
Z Zakładu Gleboznawstwa Wydziału Rolnego U. M. C. S.
Kierownik: zast. prof. dr inż. Bohdan Dobrzański

Bohdan DOBRZAŃSKI

Gospodarka wodą w glebie lessowej
Soil water relations in loess.

Przed kilku laty został zapoczątkowany pod kierunkiem prof. A. Musierowicza cykl prac nad badaniem dynamiki gleb. Niektóre z tych prac zostały już opublikowane (16, 17), a inne znajdują się w opracowaniu.

W niniejszej pracy zostaną przedstawione wyniki dwuletnich badań nad gospodarką wodną w słabo zbielicowanej glebie lessowej. Pod określeniem gospodarki wodnej rozumiemy zmiany wilgotności poszczególnych poziomów gleby, wpływ czynników klimatycznych na zmiany wilgoci glebowej, ruch wody w profilu gleby w okresie wegetacyjnym, jak też podczas zimy. Poza tym praca obejmuje wpływ roślin uprawnych na zmiany wilgoci glebowej, wahania ilości wody fizjologicznie dostępnej dla roślin, oraz zapotrzebowanie roślin względem wody w różnych okresach wegetacyjnych.

I. Rola wody w glebie i formy jej występowania.

Woda w przyrodzie odgrywa potężną rolę, zarówno jako czynnik twórczy, jak też i niszczyielski. W kształtowaniu się i życiu gleby wodzie przypada bardzo poważna rola. Rozpuszczanie związków znajdujących się w glebie, ich wypłukiwanie, bądź wmywanie w głąb, oraz transport drobnych cząstek glebowych, odbywa się za pośrednictwem wody. Szybkość rozkładu substancji organicznej i skala nagromadzenia tych produktów zależy w nienalym stopniu od stosunków wodnych gleby.

Wpływ wody uzewnętrznia się również na niektórych fizycznych własnościach gleby, a przede wszystkim na przepuszczalności, lepkości, oraz na cieplnych i powietrznych stosunkach.

Poza tym woda jest niezbędna dla życia roślin. Woda jest potrzebna roślinom na budowę ciała (kilkadziesiąt % wagi rośliny), a głównie jako środowisko, w którym odbywają się wszelkie procesy życiowe rośliny.

Zależnie od gatunku rośliny, ilość potrzebnej wody na wytworzenie jednostki suchej masy rośliny jest różna (4, 19, 35).

Np. V a g e l e r (35) podaje, iż na wytworzenie 1 gr. suchej masy plonu średnio potrzebują:

trawy	471—699	cm ³	H ₂ O
zboża	411—520	„	„
okopowe	298—314	„	„
motylkowe	403—514	„	„
kukurydza	142—315	„	„

Inni autorzy jak B r i g g s i S c h a n t z (13) podają wyższe średnie ilości wody, potrzebnej na wytworzenie jednostki suchej masy rośliny. Ilość zużytej wody na jednostkę masy, waha się w szerokich granicach, zależnie od własności fizycznych gleby, żyzności (6, 28) i innych.

Wilgotność gleby podlega ciągłym zmianom, a wraz z nią zmienia się ilość dostępnych dla roślin składników pokarmowych, fizyczne własności gleby i życie biologiczne. Zmiany te obserwowane w glebie — nazywamy dynamiką gleby. Gleba, podobnie jak organizm zwierzęcy czy roślinny, podlega przemianom, czyli jak to określił D o k u c z a j e w (38) — glebą „żyjącą”.

Okresowe wahania wilgoci w poziomach glebowych są spowodowane nagromadzeniem się wody i jej ubytkiem. Zmiany te zależą od zewnętrznych czynników — leżących poza glebą i od własności wewnętrznych gleby. Tak jedne jak i drugie czynniki, bądź działają w kierunku nagromadzenia się wilgoci, bądź powodują jej ubytek.

Zwiększanie ilości wody w glebie, może odbywać się: drogą przenikania opadów atmosferycznych, skraplania pary wodnej w postaci rosy glebowej, przyciągania hygroskopijnego, kondensacji pary wodnej pochodzącej z dolnych, zimniejszych poziomów i przez podsiąkanie wody gruntowej — zaskórnej (6a, 22), na mocy siły kapilarnej.

Utratę wilgoci glebowej powoduje przesiąkanie wody do głęboko położonych warstw, parowanie z powierzchni gleby, oraz pochłanianie wody przez rośliny na niej rosnące.

Woda znajdująca się w glebie jest związana chemicznie i fizycznie (24, 39). Woda chemicznie związana nie odgrywa roli w zmianach nawilgotnienia gleby. Właściwą wilgotność gleby stanowi woda podlegająca działaniu sił fizycznych. Należy tu woda zatrzymana przez cząstki glebowe siłą molekularnego przyciągania, a nosząca nazwę wody hygroskopijnej (w wyższym stopniu zagęszczona zwana maksymalną hygroskopijnością) (14), oraz woda błonkowa, a w wyższym stopniu zagęszczenia nosząca nazwę maksymalnej molekularnej wody (12). Poza tym w glebie znajduje się woda pod postacią wody kapilarnej i wody grawi-

tacyjnej, czyli wolnej. Powietrze glebowe jest z reguły przesycone wodą pod postacią pary wodnej.

Zmiany wilgotności w poziomach glebowych zachodzą na skutek ruchu wody. Woda w glebie przesuwa się w postaci pary, lub w stanie ciekłym.

Woda w postaci pary przesuwa się w glebie pod wpływem temperatury z miejsc cieplejszych do zimniejszych, lub z bardziej nasyconych w miejsca o mniejszej prężności. Wszystkie rodzaje wody glebowej mogą poruszać się w stanie pary, a woda hygroskopijna porusza się w glebie wyłącznie w tej formie. Lebie die w (12) uważa ruch wody w postaci pary za najbardziej częsty w glebie i odrywający się we wszystkich porach roku.

Woda w stanie ciekłym przesuwa się dzięki sile przyciągania molekularnego przez cząstki gleby z miejsc wilgotniejszych do suchszych, lub na skutek działania siły ciężkości, lub siły menisków (kapilarności).

II. Charakterystyka gleby.

Omówione w niniejszej pracy badania, przeprowadzono na słabo zbielicowanej glebie lessowej, czyli t. zw. szarej glince nalesowej (bieli-co-less), o dość głębokim poziomie wmycia węgla wapnia (15, 37).

Badana gleba położona jest na płaszczyźnie wyniesionej około 260 m ponad poziom morza, o słabym nachyleniu ku północy. Wybrane do doświadczeń pola obsiane i nieobsiane posiadały prawie identyczne gleby, o następującej morfologii profilu:

- 0 — 22 cm warstwa orna poziomu próchnicznego. Barwa szara z odcieniem brązowym. Brak wyraźnie wykształconej struktury, rozpada się w różnorakie co do wielkości i formy agregaty.
- 22— 38 cm warstwa podorna poziomu próchnicznego, barwy ciemniejszej od poprzedniej. Struktura najbardziej zbliżona do grubo-orzechowatej. Zwięzłość większa.
Przejście w następny poziom łagodne.
- 38— 60 cm poziom barwy brązowo-brunatnej z plamkami popielatymi. Struktura orzechowato-pryzmatyczna; agregaty drobno-porowate, opylone nalotem krzemionkowym.
Przy krajaniu stawia duży opór. Zaciekami przechodzi w poziom wmywania.
- 60— 90 cm poziom iluwialny, barwy brązowo-rdzawo-żółtej z plamami. Bardziej plastyczny, zwięzły, trudniej przepuszczalny. Ku dołowi staje się bardziej jasny, brązowo-żółty, a zwięzłość materiału maleje.

90—110 cm warstwa przejściowa, z plamami tlenków żelaza, stanowi przejście do normalnego lessu, będącego skałą macierzystą. Poniżej 110 cm zalega skała macierzysta — less, wykazujący burzenie z kwasem solnym. Do poziomu wody gruntowej nie dowiercono się.

Opis profilu uzupełnia tablica I, obrazująca mechaniczny skład poszczególnych genetycznych poziomów gleby pola obsianego i nieobsianego.

Tab. I.
Mechaniczny skład poziomów glebowych
Mechanical composition of soil

Pole — Field	Głębokość Depth w cm	Średnica cząstek glebowych w mm Diameter of particles in mm			
		2 — 0,1 %	0,1 — 0,05 %	0,05 — 0,01 %	< 0,01 %
Nieobsiane not sown	0 — 22	1,69	13,41	52,03	32,87
	22 — 38	1,27	13,62	51,64	33,47
	38 — 60	1,04	11,69	49,50	37,77
	60 — 90	0,51	11,79	50,29	37,41
Obsiane sown	0 — 22	1,54	13,11	52,91	32,44
	22 — 38	0,57	12,39	52,10	34,94
	38 — 60	0,83	11,11	48,74	39,32
	60 — 90	0,48	11,45	48,46	39,61

Celem dokładniejszej charakterystyki badanej gleby oznaczono ciężar gatunkowy, ciężar objętościowy, maksymalną pojemność wodną, porowatość, przewodność, maksymalną hygroskopijność, zawartość próchnicy i kwasowość. Z analitycznych danych, zebranych w tabeli I i II wynika, że gleba pola obsianego i nieobsianego posiada prawie identyczne własności.

III. Metoda pomiarów.

Próbki gleby pobierano systematycznie co 10—12 dni, z czterech poziomów na polu obsianym i nieobsianym (do 100 cm). Poniżej 100 cm brano próbki rzadziej, wychodząc z założenia, że główna masa korzeniowa roślin uprawnych tej głębokości nie przekracza (36).

Tab. II.
Fizyczne własności gleby — Physical properties of soil

Pole Field	Głębokość Depth cm	Ciężar właściwy Specific gravity	Ciężar objętościowy Volume gravity	Porowatość Porosity %	Pojemność woda Field capacity %	Pojemność względem powietrza Air capacity %	Maksymalna hygroscopiczność Max. hygroscopicity %	Próchnica Humus %	Kwasowość pH in H ₂ O
Nieobsiane not sown	0 — 22	2,5403	1,3555	46,64	32,75	13,89	3,10	2,1836	6,2
	22 — 38	2,5561	1,3841	45,85	27,65	18,20	3,30	1,1126	5,6
	38 — 60	2,5871	1,5214	41,19	24,73	16,46	5,01	0,6781	5,1
	60 — 90	2,6215	1,5085	42,45	25,48	16,97	5,71	0,3513	5,0
Obsiane sown	0 — 22	2,5871	1,3595	47,45	31,80	15,65	3,02	2,2219	6,6
	22 — 38	2,5537	1,3893	45,58	28,11	17,48	3,32	1,3003	5,7
	38 — 60	2,6026	1,5149	41,79	25,01	16,78	5,04	0,5389	5,5
	60 — 90	2,6023	1,5097	41,98	26,00	15,98	5,72	0,3100	5,4

Próbki gleby pobierane przy użyciu specjalnego świdra taśmowego, skonstruowanego w Wydziale Gleboznawczym Państw. Inst. Gosp. Wiejskiego w Puławach. Dla oznaczenia wilgotności każdorazowo brano 3—4 próbek z poszczególnego pola.

Pomiary wilgotności gleby rozpoczęto na polach jednakowo przygotowanych pod względem uprawy przedzimowej i zabiegów wiosennych — przedsięwziętych. Pierwszy pomiar rozpoczęto 5.V.1933 r. a ostatni ukończono 7.XII.1934 r.

Jeszcze do niedawna wilgotność gleby wyrażano w procentach wagowych, w odniesieniu do gleby będącej w naturalnym stanie wilgotności. Ten sposób jest wadliwy, otrzymujemy bowiem cyfry obliczone w stosunku do zmiennej wagi gleby. Wilgotność przeliczana na glebę absolutnie suchą tj. wysuszoną w 105° C, aczkolwiek daje materiał porównywalny, niemniej jednak nie poucza o stopniu nasycenia gleby wodą (8, 11).

W ostatnich czasach rozpowszechnił się sposób przeliczania wody na objętość gleby lub w stosunku do maksymalnej pojemności wodnej (21, 31, 34). W niniejszej pracy zestawiono wyniki w tabl. III—IV przeliczone na maksymalną pojemność wodną i w stosunku wagowym gleby absolutnie suchej.

