

OZNACZANIE TEMPERATURY W GLEBACH LEKKICH NA PODSTAWIE ZDOLNOŚCI INWERSYJNEJ SACHAROZY¹

Определение температуры в легких почвах при помощи инверсионной способности сахарозы

Temperaturbestimmung in leichten Böden auf Grund Inversionsfähigkeit von Rohrzucker

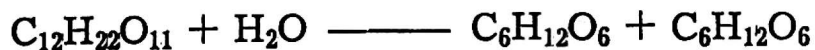
S. KOWALIŃSKI, A. KOLLENDER-SZYCH, B. GIEDROJC

Katedra Gleboznawstwa WSR we Wrocławiu

Na konieczność dokonywania pomiarów temperaturowych w strefie mikroklimatu gleby i upraw polowych wskazywali różni badacze. Między innymi T a m m (6, 7, 8) zwrócił uwagę na zasadnicze różnice pomiędzy wynikami pomiarów temperatury dokonywanymi w punktach obserwacji meteorologicznych a temperaturą zmierzoną na danym obiekcie doświadczalnym. Pomiarów dokonywano przeważnie przy pomocy skomplikowanej i kosztownej aparatury tak, że trzeba było ograniczyć się do małej ilości obiektów. Dopiero P a l l m a n n, E i c h e n b e r g e r i H a s l e r (4), opierając się na znanej zależności inwersji sacharozy od temperatury (1, 2, 3, 5, 9) opracowali bardzo wygodną i prostą w obsłudze oraz stosunkowo tanią metodę określania średniej temperatury. Temperatura ta może być mierzona tak w powietrzu nad glebą, jak i na różnych głębokościach w profilu glebowym.

Przy pomocy tej metody określa się tzw. liczbę eT (temperaturę wykładniczą), czyli temperaturę stałą, jaka powinna panować przez cały okres pomiarów, aby uzyskać ten sam efekt końcowy, czyli w danym wypadku — dany etap inwersji.

Sacharoza (cukier trzcinowy) w roztworze wodnym ulega pod wpływem jonów wodorowych hydrolitycznemu rozpadowi czyli inwersji na glikozę i fruktozę:



¹ Praca subsydiowana przez Komitet Zagospodarowania Gleb Lekkich PAN.

Szybkość inwersji przy stałej temperaturze jest proporcjonalna do stężenia i odpowiada równaniu:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot H (A - x) \quad (1)$$

gdzie:

- A — stężenie sacharozy w czasie t
- x — stężenie inwertu w czasie t
- k — stała szybkości reakcji inwersji
- H — stężenie jonów wodorowych
- t — czas

stąd przyjmując za Pallmannem zamiast logarytmu naturalnego logarytm dziesiętny, stała szybkości inwersji wynosi:

$$k = \frac{1}{H \cdot t} \lg \frac{A}{A - x} \quad (2)$$

a dla pomiarów polarymetrycznych:

$$k = \frac{1}{H \cdot t} \lg \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha - \beta_0} \quad (3)$$

gdzie:

- α_0 — kąt skręcenia sacharozy w czasie $t = 0$
- β_0 — kąt skręcenia inwertu w czasie $t = \infty$
- (α_0 i β_0 przy danej koncentracji sacharozy i kwasu są stałe)
- α — kąt skręcenia częściowo zinwertowanego roztworu sacharozy w czasie t .

Inwersji ulegają jedynie cząstki, których energia nie jest niższa od energii aktywacji. Ilość tych cząstek wzrasta ze wzrostem temperatury, stąd:

$$\frac{d \ln k}{dt} = \frac{E}{RT^2} \quad (4)$$

gdzie:

- E — energia aktywacji
- R — stała gazowa
- T — temperatura absolutna

lub według van't Hoffa (1884): szybkość reakcji wzrasta 2—4 razy przy podwyższeniu o 10° (dla niższych temperatur):

$$\lg K = a + bT \quad (5)$$

stąd:

$$K = 10^a \cdot 10^{bT}$$

a, b — stałe reakcji

Przyrównując równania (3) i (5)

$$K = 10^a \cdot 10^{bT} = \frac{1}{H \cdot t} \lg \frac{A}{A-x} \quad (6)$$

Ponieważ cały okres pomiarów można by podzielić na dużą ilość cząstkowych okresów pomiarowych, wartość stałej szybkości inwersji K_T^{\dots} dla pewnej średniej temperatury T^{\dots}

$$K_T^{\dots} = \frac{1}{H \cdot \Sigma t} \lg \frac{A_0}{A_t} = 10^a \cdot 10^{bT^{\dots}} \quad (7)$$

gdzie:

A_0 — stężenie początkowe sacharozy

A_t — stężenie sacharozy w czasie t

Równanie to można rozwinąć następująco:

$$10^a \cdot 10^{bT^{\dots}} = \frac{10^a (t' \cdot 10^{mT'} + t'' \cdot 10^{mT''} + t''' \cdot 10^{mT'''} + \dots)}{t' + t'' + t''' + \dots} = K_T \quad (8)$$

a liczba eT — temperatura średnia:

$$eT = \frac{\lg \frac{1}{H \cdot \Sigma t} + \lg \left(\lg \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha - \beta_0} \right) - a}{b} \quad (9)$$

Stałe a i b występujące we wzorze (9) zostały obliczone przez Pallmanna i wynoszą:

1) dla zakresu temperatur od -2° do 30°C

$$a = -1,22$$

$$b = 0,07197$$

2) dla zakresu temperatur od 28° do 40°C

$$a' = -0,90644$$

$$b' = 0,05971$$

Stężenie jonów wodorowych w roztworze sacharozy musi być stałe, w warunkach doświadczenia pH wynosi 2,9.

Na podstawie równania (5) Pallmann wykreślił krzywe, przy pomocy których można wyinterpolować liczby eT .

