

RYSZARD BARANOWSKI, BERNARD BAKOWSKI

WPŁYW ZRÓŻNICOWANEGO SKŁADU FAZOWEGO GLEBY
NA DYNAMIKĘ JEJ TEMPERATURYInstytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa
Zakład Uprawy Roli i Roślin w Laskowicach Oławskich

WSTĘP

Właściwości termiczne gleby należą do głównych czynników siedliskowych wpływających na rozwój i plonowanie roślin. W naszych warunkach klimatycznych podwyższenie temperatury gleby wpływa na ogół korzystnie na vegetację roślin, co przejawia się w szybszym kiełkowaniu nasion, intensywniejszym rozwoju systemu korzeniowego oraz łatwiejszym pobieraniu wody i składników pokarmowych przez roślinę. Wzrost temperatury powoduje również zwiększenie biologicznej aktywności środowiska glebowego, przyspiesza procesy humifikacji materii organicznej i mobilizację składników pokarmowych.

Ocieplenie ornej warstwy można uzyskać na przykład przez meliorację terenów zabagnionych lub uprawę zagonową, czyli drogą osuszenia zbyt wilgotnych, tzw. zimnych gleb. Stosowane są również działania mające na celu zmniejszenie ilości ciepła wypromieniowanego przez glebę do atmosfery (np. mulczowanie powierzchni gleby, zadymianie przyziemnej warstwy powietrza). Na szczególną uwagę zasługują mechaniczne zabiegi uprawowe, których wpływ na właściwości cieplne gleby nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniony.

Każdy zabieg uprawowy związany jest ze zmianą ciężaru objętościowego i struktury gleby wskutek spulchniającego lub zagęszczającego działania narzędzi uprawowych. Bezpośrednim efektem mechanicznej uprawy są zatem zmiany składu fazowego gleby. Ugniecenie równoznaczne jest ze wzrostem procentowego udziału stałej fazy i spadkiem zawartości gazowej fazy w jednostce objętości gleby. Zabiegi spulchniające dają efekt przeciwny. Przy niezmiennej gęstości stałej fazy suma objętości fazy ciekłej i gazowej pozostaje również stała, co oznacza, że kierunek zmian zawartości powietrza jest przeciwny do zmian zawartości wody.

Biorąc pod uwagę główne wskaźniki charakteryzujące termikę gleby, tj. pojemność i przewodnictwo cieplne poszczególnych faz glebowych, można wnioskować ogólnie, że spulchnienie gleby powinno prowadzić do podwyższenia jej temperatury, a zagęszczenie do obniżenia. Z doświadczeń prowadzonych w Swojcu koło Wrocławia wynika, że temperatura gleby spulchnionej uprawą wiosenną była wyższa w południe dwóch dni słonecznych o około 2° w stosunku do temperatury gleby nie spulchnionej. W dniu pochmurnym maksymalna różnica wynosiła 0.5°C [3].

Kolasjew i Gierasimow stwierdzili, że przywałowanie wierzchniej warstwy gleby może spowodować wzrost temperatury w warstwie 0—10 cm o 3 do 5°C [1]. Inne badania radzieckie wskazują na znaczny wpływ głębokości orki i struktury gleby na temperaturę warstwy ornej. Westcot i Wierenga podkreślają znaczenie przepływu pary wodnej w transporcie ciepła przez glebę. Duża wartość ciepła parowania wody powoduje, że udział procesów parowania i skraplania sięga, zdaniem wymienionych autorów, w górnej warstwie (0—2 cm) 60% ogólnej wartości strumienia cieplnego przepływającego przez glebę [4]. Celem prac własnych było określenie wpływu spulchnienia lub zagęszczenia ornej warstwy gleby piaskowej na jej temperaturę w okresie letnim.

METODYKA

Badania przeprowadzono na terenie Zakładu Uprawy Roli i Roślin IUNG w Laskowicach Oławskich w trzech miesiącach letnich (czerwiec — sierpień) 1975 r.; obejmowały one odczyty temperatury i pomiary wilgotności ornej warstwy gleby bielcowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego. Na trzech mikroparcelach o powierzchni kilku metrów kwadratowych każda otrzymano drogą zagęszczenia lub spulchnienia warstwy 0—25 cm 3 obiekty glebowe różniące się stosunkiem objętościowym fazy stałej, ciekłej i gazowej (tab. 1).