IV. Omówienie wyników badań.

Osiągnięte wyniki badań zostaną omówione w następującym porządku:

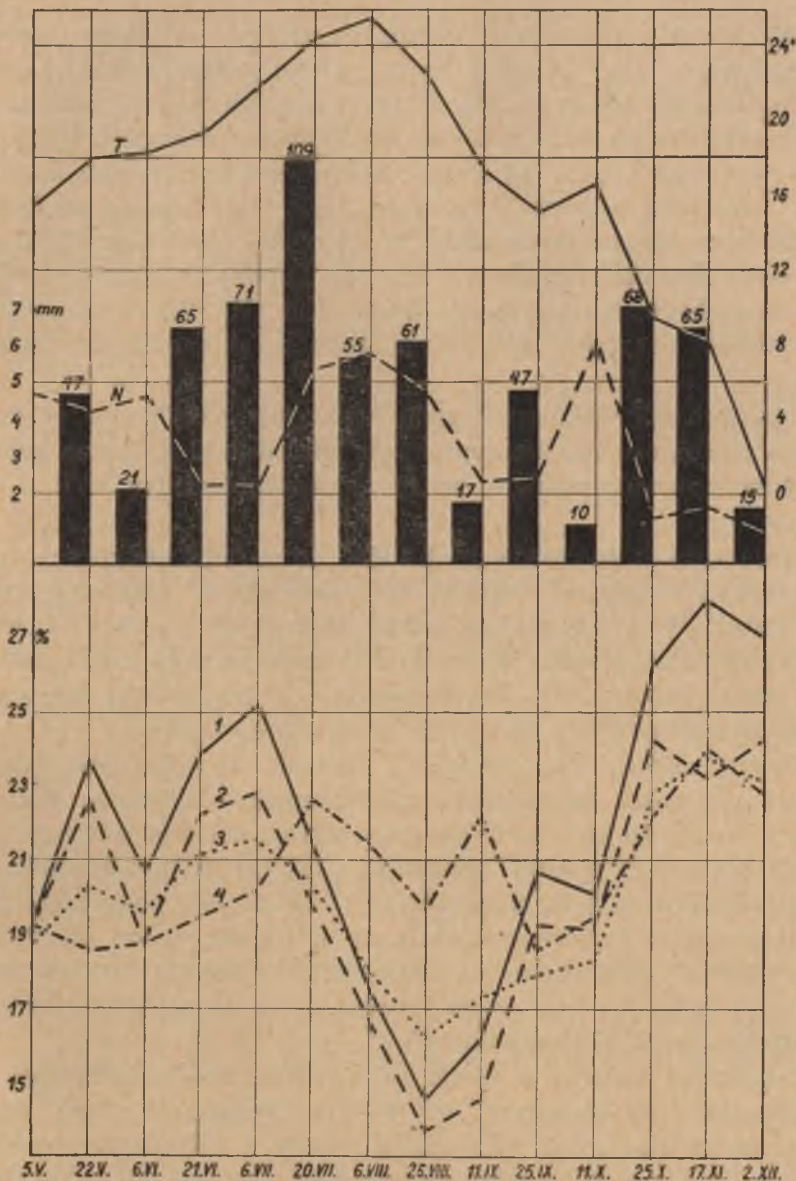
- 1) dynamika wilgotności w genetycznych poziomach gleby,
- 2) zależność wilgotności gleby od czynników klimatycznych,
- 3) wpływ roślin na zmianę wilgotności glebowej,
- 4) zapasy wody fizjologicznie dostępnej dla roślin i
- 5) zmiany wilgotności w glebie zamrożonej.

1) D y n a m i k a w i l g o t n o ś c i w g e n e t y c z n y c h p o z i o m a c h g l e b y.

Wobec tego, że dynamika gleby zależy przede wszystkim od zmian w wilgotności gleby, przeto ważnym jest znajomość dynamiki wilgotności poszczególnego typu glebowego.

W zbadanej słabo zbielcowanej glebie lessowej oznaczono wilgotność w dwu warstwach poziomu akumulacyjnego, oraz w poziomie eluwialnym i iluwialnym. Pomiar wilgotności wykonywano w odstępach czasu 10—14 dni.

Rycina 1 i 2 obrazują wahania wilgotności gleby w roku 1933. Z przebiegu krzywych widzimy, w jak szerokich granicach zmienia się wilgot-



Ryc. 1. Zmiany wilgotności gleby obsianej burakami (1933 r.).

Krzywa T oznacza temperaturę powietrza, krzywa N — niedosyt wilgotności powietrza w mm słupka rtęci, a pionowe prostokąty odpowiadają sumie opadów w mm. Wahania wilgotności gleby wskazuje krzywa 1 — na głębokości 0—22 cm, 2 — na głębokości 22—38 cm, 3 — na głębokości 38—60 cm i 4 — na głębokości 60—90 cm.

Fig. 1. Changes of soil moisture under beets (1933).

The curvature T denotes the temperature of the air

„ „ N „ insufficient saturation of the air in mm.

The vertical columns denote the sum of rainfall in mm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 1 for the depth 0—22 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 2 for the depth 22—38 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 3 for the depth 38—60 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 4 for the depth 60—90 cm.

ność, wyrażona w procentach wagowych. Różnice w stanie wilgotności gleby wynoszą 17% (14—31), a przy glebie zamrożonej wahania są jeszcze większe i osiągają 28% różnicy. Z tabeli III i IV odczytujemy, że przy przeliczeniu wilgotności na maksymalną pojemność wodną, różnice w wilgotności gleby są jeszcze jaskrawsze bo wynoszą 51—133%.

W roku 1934 wahania wilgotności gleby były jeszcze większe jak w poprzednim okresie, bo osiągnęły różnice 44% (od 9% do 53%). Przebieg zmian wilgotności gleby w roku 1934 ilustruje rycina 3 i 4. Z przeliczeń na maksymalną pojemność wodną (tab. V i VI) przekonywujemy się, że stopień nasycenia gleby wodą waha się w bardzo szerokich granicach.

Duże wahania wilgotności gleby występują nie tylko na przestrzeni długiego czasokresu, ale niejednokrotnie obserwować je można pomiędzy sąsiednimi terminami pomiaru, jak np. w czasie pomiędzy 3.VII, a 17.VII. 1934 (ryc. 4).

Z załączonych wykresów 1—4 widać, że w warstwie górnej — ornej (o miąższości 0—22 cm) wahania były największe. Nasycenie tego poziomu (tabel. III i IV) wodą jest jednak najmniejsze ze wszystkich pozostałych poziomów, a spada nawet do 27% maksymalnej pojemności wodnej. Warstwa podorna (22—38 cm) podobnie do poprzedniej, ulega znacznym skokom wilgotności, lecz nieco mniejszym od górnej.

Poziom niższy, zdegradowany, znacznie się różni pod względem wodnych własności od poziomu próchnicznego. Wahania wilgotności poziomu 38—60 cm są o wiele mniejsze, aniżeli poziomu górnego. W roku 1933 odchylenia między minimalną i maksymalną wilgotnością nie przekraczały 6% na polu nieobsianym i 8% na polu obsianym. Stopień nasycenia wodą w omawianym poziomie, jest stale wyższy od nasycenia górnych warstw. Znajdujemy na tej głębokości zamagazynowane znaczne ilości wody (tabl. X i XI), z której roślina może uzupełniać pośrednio lub bezpośrednio braki bilansu wodnego.

Najmniejsze wahania w stanie uwilgotnienia wykazuje poziom wmycia, zalegający na głębokości 60—90 cm. Wilgotność tego poziomu (w procentach wagowych) nieznacznie pulsuje, a różnica na poletku nieobsianym w roku 1933 sięgała zaledwie 4,5% i na obsianym 5%. Wysycenie wodą było przez cały okres dwuletni duże i nie spadało poniżej 70%, sięgając nawet 100% (w stosunku do maksym. pojemności wodnej).

Ostatecznie można powiedzieć, że wilgotność szarej glinki nalessowej wahała się najsilniej w poziomie próchnicznym, a najmniej na głębokości 60—90 cm.

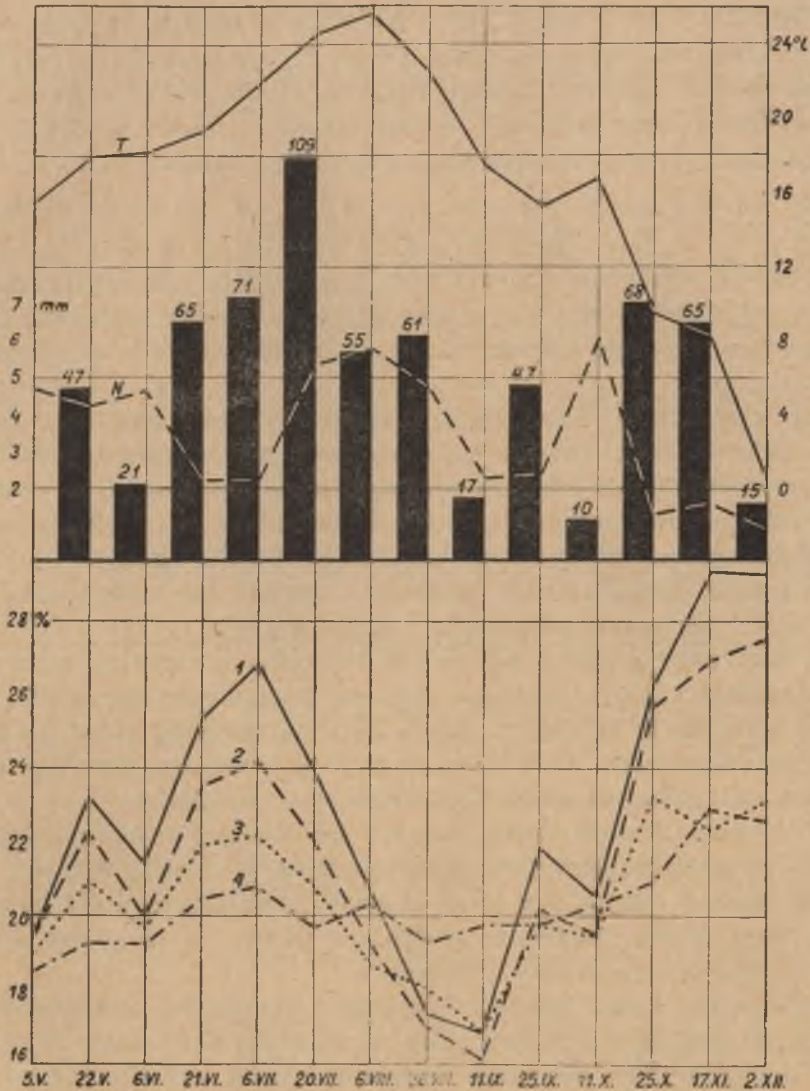
Na temat wilgotności glebowej istnieje dość bogaty materiał, tak w zagranicznej jak i polskiej literaturze. Wszystkie te prace wykazują,

Tab. III.
Zmiany wilgotności gleby obsianej burakami (1933 r.) — (Changes of soil moisture under beets)

Data Date	Głębokość 0 — 22 cm. Depth		Głębokość 22 — 38 cm Depth		Głębokość 38 — 60 cm Depth		Głębokość 60 — 90 cm Depth	
	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarnej Moisture in capillary capacity	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarnej Moisture in capillary capacity	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarnej Moisture in capillary capacity	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarnej Moisture in capillary capacity
5.V.	19,33	60,78	19,04	67,73	18,55	74,30	19,09	73,42
22.V.	23,80	74,84	22,50	80,04	20,72	82,88	18,57	71,42
6.VI.	20,53	64,55	18,50	65,81	19,50	78,00	18,63	71,65
21.VI.	24,10	75,78	22,10	78,61	21,10	84,40	19,47	74,50
6.VII.	25,34	79,68	22,80	81,10	21,64	86,56	20,09	77,96
20.VII.	21,48	67,54	20,26	72,07	20,44	81,76	22,60	86,92
6.VIII.	17,99	56,57	17,76	63,18	18,52	74,08	21,46	82,53
26.VIII.	14,50	45,59	13,72	48,80	16,22	64,88	19,73	75,88
11.IX.	16,35	51,41	14,66	52,15	17,14	68,56	22,20	85,38
11.X.	20,12	63,97	19,24	68,44	18,41	73,64	19,46	74,84
25.X.	26,22	82,45	24,27	86,33	22,81	91,34	22,27	85,65
17.XI.	28,01	88,08	23,20	82,71	23,98	85,92	24,01	92,34
2.XII.	26,96	84,77	24,27	86,41	23,11	92,44	22,76	87,53
15.XII.	41,55	130,66	23,95	85,20	21,48	85,92	21,01	82,73
19.XII.	42,23	132,79	21,26	75,63	21,28	85,12	21,86	84,07

Tab. IV.
Zmiany wilgotności gleby nieobstananej (1933 r.) — Changes of moisture in soil without plant cover

Data Date	Głębokość 0 — 22 cm Depth		Głębokość 22 — 38 cm Depth		Głębokość 38 — 60 cm Depth		Głębokość 60 — 90 cm Depth	
	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarny Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarny Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarny Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarny Moisture in ca- pillary capacity percentage
5.V.	19,25	58,90	19,53	70,63	18,85	76,22	18,55	72,84
22.V.	23,21	70,87	23,36	80,86	20,93	84,63	19,26	75,58
6.VI.	21,45	65,29	19,98	72,26	19,67	79,53	19,22	75,43
21.VI.	25,25	77,09	23,40	84,62	21,95	88,75	20,46	80,29
6.VIII.	26,88	82,07	24,31	87,92	22,27	90,05	20,76	81,47
20.VIII.	23,98	73,22	22,13	80,03	20,89	84,47	19,81	77,74
6.VIII.	20,70	63,20	19,26	69,65	18,75	75,61	20,27	79,55
26.VIII.	17,48	53,37	17,11	61,88	18,07	73,06	19,27	75,62
11.IX.	16,82	51,35	16,13	58,33	16,75	67,73	19,88	78,02
25.IX.	21,94	66,99	20,41	73,81	19,96	80,71	19,93	78,21
11.X.	20,54	56,18	19,53	70,63	19,15	77,43	20,34	79,82
25.X.	26,30	82,30	25,70	93,01	23,21	93,85	20,96	82,26
17.XI.	29,38	89,70	27,00	97,64	22,47	90,86	22,03	90,14
2.XIII.	29,33	89,55	27,60	99,81	23,08	93,32	22,55	88,50



Ryc. 2. Zmiany wilgoci gleby nieobsianej (1933 r.).

Krzywa T oznacza temperaturę powietrza, krzywa N — niedosyt wilgotności powietrza w mm słupka rtęci, a pionowe prostokąty odpowiadają sumie opadów w mm. Wahania wilgotności gleby wskazuje krzywa 1 — na głębokości 0—22 cm, 2 — na głębokości 22—38 cm, 3 — na głębokości 38—60 cm i 4 — na głębokości 60—90 cm.

Fig. 2. Changes of moisture in soil without plant cover (1933).

The curvature T denotes the temperature of the air

" " N " " insufficient saturation of the air in mm.

The vertical columns denote the sum of rainfall in mm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 1 for the depth 0—22 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 2 for the depth 22—38 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 3 for the depth 38—60 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 4 for the depth 60—90 cm.

