

Hubert Latała
Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

WPLYW EKRAŃÓW CIENIUJĄCYCH NA WARUNKI ŚWIETLNE W TUNELU FOLIOWYM

Streszczenie

Badania wykonano w tunelu foliowym o powierzchni 54 m² ustawionym dłuższą osią wschód zachód. Pokrycie obiektu stanowiła folia polietylenowa. Obiekt wyposażony był w przesuwne ekrany cieniujące wykonane z tkaniny pokrytej w 50 % paskami z folii aluminiowej. Poziom natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz tunelu określano przy użyciu fitofotometrów. W wyniku przeprowadzonych badań przedstawiono rozkład natężenia promieniowania PAR wewnątrz tunelu w różnych warunkach radiacji na zewnątrz. W warunkach wykonywanego doświadczenia obliczono procentowy stopień tłumienia promieniowania PAR. Stwierdzono istotny wpływ zastosowanych ekranów cieniujących na intensywność światła dostępnego dla roślin.

Słowa kluczowe: ekrany cieniujące, promieniowanie PAR

Wstęp

Zadaniem szklarni, jak również tunelu foliowego jest zapewnienie warunków koniecznych do prowadzenia całorocznej produkcji roślinnej. Czynniki decydujące o wzroście roślin, takie jak światło, temperatura, wilgotność i skład powietrza, muszą być kształtowane w sposób optymalny, zapewniający jednocześnie minimalizację kosztów inwestycji i eksploatacji.

Zarówno niedobór światła, jak i jego nadmiar mogą być niekorzystne dla roślin. W świetle o małym natężeniu, poniżej świetlnego punktu kompensacyjnego fotosyntezy, rośliny tracą więcej CO₂ niż są w stanie przyswoić, zatem przebywanie przez dłuższy czas w takich warunkach może być dla roślin niekorzystne. Z drugiej strony, w roślinach narażonych na działanie światła o dużym natężeniu zachodzi fotoinhibicja i następuje zmniejszenie fotosyntezy oraz destrukcja aparatu fotosyntetycznego [Koncewicz, Lewaka 2002].

Zmienność parametrów klimatu zewnętrznego wymusza stosowanie rozwiązań energooszczędnych o charakterze aktywnym, to znaczy zmieniających właściwości termiczne obiektu w sposób dynamiczny. Przykładem takiego rozwiązania mogą być ekrany termoizolacyjno – cieniujące, które charakteryzowane są między innymi przez [Zabeltitz za Meyer 1991]:

- małą przepuszczalność długofalowego promieniowania cieplnego (IR),
- i ograniczeniem dostępu światła podczas dnia.

Poprawa izolacyjności tkanin osiągnąta jest przez zastosowanie w ich osnowie pasków z folii aluminiowej. Oferowane tkaniny gwarantują ograniczenie strat ciepła w uprawach pod osłonami w różnym stopniu w zależności od charakterystyki tkaniny, a jej wybór zależy oczywiście od użytkownika. Jeżeli zasłony byłyby zaciągane wyłącznie na okres nocy, wybór rodzaju materiału byłby oczywiście bardzo prosty, należałoby wybrać materiał dający największe oszczędności energetyczne. Ponieważ jednak, w okresie dnia również zależy nam na oszczędzaniu energii, ale jednocześnie i na zapewnieniu dostępu światła dziennego do powierzchni uprawnych, wyboru trzeba dokonać uwzględniając te dwa czynniki. Zwykle wybiera się taki materiał, który pozwala na ok. 40 % oszczędności energetyczne przy ograniczeniu warunków świetlnych o około 30 % [Agro-Sur 2004].