Na każdym obiekcie zainstalowano glebowe termometry rtęciowe na głębokościach 5, 10 i 20 cm w trzech powtórzeniach. Odczyty temperatury wykonywano w godz. 7, 13 i 19. Oprócz termometrów rtęciowych zainstalowano również na tych samych głębokościach czujniki oporowe średnicy 1 cm i długości 10 cm, wykonane z oporowego drutu niklowego. Zapis temperatury odbywał się w sposób ciągły za pomocą rejestratora typu IMR-3. Pomiary zawartości wody w glebie wykonywano przeciętnie dwa razy w tygodniu neutronową sondą powierzchniową, której wskazania dotyczyły średniej wilgotności warstwy gleby od 0 do około 25 cm. W połowie lipca ponownie spulchniono obiekt o najluźniejszej strukturze, oznaczając przy tym ciężar objętościowy gleby przed i po wykonaniu zabiegu. Z wykonanych pomiarów wynika, że efekt osiadania gleby wynosił $0,02\text{ G/cm}^3$, czyli był nieznaczny i w zasadzie mieścił się w zakresie błęd pomiarowego.

T a b e l a 1

Ciężar objętościowy i skład fazowy gleby biellicowej
/piasek gliniasty mocny/ w warstwie 0-25 cm
Laskowice Oławskie 1975 r.
Bulk density and phasic composition of podzolic soil
/heavy loamy sand/ in the layer of 0-25 cm
Laskowice Oławskie, 1975

	Gleba zagęszczona obiekt M Compacted soil object M		Gleba o naturalnej strukturze obiekt S Soil with natural structure object S		Gleba spulchniona obiekt L Loosened soil object L	
	średnio mean	maks. i min. max. and min.	średnio mean	maks. i min. max. and min.	średnio mean	maks. i min. max. and min.
Ciężar objętościowy gleby suchej, g/cm ³ Bulk density of dry soil, g/cm ³	1,56		1,31		1,20	
Faza stała, % obj. Solid phase, vol. %	58,9		49,4		45,3	
Woda, % obj. Water, vol. %	20,4	33,2-11,7	16,1	25,8-10,0	14,2	23,4- 9,7
Powietrze, % obj. Air, vol. %	20,7	7,9-29,4	34,5	24,8-40,6	40,5	31,3-49,7

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zestawienie średnich temperatur w całym 3-miesięcznym okresie obserwacji (tab. 2) wskazuje, że zróżnicowanie temperatur między badanymi obiektami było niewielkie, lecz dość jednoznacznie uwidaczniające wpływ wykonanych zabiegów. Zarówno zagęszczanie gleby, jak i spulchnianie spowodowało, z nielicznymi wyjątkami, obniżenie średnich temperatur w porównaniu z obiektem o naturalnej strukturze. Obniżki temperatury wahały się dla poszczególnych głębokości i terminów obserwacji od 0,2 do 1,0°C dla gleby ubitej i od 0,2 do 1,1° dla gleby spulchnionej. Średnie obniżenie temperatury wskutek spulchnienia bądź zagęszczenia wynosiło w przybliżeniu 0,5°.

Nieco inaczej kształtował się wpływ gęstości gleby na średni gradient temperatury. Charakteryzujące tę wielkość różnice temperatur między poziomami 5 i 20 cm miały o godz. 13 w glebie spulchnionej i nie spulchnionej jednakową wartość, wynoszącą 6,4°C. Natomiast dla gleby zagęszczonej wielkość ta wynosiła 5,3°C, tj. o 1,1°C mniej w porównaniu z dwoma pozostałymi obiektami. Rano i wieczorem wielkości gradientów były ze zrozumiałych względów niewielkie, a co za tym idzie, różnice międzyobiektowe miały wartości nieistotne.