że wilgotność gleby zmienia się w szerokich granicach, zależnie od głębokości zalegania poziomu wody gruntowej, rodzaju glebv. szaty roślinnej, sposobu uprawy lub drenowania (5, 21, 25, 28, 30). Ogólnie da się zaobserwować nagromadzanie się wilgotności w glebie w zimniejszych porach roku, a ubytek tej wilgotności w sezonie letnim.

2) Zależność wilgoci gleby od składników klimatycznych.

Spośród składników klimatycznych, wywierających najpoważniejszy wpływ na kształtowanie się wilgoci glebowej, należy wymienić opady, temperaturę, ciśnienie barometryczne, charakter wiatru i wilgotność powietrza.

Na rycinach 1—5 widzimy zupełnie wyraźnie zależność wilgotności gleby od ilości opadów oraz temperatury i wilgotności powietrza. Jak widać, wilgotność górnych poziomów gleby podnosi się ze zwiększeniem ilości opadów przypadających na dany czasokres. Niekiedy zwyżce wilgotności gleby nie odpowiada takąż zwyżka ilości opadów, lecz jest to spowodowane specyficznym rozkładem opadów na poszczególne dni (tab. VII). I tak pomiar wilgotności z dnia 6.VII.1933 r. (ryc. 1 i 2) osiąga punkt szczytowy, podczas gdy opady dochodzą do maksimum przy niższej wilgotności gleby. Wytłumaczenie tego znajdujemy w tym, że w okresie od 6.VII do 20.VII.1933 r. opady były bardzo duże tylko do 13.VII, a po tym dniu opadów nie było wcale, przy jednoczesnej wysokiej temperaturze i znacznym niedosycie wilgotności powietrza.

W poziomach niższych nie widzimy tak ścisłej korelacji między opadami, a wilgotnością gleby, jak miało to miejsce w górnej warstwie.

Tu bowiem wchodzi w grę i chyżość przesiąkania wody opadowej przez poszczególne poziomy genetyczne gleby, co nie pozostaje bez wpływu na wahania wilgoci glebowej.

Wilgotność gleby zależy w niemałym stopniu od temperatury powietrza, ta zaś bierze wybitny udział w zjawisku parowania. Przy wyższych temperaturach powietrza następuje spadek wilgotności w glebie (ryc. 1—4). Temperatura niska powodując zamarzanie gleby, wpływa na gromadzenie się wody w postaci lodu (ryc. 11).

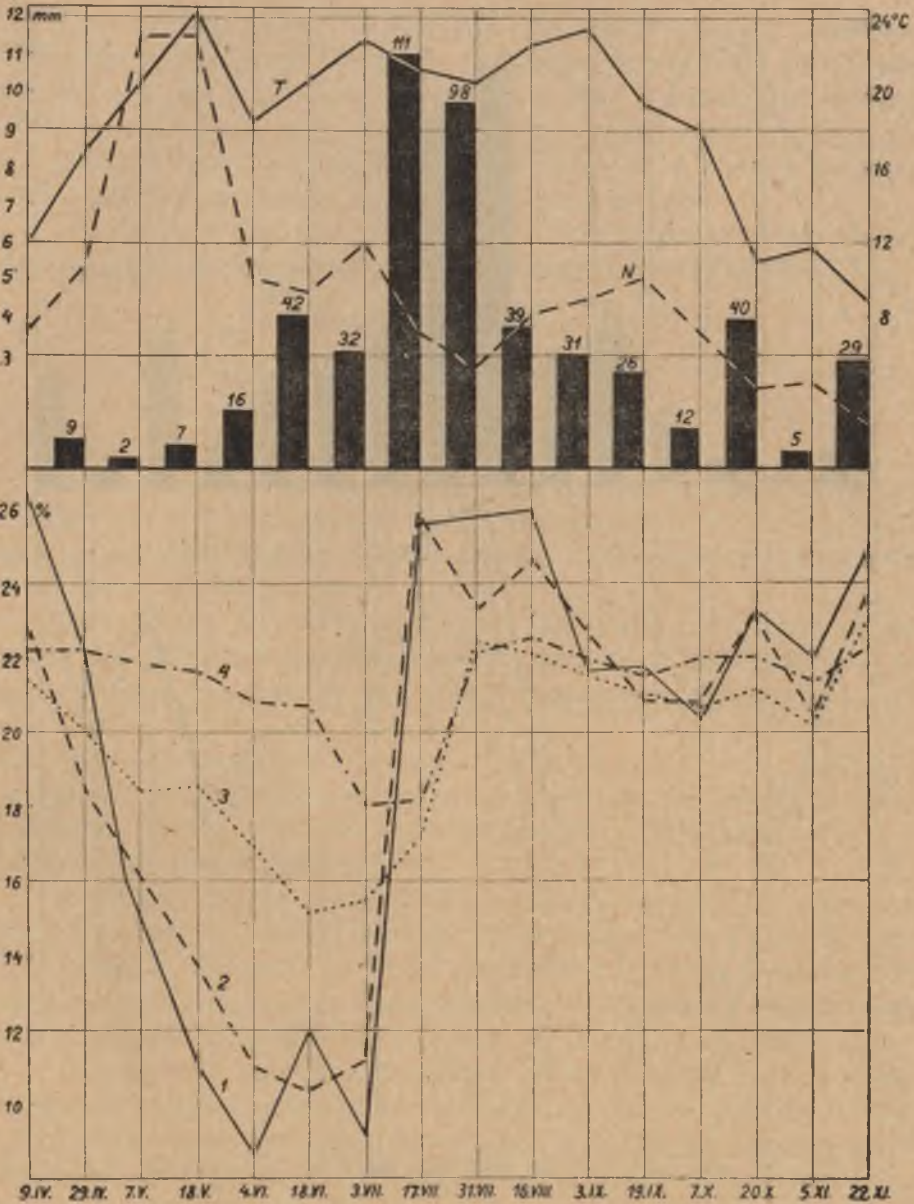
Na zmianę ilości wody w glebie wpływa niezwykle silnie parowanie i transpiracja. Natężenie parowania uzależnione jest od temperatury powietrza i gleby, wilgotności, ciśnienia barometrycznego, wiatru, oraz własności gleby i charakteru jej powierzchni. Zjawisko parowania przedstawia się znacznie prościej wówczas, gdy odbywa się z wolnej powierzchni np. jeziora, stawu i t. p. Natomiast parowanie z gleby jest niezmiernie skomplikowanym zjawiskiem, a szczególnie jeżeli powierzchnia gleby pokryta jest roślinnością (30).

Tab. V.
Zmiany wilgotności gleby obsianej pszenicą (1934). — Changes of soil moisture under wheat

Data Date	Głębokość 0 — 22 cm Depth		Głębokość 22 — 38 cm Depth		Głębokość 38 — 60 cm Depth		Głębokość 60 — 90 cm Depth	
	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarnej Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarnej Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarnej Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gle- by w % pojemn. kapilarnej Moisture in ca- pillary capacity percentage
21.I.	46,22	145,34	19,85	70,61	20,45	81,80	20,97	80,65
6.III.	53,28	167,54	17,23	61,29	18,77	75,08	22,25	81,73
22.III.	24,47	76,94	23,77	84,56	23,82	95,24	22,49	86,50
9.IV.	26,49	83,30	22,70	80,75	21,32	85,24	22,15	85,19
23.IV.	22,25	69,96	18,31	65,13	20,01	80,00	22,17	85,30
7.V.	15,40	48,45	16,22	57,70	18,50	73,97	21,83	83,96
18.V.	10,93	34,37	13,69	48,70	18,51	74,01	21,68	83,38
4.VI.	8,66	27,23	11,02	39,20	16,86	67,41	20,82	80,07
18.VI.	12,00	37,73	10,43	37,14	15,16	60,61	20,62	79,30
3.VII.	9,14	28,73	11,12	39,55	15,42	61,65	18,11	69,65
17.VII.	25,57	80,40	25,85	91,96	17,05	68,17	18,15	69,80
31.VII.	25,72	80,88	23,22	82,63	22,41	89,64	22,32	85,84
16.VIII.	26,01	81,79	24,58	87,44	22,16	88,64	22,55	86,72
3.IX.	21,78	68,49	22,70	80,75	21,70	86,76	22,02	84,69
19.IX.	21,64	68,67	20,73	73,63	20,93	83,68	21,60	83,07
7.X.	20,36	64,02	20,75	73,63	20,68	81,68	22,08	84,92
20.X.	23,34	72,79	23,32	82,95	21,12	84,08	21,97	84,50
5.XI.	22,03	69,27	20,34	72,35	20,33	81,28	21,46	82,53
22.XI.	25,15	79,08	23,80	84,66	23,04	92,12	22,41	86,19
7.XII.	24,34	76,63	23,46	83,45	23,18	92,68	22,62	87,00

Tab. VI.
Zmiany wilgotności gleby nieobsianej (1934 r.) — Changes of moisture in soil without plant cover (1934 r.)

Data Date	Głębokość 0 — 22 cm. Depth		Głęb. kość 22 — 38 cm Depth		Głębokość 38 — 60 cm Depth		Głębokość 60 — 90 cm Depth	
	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarniej Moisture in capillary capacity	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarniej Moisture in capillary capacity	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarniej Moisture in ca- pillary capacity percentage	Wilgotność gleby w % suchej masy Moisture in weight per- centage	Wilgotność gle- by w % pojem- ności kapilarniej Moisture in ex- pillary capacity percentage
22.III.	26.64	81.34	24.77	89.58	24.65	99.63	25.57	100.35
9.IV.	25.94	76.76	21.92	79.24	21.65	87.94	23.60	92.62
23.IV.	21.16	64.61	18.97	68.67	21.17	85.62	22.28	87.44
7.V.	16.65	70.72	17.32	62.63	18.31	74.03	21.96	86.16
18.V.	10.73	32.76	12.93	46.76	17.99	72.74	21.52	84.44
4.VI.	11.04	33.71	12.94	46.79	17.52	70.84	21.31	83.63
18.VI.	15.91	48.58	14.93	53.99	17.74	70.64	21.32	83.65
3.VII.	18.98	57.95	13.80	49.90	19.08	77.15	21.24	83.35
17.VII.	26.43	80.70	25.60	92.38	22.20	89.76	22.74	89.24
31.VII.	25.70	79.08	23.60	85.35	22.23	89.88	23.20	91.04
16.VIII.	24.52	74.86	21.67	78.37	22.37	90.33	22.71	89.16
3.IX.	20.91	63.84	19.59	70.84	20.43	82.61	22.37	87.79
19.IX.	20.41	62.32	18.98	68.64	19.83	80.18	21.86	85.79
7.X.	19.02	58.07	18.11	65.49	19.34	78.20	21.48	84.30
20.X.	23.62	72.12	23.95	86.61	21.54	87.10	22.30	87.51
5.XI.	21.79	66.53	20.27	73.30	20.51	82.93	21.55	84.18
22.XI.	25.86	78.96	24.64	89.11	23.18	97.73	23.47	92.53
7.XIII.	26.09	79.66	24.18	87.44	22.17	89.64	22.93	89.99

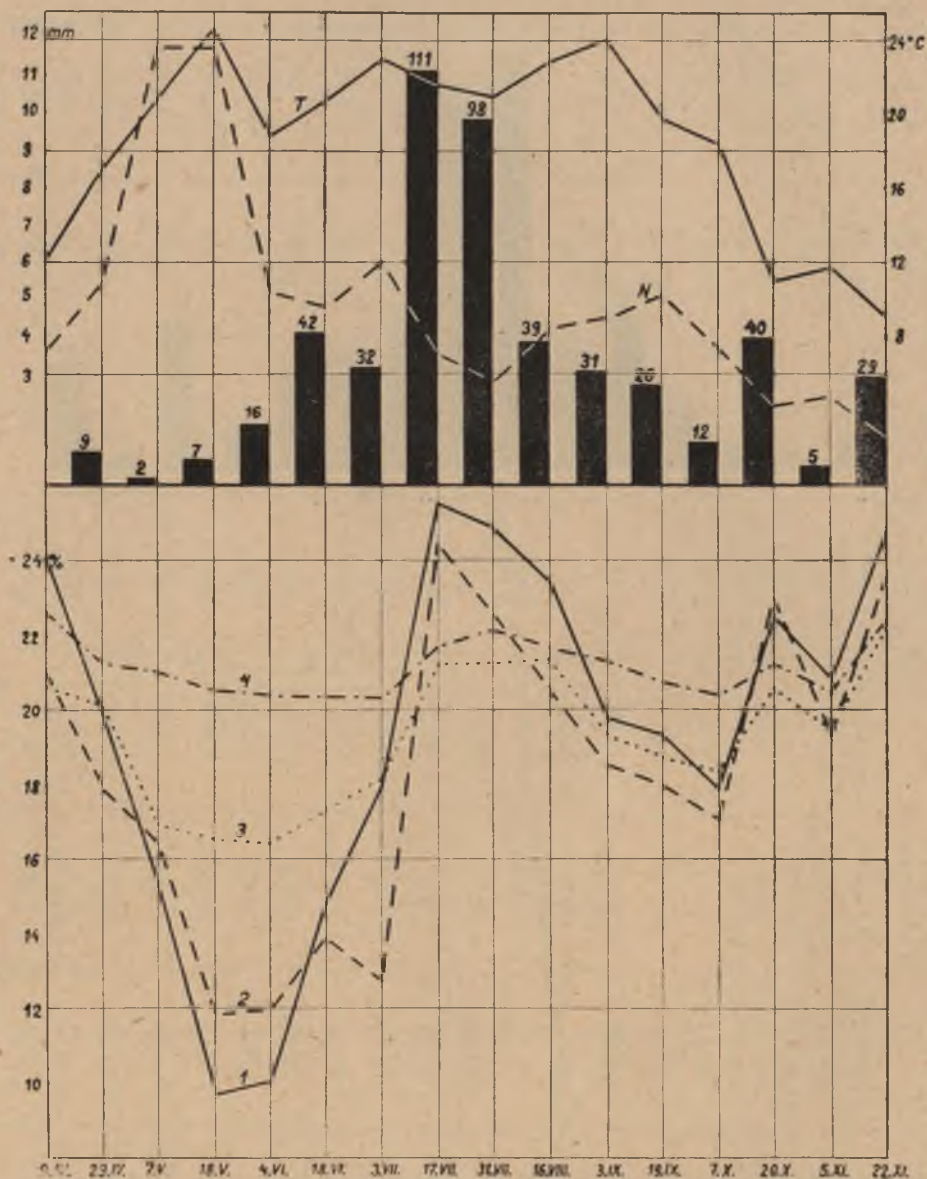


Ryc. 3 Zmiany wilgotności gleby obsianej pszenicą (1934 r.).