Liczba eT podaje nam wartość temperatury średniej, temperatury wykładniczej. Wynika to z równania (8). Temperatura ta nie jest średnią

arytmetyczną ani geometryczną. Wartość jej wypada pomiędzy temperaturami najwyższą i najniższą, jest powiązana funkcjonalnie z ekstremami temperatury. Wyższe temperatury mają większy wpływ na średnią eT niż niższe, stąd wartość eT zawsze jest wyższa od średniej arytmetycznej pomiarów pojedynczych. Mimo to, ze względu na to, że liczba eT obliczona jest w oparciu o reakcję inwersji cukru trzcinowego, wyniki uzyskane tą drogą bardziej odpowiadają wartościom efektywnej temperatury średniej niż wartości średniej temperatury arytmetycznej.

PRZYGOTOWANIA LABORATORYJNE

Dla utrzymania ściśle określonego stężenia jonów wodorowych sacharozę należy rozpuścić w roztworze buforowym cytrynianu sodu i kwasu solnego o $\text{pH} = 3,0$. Roztwór ten należy przygotować ściśle sterylnie i napełnić nim ampułki szklane o pojemności 20—50 cm^3 . Ampułki te zatapia się natychmiast po napełnieniu roztworem cukru — buforu (C—B) w warunkach sterylnych (pH roztworu C—B przy 18°C wynosi 2,9).

a) Przygotowanie odczynników

1. Roztwór cytrynianu sodu — 42,016 g kwasu cytrynowego według Sörensena rozpuszcza się w 200 ml 2 n NaOH i uzupełnia następnie wodą destylowaną do 1000 ml.
2. Dokładnie 0,2 n HCl — należy go przygotować z HCl stęż. cz. d. a. Bufor właściwy o $\text{pH} = 3,0$ przy 18°C uzyskuje się przez zmieszanie 404 ml roztworu cytrynianu sodu z 596 ml 0,2 n HCl.
3. Roztwór sacharozy: 1500 g cukru trzcinowego cz. d. a. rozpuszcza się w 1000 ml wody destylowanej. Objętość roztworu wzrasta do 1900 ml. Syrop należy następnie przesączyć przez zwykły sączonek składany.

b) Przygotowanie mieszaniny inwertującej

Ampułki szklane, służące później jako przyrządy rejestrujące temperaturę środowiska otaczającego, zamyka się korkami z waty i ogrzewa w suszarce przez 3 godziny w temperaturze 140°C . W specjalnym aparacie, składającym się z 2 kolb płaskodennych o pojemności 500 ml i 1000 ml, połączonych ze sobą w ten sposób, by roztwory znajdujące się wewnątrz kolb nie mogły samoczynnie mieszać się ze sobą, przeprowadza się równocześnie, lecz oddzielnie — sterylizację buforu i roztworu sacharozy. Do każdej z kolb wlewa się jednakową ściśle objętość obu roztworów z tym, że roztwór buforu wlewa się do kolby o mniejszej pojemności, roztwór sacharozy zaś — do kolby o pojemności podwójnej.

Sterylizator wraz z roztworem zamyka się korkami z waty i wstawia do autoklawu parowego, gdzie ogrzewa przez 60 minut w 120°C. Roztwory sterylne należy następnie jak najszybciej oziębic z tym, że należy unikać zmieszania się roztworów. Po oziębieniu wlewa się roztwór buforu do roztworu sacharozy i dobrze miesza. Następnie sprawdza się pH roztworu oraz określa α_0 na polarymetrze. Tak przygotowanym roztworem napełnia się ampułki szklane do $\frac{2}{3}$ ich pojemności. Napełnienie najlepiej przeprowadzić przy pomocy strzykawki wyjałowionej o odpowiedniej pojemności. Napełnione ampułki natychmiast zatapia się i do czasu użycia przechowuje się w szafce chłodniczej w temperaturze -2 do -3°C . Czas przechowywania nie powinien przekraczać 10 dni. Część ampulek zużywa się do doświadczalnego określenia końcowego kąta skręcalności β_0 roztworu zinwertowanego w ampulkach, przetrzymywanych w łaźni wodnej o temperaturze 100°C. Niezmienny kąt skręcalności uzyskuje się po około 15 godzinach.

BADANIA POLOWE

Wstępne badania nasze ograniczały się do przebadania przydatności metody do bezpośrednich badań polowych oraz do porównywania wyników uzyskanych na podstawie inwersji cukru trzcinowego z wynikami średnich temperatur, oznaczonych termometrami glebowymi.

Pomiarów temperatur dokonywano w różnych terminach, a mianowicie: po 14 dniach, 30 i 60 dniach. Ampułki wykładane były na powierzchni oraz na głębokościach: 10, 20, 40 i 60 cm na poletkach obsianych różną roślinnością tego samego rodzaju gleby.

Przebadano zmiany temperatur gleb lekkich na polach obsianych seradela, lecz o różnym nawożeniu i niektórych stosowanych zabiegach agromelioracyjnych oraz żytem, peluszką i pod zwartą roślinnością łąkową.

1. Charakterystyka gleby

a) Gleba typologicznie niewykształcona wytworzona z piasków fluwio-glacialnych o składzie mechanicznym — piasek gliniasty lekki na piasku luźnym.

0— 28 cm Poziom próchniczny, ciemnoszary, słabo strukturalny. Skład mechaniczny piasek gliniasty lekki.

28— 56 cm Piasek słabo gliniasty, barwy ciemnożółtej, bezstrukturalny.