Wpływ ubicia gleby na dynamikę temperatury zarysował się wyraźniej w dni słoneczne (tab. 3). Na głębokości 5 cm o godz. 13 średnia temperatura gleby zagęszczonej była w dniach słonecznych o 1,3°, a w po-

T a b e l a 2

Średnia temperatura gleby biellicowej /piasek gliniasty mocny/
Laskowice Oławskie, czerwiec-sierpień 1975 r.
Mean temperatures of podzolic soil /heavy loamy sand/
Laskowice Oławskie, June-August 1975

Objekt Object	Gleba zagęszczona Compacted soil				Gleba o naturalnej strukturze Soil with natural structure				Gleba spulchniona Loosened soil				
	7	13	19	1	7	13	19	1	7	13	19	1	
Godzina Hour													
Głębokość: Depth													
5 cm	17,8	26,2	22,3	17,7	18,0	27,0	22,8	17,6	17,7	26,8	22,1	18,0	
10 cm	17,5	24,2	23,0	16,9	17,7	24,6	23,5	17,9	17,1	24,3	22,9	17,0	
20 cm	18,0	20,9	22,5	20,5	18,2	20,6	22,4	20,9	17,7	20,4	22,0	19,8	
Średnia Mean	17,8	23,8	22,6	18,4	18,0	24,1	22,9	18,8	17,5	23,8	22,3	18,3	
Różnica/20-5/ Difference /20-5/	+0,2	-5,3	+0,2	+2,8	+0,2	-6,4	-0,4	+3,3	0,0	-6,4	-0,1	+1,8	

T a b e l a 3

Średnia temperatura gleby biellicowej /piasek gliniasty mocny/
o godz. 13 w dniach słonecznych /s/ i pochmurnych /p/
Laskowice Oławskie, czerwiec-sierpień 1975 r.
Mean temperature of podzolic soil /heavy loamy sand/
at 13 hour in sunny /s/ and cloudy /p/ days
Laskowice Oławskie, June - August 1975

Głębokość Depth	Gleba zagęszczona /M/ Compacted soil		Gleba o naturalnej strukturze /S/ Soil with natural structure		Gleba spulchniona /L/ Loosened soil		M-S		L-S	
	s	p	s	p	s	p	s	p	s	p
5 cm	28,7	21,4	30,0	21,9	29,6	21,5	-1,3	-0,5	-0,4	-0,4
10 cm	26,1	20,7	26,6	20,8	26,3	20,4	-0,5	-0,1	-0,3	-0,4
20 cm	21,8	19,2	21,4	19,1	21,3	18,7	+0,4	+0,1	-0,1	-0,4
Różnica 5-20 cm Difference 5-20 cm	+6,9	+2,2	+8,6	+2,8	+8,3	+2,8				

chmurnych o 0,5° niższa od temperatury gleby o naturalnej strukturze. Wpływ spulchnienia na temperaturę był niezależny od nasłonecznienia. Gleba spulchniona miała w południe dni słonecznych, jak i pochmurnych temperaturę o 0,4° niższą od temperatury obiektu o nienaruszonej strukturze. Wskutek nasłonecznienia zwiększyła się również różnica gradientów między glebą ubitą a pozostałymi obiektami. W dniach pochmurnych gradienty były 3-krotnie mniejsze w stosunku do dni słonecznych, przy czym ich wartość była prawie jednakowa dla wszystkich obiektów.

W 3-miesięcznym czasie obserwacji wyróżniły się dwa okresy wynoszące w sumie 18 dni, które następowały bezpośrednio po 2-krotnym spulchnieniu obiektu o luźnej strukturze. W tym czasie temperatura gleby spulchnionej była w południe średnio o 1,4°C niższa, natomiast w pozostałych 72 dniach o 0,7°C wyższa od odpowiedniej temperatury gleby zagęszczonej (tab. 4).

T a b e l a 4.

Porównanie średniej temperatury gleby biellicowej o godz. 13 /piasek gliniasty mocny/, ubitej /M/ i spulchnionej /L/ w zależności od stanu struktury obiektu spulchnionego Laskowice Oławskie, czerwiec-sierpień 1975 r.

