

*Kazimierz Rutkowski  
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki  
Akademii Rolniczej w Krakowie*

## WPLYW WARUNKÓW SOLARNYCH NA ZUŻYCIE CIEPŁA W INSPEKTACH OGRODNICZYCH

### Streszczenie

Przedmiotem badań są inspekty ogrodnicze. Badania przeprowadzono w pierwszej dekadzie marca przy korzystnych warunkach solarnych. Skrzynie inspektów wykonano ze styroduru, zaś materiał pokryciowy stanowiło szkło pojedyncze, szkło zespolone oraz dwuwarstwowa płyta z poliwęglanu. Inspekty ogrzewano oporowym kablem grzejnym. W poszczególnych inspektach dokonano porównania zużycia ciepła oraz określono zapotrzebowanie mocy.

**Słowa kluczowe:** inspekty ogrodnicze, ogrzewanie, warunki solarne

W produkcji roślinnej pod osłonami istotnym czynnikiem jest połączenie wykorzystania środowiskowych warunków naturalnych (składniki pokarmowe, woda, energia słoneczna) z mikroklimatem wytworzonym wewnątrz obiektu. Jednym z istotnych czynników wzrostu roślin jest temperatura podłoża. Niska temperatura gleby niekorzystnie wpływa na rozwój roślin, gdyż ograniczony jest pobór wody i substancji odżywczych przez system korzeniowy [Redut 1980]. W literaturze istnieją minimalne, maksymalne i optymalne wartości temperatury podłoża zależne od gatunku i fazy rozwojowej uprawianych roślin [Krusze 1986]. Dla utrzymania optymalnych warunków temperaturowych w podłożu oraz dla zmniejszenia dysproporcji pomiędzy nadziemnymi i podziemnymi częściami rośliny stosuje się różnorakie systemy ogrzewania podłoża ogrodniczego w produkcji roślin pod osłonami [Kurpaska 2000]:

- ogrzewanie strumieniem ciepłego powietrza,
- ogrzewanie ciepłą wodą,
- ogrzewanie za pomocą elektrycznych kabli grzewczych.

W nowoczesnych obiektach szklarniowych zarówno ze względów energetycznych jak też produkcyjnych ogrzewanie podłoża należy do wyposażenia podstawowego. Najczęściej stosowaną metodą jest ogrzewanie podłoża przy pomocy ciepłej wody. W praktyce ogrodniczej można znaleźć wiele przykładów zastosowania tego systemu ogrzewania.

Rzadziej spotykane jest ogrzewanie przy pomocy kabli grzejnych. Mimo że jest to najtańsze rozwiązanie pod względem inwestycyjnym, to koszty eksploatacji tego systemu są dosyć wysokie. W obiektach które wykorzystywane są okresowo, ogrzewanie elektryczne stosowane jest dosyć często. Ułatwia to uruchamianie bez względu na porę roku. System ten wykorzystywany jest przy ukorzenianiu roślin w szklarniach, w produkcji iglaków oraz w inspektach ogrodniczych [Kuczmierczyk, Rutkowski 2003].

Inspekty ogrodnicze jako najstarsza budowla ogrodnicza w zmodernizowanej wersji pod względem stosowanych materiałów konstrukcyjnych oraz zastosowania ogrzewania elektrycznego ma znowu szansę stać się często wykorzystywanym miejscem produkcji rozsady i nowalijek. Budowle te przy małych nakładach inwestycyjnych pozwalają na znaczne przyspieszenie wegetacji roślin przy małym zapotrzebowaniu ciepła i dobrym wykorzystaniu warunków solarnych [Kuczmierczyk, Rutkowski 2003]. Stosując różnorodne materiały pokryciowe cechujące się małym współczynnikiem przenikania ciepła istnieje możliwość znacznego obniżenia kosztów ogrzewania.

W celu określenia oddziaływania warunków solarnych na zapotrzebowanie mocy kabli grzejnych w inspektach przy zastosowaniu różnych materiałów pokryciowych przeprowadzono na terenie Wydziału Agrotechnologii Akademii Rolniczej w Krakowie cykl badań, które w końcowym etapie pozwalają na określenie wielkości nakładów energetycznych w zależności od warunków termicznych i solarnych.