56—150 cm Piasek luźny, szaropopielaty, słabo warstwowany, bezstrukturalny.

b) Gleba piaszczysta darniowa

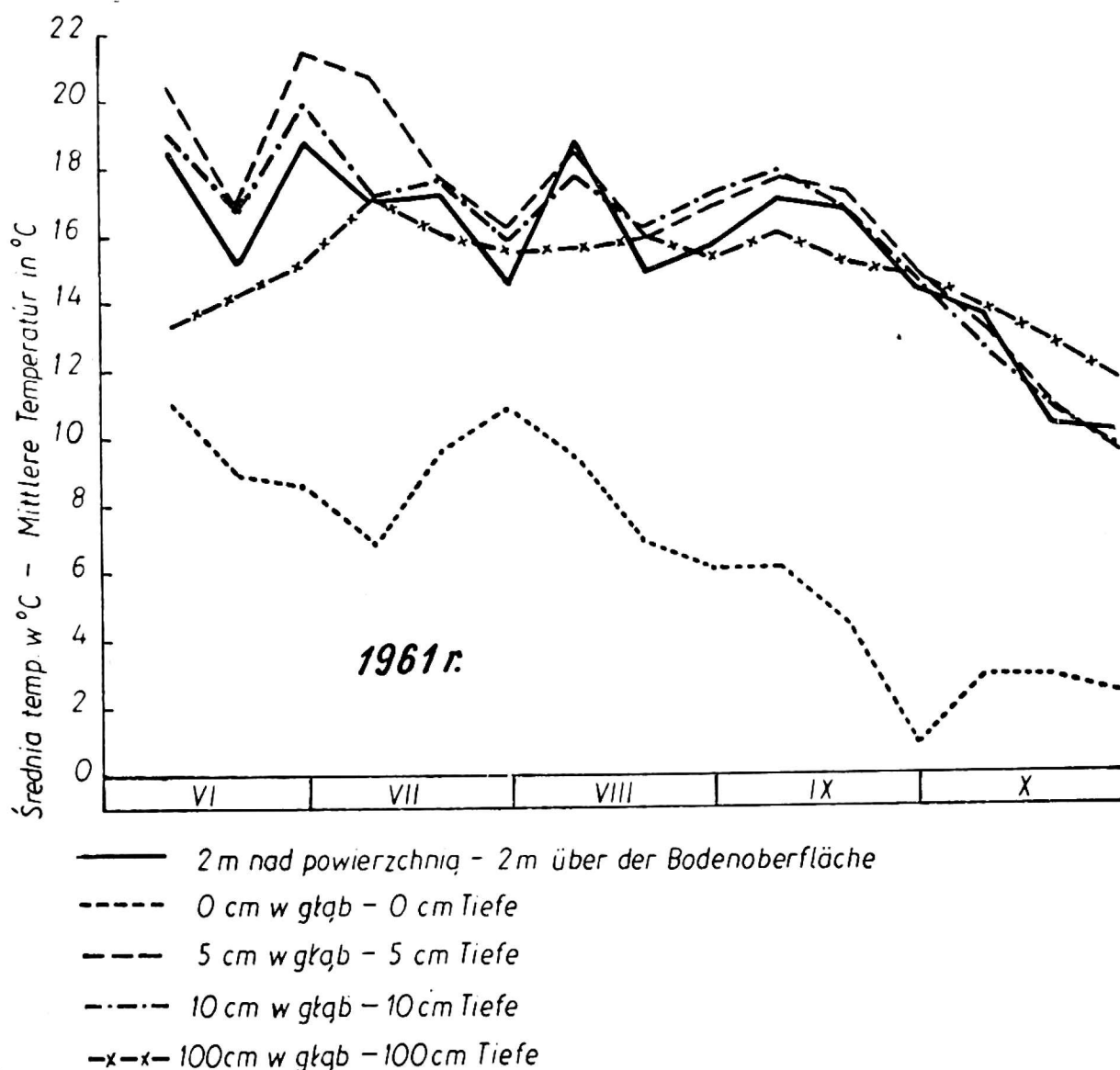
0— 9 cm Zwarta darni, silnie poprzerastana korzeniami traw. Skład mechaniczny piasek gliniasty lekki, ciemnoszarej barwy, słabo strukturalny.

9— 24 cm Poziom próchniczno-darniowy, barwy sinawoszarej, piasek słabo gliniasty, słabo strukturalny.

24— 52 cm Piasek luźny, barwy żółtej z odcieniem szarobrunatnym, bezstrukturalny.

52 cm Piasek luźny, barwy jasnopopielatej słabo warstwowany.