Comparison of mean temperatures of podzolic soil at 13 hour /heavy loamy sand/, compacted /M/ and loosened /L/, depending on the state of the loosened object structure Laskowice Oławskie, June-August 1975

	Obiekt Object	Głębokość cm - Depth, cm		
		5	10	20
W okresach bezpośrednich po spulchnieniu obiektu L 18 dni In periods directly after loosening of the object L 18 days Różnica Difference	L	25,4	22,6	19,4
	M	26,5	24,1	19,9
	L-M	-1,1	-1,5	-1,5
W okresach zaskorupienia wierzchołkowej warstwy obiektu L 72 dni In periods of crusting of surface layer of the object L 72 days Różnica Difference	L	27,2	24,7	20,9
	M	26,1	24,3	21,1
	L-M	+1,1	+0,4	-0,2

Teoretyczne uzasadnienie przedstawionych zjawisk jest trudne ze względu na skomplikowany charakter procesów termicznych przebiegających w ośrodku glebowym. Przepływ ciepła w profilu glebowym opisuje równanie [4]:

$$c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \alpha \frac{\partial q}{\partial z}$$

gdzie:

c — pojemność cieplna gleby,

T — temperatura,

t — czas,

z — odległość rozpatrywanego poziomu od powierzchni gleby,

λ — współczynnik przewodnictwa cieplnego,

α — ciepło parowania wody,

q — gęstość strumienia pary wodnej.

Z przedstawionego równania wynika, że wyliczenie gradientów temperatury wymaga znajomości c , λ i q . Na podstawie składu fazowego rozpatrywanych obiektów glebowych można jedynie wyliczyć pojemność cieplną, która dla gleby ubitej wynosiła 0,52, naturalnej — 0,42 i spulchnionej — 0,38 cal/cm³. °C. Przewodnictwo cieplne gleby zależy przede wszystkim od porowatości, wilgotności i składu mechanicznego. Ze względu na skomplikowany charakter tej zależności wartość współczynnika λ określa się eksperymentalnie. Można powiedzieć ogólnie, że spulchnienie i obniżenie wilgotności gleby wpływa na zmniejszenie współczynnika przewodnictwa cieplnego, a zagęszczenie i wzrost wilgotności zwiększa jego wartość [1, 2]. Z tego względu w glebach zbitych powstają mniejsze gradienty temperatury niż w glebach luźnych, co wyjaśniałoby przedstawione różnice w spadkach temperatury wraz z głębokością między obiektem zagęszczonym a glebą o naturalnej strukturze.

Wspomniany kierunek zmian wielkości współczynnika przewodnictwa cieplnego nie wyjaśnia jednakże zaobserwowanych zjawisk termicznych w glebie spulchnionej, której gradient temperaturowy nie był wyższy, a temperatura wierzchniej warstwy okazała się nawet niższa od odpowiednich wielkości w glebie o naturalnej gęstości. Odpowiedzi na to pytanie należy szukać w drugim składniku prawej strony równania, który przedstawia zmiany strumienia cieplnego związane z przepływem pary wodnej w profilu glebowym. Jak wynika z tab. 1, objętość porów wypełnionych powietrzem w glebie spulchnionej była o 6,5 do 9,1% większa niż w glebie o naturalnej gęstości, przy czym udział dużych przestworów zwiększył się jeszcze bardziej ze względu na równoczesne zmniejszenie się udziału porów średniej wielkości. Musiało to wpłynąć na wzrost współczynnika dyfuzji (zwiększenie średniej drogi swobodnej), co zwiększyło intensywność parowania i spowodowało obniżenie dziennych temperatur gleby spulchnionej. W glebie o zwiększonej strukturze szybkość dyfuzji pary wodnej ograniczają małe rozmiary porów glebowych i dlatego parowanie oraz związane z tym straty ciepła były mniejsze.