Krzywa T oznacza temperaturę powietrza, krzywa N — niedosyt wilgotności powietrza w mm słupka rtęci, a pionowe prostokąty odpowiadają sumie opadów w mm. Wahania wilgotności gleby wskazuje krzywa 1 — na głębokości 0—22 cm, 2 — na głębokości 22—38 cm, 3 — na głębokości 38—60 cm i 4 — na głębokości 60—90 cm

Fig. 3. Changes of soil moisture under wheat (1934).

The curvature T denotes the temperature of the air
" " N " insufficient saturation of the air in mm.
The vertical columns denote the sum of rainfall in mm.
Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 1 for the depth 0—22 cm.
Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 2 for the depth 22—38 cm.
Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 3 for the depth 38—60 cm.
Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 4 for the depth 60—90 cm.



Ryc. 4. Zmiany wilgotności gleby nieobsianej (1934 r.).

Krzywa T oznacza temperaturę powietrza, krzywa N — niedosyt wilgotności powietrza w mm słupka rtęci, a pionowe prostokąty odpowiadają sumie opadów w mm. Wahania wilgotności gleby wskazuje krzywa 1 — na głębokości 0–22 cm, 2 — na głębokości 22–38 cm, 3 — na głębokości 38–60 cm i 4 — na głębokości 60–90 cm.

Fig. 4. Changes of moisture in soil without plant cover (1934).

The curvature T denotes the temperature of the air

” ” N ” insufficient saturation of the air in mm.

The vertical columns denote the sum of rainfall in mm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 1 for the depth 0–22 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 2 for the depth 22–38 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 3 for the depth 38–60 cm.

Deviations in the moisture of the soil are shown by curvature 4 for the depth 60–90 cm.

Poza wymienionymi czynnikami, parowanie z gleby zależy od: 1. wystawy i nachylenia zboczy, 2. charakteru powierzchni gleby, 3. barwy gleby, 4. składu mechanicznego i struktury, 5. układu cząstek glebowych, 6. wilgotności oraz 7. jakości i koncentracji roztworu glebowego.

Natężenie parowania można charakteryzować za pomocą bezpośrednich pomiarów parowania, bądź drogą pośrednią (26).

D. Szymkiewicz posługuje się przy charakteryzowaniu parowania t. zw. *wskaznikiem parowania*, o następującym brzmieniu (30):

$$i = (p_1 - p) \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{P - p_1}$$

P — ciśnienie barometryczne

p_1 — prężność pary nasyconej przy temp. t powietrza

p — prężność pary w atmosferze.

Wzór ten wskazuje jaki wpływ wywiera na parowanie temperatura i wilgotność powietrza oraz ciśnienie. Parowanie z gleby możnaby ściśle scharakteryzować jedynie wówczas, gdyby udało się ująć liczbowo własności gleby, siłę wiatru itp.

Przytoczony powyżej wzór bywa najczęściej upraszczany i parowanie charakteryzuje się różnicą, między prężnościami pary nasyconej przy temperaturze „ t ” powietrza (p_1), a prężnością pary w atmosferze (p):

$$n = p_1 - p$$

Owa różnica $p_1 - p$ nosi nazwę *niedosytu wilgotności*, a obejmuje przeważną część wpływu temperatury i w całości wilgotność powietrza. Niedosyt wilgotności w niektórych przypadkach niewiele odbiega od wskaźnika parowania.

Parowanie często bywa charakteryzowane względną wilgotnością powietrza, lecz taki sposób przedstawiania parowania jest mało dokładny, a w pewnych szczególnych przypadkach wręcz błędny. Parowanie wywiera ogromny wpływ na wody gruntowe i glebowe, co zostało stwierdzone między innymi dla Polesia przez R. Rosłowskięgo (23).

W niniejszej pracy uwidoczniony został na rycinie 1—5 niedosyt wilgotności, jako średnia za okres pomiędzy dwoma pomiarami wilgotności gleby. Daty potrzebne do wyliczenia niedosytu uzyskano przy użyciu psychrometru Assmanna (jednorazowy dzienny pomiar temperatury submaksymalnej).

Przeglądając ryciny 1—4 łatwo można zauważyć zależność pomiędzy wilgotnością gleby, a niedosytem wilgotności powietrza.

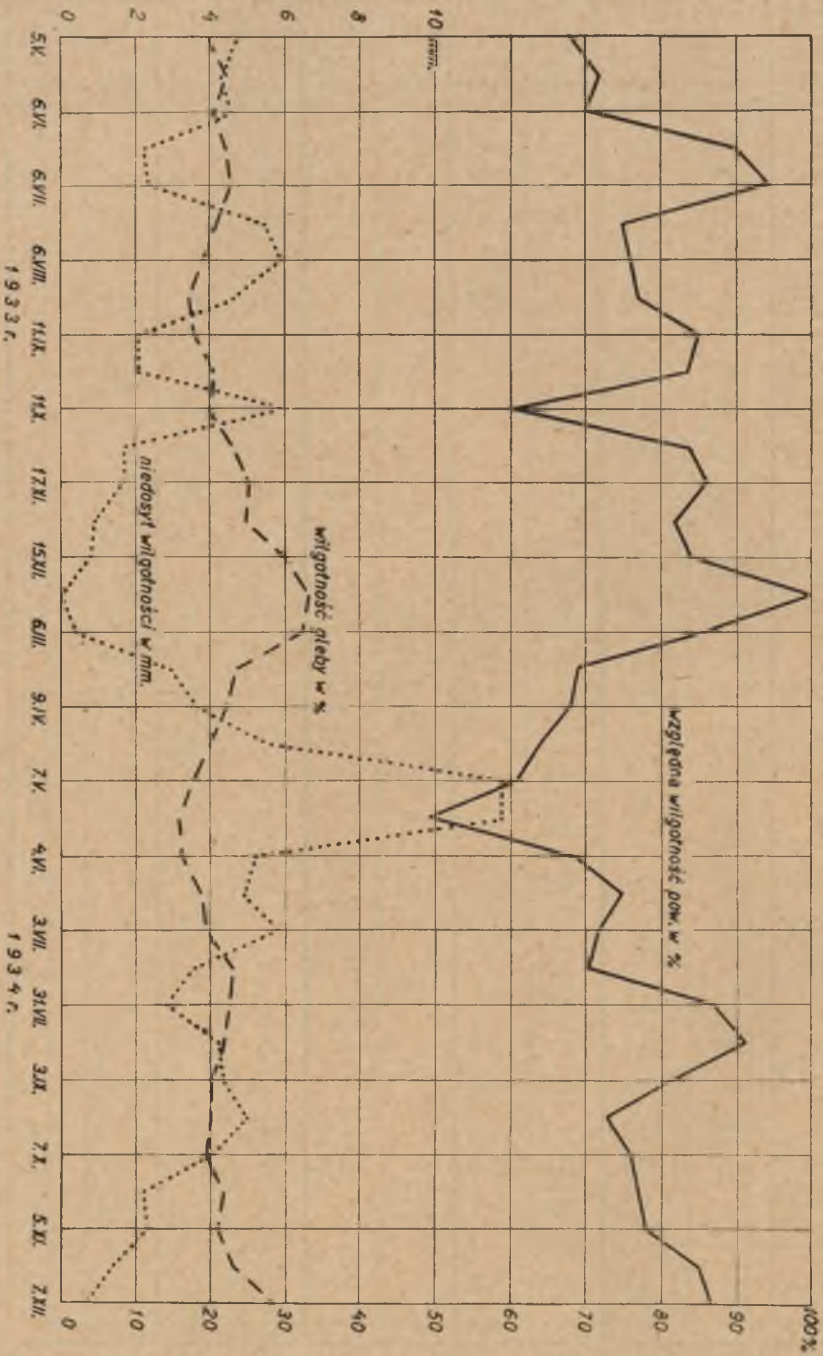
Tam, gdzie niedosyt wilgotności maleje, tam wilgotność jest wyższa i przeciwnie. Z tych zestawień widać, że niedosyt wilgotności wcale dobrze odzwierciedla warunki, w jakich odbywa się parowanie z badanej gleby lessowej.

Tab. VII. Rozkład opadów atmo

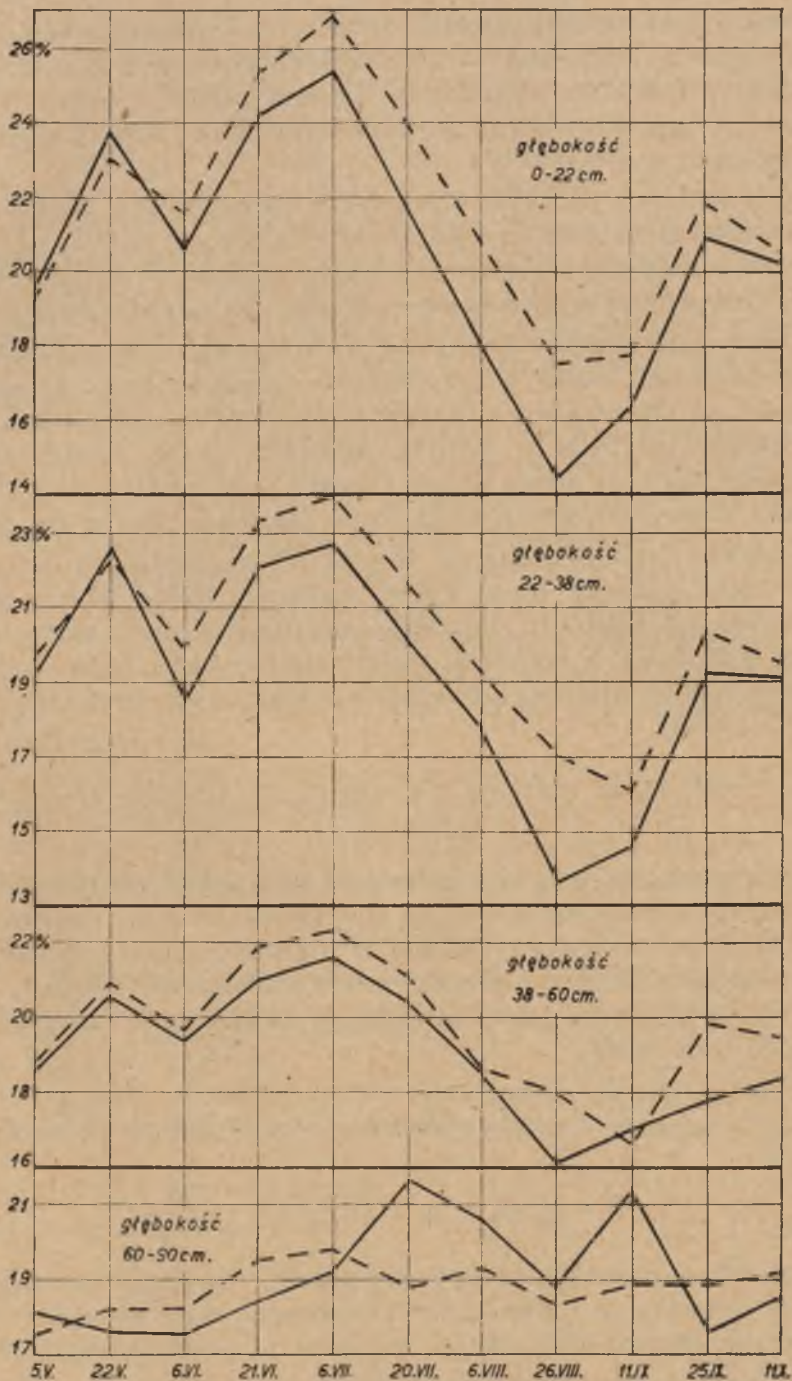
Data	Styczeń		L u t y		Marzec		Kwiecień		M a j	
	1933	1934	1933	1934	1933	1934	1933	1934	1933	1934
1	—	—	2,7	—	—	—	—	—	1,6	—
3	—	—	0,9	0,6	—	—	0,6	—	—	—
3	—	—	0,3	—	—	—	0,8	—	—	—
4	—	1,7	—	—	—	—	6,7	—	—	—
5	—	1,2	3,4	—	2,7	—	0,7	—	—	—
6	—	1,3	—	—	0,1	—	—	0,4	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
8	1,7	—	—	—	—	—	0,1	6,9	—	—
9	—	0,3	—	—	—	—	—	0,1	—	—
10	—	0,7	3,3	—	—	1,2	—	—	—	—
11	—	—	—	0,2	—	7,2	—	0,3	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	0,3	—	—	—	—	—	22,9	—
14	—	—	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—
15	—	0,2	—	—	—	—	0,3	—	—	6,5
16	0,7	—	—	—	—	6,6	2,2	—	4,7	—
17	1,3	—	—	—	—	—	—	—	13,3	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	0,1	—	0,2	—	28,7	—	0,2	—	3,5
20	1,1	—	—	—	—	—	—	—	1,5	—
21	0,9	—	0,7	—	0,4	—	0,6	—	—	—
22	2,1	—	1,3	—	1,8	—	7,2	—	4,1	—
23	0,2	—	—	0,8	0,9	—	—	—	1,7	1,3
24	—	—	0,1	—	0,2	—	—	—	3,8	0,3
25	—	—	—	—	—	—	—	—	14,9	—
26	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	4,1
27	0,1	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0
31	2,7	0,2	—	—	—	—	—	—	—	2,9
Suma opadów The sum of rainfalls	10,8	5,7	13,6	2,4	6,1	44,6	19,7	15,6	68,6	22,0
Ilość dni z opadami The number of rainy days	9	8	12	6	6	5	10	7	10	9