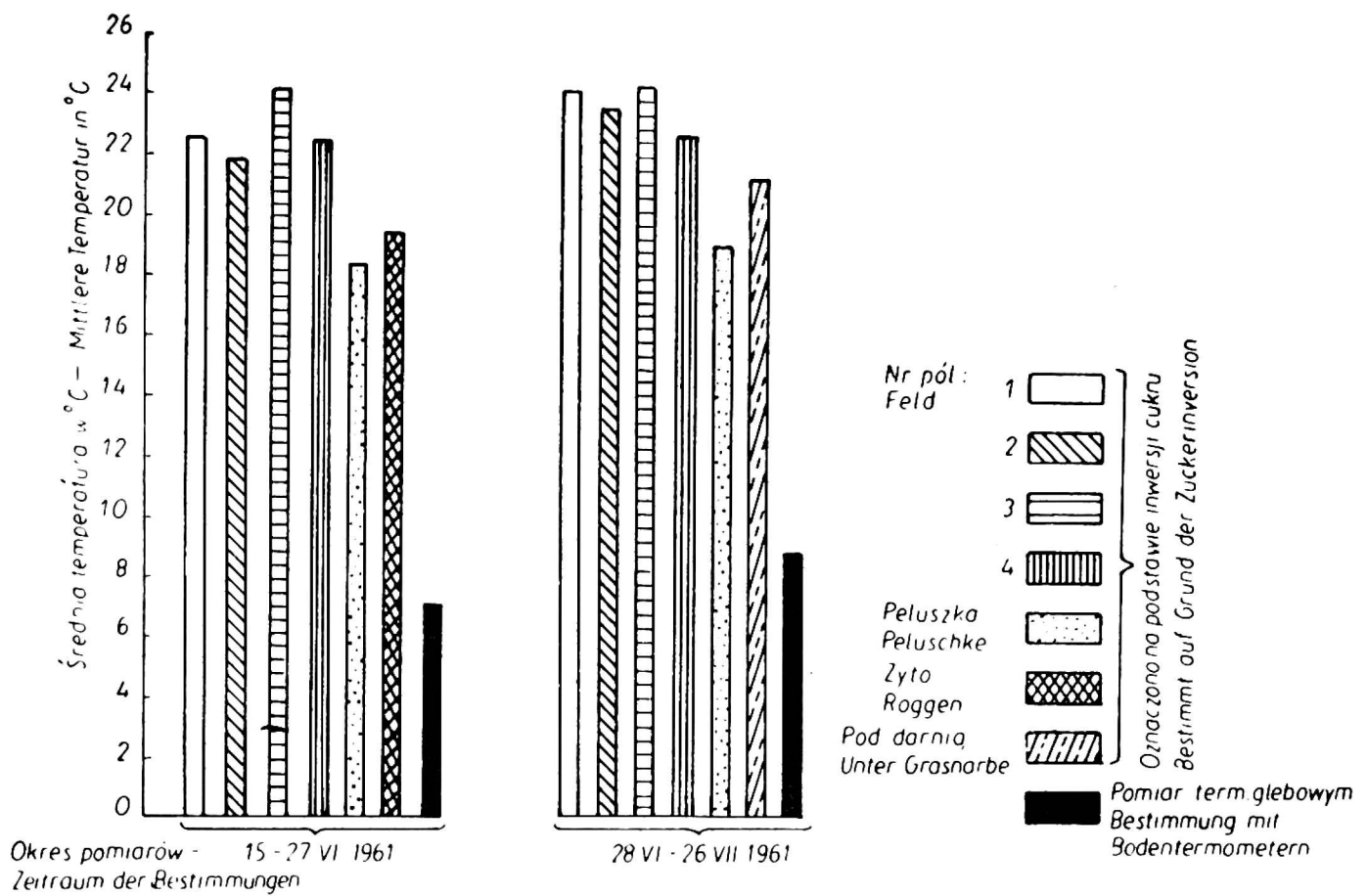
Pola uprawne o podanej charakterystyce gleby obsiane były: żytem, peluszką i seradelą. Obiekty obsiane seradelą nawożono: 1) obornikiem 400 q, 2) obornikiem + wapno 100 q, 3) obornikiem + wapno + glina 600 q, 4) zieloną masą organiczną. (Obiekty wapnowano i glinowano w 1958 r.).



Rys. 1. Wahania średnich dekadowych temperatur na różnych głębokościach w glebie piaszczystej. (Pomiar termometrami glebowymi)
 Abb. 1. Schwankungen der mittleren Dekadentemperaturen in verschiedenen Tiefen des Sandbodens (Bestimmung mit Bodenthermometren)

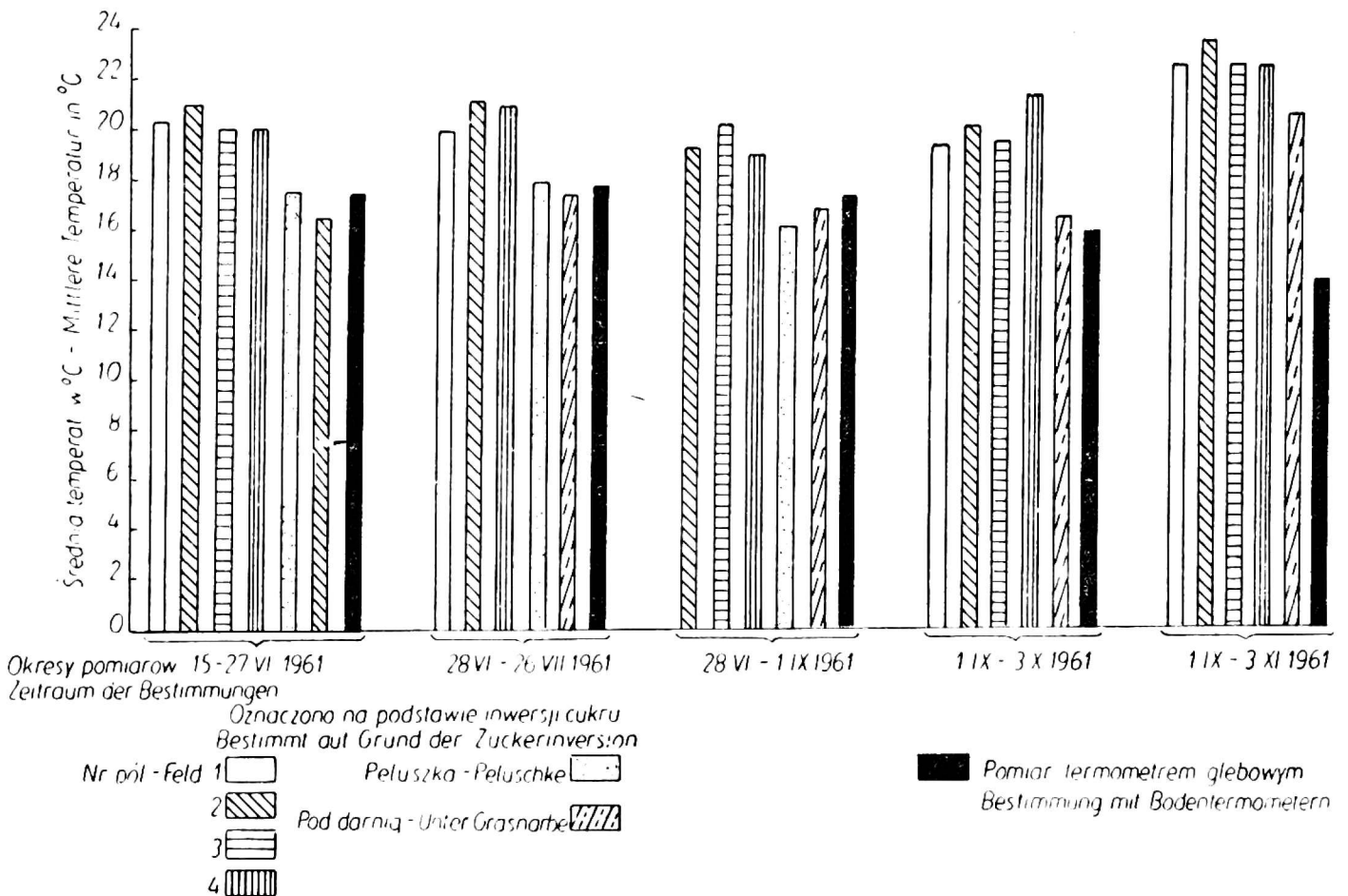
2. Charakterystyka oznaczeń bilansu termicznego na poszczególnych obiektach