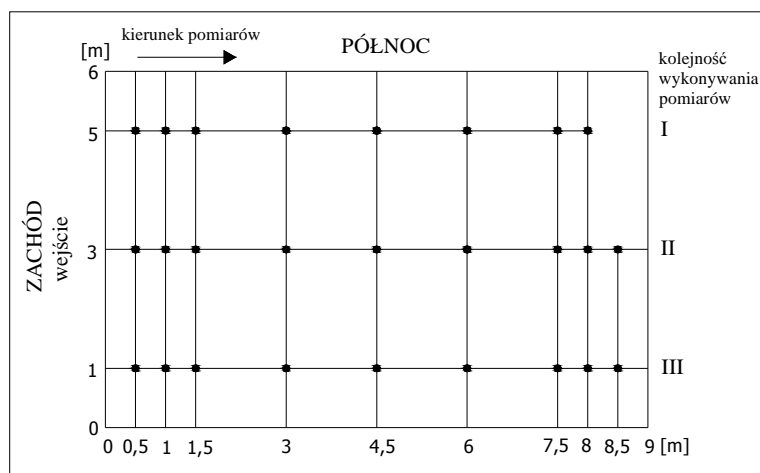
Celem niniejszej pracy było określenie wpływu ekranów cieniujących, zastosowanych w doświadczalnym tunelu foliowym, na rozkład promieniowania fotosyntetycznie czynnego.

Materiał i metody

Pomiary zostały wykonane w tunelu doświadczalnym mieszczącym się na Wydziale Agrotechnologii Akademii Rolniczej w Krakowie. Tunel foliowy o kształcie półokrągłym ustawiony dłuższą osią w kierunku wschód – zachód, pokryty był folią polietylenową PE o grubości 0,18 mm, oprócz ścian szczytowych, które wykonane były z poliwęglanu o grubości 6 mm. Długość tunelu wynosiła 9 m, szerokość 6 m. Ekrany umieszczone były wewnątrz tunelu na wysokości 2,2 m, po bokach schodząc do ekranów odbłyśnikowych, o wysokości 1 m, znajdujących się za systemem grzewczym. Ekran cieniujący podzielony był na trzy części, (według dłuższej osi) dwie o długości 4 m i jedna o długości 1 m. Powyższe części rozsuwane były ręcznie wzdłuż osi szklarni. W osnowie tkaniny ekranów, które posłużyły do badań, znajdowały się paski aluminiowe pokrywające 50 % ich powierzchni.

Pomiar promieniowania fotosyntetycznie czynnego przeprowadzany był za pomocą Fitofotometru FF-01 o zakresie pomiarowym w zakresie 0 – 5000 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$

z podzakresami. Miernik ten wyposażony był w sondę fotometryczną (czujnik kwantowy), w skład której wchodzi fotoogniwo krzemowe, której czułość spektralną skorygowano za pomocą filtrów szklanych do relacji foton – elektron. Badania właściwe polegały na pomiarze natężenia promieniowania PAR bez stosowania i z zastosowaniem ekranu cieniującego. Monitorowany poziom promieniowania PAR porównywany był z optymalnym zakresem poziomu natężenia światła fotosyntetycznie czynnego dla upraw pomidora, który zawiera się w granicach od 382 do 484 $\mu\text{E}/\text{m}^2$ [Piskornik 1994]. Sonda fotometryczna monitorująca PAR zewnętrznie znajdowała się na wysokości 3 m umieszczona w płaszczyźnie poziomej. Wewnętrzne promieniowanie fotosyntetycznie czynne monitorowane było równocześnie 1 m nad podłożem w punktach pomiarowych przedstawionych na rysunku 1. Cyframi rzymskimi od I do III oznaczono serię pomiarów wykonywanych odpowiednio wzdłuż ściany północnej, przez środek i wzdłuż ściany południowej. Siatka pomiarowa została wyznaczona na podstawie poprzedzających badań pilotażowych. Pomiary przeprowadzane były w czasie dni o różnej radiacji.