sferycznych. — Precipitation

Czerwiec		Lipiec		Sierpień		Wrzesień		Październik		Listopad		Grudzień	
1933	1944	1933	1934	1933	1934	1933	1934	1933	1934	1933	1934	1933	1934
—	—	—	12,1	1,4	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	6,8	—	0,3	—	6,1	0,9	5,4	—	3,8	—	—
—	0,8	—	0,3	13,1	—	5,5	—	—	0,8	1,9	—	—	—
—	—	10,1	2,5	—	—	3,9	0,3	—	—	31,6	0,6	—	3,7
—	6,6	—	6,5	—	25,6	3,6	—	—	—	7,6	—	—	2,3
—	—	9,3	14,5	—	0,1	—	7,3	—	0,9	—	—	—	—
7,6	4,0	42,5	17,6	—	—	0,3	0,5	—	—	4,0	2,1	—	0,9
6,8	15,0	9,0	1,8	1,2	—	—	7,6	—	14,2	—	1,7	0,4	—
10,5	8,0	10,8	17,2	—	—	3,0	7,0	9,4	0,6	—	—	0,1	—
18,9	—	28,5	—	—	—	—	0,7	0,1	0,1	7,3	—	0,1	—
1,2	—	—	—	—	—	—	1,5	—	4,4	0,4	—	—	—
—	1,1	10,0	7,4	43,1	—	—	—	1,2	—	—	—	1,1	—
—	—	9,0	0,1	—	5,1	2,5	—	33,0	6,5	1,9	0,2	0,4	—
—	—	—	23,2	—	2,9	13,5	—	21,7	0,1	6,6	7,7	0,1	—
2,3	7,0	—	20,8	—	4,8	3,9	—	—	2,3	2,0	—	0,3	—
9,8	—	—	—	—	—	7,5	—	—	12,1	—	—	7,1	0,8
—	—	—	—	0,8	—	1,8	—	—	—	—	2,5	7,1	—
7,5	—	—	9,3	2,8	—	5,8	—	—	—	—	0,1	0,9	—
—	—	—	—	—	—	7,4	—	3,3	—	—	—	0,6	—
0,1	—	—	28,0	0,2	—	2,9	—	6,5	—	—	7,3	0,2	—
—	3,0	—	—	—	—	2,3	—	—	—	—	9,9	0,1	—
—	5,6	—	2,5	3,5	—	—	—	—	—	—	1,2	0,2	—
7,9	—	—	21,0	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,4	—	36,7	4,9	1,2	0,1	—	—	—	—	7,2	1,3	0,7	—
11,8	—	—	5,1	4,1	5,0	—	—	3,0	—	6,7	—	1,3	—
—	—	2,5	14,8	—	—	—	—	0,7	—	—	11,3	1,0	—
1,5	2,1	—	0,2	0,1	1,5	—	3,9	—	—	1,3	9,8	—	—
3,0	0,6	—	—	0,7	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—
1,9	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22,9	0,2	—	2,1	—	11,8	—	—	—	—	—	0,7	0,1	—
—	—	—	—	—	6,3	—	—	—	—	—	—	—	—
116,9	54,0	169,6	218,7	75,8	63,4	53,9	34,9	90,6	47,4	18,6	60,2	21,8	7,7
16	12	11	22	14	12	14	9	10	11	13	15	18	4



Ryc. 5. Zależność wilgotności górnej warstwy gleby od składników klimatycznych.
 Fig. 5. Influence of climatic elements on the moisture of the upper soil layers.



Ryc 6. Wpływ buraków na zmianę wilgotności w glebie.

Krzywa wyrażona linią ciągłą oznacza wilgotność gleby obsianej burakami, a linią przerywaną wilgotność gleby nieobsianej.

Fig. 6. Influence of beets on soil moisture.

The curvature drawn as a continued line denotes field sown with beets, and the interrupted one field unsown.

Niedosyt wilgotności ogromnie zmienia się w przeciągu dnia, a także ulega znacznym wahaniom w czasie sąsiadujących dni, co uniemożliwia wyciąganie wniosków o parowaniu. Dopiero podanie niedosytu wilgotności za pewien okres czasu, pozwala porównywać zmiany wilgotności, jakie nastąpiły w glebie.

Natychmiastowy wpływ składników klimatycznych przeważa nad własnościami gleby głównie w jej górnych warstwach, podczas gdy w niższych poziomach gleby bezpośredni wpływ opadów, a szczególnie parowanie, uzewnętrznią się w mniejszym stopniu i po upływie pewnego czasu.

Obserwując zmiany wilgotności we wszystkich poziomach badanej gleby nalessowej, można w przybliżeniu określić szybkość przesuwania się wody. Po długotrwałych opadach, wilgotność poszczególnych poziomów glebowych rośnie w różnych odstępach czasu. Górne poziomy reagują szybciej, zaś niższe wolniej. Poziom najniższy (60—90) dochodzi do takiej wilgotności, jaką posiada górny dopiero po 10—12 dniach.

Podobnie rzecz przedstawia się przy silnym parowaniu lub transpiracji. Górne poziomy traca wilgoć szybko, a dolne powoli, dopiero po upływie kilkunastu dni. Szybkość omawianego ruchu wody nie jest zawsze jednakowa, a jak widać, zależy od nasycenia gleby wodą oraz od intensywności działania czynników, powodujących straty lub gromadzenie się wody.

3) Wpływ roślin na zmianę wilgotności glebowej.

Obserwacje nad wpływem roślinności na wahania wilgotności w glebie, przeprowadzono porównyując zmiany wilgoci gleby obsianej burakami (1933 rok) i pszenicą (1934 rok) ze zmianami wilgoci pola całkowicie pozbawionego roślinności (usuwano nawet wschodzące chwasty). Z uzyskanych na tej drodze danych można przekonać się o stosunku parowania do transpiracji.

Drogą pośrednią transpirację można charakteryzować przy zastosowaniu t. zw. *współczynnika transpiracji*, wyrażającego się następującą formułą:

$$E = K (p_1 - p) \cdot \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{760}{p - p_1}$$

Jak łatwo zauważyć, wyżej przytoczony współczynnik uwzględnia te same czynniki, co i współczynnik parowania oraz własności rośliny, jak wymiar i kształt liści, chyżość wiatru i t. p., a określone literą K.

W naszym doświadczeniu oba pola przygotowano jednakowo. Dnia 19.X.1932 roku orka zimowa, wiosną 1933 r. kultywator oraz nawożenie:

100 kg K₂O, 50 kg N i 60 kg P₂O₅ na 1 ha. Siew buraków pastewnych nastąpił 4.V. w rzędy oddalone co 45 cm. Pierwsze motyczenie 27—30.V., drugie 8.VI.33 r., przerwyka 16—19.VI. Sprzęt buraków 3—7.X.1933 r.

Rycina 6. ilustruje różnice w wilgotności gleby obsianej i nie obsianej. Jak z przebiegu krzywych wynika, poziom próchniczny, złożony z dwu warstw 0—22 cm i 22—38 cm na obu polach posiadał podczas siewu jednakową wilgotność. Dopiero po motyczeniu występuje różnica, spowodowana prawdopodobnie przesuszeniem górnej warstwy pola obsianego. W dalszym ciągu wilgotność pola obsianego pozostaje niższą od nieobsianego, a szczególnie znaczna różnica zaznacza się w I dekadzie lipca. Maksymalna różnica występuje w sierpniu, przy jednoczesnym obniżeniu się wilgoci obu pól.

Na tej podstawie stwierdzono w jakich okresach rozwojowych buraki potrzebują najwięcej wody, a w których zadowolić się mogą mniejszą ilością. Otóż okazuje się, że największe zapotrzebowanie w wodę występuje u buraka pastewnego, na słabo zbielicowanej glebie lessowej, w pierwszych dniach lipca, w sierpniu i w początkach września. Zgodność z naszymi wynikami znajdujemy i u Seelhorsta (20).

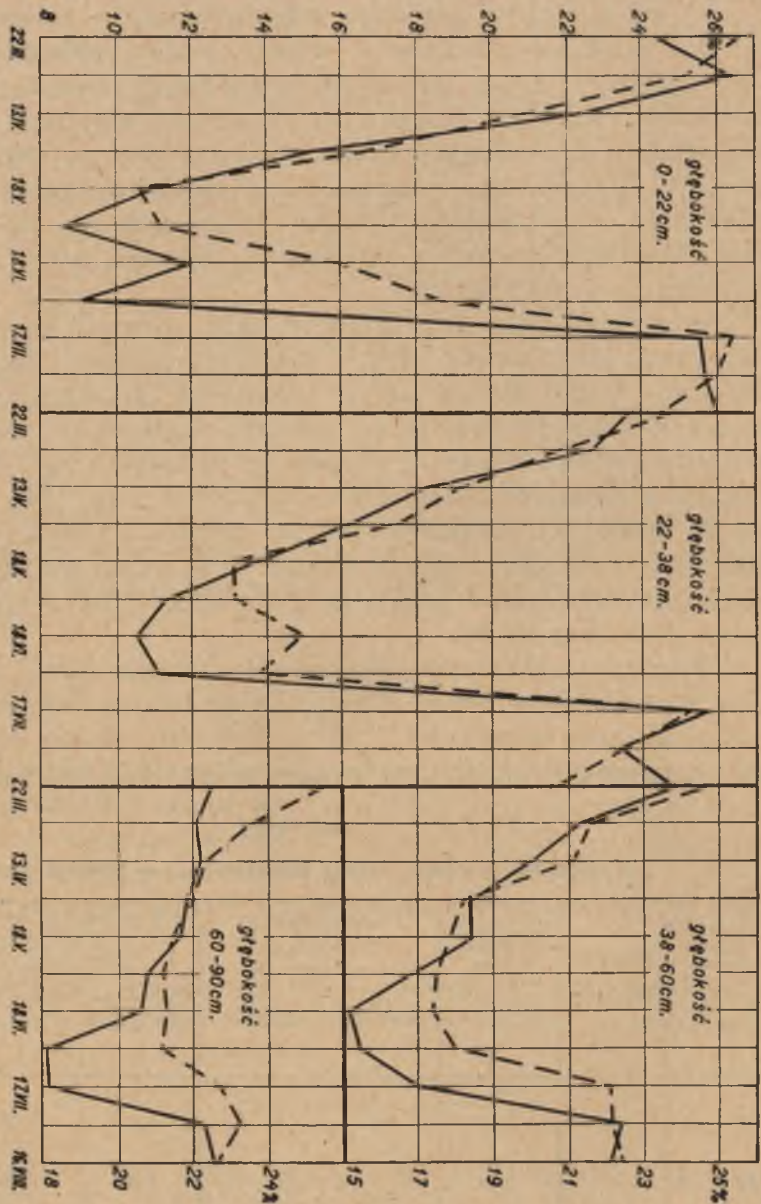
W głębszym poziomie 30—60 cm również występują różnice spowodowane przez szatę roślinną. Różnice te są jednak mniejsze, niż w poziomie próchnicznym, a sięgają do 2‰; podczas gdy w poprzednim poziomie dochodziły do 3‰.

Wilgotność najniższego poziomu nie wykazuje różnic między obsianym, a nie obsianym polem. Różnica uwidacznia się jedynie w przebiegu krzywych zmian wilgotności. I tak na polu nieobsianym, krzywa, przedstawiająca zmianę wilgoci, jest łagodnie pofalowana, podczas gdy na polu

Tab. VIII.

Wylczenie „wody „wody martwej”. — Dead water

Poziomy gleby obsianej Layers of the sown soil cm	Miaższosć Thickness m	Maksymalna hygroscopiczność Max. hygroscopicity %	Współczynnik „A” Coefficient „A”		Woda fizjologicznie nieużyteczna Dead water		Waga warstw gleb. na pow. 1 ha w tonach The weight of the layers of soil measured in ha per tons
			dla buraków for beets	dla pszenicy for wheat	dla buraków for beets %	dla pszenicy for wheat %	
0 — 22	22	3,02			5,13	6,95	2990,9
22 — 38	16	3,32	1,7 — 1,8	2,2 — 2,3	5,64	7,64	2222,8
38 — 60	22	5,04			8,58	11,59	3332,7
60 — 90	30	5,72			9,72	13,16	4529,1



Ryc. 7. Wpływ pszenicy na zmianę wilgotności w glebie.

Krzywa wyrażona linią ciągłą oznacza wilgotność gleby obsianej pszenicą, a linia przerywana wilgotność gleby nieobsianej.

Fig. 7. Influence of wheat on soil moisture.

The curvature drawn as a continued line denotes field sown with wheat and the interrupted one field unsown.

obsianym ulega dość silnym skokom. Wytłumaczenia tego zjawiska należałoby szukać w działaniu ssącym głęboko sięgających korzeni buraków, które jest uzależnione od zasobów wodnych górnych warstw gleby.

W następnym roku t. j. 1934. 17.III. oba pola przeorano, zbronowano i 29.III. wysiano nawozy, w ilościach na 1 ha: 40 kg K_2O i 30 kg N. 31.III. nastąpił wysiew pszenicy jarej na polu, na którym w roku poprzednim były buraki. Sprzęt pszenicy odbył się 4–7.VIII.1934 r.