a) Pomiar po raz pierwszy wykonano w połowie czerwca 1961 r. Temperatury średnie za okres od 15 do 27. VI na powierzchni gleby pól



Rys. 2. Wahania średnich temperatur na powierzchni gleby pod różną roślinnością i różnym nawożeniem gleby

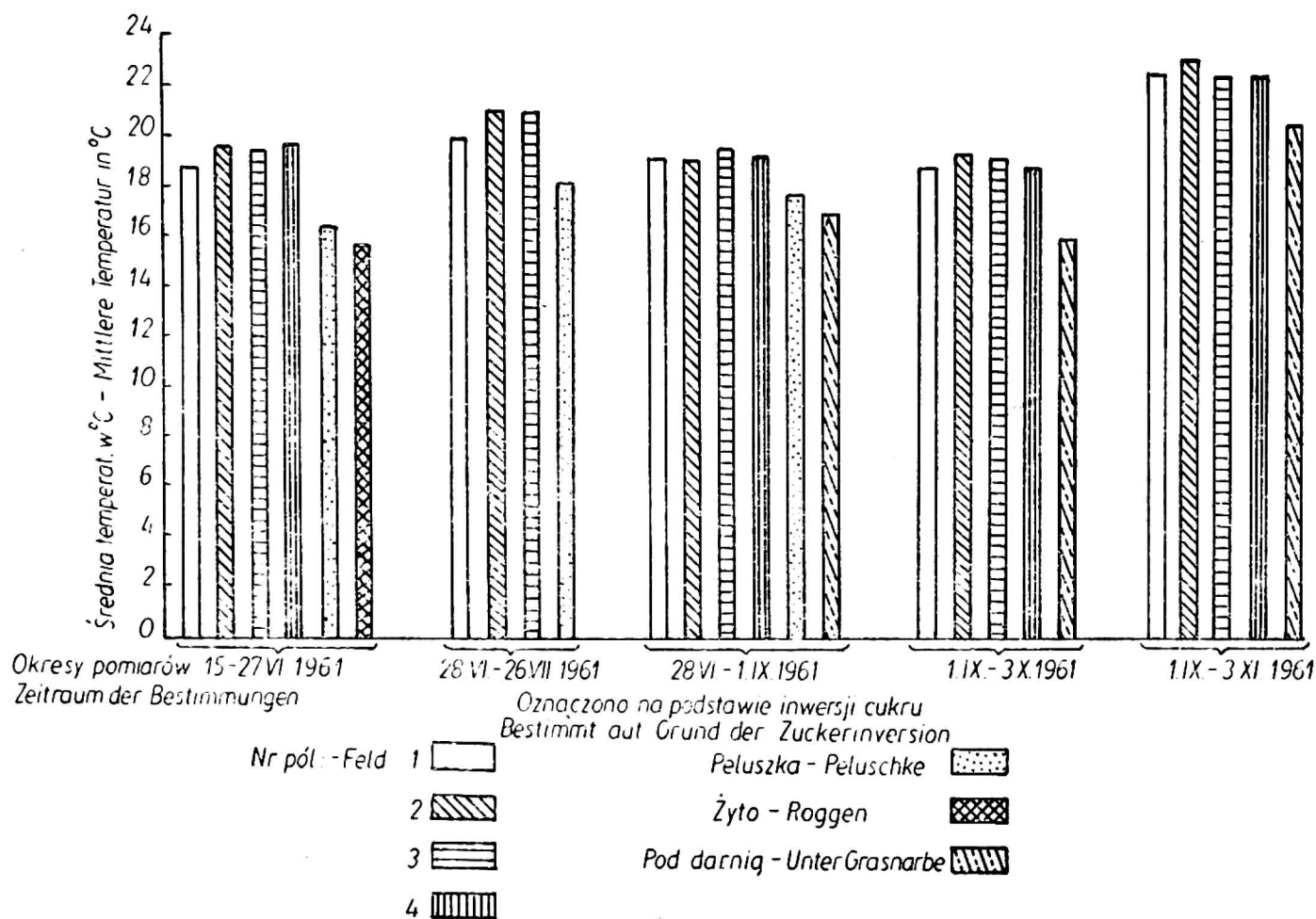
Abb. 2. Schwankungen der mittleren Temperatur an der Bodenoberfläche unter verschiedenen Pflanzen und bei verschiedener Düngung



Rys. 3. Wahania średnich temperatur na głębokości 10 cm w glebie piaszczystej

Abb. 3. Schwankungen der mittleren Temperatur in 10 cm. Tiefe im Sandboden.

