnika będzie oddziaływanie równocześnie na teksturę i strukturę naturalną gleby oraz na nadawanie struktury agronomicznej (czyli nadanej) przy skoordynowanym użyciu wszystkich dostępnych czynników koniecznych do tego celu. Nie można więc żadnego z czynników pominąć pod groźbą nieuzyskania należytych efektów. I właśnie koordynacja ich wszystkich jest zasadniczą cechą trawopolnego systemu gospodarki rolnej Wiliamsa.