Pod względem rozkładu opadów rok 1934 był bardzo ciekawy, gdyż były okresy długich susz i obfitych opadów. Z wykresu 7 widać, iż do 18.V. nie było różnicy w wilgotności górnej warstwy pola obsianego i nieobsianego. Dopiero po drugiej dawce nawozu azotowego, nastąpił silniejszy rozwój roślin, a wraz z nim wystąpiła różnica w wilgotności gleby obsianej i nieobsianej. Wilgotność pola obsianego obniża się w drugiej połowie czerwca osiągając maksymalną różnicę 10%. Przez cały okres wegetacyjny, gleba obsiana jest bardziej suchą od gleby nieobsianej.

W warstwie podornej również widoczna jest różnica w wilgotności, jednak przez krótszy okres czasu, bo do 3.VII. Maksymalne różnice w wilgotności gleby obsianej i nieobsianej przypadają na okres najintensywniejszego pobierania przez pszenicę i dochodzą od 4%.

W poziomach niższych 38–60 cm różnice wilgotności, spowodowane transpiracją pszenicy są również wyraźne i znaczne (rycina 7). Różnice te występują w połowie maja i trwają do końca okresu wegetacyjnego.

Z omawianych wyników widać, iż woda warstw głębszych jest przez rośliny użytkowana wówczas, gdy w górnych poziomach glebowych zapas wodny maleje. W obu dolnych poziomach glebowych największe różnice wilgoci spowodowała pszenica w pierwszej połowie lipca, podczas gdy w górnym poziomie największa różnica przypadła na drugą połowę czerwca. Jak widać pszenica potrzebuje dużo wody w końcu maja, najwięcej w końcu czerwca, dużo z początkiem lipca, a natomiast od połowy lipca zapotrzebowanie pszenicy na wodę maleje.

Na podstawie dwuletnich doświadczeń przeprowadzonych ze zbożowymi i okopowymi stwierdzono, że wpływ roślin na obniżenie wilgoci w zbadanej glebie lessowej jest wcale wyraźny, a czasami osiąga znaczne wielkości (10%). Wpływ roślin najjaskrawiej uwidacznia się w czasie trwania suszy i rzecz prosta w okresach intensywnego pobierania wody przez rośliny.

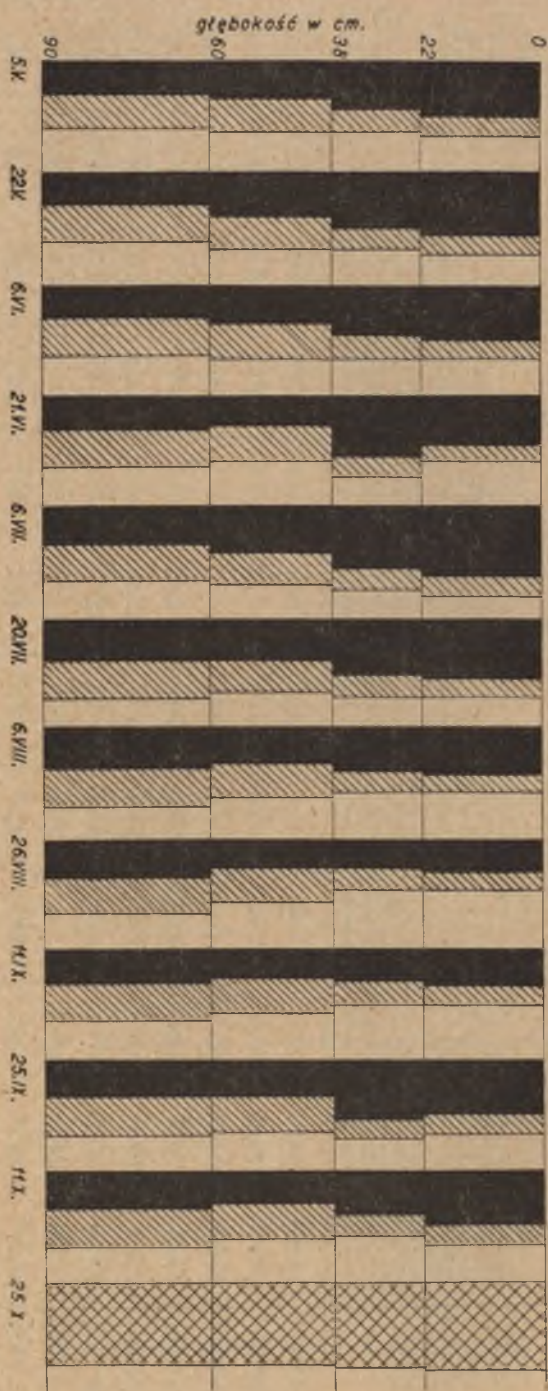
Ogólnie da się streścić, że w naszym przypadku transpiracja, spowodowana przez rośliny uprawne, przewyższa zjawisko wyparowania wody ze słabo zbielicowanej gleby lessowej.

Tab. IX.
Zapasy wody w glebie obsianej burakami w 1933 r. — Water supplies in soil under beets

Data pobrania próbek glebowych Date	Miaższość poziomów glebowych w cm — Thickness of the layers of the soil in cm											
	0 — 22 cm	22 — 38 cm	38 — 60 cm	60 — 90 cm								
22.III.	18,52	731,8	553,9	16,23	228,3	358,5	12,23	793,8	407,5	9,33	1018,5	422,8
9.IV.	19,54	792,2	584,4	16,06	504,5	334,7	9,73	710,5	324,2	8,99	1003,1	407,1
23.IV.	15,30	665,4	457,6	10,67	407,8	237,1	8,42	666,8	280,6	9,01	1004,1	408,0
7.V.	8,45	460,5	252,7	8,58	360,5	190,7	6,91	616,5	230,2	8,67	988,7	392,6
18.V.	3,98	326,9	119,0	6,05	304,3	134,4	6,92	616,8	230,6	8,52	981,9	285,8
4.VI.	1,71	259,0	51,1	3,38	244,9	75,1	5,27	561,9	175,6	7,66	942,9	346,9
18.VI.	5,05	358,9	151,0	2,79	231,8	62,0	3,57	505,2	118,9	7,46	933,9	337,8
3.VII.	2,19	273,3	65,5	3,48	247,1	77,3	3,83	513,9	127,6	4,95	820,2	224,1
17.VII.	18,62	764,7	556,9	18,21	574,6	404,7	5,46	568,2	181,9	4,99	822,0	226,0
31.VII.	18,77	769,2	561,3	15,58	516,1	346,3	11,82	746,8	393,9	9,16	1010,8	414,8
16.VIII.	19,06	777,9	570,6	16,94	546,3	376,5	10,57	738,5	352,3	9,39	1021,3	425,2
3.IX.		651,4			504,3			732,2			997,3	
19.IX.		647,2			460,8			697,5			978,2	
7.X.		608,9			461,2			689,2			1000,0	
20.X.		698,0			518,3			703,8			995,0	
5.XI.		658,8			452,1			677,5			971,9	
22.XI.		772,2			529,0			767,8			1014,9	
7.XII.		727,9			521,4			772,5			1024,4	

Tab. X.
Zapasy wody w glebie obsianej pszenicą w 1934 r. — Water supplies in soil under wheat

Data pobrania próbek glebowych Date	Miąższość poziomów glebowych w cm — Thickness of the layers of the soil in cm											
	0 — 22 cm			22 — 38 cm			38 — 60 cm			60 — 90 cm		
	Woda przyswojalna przez roślinę w % Water physiologically fit for plants in percent	Ogólna ilość wody w m ³ /ha The total amount of water measured in m ³ /ha	Ilość wody stepnej dla rośliny Water physiologically fit for plants in m ³ /ha	Woda przyswojalna przez roślinę w % Water physiologically fit for plants in percent	Ogólna ilość wody w m ³ /ha The total amount of water measured in m ³ /ha	Ilość wody stepnej dla rośliny Water physiologically fit for plants in m ³ /ha	Woda przyswojalna przez roślinę w % Water physiologically fit for plants in percent	Ogólna ilość wody w m ³ /ha The total amount of water measured in m ³ /ha	Ilość wody stepnej dla rośliny Water physiologically fit for plants in m ³ /ha	Woda przyswojalna przez roślinę w % Water physiologically fit for plants in percent	Ogólna ilość wody w m ³ /ha The total amount of water measured in m ³ /ha	Ilość wody stepnej dla rośliny Water physiologically fit for plants in m ³ /ha
5.V.	16,43	644,8	491,4	14,45	446,5	321,2	9,88	614,8	329,2	8,66	832,4	392,2
22.V.	19,10	724,6	571,2	16,55	493,2	367,8	12,17	691,2	405,5	9,44	867,7	427,5
6.VI.	16,09	634,6	481,2	14,97	458,1	332,7	11,07	645,5	368,9	9,47	870,0	429,8
21.VI.	14,72	736,0	440,2	16,68	496,1	370,7	8,87	684,8	295,6	10,35	908,9	468,7
6.VII.	21,02	782,1	628,6	18,60	538,8	413,4	12,86	719,2	428,5	11,08	941,5	511,3
20.VII.	19,12	725,2	574,8	16,97	502,5	377,2	11,79	678,5	393,9	11,96	981,9	541,6
6.VIII.	14,60	590,1	436,6	13,40	423,2	297,8	10,12	622,8	337,2	11,36	954,7	514,5
26.VIII.	10,14	456,7	303,2	9,78	342,7	217,3	7,84	546,9	261,2	10,29	906,2	466,0
1.IX.	12,12	515,9	362,4	10,00	347,6	223,2	7,67	541,2	255,6	9,02	848,7	408,5
15.IX.	16,77	655,0	501,5	16,56	493,4	268,1	10,33	629,2	344,2	9,84	885,8	445,6
1.X.	16,61	650,2	496,7	13,24	421,9	296,6	9,20	595,2	309,6	10,21	902,6	462,2
15.X.		786,6			545,7			728,2			1014,0	
7.XI.		860,1			570,8			799,2			1067,5	
2.XII.		889,7			530,8			885,8			1046,6	
15.XII.		940,0			494,1			709,8			1068,4	



Ryc. 8 Zapasy wody w glebie obsianej burakami.

Na rycinie pola kratkowane oznaczają całkowitą ilość wody w poziomach glebowych, pola czarne oznaczają zapas wody fizjologicznie użytecznej dla buraków, powierzchni zakreskowane — określają ilość wody martwej dla buraków.

Fig. 8. Water supplies in soil under beets.

The chequered areas denote the total amount of water in the layers of soil, black areas denote stock of water physiologically available, fields lined denote "dead water" for the beets.

4) Zapasy wody fizjologicznie dostępnej dla roślin.

Samo stwierdzenie, że w glebie znajduje się pewna ilość wody nie poucza, jakie faktycznie warunki wodne stwarza dana gleba roślinom. Wiadomo bowiem, że roślina nie posiada zdolności do korzystania z całego zapasu wody glebowej i przy spadku wilgotności do pewnej granicy rośliny poczynają więdnąć. Ilość wody, którą roślina może wykorzystywać, zależy z jednej strony od własności gleby, a z drugiej od własności samej rośliny.

Już doświadczenie Briggs a i S ch a n t z a (31) uwidaczniają wpływ składu mechanicznego na wykorzystanie wody glebowej przez rośliny. Badacze ci ustalili następujące współczynniki więdnienia przy:

piasku grubym	0,9%	wilgotności
„ drobnym	2,6%	„
glebie słabo gliniastej	4,8%	„
„ silnie gliniastej	9,7%	„
glinie	13,7%	„
ciężkiej glinie	16,2%	„

Z powyższych danych widzimy, że im gleba jest bardziej drobnoziarnista, tym większą ilość wody zatrzymuje (na powierzchni cząstek gleby przez przyciąganie molekularne). Dalsze badania ustaliły, że maksymalna hygroskopijność wodna, w żadnym przypadku nie może być przez rośliny wykorzystana. W czasie późniejszych badań zauważono, że więdnienie roślin następuje przed spadkiem ilości wody do maksymalnej hygroskopijności. B o g d a n o w (9) przyjmuje, że średnio podwójna maksymalna hygroskopijność jest wodą, z której rośliny nie mogą korzystać. Odchylenia od ustalonej przez wspomnianego autora przeciętnej cyfry są dość znaczne, a zależą od chwilowej koncentracji roztworu glebowego, od zdolności ssących korzeni rośliny i innych.

Gdy w glebie mamy dużo wilgoci, wówczas pobieranie wody jest dla rośliny łatwe, gdyż zjawisko osmozy posiada dogodne warunki (duża koncentracja roztworu znajdującego się w roślinie, a mała roztworu gleby; wyjątek stanowią gleby słone). Natomiast w przypadku suszy koncentracja roztworów glebowych wzrasta, co musi powodować wzrost siły ssącej rośliny. Siła ssąca rośliny wzrasta niekiedy do kilkudziesięciu, a nawet paruset atmosfer (18, 35).

Siła ssąca korzeni roślin waha się w szerokich granicach.

W przeciętnych cyfrach przedstawia się ona następująco (35):

dla mchów i porostów do	158 atmosfer
„ roślin pustynnych	17—100 „
„ „ morskich	15— 50 „
„ „ uprawnych w umiarkowanym klimacie	5— 35 „
„ „ „ w gorącym klimacie	15— 35 „

Rzecz prosta, że siła ssąca korzeni jest różna u poszczególnych gatunków i odmian roślin np. dla roślin uprawnych wynosi (36):

pszenica	10 atmosfer
buraki	15 „
ziemniaki	20 „
kukurydza	25 „

V a g e l e r (2,7) obliczając „wodę martwą“ uwzględnia siłę ssącą korzeni i posługuje się formułą

$$W_m = W_h \times A$$

gdzie: W_m = woda martwa

W_h = maksymalna hygroskopijność

A = współczynnik wyznaczony z krzywej (ryc. 10),
a uwzględniający siłę ssącą korzeni.