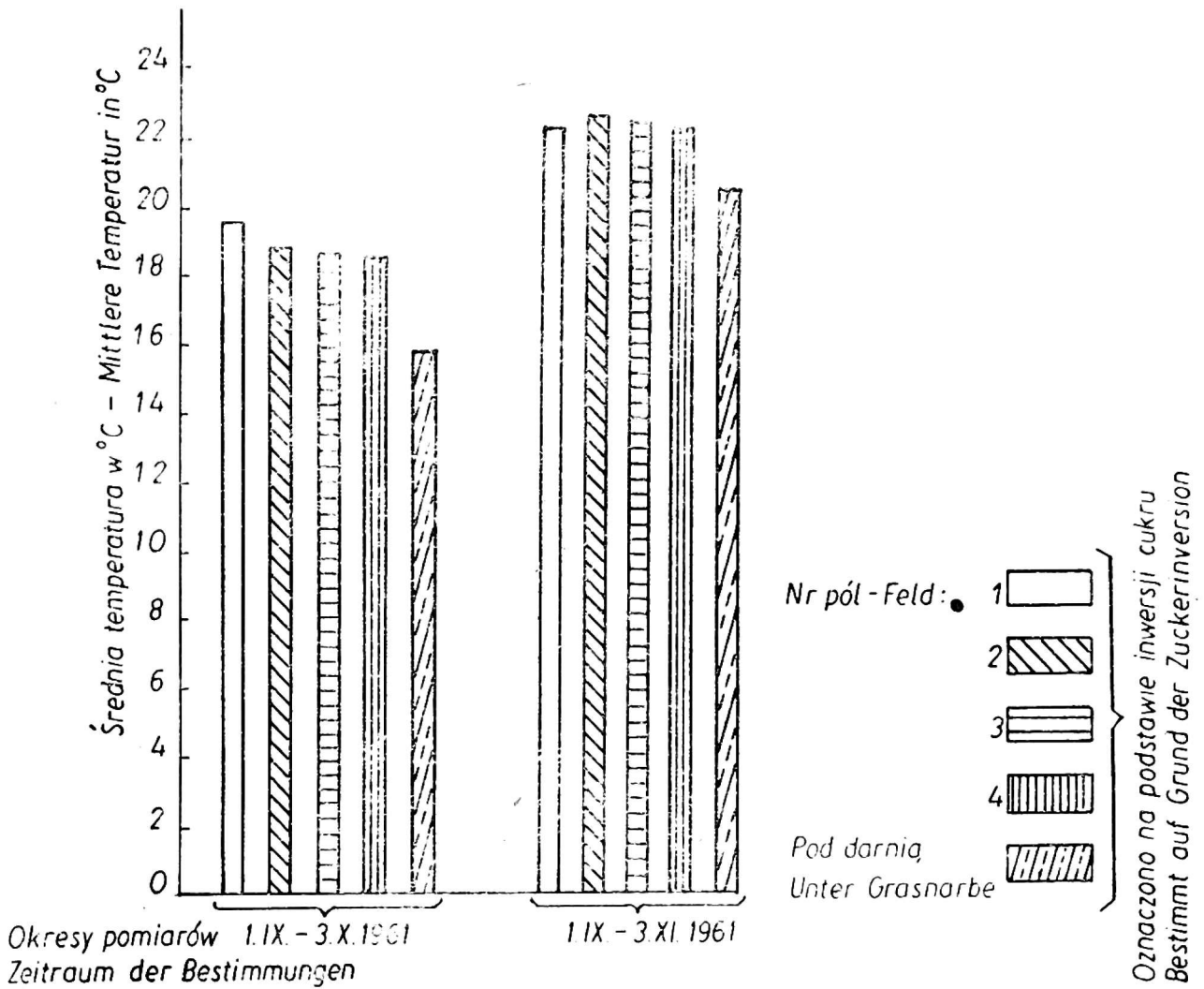
obsianych seradela o różnym nawożeniu były wyższe od średnich temperatur gleby obsianej żytem, peluszką lub porośniętych zwartą roślinnością łąkową. Wyniki średnich temperatur otrzymane na podstawie zdolności inwersyjnej cukrów były więcej niż 3-krotnie wyższe od średnich temperatur zmierzonych termometrami glebowymi. Powstałe znaczne różnicowania pomiarów na powierzchni wynikają prawdopodobnie z faktu, że na podstawie inwersji można lepiej uchwycić ciągłość wahań temperatur całego okresu (doby) w porównaniu z oznaczeniami uzyskiwanymi za pomocą termometrów glebowych, gdzie odczyty wykonuje się trzykrotnie w ciągu doby.



Rys. 4. Wahania średnich temperatur na głębokości 20 cm w glebie piaszczystej
Abb. 4. Schwankungen der mittleren Temperatur in 20 cm. Tiefe im Sandboden

Następne pomiary (średnie temperatury) w okresie 28. VI—26. VII. 1961 r. w małym stopniu różniły się od pomiarów poprzednich i kilkakrotnie były wyższe od średnich pomiarów termometrami (rys. 2).

b) Temperatury oznaczone na głębokości 10 cm w glebie nie różnią się zasadniczo od temperatur na powierzchni, chociaż są nieznacznie niższe. Również średnie temperatury z pomiarów termometrami glebowymi mało odbiegają od danych otrzymanych na podstawie zdolności inwersyjnej cukrów. Bardziej szczegółowe różnice obrazuje rys. 3.