### **Materiał i metody**

Materiałem do badań były inspekty, w których skrzynie zostały wykonane z płyt z polistyrenu ekstrudowanego (styroduru) o grubości 8cm. Płyty styroduru o wysokości 1m i długości 2,5m zostały zakopane w glebie na głębokość 75 i 80cm. W celu zmniejszenia oddziaływania wilgoci w/w płyty zarówno po stronie wewnętrznej jak też zewnętrznej osłonięto czarną folią o grubości 0,3mm.

W wykonanych skrzyniach o wymiarach 1x2,5m umieszczono kable grzejne w okresie jesieni i pozostawiono na okres zimy. Kable grzejne zostały ułożone na głębokości 15cm. W obiektach zastosowano układ automatycznej regulacji temperatury.

Badania przeprowadzono w 4 obiektach (skrzyniach) gdzie jako materiału pokryciowego użyto:

- szkła pojedynczego grubości 4mm,
- szkła zespolonego (spawanego),
- poliwęglanu dwuwarstwowego o grubości 6mm,

czwartą skrzynię pozostawiono bez przykrycia.

Wewnątrz skrzyni umieszczono czujniki do pomiaru temperatury w glebie na głębokości 4cm. oraz nad glebą na wysokości 10cm. Umieszczone czujniki zostały podłączone do uniwersalnego mikroprocesorowego systemu pomiarowego. Równolegle w sposób ciągły prowadzono monitoring warunków zewnętrznych. Rejestrowano temperaturę zewnętrzną powietrza, temperaturę gleby, prędkość wiatru na wysokości 0,5m od powierzchni ziemi oraz natężenie promieniowania słonecznego.

Pomiar zużycia energii elektrycznej zasilającej kable grzejne wykonywany był i zapisywany w odstępach jednonminutowych.

Badania prowadzono przez okres 10 dni na początku marca 2005 roku. Należy podkreślić, że zima poprzedzająca okres badań była łagodna a gleba obok inspektów była zamrznięta na głębokość 3-4cm.

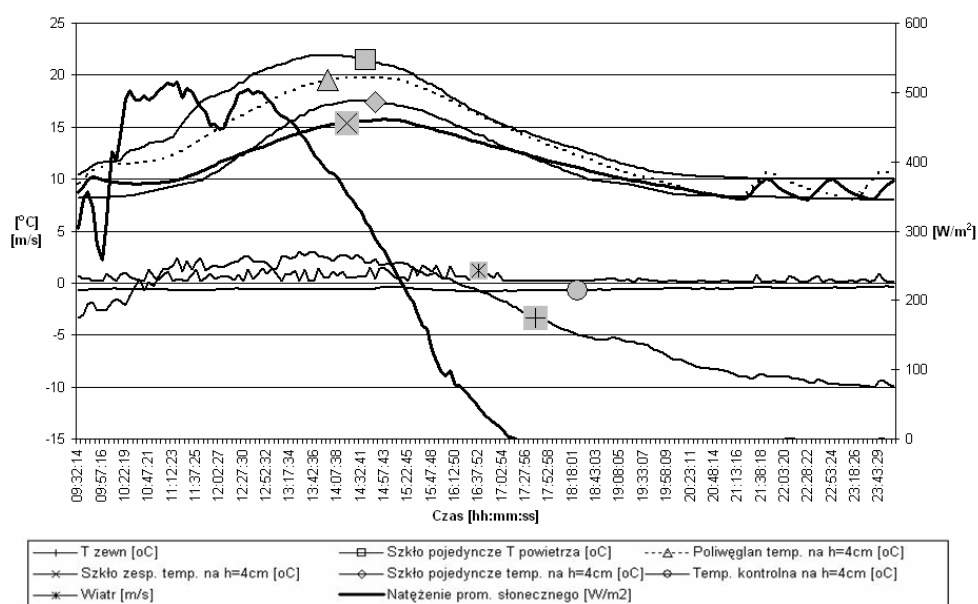
### **Wyniki badań i ich analiza**

Mimo późnego okresu prowadzonych badań temperatura zewnętrzna była bardzo zróżnicowana. Nocą występowały dosyć niskie temperatury dochodzące do  $-10^{\circ}\text{C}$ . Prędkość wiatru podczas prowadzonych badań była umiarkowana i dochodziła do 3m/s. Natężenie promieniowania słonecznego było dosyć wysokie jak na objętą badaniami porę roku, chwilami przekraczało nawet  $500\text{W}/\text{m}^2$ . Z uzyskanych wyników badań szczegółowej analizie poddano trzy dni miesiąca marca cechujące się dużym zróżnicowaniem temperatur, dużą solaryzacją oraz małą prędkością wiatru. Wybór okresu poddanego analizie podyktowany był terminem, który ogrodnicy najczęściej wykorzystują do produkcji rozsad.