Rys. 1. Siatka punktów pomiarowych natężenia promieniowania PAR w tunelu foliowym

Fig. 1. The network of measuring points for PAR intensity in the film tunnel

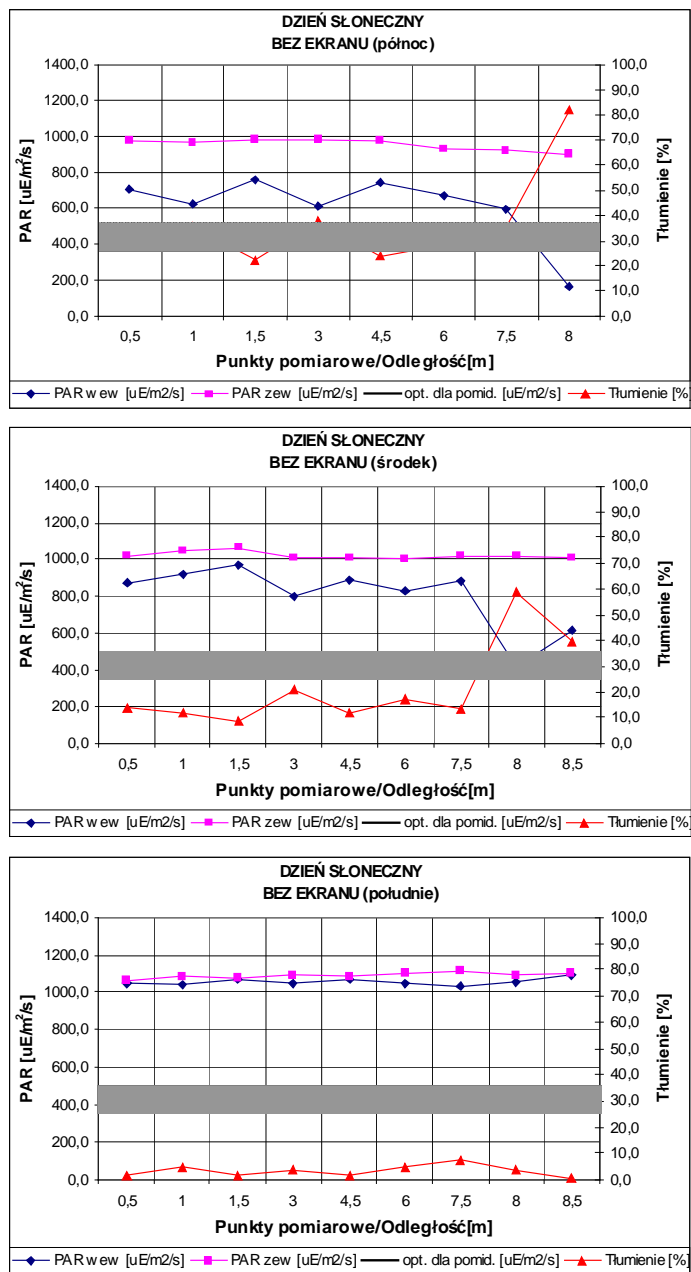
Procentowy stopień tłumienia promieniowania PAR wyznaczono jako stosunek różnicy natężenia promieniowania zewnątrz i wewnątrz tunelu do natężenia promieniowania na zewnątrz. Wskaźnik tłumienia zawiera w sobie wpływ ekranów cieniujących, pokrycia oraz elementów konstrukcyjnych i wyposażenia technicznego analizowanego tunelu.

Wyniki i dyskusja

Dane do analizy monitorowane były przez Komputerowy System Rejestracji Danych. Umożliwił on zapis kontrolowanych parametrów w przedziałach czasowych o długości 30 sekund. Przedstawione na wykresach poniżej wartości natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego (rys. 2, 3, 4, 5) obliczano jako średnia arytmetyczna z trzech pomiarów dla każdego punktu siatki pomiarowej (rys. 1).