Poza tym uwzględnia ten autor zaadsorbowane przez glebę kationy i osmotyczne własności roztworu glebowego. Ostatecznie wzór na „wodę martwą“ otrzymuje następujący kształt:

$$W_m = W_h \times A + \frac{33,6 (Na + K + \frac{Mg}{2})}{\text{siła ssąca korzeni w atmosferach}}$$

gdzie: $33,6 = 1,5 \times 22,4$ = osmotyczne ciśnienie roztworu

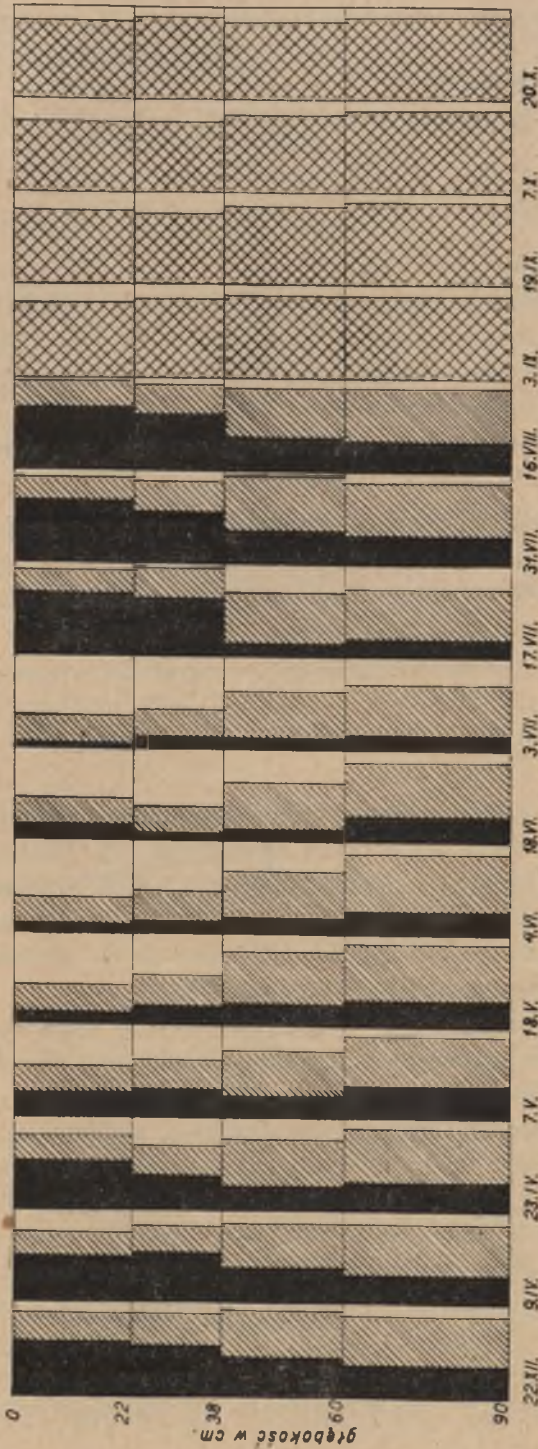
Na, K, Mg = zaadsorbowane kationy, wyrażone w milirównoważnikach.

Niektórzy jednak autorzy nie uważają za słuszne, by przy wyliczeniu „wody martwej“ uwzględniać siłę ssącą korzeni.

Za wodę „fizjologicznie użyteczną“ (W_u) dla roślin czyli wodę, z której mogą rośliny korzystać, należy uważać różnicę pomiędzy ogólną pojemnością wodną W_{og} , a wodą martwą — W_m .

$$W_u = W_{og} - W_m$$

Należy jednakowoż zaznaczyć, że przy obliczaniu wody fizjologicznie użytecznej dla roślin, należy uwzględniać zdolność poruszania się wody w glebie. Za tym przy bardzo ścisłych wyliczeniach trzeba uwzględnić szybkość ruchu i granicę wznosu kapi!arnego.



Ryc. 9. Zapasy wody w glebie obsianej pszenicą.

Na rycinie pola kratkowane oznaczają całkowitą ilość wody w poziomach glebowych, pola czarne oznaczają zapas wody fizjologicznie użytecznej dla pszenicy, powierzone zakreślane określają ilość „wody martwej” dla pszenicy.

Fig. 9. Water supplies in soil under wheat.

The chequered areas denote the total amount of water in the layers of soil black areas denote the stock of water physiologically available, fields lined denote „dead water” for the wheat.

Sekera (27) wyznacza wodę fizjologicznie użyteczną w inny sposób, jak to czyni Vageler, lecz w ostatecznym wyniku niema znacznych różnic. Sekera wyróżnia:

1) wodę statycznie użyteczną (użyteczną dla mikroorganizmów) = $W_k - H$

2) wodę dynamicznie użyteczną (użyteczną dla roślin) = $0,75 (W_k - H)$

W_k = ogólna pojemność wodna

H = maksym. hygroskopijność (wg Mitscherlicha)

0,75 = współczynnik pochodzący stąd, że Sekera przyjmuje wodę fizjologicznie użyteczną dla roślin równą 72—75% wody statycznie użytecznej.

W niniejszej pracy ilość wody martwej obliczałem wg wzoru:

$$W_m = W_h \times A$$

Za wodę fizjologicznie użyteczną dla roślin przyjmowałem różnicę pomiędzy ogólną wilgotnością, a wodą martwą, wychodząc z założenia, że w jaki by sposób obliczać wodę fizjologicznie użyteczną dla roślin, zawsze otrzymamy jedynie dane przybliżone — orientacyjne.

W naszym przypadku współczynnik (A) wynosił dla pszenicy 2,2—2,3, a dla buraków 1,7—1,8 (rycina 10 i tabl. VIII), zaś ilość wody „martwej“ dla buraków wahała się od 5,13—9,72% i dla pszenicy 6,95—13,16% (tabl. VIII).

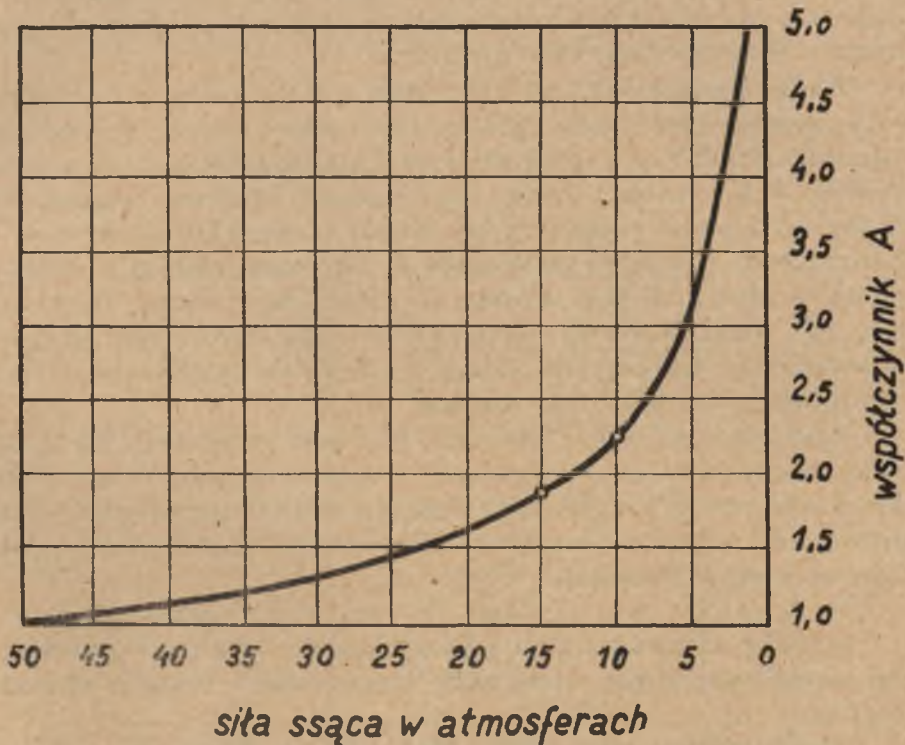
Celem zapoznania się ze zmianami wody fizjologicznie dostępnej dla roślin zestawiono tabelę IX i X. Z tabeli IX wynika, że buraki przez cały okres wegetacyjny posiadały dostateczną ilość wody przyswajalnej, a ilość jej nie spadała poniżej 7% (w procentach wagowych). Dla pszenicy były momenty mniej korzystne (tab. X), jednakowoż do ujemnego bilansu nie dochodziło (minimum 1,7% wody dostępnej).

Na rycinie 8 i 9 przedstawiono graficznie zmianę zapasów wody na przestrzeni 1 ha. w poszczególnych genetycznych poziomach słabo zbielicowanej gleby lessowej. Ilość wody obliczono w m^3 , a na grafikach przedstawiono w odpowiedniej skali powierzchniowo, zachowując jednocześnie proporcję miąższości poziomów glebowych. Te wykresy pouczają o zmianach zapasu ogólnej ilości wody, fizjologicznie dostępnej dla pszenicy i buraków oraz o zapasach wody martwej. Ilość tej ostatniej jest bardzo duża i w niektórych poziomach stanowi $\frac{2}{3}$ ogólnego zapasu wody.

W przeliczaniu na powierzchnię 1 ha, we wszystkich czterech badanych poziomach gleby, znajduje się wody nieużytecznej dla buraków ponad 1000 m^3 , a dla pszenicy około 1250 m^3 . Przytoczone cyfry przekonują, że ilość „martwej“ wody glebowej nie jest mała i że przy

charakterystyce warunków wodnych w glebie, woda nieprzystawalna musi być brana pod uwagę.

Na podstawie posiadanych materiałów można wyliczyć, jaka ilość wody została użyta przy uzyskaniu plonu uprawianych roślin. W tym rozchodzie wody będzie mieścić się woda, którą roślina faktycznie zużyła (skład organów rośliny i transpiracja) oraz ta ilość wody, która bądź wsiąknęła w podłoże, bądź spłynęła po powierzchni gleby.



Ryc. 10. Krzywa współczynnika wędnięcia.

Fig. 10. Curve of wilting coefficient.

Przy obliczaniu ilości wody zużytej na produkcję plonu, biorę ilość opadów za okres wegetacyjny, oraz różnicę zapasu wody fizjologicznie dostępnej, obliczanej na początku i przy końcu wegetacji.

W roku 1933 gleba obsiana burakami posiadała we wszystkich poziomach, na początku okresu wegetacyjnego 1.534.108 kg wody, a po zbiorach 1.565.356 kg wody na 1 ha. Z powyższego zestawienia wynika, że gleba z opadów zamagazynowała 31.248 kg wody. Opady za okres wegetacyjny wynosiły 493,6 mm, zatem na produkcję 400 q korzeni

i 100 q liści stracono 4.904.752 kg wody, co stanowi stosunek 1 : 98, a na suchą masę 1 : 891.

Sądząc z ilości zużytej wody (wielkość opadów i wilgotności gleby), możnaby przypuszczać, iż plon buraków będzie doskonały. Okazało się jednak inaczej, albowiem plon 400 q z 1 ha jest poniżej średniej, jaki uzyskuje się dla Eckendorfiów żółtych (29). Przyczyny stosunkowo niskiego plonu należy szukać w niezbyt korzystnym rozkładzie opadów i związanych z tym innych nieomagań (np. ciepłota). Przy rozpatrywaniu rozkładu opadów w ciągu okresu wegetacyjnego w 1933 r. stwierdzono, że jest on niezbyt korzystny (tab. VII) (4, 32).

Z kolei rozpatrzmy jakie ilości wody zostały zużyte na wytworzenie 1 kg pszenicy. Zapas wody glebowej z początkiem okresu wegetacyjnego stanowił 1.752.405 kg, a przed zbiorami 1.724.745 kg. Zatem na wyprodukowanie 12,5 q ziarna i 28,08 q słomy poszło 249,2 mm opadów oraz 27.660 kg zapasów glebowych, co stanowi razem 3.519.660 kg na 1 ha. Z przeliczenia otrzymuje się stosunek 1 : 876, licząc na plon w stanie naturalnym, oraz 1 : 1023 w stosunku do suchej masy ziarna i słomy pszenicy. Jak widać, w czasie wegetacji wody było dużo z tym jednak, że w początkach okresu wegetacyjnego t. j. w końcu kwietnia i maja opady i wilgotność gleby były nieco zaniskie.

Powracając do analizy wykresów 8 i 9 należy stwierdzić, że zbadana gleba lessowa posiada duże zdolności regulowania ilości wody. Potrafi ona magazynować znaczne ilości wilgoci w dolnych poziomach i w miarę utraty wody w górnych warstwach gleby, zasila je zapasami zgromadzonymi w dolnych poziomach.

5) Zmiany wilgotności zamarzniętej gleby.

Pomiary wilgotności gleby wykonywano i w ciągu zimy, dzięki czemu można było poznać stan gleby zamarzniętej i pokrytej płaszczem śnieżnym.

Rycina 11 unaocznia zmiany i ruch wody w okresie zimowym, oraz w najbliższych okresach poprzedzających i następujących po nim. Na wykresie linia ciągła ilustruje zmiany wilgoci w górnej warstwie, z tym jednak, że linia gruba odnosi się do powierzchniowej warstwy zamarzniętej, a cienka do gleby niżej położonej. Jednocześnie podano temperaturę minimalną powietrza, dla orientacji kiedy gleba jest zamarznięta lub odmarznięta.

Gleba jednak nawet przy niskich temperaturach powietrza nie zamarzła głęboko, bo zaledwie do kilku cm. Temperatura gleby na głębokości 10 cm utrzymywała się w czasie całego okresu zimowego w pobliżu 0° C (3). Pokrywa śnieżna była od połowy grudnia dość znaczna, dochodząc do 45 cm.