Warunki klimatyczne wybranych dni okresu który poddano szczegółowej analizie zostały przedstawione na rysunkach 1-3. Śledząc przebieg dynamiki zmian temperatury gleby na głębokości 4cm zauważa się, że najszybciej na zmiany promieniowania słonecznego reaguje inspekt kryty poliwęglanem. Najmniejsze oddziaływanie na warunki solarne zauważa się pod pokryciem wykonanym ze szkła zespolonego. Inspekt kryty szkłem pojedynczym zarówno względnie szybko

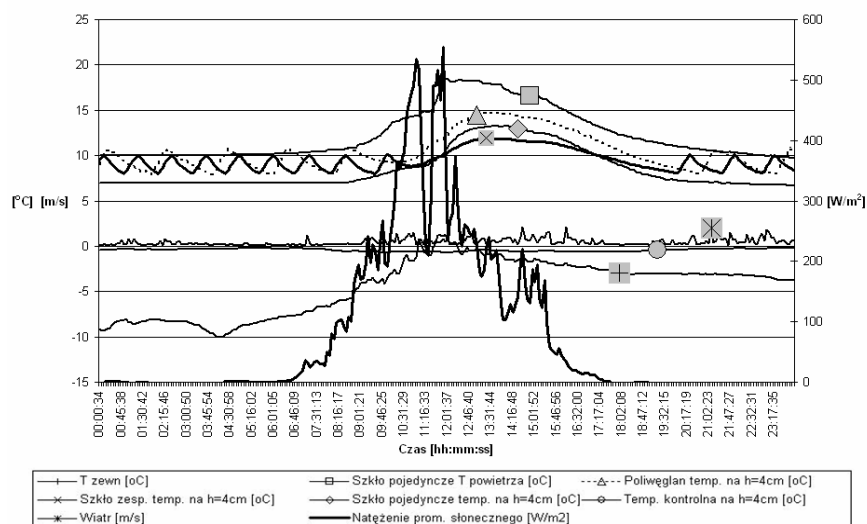
reaguje na zmieniające się warunki solarne jak też szybko następuje wychłodzenie gleby. Zjawisko to należałoby tłumaczyć wyższą przepuszczalnością promieniowania słonecznego przez osłonę pojedynczą stąd szybsze nagrzewanie się podłoża. Wysoka wartość współczynnika przenikania ciepła przez szkło pojedyncze jest powodem dużych strat ciepła a tym samym następuje szybkie schładzanie gleby. Niższe wartości współczynnika przenikania ciepła przez płytę z poliwęglanu i szkła zespolonego są powodem szybszego schładzania się gleby pod osłoną ze szkła pojedynczego co widoczne jest na rysunkach 1-3.

Przeprowadzając bilans energetyczny w poszczególnych inspektach ogrodnich w okresie 10 dni miesiąca marca, gdzie średnie natężenie promieniowania słonecznego mierzone w ciągu 10 godzin dziennie wynosiło średnio 232W, zauważono że inspekty kryte poliwęglanem zużywają 65% mniej energii niż inspekty kryte szkłem pojedynczym. W inspektach krytych szkłem zespolonym analogiczna różnica zużycia energii wynosi 28%.



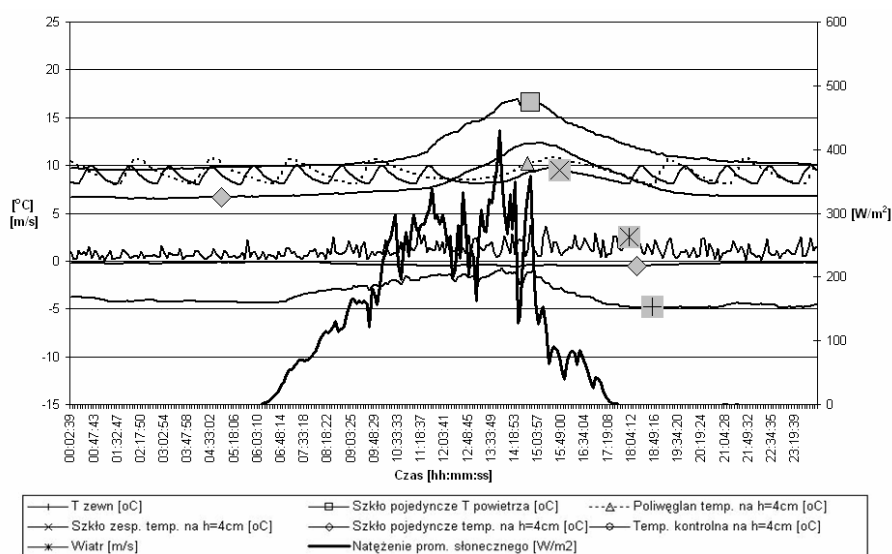
Rys 1. Przebieg temperatur w inspektach ogrodnich pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 4.III.2005