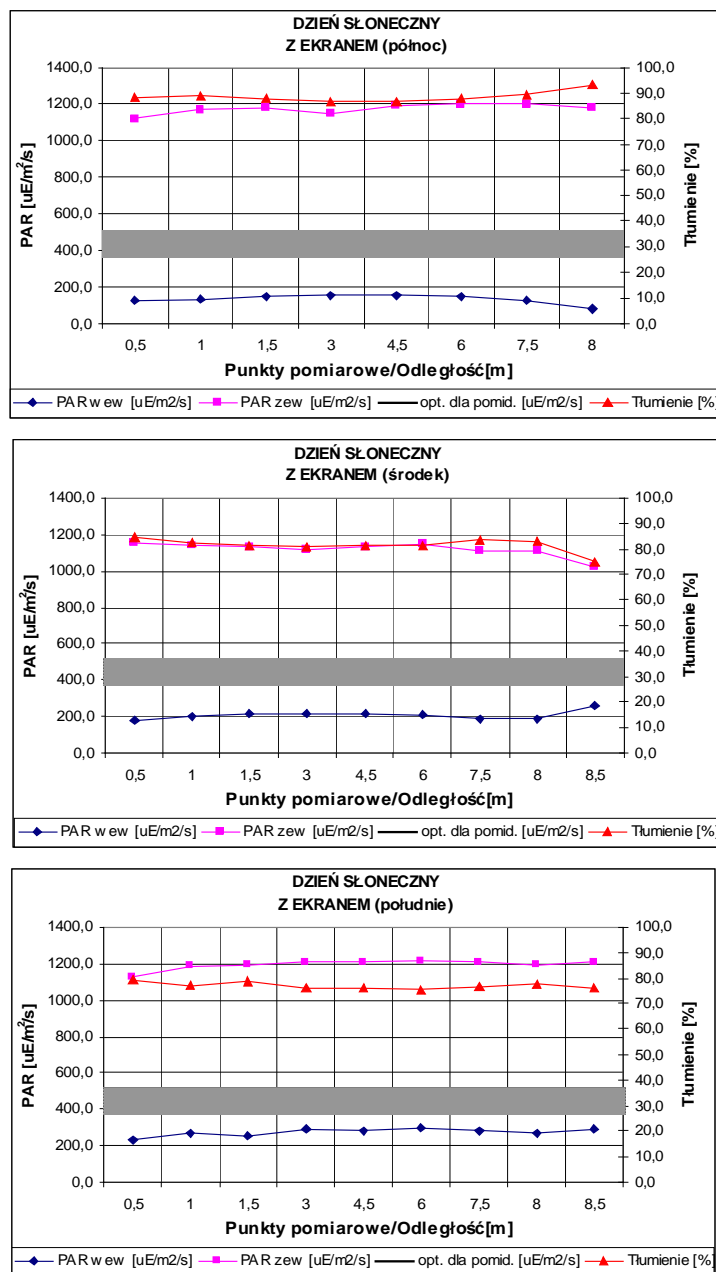
Dla warunków bezchmurnej pogody (promieniowanie PAR 950-1100 $\mu\text{E}/\text{m}^2$) i bez ekranów cieniujących (rys. 2) przedstawiono rozkład natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego wewnątrz tunelu w funkcji odległości od ściany szczytowej obiektu. Analizując poziom natężenia PAR wewnątrz tunelu foliowego stwierdzono, że najniższy poziom promieniowania jest po stronie północnej. Na jego poziom wpływa konstrukcja obiektu, kąt padania promieni na pokrycie i system zasysania ciepłego powietrza znajdujący się w szczycie tunelu. Ograniczenie promieniowania PAR dla tej części tunelu wahało się średnio od 20 do 40%. W środkowej części obiektu spadek promieniowania PAR był około dwukrotnie niższy w porównaniu do części północnej. Natężenie promieniowania PAR było na poziomie 800 - 1000 $\mu\text{E}/\text{m}^2$. Najwyższy poziom natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego zanotowano wzdłuż ściany południowej. Osłabienie promieniowania w tej części tunelu nie przekroczyło 10 % i ograniczało się jedynie do wpływu pokrycia oraz miejsc, w których zsunięte były ekrany cieniujące. Porównując wymagany dla uprawy pomidora poziom natężenia PAR z uzyskanymi wartościami w czasie pomiarów stwierdzono, że w całym obiekcie to promieniowanie było średnio od półtora do dwuipółkrotnie wyższe od wymaganego optimum dla pomidora.