Z wykresu widać znaczny wzrost wilgoci w warstwie ornej, przy jednoczesnym zmniejszeniu się ilości wody w poziomach niżej położonych. Szczególnie dużo wody nagromadza się w tej części gleby, która zamarzała. Tu nasycenie wodą dochodzi do 167%, w stosunku od maksymalnej pojemności wodnej. Tak silne nagromadzenie wody zostało spowodowane przede wszystkim narastaniem kryształów lodu. Zamrażanie gleby bowiem rozpoczyna się od zamrażania wody w szerszych przestrzeniach — powstawania kryształów lodu, które następnie ściągają wodę z węższych przestrzeni glebowych. Poza tym miała miejsce kondensacja pary wodnej, pochodzącej z niższych poziomów glebowych. Obserwacje nasze pokrywają się z danymi uzyskanymi przez K a c z y ń s k i e g o (10).

Woda powstała ze stopniałego śniegu i kryształów lodu częściowo spływa, a w części natychmiast wyparowuje, reszta zaś rozchodzi się w profilu glebowym, uzupełniając zmniejszoną wilgotność niższych poziomów glebowych.

Przez narastanie kryształów lodu w górnej warstwie, powstają większe przestwory i drobno-włoskowate. Pojemność wodna i przewodność górnej warstwy zwiększa się, stwarzając dogodniejsze warunki siedliskowe dla roślin. Również na skutek zmiany koncentracji roztworów gleby następuje częściowa koagulacja koloidów, co również polepsza strukturalność gleby.

V. Wnioski.

Omówione wyniki badań można streścić następująco.

- 1) w przeciągu dwuletniego okresu (rok 1933 i 1934) wilgotność słabo zbielicowanej gleby lessowej ulegała bardzo dużym wahaniom;
- 2) w okresie letnim ilość wody w glebie malała, a natomiast wczesną wiosną, w jesieni i zimie wilgotność wzrastała;
- 3) wilgotność poziomu próchnicznego ulegała największym wahaniom, poziom środkowy (38—60 cm) wykazywał mniejsze zmiany wilgoci; a poziom najniższy odznaczał się najmniejszymi różnicami w stanie uwilgotnienia;
- 4) wilgotność górnego poziomu zbadanej gleby lessowej zależy przede wszystkim od czynników klimatycznych, bowiem obserwujemy prawie ścisłą zależność pomiędzy wilgotnością, a ilością opadów atmosferycznych, oraz widzimy, że ze wzrostem temperatury i niedosytu wilgotności powietrza maleje ilość wody w glebie;
- 5) w dolnych poziomach badanej gleby wahania wilgotności zależą głównie od własności samej gleby, szaty roślinnej, a znacznie mniej od czynników klimatycznych;

- 6) buraki pastewne wpłynęły, w czasie okresu wegetacyjnego, na obniżkę wilgoci glebowej do głębokości 60 cm, a najintensywniejsze pobieranie wody przez buraki zaznaczyło się w I dekadzie lipca, w sierpniu i w I dekadzie września;
- 7) pszenica spowodowała obniżenie wilgotności wszystkich poziomów gleby w stopniu wyższym, aniżeli buraki pastewne;
- 8) transpiracja przez rośliny uprawne (buraki i pszenica) rosnące na słabo zbielicowanej glebie lessowej przewyższa parowanie wody z gleby nieobsianej, a największa różnica przypada na okres suszy i intensywnego rozwoju roślin;
- 9) ilość wody nieużytecznej dla roślin jest bardzo znaczna w glebie i rośnie z głębokością, osiągając $\frac{2}{3}$ całego zapasu wody (na 1 ha ponad 1000 m³ wody martwej);
- 10) do wytworzenia 1 kg suchej masy buraków potrzeba 891 kg wody, a na 1 kg suchej masy plonu pszenicy 1023 kg wody;
- 11) o wielkości plonu nie decyduje sumaryczna ilość opadów (wody), a ich rozkład w czasie okresu wegetacyjnego;
- 12) gleba zamarznięta, a przykryta pokrywą śniegową gromadzi wodę w warstwie zamarzniętej i leżącej tuż pod nią, kosztem wilgoci poziomów niższych;
- 13) słabo zbielicowana gleba lessowa posiada duże zdolności do regulowania i magazynowania wody;
- 14) przy badaniach dynamiki wilgotności gleby należy posługiwać się przeliczeniami, umożliwiającymi śledzenie zmian nasycenia wodą gleby (przeliczać na objętość lub maksymalną pojemność wodną), oraz ważnym jest uwzględnić ilość wody fizjologicznie użytecznej dla roślin, jak też ilość wody martwej.

S U M M A R Y.

Soil water relations in loess.

The present paper is a fragment of a whole series of works on the dynamics of soil. They were commenced by Prof. A. Musierowicz a few years before the war. Some of them have been published.

This paper deals with the dynamics and water economy of slightly podsolized loess soil. Observations and measurements have been carried out during a period of two years on cultivated soil (beets, wheat) and on soil without plant cover. Changes of soil in all four horizons have been traced and the influence of some plants and climatic factors on changes and distribution of soil moisture has also been examined.

On the basis of data obtained the following conclusions regarding water economy may be drawn:

- 1) during the period of two years the moisture of podsolized loess soils underwent great changes,
- 2) during the period of one year a certain regularity was observed, in summer the quantity of water decreased and in early spring, autumn and winter it was greater,
- 3) the humus level showed greatest variations of moisture which were smaller in the middle level and very slight in the lowest,
- 4) the moisture of the upper horizon of grey podsolized soil is mostly influenced by climatic factors: a) there is a strict correlation between moisture and precipitation, b) with increase of temperature the amount of soil water decreases,
- 5) in lower horizons variations of moisture depend mainly on properties of soil and plant cover and only secondly on climatic factors,
- 6) beets caused a decrease of moisture in 60 cm of soil during the vegetation period,
- 7) the most intense absorption of water occurred in the first ten days of July and September and in August,
- 8) wheat brought about a greater decrease of moisture in all horizons than beets,
- 9) wheat exhibits greatest need of water by the end of May, in June and at the beginning of July,
- 10) transpiration of wheat and beets on podsolized loess soils exceeds soil evaporation (greatest differences occur during drought and period of intense plant development),
- 11) quantity of water useless to plants is considerable and increases with depth amounting to $\frac{2}{3}$ of entire water contents, and on the area covered by the profile there was over 1000 m³ of „dead water“,
- 12) 891 kg of water were used to produce 1 kg of dried beets, whereas 1023 kg were needed for 1 kg of wheat,
- 13) our experiment shows that it is the distribution of water during the vegetation period and not the total amount of it which decides about the crop,
- 14) during winter there is a movement of water in the soil and when the latter is frozen and covered with snow water gathers in the frozen part and just beneath it at the cost of moisture in the lower level,
- 15) after the soil thawing the differences between all horizons disappear and the distribution of moisture becomes similar to that observed before freezing,

- 16) podsolized loess soil possesses a great ability of regulating and storing water,
- 17) when investigating the dynamics of soil dampness we should use calculations which enable to trace its variations and the amount of physiological water useful for cultivated plants and the amount of „dead water“ should also be taken into consideration.

VI. Spis cytowanej literatury.

1. Alten F. — Die Bestimmung von Wasserhaushalt, Nährstoffzustand und Düngungsbedürfnis der Mineralböden nach den Methoden d. Versuchstation Lichterfelde. Berlin 1934.
2. Arbeiten über Kalidüngungen. Zweite Reihe. Landwirtschaft. Versuchstation. Berlin. Lichterfelde 1935.
3. Bac St. — Ruchy warstw gleby wskutek zamarzania i rozmarzania gleby. Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych. Tom XXXIII. Poznań 1934.
4. Bac St. i Bezradcki S. — Gospodarka wodna na podstawie badań meteorologiczno-rolniczych; stacji doświadczalnej w Kościelcu. Warszawa 1934.
5. Bac St. — Wyniki doświadczeń melioracyjnych przeprowadzonych na polu doświadczalno-drenarskim w Kościelcu (pow. Kolski) w latach od 1925 do 1931 r. Przegląd Melioracyjny Nr 2—3. Warszawa 1936.
6. Bac St. — Stosunki wodne i wpływ ich na plonowanie łąki naturalnej na torfowisku niskim. Rocznik Łąka i Torfowisko, Warszawa—Sarny 1937.
7. Bac St., Malicki A., Rogiński St., Wszelaczyński T. — Ważniejsze pojęcia związane z występowaniem wód wglębnych. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Vol. I. Sectio B. Lublin 1946.
8. Kaczinskij I. A. — O własności poczw i metodach jejo izuczenija. Sielchoz-giz. Moskwa 1926.
9. Kaczinskij I. A. — Izuczenije fizycznych swojstw poczw i korniewych sistem rastienij pri tieritorialnych poczwiennych issledowanijach. (Pragrama i metodika rabot). Gossielizdat. Moskwa 1930.
10. Kaczinskij I. A. — Zamierzanie, rozmierzanie i własnost poczw w zimnij sieszon w lesu i na polewych uczastkach. Trudy Nauczno-Issledowatielskowo Instituta Poczwowiedienija. Moskwa 1927.
11. Kaczinskij I. A. — Opyt agromielioratiwnoj charakteristiki poczw. Trudy Sawiëtskoj Sekcii Mieżdunarodnoj Asciacji Poczwowiedow. Tom III. Moskwa 1934.
12. Lebediew A. F. — Pieriedwiżenije wady w poczwach i gruntach. Izw. Donsk. S-ch. Instituta. T. III, 1918.
13. Lundegard H. — Klima und Boden i ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1930.
14. Mitscherlich A. — Bodenkunde für Land-und Forstwirte. Berlin, 1913.
15. Musierowicz A. i Dobrzański B. — Wartość nawozowa supertomasyny pod buraki pastewne w świetle doświadczeń polowych przeprowadzonych na szarej glince nalessowej. Uprawa Roślin i Nawożenie. Nr 2 (54). Luty 1934.
16. Musierowicz A., Nowotny F., Jaworski R. — Materiały do poznania dynamiki gleb polskich. Zmiany zawartości rozpuszczalnych w wodzie

- połączeń azotowych w ciemnopróchnicznej glebie dublańskiej, w ciągu okresu wegetacyjnego. Uprawa Roślin i Nawożenie. Zeszyt II. Rok 1935.
17. Musierowicz A. i Dobrzański B. — Materiały do poznania dynamiki gleb polskich. Zmiany w ciągu okresu wegetacyjnego w zawartości rozpuszczalnych w 1% kwasie cytrynowym, połączeń fosforowych w szarej glince nalessowej. Uprawa Roślin i Nawożenie. Z. II. Rok 1935.
 18. Niklewski B. — Fiziologia roślin. Poznań 1933.
 19. Pallmann H. — Die Probleme der Düngung in der Landwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Verwertung von Abwasser und ausgefallten Schlamm. Zurich 1936.
 20. Römer T. H. — Handbuch des Zuckerrübenbaues. Berlin.
 21. Roniewicz W. — Wpływ drenowania na rozkład wilgoci w gruncie. Lwów 1933.
 22. Rosłoński R. — Hydrologia w zakresie nauki o wodach podziemnych. Podręcznik inżynierski. Warszawa—Lwów, 1928.
 23. Rosłoński R. — Woda gruntowa w dorzeczu Jasiołdy na Polesiu i jej stosunek do odpływu i parowania. Archiwum Towarzystwa Naukowego we Lwowie. Dział III — Tom XI, Zeszyt 2. Lwów 1939.
 24. Rozow L. P. — Mieliaratiwnoje poczwiedienije. Moskwa 1936.
 25. Rozow L. P. — Poczwo-drenarskije procesy w podzolistych poczwach při ich drienirowanii. Poczwo-wiedienije. Nr 5. Moskwa 1937.
 26. Rybczyński M., Pomianowski K. i Wóycicki K. — Hydrologia. Część I. Opady — odpływ. Warszawa 1933.
 27. Sekera F. — Die nutzbare Wasserkapazität und die Wasserbeweglichkeit in Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. Band 22. Berlin, 1931.
 28. Sokołowski — Hodowla lasu. Kraków, 1930.
 29. Staniszkis — Podręcznik gospodarstwa wiejskiego. Warszawa—Toruń, 1927.
 30. Szymkiewicz D. — Jak należy charakteryzować wilgotność klimatu. Kraków, 1925.
 31. Szymkiewicz D. — Ekologia roślin. Lwów, 1932.
 32. Terlikowski F. — Zależność rozwoju roślin od stosunku uwilgotnienia gleby w różnych okresach wegetacji. Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych. Tom XI. 1924.
 33. Tomaszewskij J. J. — Pieski Astrachanskoj stepi. Iz trudow po lesnomu dielu. Moskwa, 1931.
 34. Tomaszewski J. — Gleby błotne Polesia. Materiały do Poznania Gleb Polskich. Tom 4. Puławy, 1935.
 35. Vageler P. — Der Kationen-und Wasserhaushalt des Mineralbodens. Berlin 1932.
 36. Vageler P. u Alten T. — Böden des Nil und Gash. IV. Aus der Landwirtschaftlichen Versuchstation, Berlin—Iichterfelde.
 37. Wondrausch A. — Mapa gleb majątku Zakładów Naukowo Rolniczych Politechniki Lwowskiej w Dublanach. Rękopis.
 38. Zacharow S. A. — Kurs poczwowiedienija. Moskwa—Leningrad, 1931.
 39. Zunker F. — Das Verhalten des Bodens zum Wasser. Handbuch der Bodenlehre. Herausgegeben von E. Blanck. Band VI. Die physikalische Beschaffenheiten des Bodens. Berlin, 1930.

*Institute of Pedology,
University M. Curie-Skłodowska, Lublin*

Nakł 1400 61 × 86 V kl. 80 g



A-15521