Mechanizmem tym można uzasadnić również wspomnianą różnicę temperatur między obiektem spulchnionym i ubitym w dniach następujących bezpośrednio po wykonanych spulchnieniach (tab. 4). W późniejszych okresach, zwłaszcza pod wpływem destrukcyjnego działania deszczu, wytworzyło się w cienkiej warstwie powierzchniowej zaskorupienie hamujące dyfuzję pary wodnej. W tych warunkach odpływ ciepła był ograniczony, co uwidoczniło się w podwyższeniu temperatury.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone w okresie letnim obserwacje temperatury ornej warstwy gleby biellicowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego

wskazują, że mechaniczne zabiegi uprawowe wpływają na dynamikę temperatury gleby.

2. Zagęszczenie gleby o $0,25 \text{ g/cm}^3$ w stosunku do naturalnej gęstości spowodowało wzrost przewodnictwa cieplnego i obniżenia średniej temperatury, dochodzące w dniach słonecznych do $1,3^\circ\text{C}$.

3. Spulchnienie gleby o $0,11 \text{ g/cm}^3$ w stosunku do naturalnej gęstości obniżyło średnią temperaturę, przy czym obniżka dochodziła do $1,1^\circ\text{C}$ i spowodowana została zwiększonym parowaniem spulchnionej warstwy.

LITERATURA

- [1] Czudnowski A. i in.: Podstawy agrofizyki. Warszawa 1967, PWRiL.
- [2] Głobus A.: Eksperymentalna gidrofizika poczw. Leningrad 1969, Gidromet, Izdat.
- [3] Świętochowski B., Jabłoński B.: Uprawa roli. Warszawa 1964, PWRiL.
- [4] Westcot D., Wierenga P.: Transfer of heat by conduction and movement in a closed soil system. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 1974, 9—14.

Р. Барановски, Б. Баковски

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОЧВЫ НА ДИНАМИКУ ЕЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Отделение обработки почвы и растениеводства

Института агротехники, удобрения и почвоведения в Ласковицах Олавских

Резюме

В летнем периоде 1975 г. были проведены наблюдения температуры пахотного слоя подзолистой почвы образовавшейся из глинистой супеси. Исследования проводились на трех объектах где плотность составляла $1,56$; $1,31$ и $1,20 \text{ г/см}^3$. Объемное взаимосоотношение твердой фазы, жидкой и газовой составляло $59:20:21$, $49:16:35$ и $45:14:41$. Изменения влажности проверяли при помощи нейтронного поверхностного зонда в слое $0—25 \text{ см}$.

Дифференциация пропорций в фазовом составе почвы повлияла на динамику ее температуры и значения термических градиентов. Одинаково как уплотнение, так и разрыхление почвы, по соотношению с естественной плотностью, приводило к понижению средних температур, доходящему в солнечные дни до $1,3^\circ$ по Ц. В статье обсуждаются причины наблюдаемых термических явлений на основе уравнения движения тепла в среде имеющей одно измерение, с учетом влияния испарения.

R. BARANOWSKI, B. BAKOWSKI

INFLUENCE OF DIFFERENTIATED PHASIC COMPOSITION OF SOIL
ON ITS TEMPERATURE DYNAMICS

Institute of Soil Science and Cultivation of Plants
Department of Soil and Crop Cultivation at Laskowice Oławskie

S u m m a r y

In summer of 1975 observations of temperatures arable podzolic soil developed from heavy loamy, were carried out. The investigations were carried out on three objects with the bulk density of 1.56, 1.31 and 1.20 g/cm³. The mutual volumetric relation between solid, liquid and gaseous phase amounted to 59:20:21, 49:16:35 and 45:14:41. The changes of soil moisture were controlled by means of the neutron surface probe in the 0—25 cm layer.

The differentiation of proportions in the phasic composition of soil affected the dynamics of its temperature and the value of thermic gradients. Both compaction and loosening of soil in relation to its natural bulk density caused a drop of mean temperatures, reaching 1.3°C in sunny days. Main causes of the observed thermic phenomena are discussed in the article on the basis of the heat flow equation in an one-dimensional medium, taking into consideration the evapotrative effect.

Doc. dr Ryszard Baranowski
Zakład Uprawy Roli
i Roślin IUNG
Laskowice Oławskie