Na rysunku 3 przedstawiono rozkład promieniowania fotosyntetycznie czynnego wewnątrz badanego tunelu, w którym rozciągnięto ekrany cieniujące. Poziom promieniowania zewnętrznego PAR w czasie eksperymentu zawierał się w przedziale od 1000 do 1200 $\mu\text{E}/\text{m}^2$. Dla tych warunków świetlnych zastosowane ekrany cieniujące zredukowały poziom promieniowania słonecznego dostępnego wewnątrz obiektu do wartości, które były zdecydowanie poniżej wymagań roślin pomidora. Najniższe wartości promieniowania PAR nie przekraczające 180 $\mu\text{E}/\text{m}^2$ zaobserwowano po stronie północnej tunelu foliowego. Stanowiło to zaledwie 40% średniej wartości wymaganego natężenia promieniowania optymalnego dla rozwoju roślin pomidora. Wzdłuż osi badanego obiektu poziom promieniowania PAR był tylko o 10% wyższy w porównaniu ze stroną północną tunelu. Największe wartości natężenia promieniowania osiągnięto wzdłuż ściany południowej. W tej strefie tłumienie zewnętrznego promieniowania PAR zawierało się w granicach od 75 do 80 %. Niewielkie zmiany tłumienia wynikają z braku elementów konstrukcyjnych tunelu, które mogły by dodatkowo ograniczać dostęp światła.



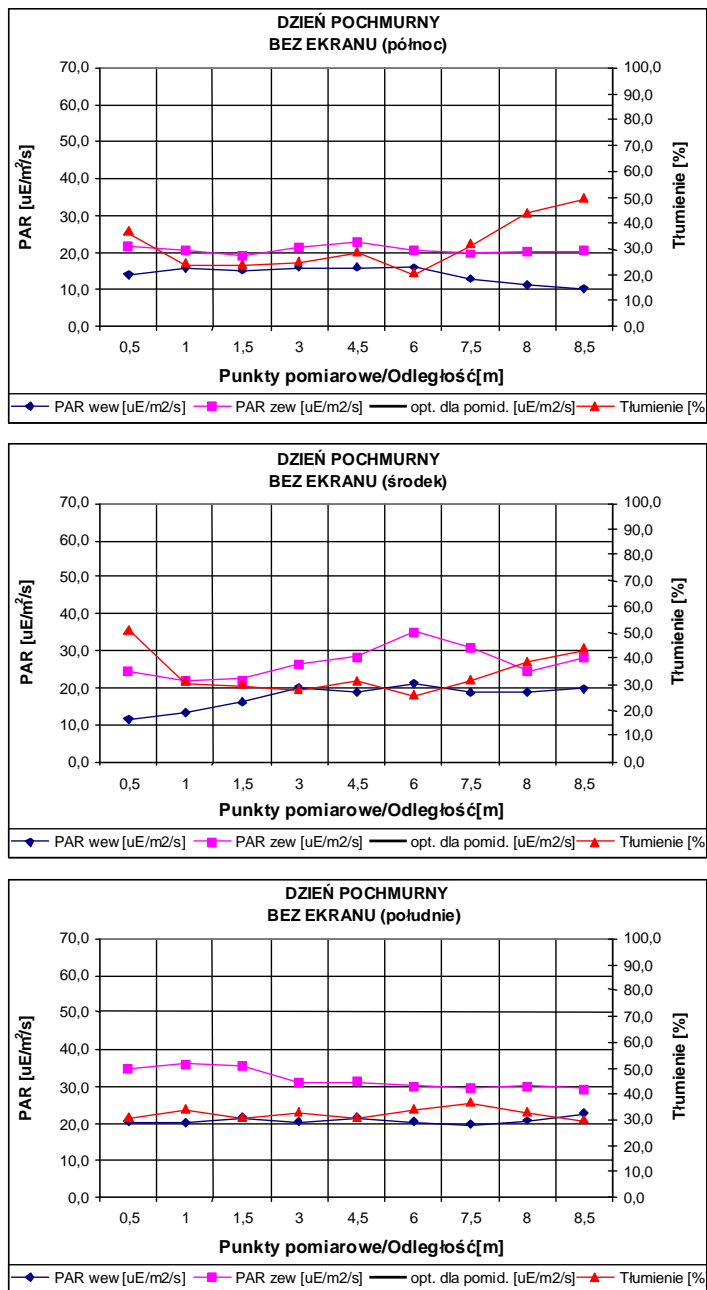
Rys. 2. Rozkład promieniowania PAR podczas dnia słonecznego bez ekranów cieniujących