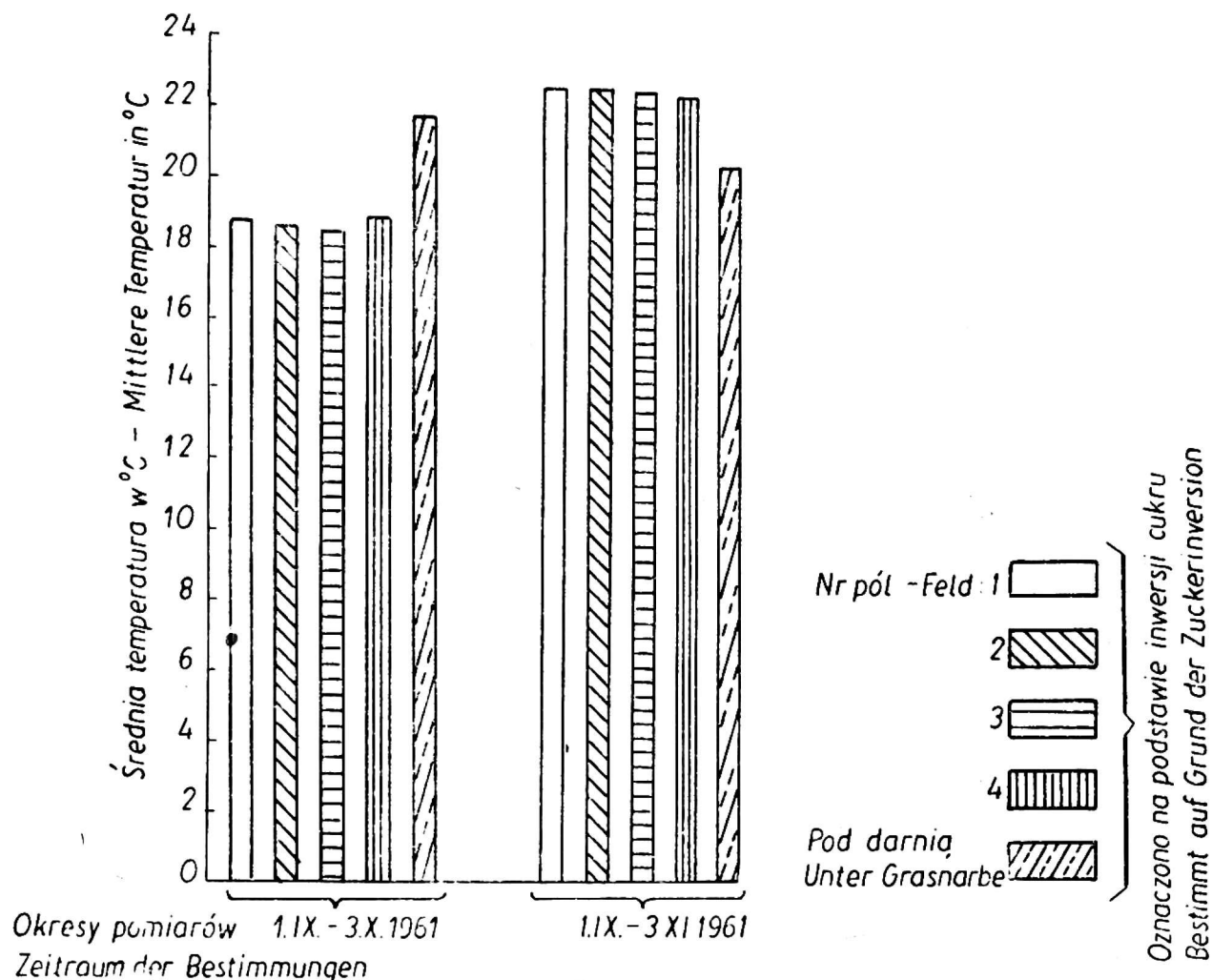
Rys. 5. Wahania średnich temperatur na głębokości 40 cm w glebie piaszczystej. (Pomiar na podstawie inwersji cukru)

Abb. 5. Schwankungen der mittleren Temperatur in 40 cm. Tiefe im Sandboden. (Bestimmung auf Grund der Zuckerinversion)

c) Otrzymane wyniki z oznaczeń na głębokości 20 cm są różne w różnym czasie, lecz w małym stopniu odbiegają od średnich temperatur oznaczonych na 10 cm głębokości. Temperatury pod peluszką i żytem różnią się od temperatury obiektów obsianych seradela. Niższe średnie otrzymano również na glebie łąkowej (rys. 4).

d) Temperatury gleb na 40 cm głębokości na polach uprawnych są na ogół wyrównane. Temperatura gleby pod darnią była niższa w czasie od 1. IX — 3. X. 1961 r., następnie w drugim okresie badań 1. IX — 3. XI. 1961 r. wzrosła znacznie w porównaniu do średnich temperatur gleb uprawnych (rys. 5).

e) Na głębokości 60 cm pól obsianych seradela o kombinowanym nawożeniu wyraźnych różnicowań nie stwierdzono. Na tej głębokości pod darnią obserwuje się podwyższanie temperatury (rys. 6). Z braku termometrów glebowych (uległy zniszczeniu), na niektórych głębokościach nie uzyskano danych średnich tych oznaczeń. Wahania średnich temperatur mierzonych termometrami glebowymi obrazuje rys. 1.



Rys. 6. Wahania średnich temperatur na głębokości 60 cm w glebie piaszczystej. (Pomiar na podstawie inwersji cukru)

Abb. 6. Schwankungen der mittleren Temperatur in 60 cm. Tiefe im Sandboden. (Bestimmungen auf Grund der Zuckerinversion)

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Metoda pomiarów średnich temperatur w glebie na podstawie zdolności inwersyjnej cukru według Pallmana i współpr. może być stosowana w różnych warunkach środowiska glebowego. Badania temperatur w glebie można przeprowadzać na różnych głębokościach (również nad powierzchnią gleby) i pod różnymi uprawnymi roślinami. Oznaczenia bilansu termicznego tą metodą wykonane w różnym okresie czasu pozwalają na śledzenie zmian temperatur w poszczególnych fazach rozwojowych roślin i ich okresach wegetacji.
2. Metoda wymaga opanowania dobrej techniki oznaczeń skręcalności cukrów przy pomocy polarymetru oraz umiejętności sporządzania roztworów w warunkach aseptycznych, co jest podstawowym warunkiem w uzyskiwaniu porównywalnych wyników. Ze względu

na szereg zalet może mieć szersze zastosowanie w praktyce rolniczej i badaniach zjawisk termicznych zachodzących w warunkach środowiska glebowego.

3. Stosowanie wymienionej metody do oznaczeń temperatur gleby w ciągu jedynie kilku miesięcy nie daje możliwości wyciągania ścisłych wniosków. Dalsze badania pozwolą na prześledzenie zmian termicznych zachodzących w glebach pod różnymi kulturami roślinnymi, czy stosowanych zabiegów agrotechnicznych.

