

REAKCJA ISTNIEJĄCYCH SYSTEMÓW GRZEWczyCH W SZKLARNI NA ZMIENIAJĄCE SIĘ WARUNKI ZEWNĘTRZNE

Kazimierz Rutkowski, Jakub Wojciech

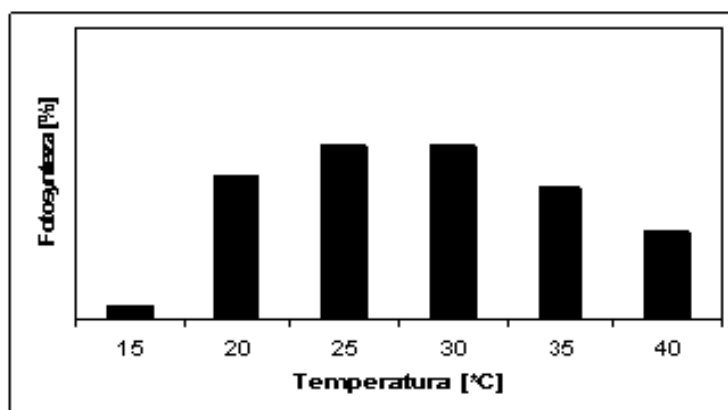
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczeni. W pracy przedstawiono analizę reakcji wieloobwodowego systemu grzewczego na zmieniające się warunki zewnętrzne. Badaniami objęte zostały dwa obiekty zróżnicowane pod względem konstrukcji i wyposażenia oraz posiadające różne systemy grzewcze. Na podstawie przeprowadzonych badań dokonano oceny istniejących systemów grzewczych pod względem utrzymania optymalnej temperatury w strefie wegetacji roślin w zależności od sposobu sterowania systemami grzejnymi.

Słowa kluczowe: szklarnia, ciepło, systemy grzewcze, wieloobwodowe systemy grzewcze

Wstęp

Podstawowym warunkiem uprawy roślin pod osłonami jest zapewnienie im właściwych warunków termicznych niezbędnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju. Temperatura powietrza w szklarni stanowi podstawowy czynnik wzrostu roślin gdyż wpływa ona na przemianę materii w komórkach i stopień przebiegu fotosyntezy [Pabis 1987].



Rys. 1. Zależność fotosyntezy od temperatury [Pabis 1987]

Fig. 1. Dependence between photosynthesis and temperature [Pabis 1987]

Całą gospodarkę cieplną w szklarni można podzielić na dwa okresy. Latem należy odprowadzić ze szklarni nadmiar ciepła i obniżyć temperaturę powietrza, zimą zaś należy doprowadzić do szklarni ciepło aby utrzymać w niej wymaganą temperaturę. Obecnie w celu uzyskania jak najlepszego rozkładu temperatur w szklarni stosuje się wieloobwodowe systemy grzewcze [Rutkowski 2008]. Zainstalowanie w obiekcie takich systemów grzewczych posiada niewątpliwe zalety polegające na lepszej regulacji temperatury wewnątrz obiektu, wymuszenie ruchów konwekcyjnych powietrza, zapewnienie równomiernego rozkładu temperatury wokół roślin (temperatura wokół roślin winna być wyższa niż pod dachem) [Kurpaska 2007].

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie oddziaływania występujących systemów grzewczych na rozkład temperatur oraz prędkości ruchu powietrza w strefie wegetacji roślin w odniesieniu do zmieniających się warunków zewnętrznych oraz intensywności wietrzenia. Rozkład temperatur w strefie wegetacji roślin może być w pewnym okresie uzależniony od założonego celu którym może być np. lepsze zawiązywanie owoców czy też przyspieszenie dojrzewania. W większości okresu wegetacyjnego roślin wymagana jest w miarę stabilna temperatura w strefie wegetacji roślin. Przyczynia się to do prawidłowej wymiany metabolicznej oraz pozwala na ograniczenie strat CO₂ który dostarczany jest roślinom i winien zalegać w strefie wegetacji roślin. Występujące różnice temperatur wywołują zwiększone ruchy powietrza a tym samym przemieszczanie się CO₂ do górnych przestrzeni szklarni. Badania przeprowadzono w okresie wiosennym, w godzinach rannych kiedy obiekty były ogrzewane a następnie występowało wyłączenie systemów grzewczych i podwietrzanie szklarni.

Badaniami objęto dwa obiekty szklarniowe różniące się wysokością oraz sposobem sterowania istniejącymi systemami grzewczymi. W badanych obiektach znajdują się trzy systemy grzewcze; przygruntowy, boczny i wegetacyjny. Podczas badań wykonywany był pomiar temperatur czynnika grzewczego w istniejących systemach grzewczych oraz temperatura w strefie wegetacji roślin. Równolegle w strefie wegetacji dokonywano pomiaru prędkości ruchu powietrza w miejscach pomiaru temperatury. Przy konieczności wietrzenia szklarni monitorowany był w sposób ciągły system wietrzenia.

Prowadzenie badań z zakresu pomiaru temperatury wewnątrz szklarni w zależności od temperatur poszczególnych systemów grzewczych oraz warunków zewnętrznych wydaje się uzasadnione albowiem pozwoli ono na weryfikację proponowanych modeli sterowania.