Fig. 2. PAR distribution during a sunny day without shading screens



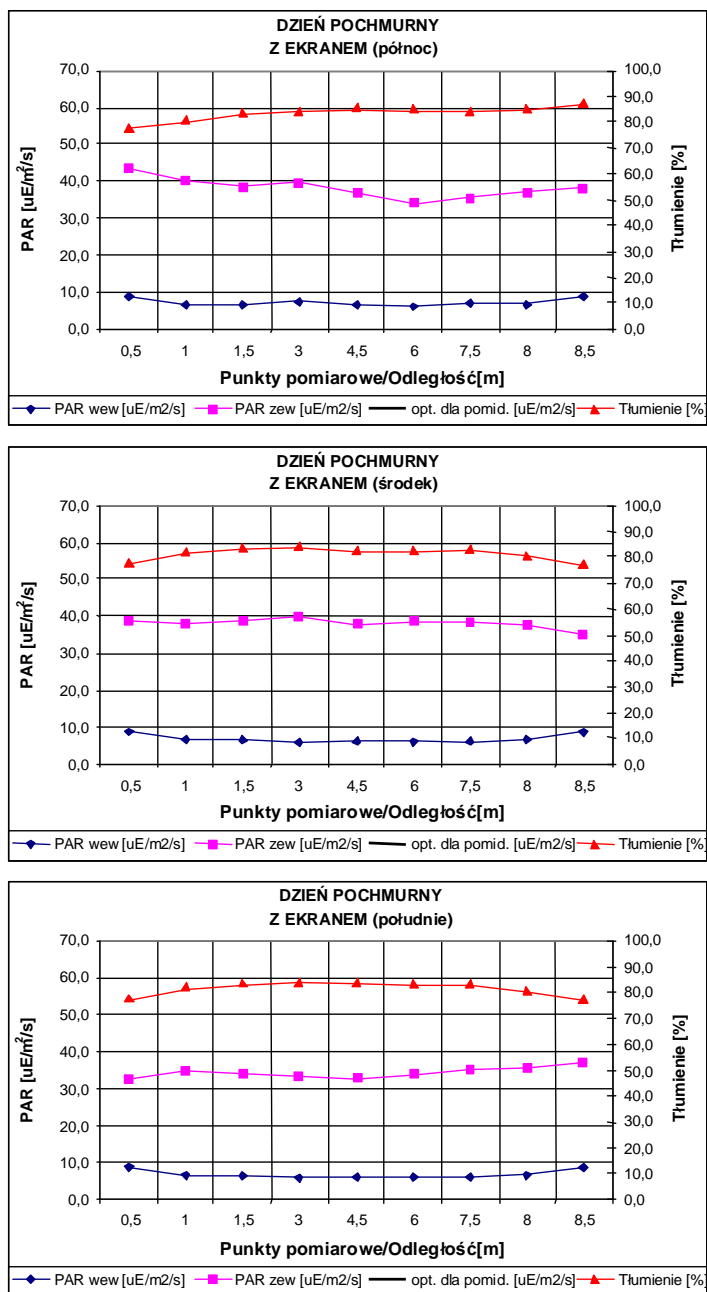
Rys. 3. Rozkład promieniowania PAR podczas dnia słonecznego z ekranami cieniującymi

Fig. 3. PAR distribution during a sunny day with shading screens



Rys. 4. Rozkład promieniowania PAR podczas dnia pochmurnego bez ekranów cieniujących

Fig. 4. PAR distribution during a cloudy day without shading screens



Rys. 5. Rozkład promieniowania PAR podczas dnia pochmurnego z ekranami cieniującymi

Fig. 5. PAR distribution during a cloudy day with shading screens

Ekran cieniujący, na powierzchni tunelu foliowego, spowodował również oprócz obniżenia promieniowania PAR zwiększenie udziału promieniowania rozproszonego. Efektem tego było znaczne zmniejszenie wpływu elementów konstrukcyjnych i wyposażenia technicznego na dysproporcje w natężeniu PAR wewnątrz tunelu. Rodzaj zastosowanego ekranu nie spełnił oczekiwań związanych z osłabieniem promieniowania fotosyntetycznie czynnego ze względu na zbyt silne tłumienie promieniowania, które średnio dla badanego obiektu wyniosło 82%. W konsekwencji tego poziomu natężenia promieniowania PAR wymagany dla roślin pomidora w analizowanym obiekcie nie osiągnął właściwego optimum.