LITERATURA

1. Brodzki A. — *Chemia fizyczna* Warszawa 1953, t. V (50—70).
2. Honig P. — *Principles of sugar technology*, New York 1953 (7—9) (447—449).
3. Jackson R., Gillis C. Z. — *Ztschr. Ver. Dtsch. Zuckerind.* 1920 (521—594).
4. Pallmann H., Eichenberger E., Hasler A. — *Bodenk. Forsch.* 1940, VII 1/2.
5. Spengler O., Tödt F. — *Ztschr. Ver. Dtsch. Zuckerind.* 1928 (393—405).
6. Tamm E. — *Fortschr. d. Landw.* 1933, 8 (24—29) (59—61).
7. Tamm E. — *Fortschr. d. Landw.* 1938, 35 (257—265).
8. Tamm E. — *Landw. Jahrb.* 1939, 88 (479—548).
9. Włostowska W. — *Chemia węglowodanów* Warszawa 1933 (140—142) (277—285).

С. Ковалиньски, А. Коллендэр-Ших, Б. Гедройць

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЛЕГКИХ ПОЧВАХ ПРИ ПОМОЩИ ИНВЕРСИЙНОЙ СПОСОБНОСТИ САХАРОЗЫ

Резюме

Целью труда было обследование пригодности метода Палльмана и сотрудников определения термического баланса на основании быстроты инверсии сахарозы в зависимости от температуры для непосредственных полевых опытов и сравнение полученных результатов с результатами средних температур, определяемых при помощи почвенных термометров.

Температура была измеряема в разных сроках, а именно: после 14, 30 и 60 дней. Ампулы, наполненные раствором сахарозы с буфером, предназначенным для регистрирования температурных колебаний, уместались на поверхности и в глубинах: 10, 20, 40 и 60 см на опытных полях, засеянных разной растительностью одного и того же рода почвы.

Авторы обследовали изменения температур легких почв, обсеянных сераделлой, рожью, полевым горохом и плотной луговой растительностью.

На основании произведенных исследований авторы пришли к следующим заключениям:

1. Метод измерений средних температур в почве на основе инверсионной способности сахара по Палльману и сотр. может быть применен в разных условиях почвенной среды. Исследования температур в почве можно производить на разной глубине (также над поверхностью почвы) и под разными культурами. Определение термического баланса, проведенное при помощи этого метода в разных сроках времени, разрешает следить изменения температур в отдельных стадиях роста растений и их сроков вегетации.

2. Метод требует усовершенствованной техники обозначения инверсии сахаров при помощи поляриметра и умения приготовления в асептических условиях растворов, что и является основным условием при получении сравнительных результатов. По поводу ряда положительных примет этот метод может иметь широкое применение в агротехнической практике и при исследованиях термических явлений, происходящих в условиях почвенной среды.

3. Применение вышеописанного метода для обозначений температур почвы в продолжении только нескольких месяцев не дает возможности произвести точных выводов. Дальнейшие исследования разрешат проследить термические изменения, происходящие в почвах под разными растительными культурами и при применении разных агротехнических мероприятий.

S. Kowaliński, A. Kollender-Szych, B. Giedrojć

TEMPERATURBESTIMMUNG IN LEICHTEN BÖDEN AUF GRUND DER INVERSIONSFÄHIGKEIT VON ROHRZUCKER

Zusammenfassung

Auf Grund der Methode von H. Pallmann und Mitarbeitern, welche auf Messungen der Inversionsgeschwindigkeit von Rohrzucker in Abhängigkeit von Temperaturveränderungen beruht, wurde eine Temperaturbilanz leichter Böden aufgestellt. Gleichzeitig wurden die Ergebnisse der „wirksamen Mitteltemperaturmessungen“ mit den Ergebnissen, welche mit Hilfe von Bödenthermometern erhalten wurden, verglichen.

Die Temperaturmessungen wurden in verschiedenen Zeitabständen ausgeführt, und so: nach 14, 30 und 60 Tagen. Die Glasampullen, welche mit einer Zucker-Pufferlösung gefüllt worden waren und zur Registrierung der Temperaturschwankungen dienten, wurden an der Oberfläche des Bodens, sowie in Tiefen von 10, 20, 40 und 60 cm ausgelegt,

beziehungsweise eingegraben. Die Bodenverhältnisse auf den Versuchsfeldern waren überall gleich, nur die Pflanzendecke war verschieden.

Es wurden Temperaturveränderungen in leichten Böden mit Seradella, Roggen, Peluschke sowie mit Grasnarbe untersucht.

Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen wurden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

1. Die Methode von Pallmann und Mitarbeitern kann in verschiedenen Bodenverhältnissen angewendet werden. Die Temperaturmessungen können in verschiedenen Bodentiefen (auch an der Oberfläche sowie in der Luft) und für verschiedenen Temperaturbilanzen verschiedener Zeitabschnitte erlauben eine Verfolgung der Temperaturschwankungen verschiedener Entwicklungsstadien und Vegetationsperioden der Pflanzen.
2. Die Methode erfordert eine gute Beherrschung der Polarisations-technik sowie Herstellung der Lösung in sterilen Verhältnissen. Das sind Grundbedingungen für die Erhaltung vergleichbarer Ergebnisse. Hinsichtlich ihrer Vorzüge kann die Methode weitläufige Verwendung in der landwirtschaftlichen Praxis sowie in Untersuchungen der Temperaturerscheinungen im Boden finden.
3. Die Anwendung der obigen Methode zur Temperaturbezeichnung im Boden in der kurzen Zeit einiger Monate gibt noch nicht die Möglichkeit, präzise Schlüsse zu ziehen. Weitere Untersuchungen werden erlauben, Temperaturveränderungen in Böden mit verschiedenen Kulturpflanzen und agrotechnischen Massnahmen zu verfolgen.