Fig. 1. Temperature characteristics in horticultural frames under various covers in relation to outdoor conditions on 4th March, 2005



Rys 2. Przebieg temperatur w inspektach ogrodnich pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 5.III.2005

Fig. 2. Temperature characteristics in horticultural frames under various covers in relation to outdoor conditions on 5th March, 2005



Rys 3. Przebieg temperatur w inspektach ogrodnich pod różnymi osłonami w odniesieniu do warunków zewnętrznych w dniu 6.III.2005

Fig. 3. Temperature characteristics in horticultural frames under various covers in relation to outdoor conditions on 6th March, 2005

Odnosząc się do wyników badań prezentowanych w publikacji dotyczącej zużycia ciepła w inspektach ogrodnich w miesiącu styczniu (przy niekorzystnych warunkach solarnych) [Rutkowski 2005] należy przyjąć podobną moc kabli grzejnych w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Mimo późniejszego okresu nadeń i korzystniejszych warunków solarnych nadal istnieje zagrożenie występowania niskich temperatur w związku z czym przyjmowana moc kabli grzejnych na jednostkę powierzchni dla inspektów prezentowanych w publikacji krytych szkłem pojedynczym winna wynosić 50W. Korzystając z pozostałych materiałów pokryciowych proponuje się podobną moc grzewczą mimo mniejszego zapotrzebowania ciepła. Powyższa propozycja podyktowana jest tym, że przy niewielkim koszcie inwestycji uzyskujemy korzystniejszy rozkład kabli w glebie (gęściejszy), co pozytywnie wpływa na rozkład temperatur.

### **Wnioski**

1. Najkorzystniejszym materiałem pokryciowym inspektów ogrodnich w okresie korzystnych warunków solarnych ze względów energetycznych ogrodnich jest płyta z poliwęglanu, która w porównaniu z pokryciem wykonanym ze szkła pojedynczego pozwala zaoszczędzić do 65% energii.
2. Wykorzystanie szkła zespolonego do krycia inspektów ogrodnich w okresie korzystnych warunków solarnych pozwala na zaoszczędzenie około 28% energii w stosunku do inspektu krytego szkłem pojedynczym.
3. Ze względu na zmienne warunki klimatyczne oraz rozkład temperatur w glebie w okresie przyspieszonej wiosennej uprawy w inspektach ogrodnich proponuje się jednostkową moc kabli grzejnych na poziomie  $50\text{W}/\text{m}^2$  (przy założonym  $t=21^\circ\text{C}$ .)

### **Bibliografia**

- Kuczmierczyk J., Rutkowski K. 2003. Wpływ rozwiązań technicznych inspektów ogrodnich na poprawę warunków termicznych. *Inżynieria Rolnicza*, 9(51), 317-323.
- Krusze N. 1986. *Ogrodnictwo w tabelach*. PWRiL Warszawa.
- Kurpaska S. 2000. System ogrzewania podłoża ogrodniego ciepłym powietrzem. Analiza teoretyczna i weryfikacja eksperymentalna. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, Z. 269.
- Rewut I. 1980. *Fizyka gleby*, PWRiL, Warszawa.
- Rutkowski K. 2005. Zużycie ciepła w inspektach ogrodnich. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 273-281.

## **EFFECT OF SOLAR CONDITIONS ON HEAT CONSUMPTION IN HORTICULTURAL FRAMES**

### **Summary**

The subject of the tests are horticultural frames. The tests were performed in the first stage decade of March during good solar conditions. Frame boxes were made from styrodur, and cover material was made from single glass, composite glass and two-layer polycarbonate plate. The frames were heated by resistance heating cable. For particular frames comparison was made for heat consumption and power demand was specified.

**Key words:** horticultural frames, heating, solar conditions