W warunkach całkowitego zachmurzenia (rys. 4) istnieje bardzo wyraźny niedobór promieniowania PAR zarówno na zewnątrz jak i wewnątrz tunelu foliowego. Pomimo braku ekranów cieniujących światło niezbędne do procesu fotosyntezy w obiekcie było na niezwykle niskim poziomie osiągając wartości nie przekraczające $20 \mu\text{E}/\text{m}^2$. Stanowi to około jednej piętnastej zakresu optymalnego dla rozwoju roślin pomidora. Brak bezpośredniego promieniowania zmniejsza wpływ konstrukcji tunelu foliowego oraz systemu zasysania ciepłego powietrza na różnice pomiędzy punktami pomiarowymi w porównaniu do wyników otrzymanych w ciągu dnia słonecznego.

Zastosowanie dodatkowo, w warunkach zachmurzenia całkowitego, ekranów z paskami aluminiowymi (rys. 5) nie ma żadnego uzasadnienia. Należy jedynie zwrócić uwagę na zarysowującą się tendencję, która ujawniła wpływ ścian bocznych na wzrost natężenia PAR w bezpośredniej ich bliskości. Stosowanie ekranów może jedynie wpłynąć na poprawę warunków termicznych wewnątrz obiektu, wymaga to jednak odrębnych badań.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowane w doświadczeniu ekrany cieniujące uniemożliwiają osiągnięcie wymaganego dla roślin pomidora poziomu natężenia PAR wewnątrz tunelu. W celu zapewnienia optymalnego poziomu PAR wewnątrz tunelu, przy zastłoniętych cieniówkach, należy zastosować ekrany cieniujące o niższym tłumieniu.

Wnioski

1. Zastosowanie pojedynczego ekranu cieniującego, podczas dnia słonecznego spowodowało, że wartość natężenia promieniowania PAR wewnątrz tunelu osiągnęła od 11 do 25% wartości natężenia zewnętrznego.
2. Podczas dnia pochmurnego natężenie promieniowania PAR wewnątrz tunelu, na skutek zastosowania ekranu, zostało zredukowane o 78–88% w odniesieniu do wartości natężenia PAR zewnętrznego.

3. Dla zapewnienia optymalnych warunków świetlnych należy zastosować ekrany cieniujące o niższym współczynniku tłumienia.
4. Najwyższe wartości promieniowania fotosyntetycznie czynnego, wewnątrz tunelu, osiągnięto w punktach pomiarowych znajdujących się po stronie południowej obiektu.

Bibliografia

Agro-Sur. 2004. Systemy sterowania procesami technologicznymi upraw szklarniowych. WWW.agrosur.pl.

Koncewicz J., Lewaka S. 2002. Fizjologia roślin. PWN, Warszawa.

Piskornik Z. 1994. Fizjologia roślin dla wydziałów ogrodniczych. AR Kraków.

Zabeltitz Ch. Von. 1991. Szklarnie, projektowanie i budowa. PWRiL, Warszawa.

EFFECT OF SHADING SCREENS ON LIGHT CONDITIONS IN A FILM TUNNEL

Summary

The tests were carried out in a film tunnel of 54 m² area with its longer axis positioned on the E – W line. The structure was covered with polyethylene film. The structure was equipped with sliding shading screens made of fabric, covered with strips of aluminium foil in 50 %. The intensity of photosynthetically active radiation (PAR), both inside and outside the tunnel was determined with the aid of fitophotometers. As a result of the tests made, the distribution of PAR intensity inside the tunnel has been demonstrated. In the experiment made, the percentage of PAR suppression has been calculated. Considerable influence of the applied shading screens on the intensity of light reaching the plants has been found.

Key words: shading screens, PAR distribution