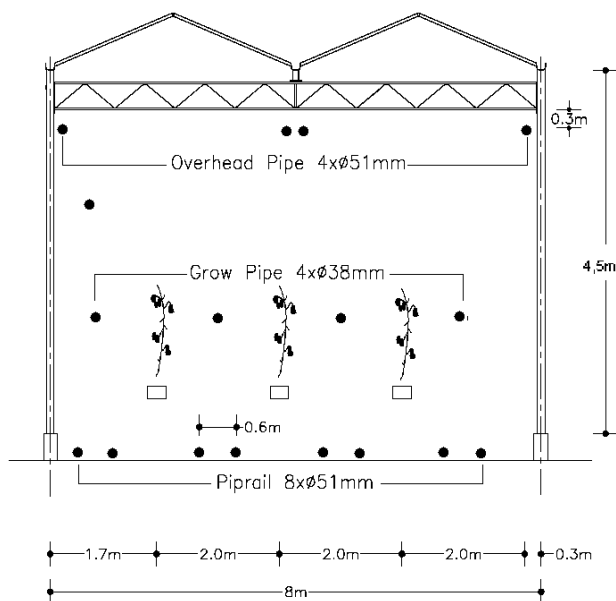
Przedmiot i metodyka badań

Badania przeprowadzone zostały w dwóch typach obiektów szklarniowych różniących się zarówno konstrukcją jak też wyposażeniem technicznym. Szklarnia zblokowana o powierzchni 1,6 ha oznaczona dalej jako nr „1” zaliczona z racji konstrukcji i wyposażenia do nowoczesnych posiadała wysokość (mierzoną do okapu) 4,5 m. Szklarnię tą oceniono jako energooszczędną z racji podwójnego oszklenia na bokach oraz dużej szczelności

wynikającej z ułożenia szkła na profilach aluminiowych i uszczelkach gumowych. W szklarni tej występowały wymienione wyżej trzy systemy grzewcze, których temperatura sterowana była oddzielna ale podłączona do jednej centrali sterowania. Wymiary konstrukcji oraz rozmieszczenie elementów szklarni przedstawiono na rys. 2.

Obiekt nr „2” stanowiła szklarnia zaliczana do obiektów starszego typu albowiem budowa i konstrukcja pochodziła z lat osiemdziesiątych. Była to szklarnia zblokowana o powierzchni 0,5 ha i wysokości 2,2 m. Materiał osłonowy stanowiło szkło pojedyncze osadzone na nie izolowanych termicznie szprosach oraz na kicie co determinuje wysoki współczynnik przenikania ciepła. W obiekcie „2” (starszym) występuje jeden układ regulacji systemów grzewczych. Różnice uzyskiwanych temperatur na poszczególnych obwodach wynikają z różnicy ustawień przepływów.

W obu obiektach prowadzona była uprawa pomidorów a zadana temperatura wewnętrzna w zależności od warunków solarnych i pory dnia wynosiła 18, 20, i 23 °C.



Rys. 2. Rodzaje i rozmieszczenie systemów grzewczych w obiekcie nr 1 na przykładzie jednej nawy

Fig. 2. Types and layout of heating systems in object no. 1 on the example of one aisle

Badane obiekty wyposażone zostały w trzy systemy grzewcze: przygruntowy, boczny i wegetacyjny. Ponadto w szklarni nr „2” zainstalowany był górny system ogrzewania, który podczas prowadzonych badań był wyłączony, dlatego też nie został on uwzględniony w analizie. Rejestrację parametrów grzejnych poszczególnych obwodów wykonano przy pomocy pirometru Mini Term Raytek MT4-Ex. Jak podaje producent urządzenie cechuje zakres pomiarowy w zakresie -18 do +260°C przy dokładności pomiaru rzędu 2%.

Prędkość ruchu powietrza wewnątrz szklarni mierzona była anemometrem Testo 415 o dokładności $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Wyniki badań i ich analiza

Obiekty szklarniowe pod względem termicznym wykazują bardzo szybką reakcję na zmieniające się warunki zewnętrzne. Duże zróżnicowanie w czasie natężenia promieniowania słonecznego oraz prędkości wiatru powodują szybkie zmiany w mikroklimacie wewnętrznym szklarni. Według wielu autorów [Rutkowski 2008, Zabeltitz 1999] zalecane jest aby istniejące systemy grzewcze szklarni posiadały różną bezwładność cieplną jak też powinny posiadać niezależne obwody sterowania włączone w jedną całość. Jak już wspomniano na wstępie temperatura poszczególnych systemów grzewczych jest uzależniona od zamierzonych celów takich jak lepsze wiązanie owoców, przyspieszenie dojrzewania, obniżenie wilgotności w poszczególnych strefach wzrostu roślin czy też podniesienie bądź obniżenie temperatury liści powodując zwiększenie czy ograniczenie asymilacji uprawianych roślin [Wysocka 2001]. Przed projektantami systemów grzewczych stoją nowe wyzwania. Zaprojektować takie systemy i tak nimi sterować aby spełnić wymagania agrotechniczne oraz ograniczyć zużycie ciepła.

Wybrane do analizy wyniki badań obejmują dwa kolejne dni miesiąca kwietnia. Analizowane dni posiadały podobny mikroklimat zewnętrzny. Prędkość wiatru na zewnątrz szklarni wahała się w granicach $0,3\text{-}0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Są to prędkości, które według wielu autorów w wpływają nieznacznie na wielkość współczynnika przenikania ciepła.

W wybranych dniach temperatura wewnętrzna (rys. 3) narastała równomiernie w godzinach rannych w przedziale 8 do 20°C .

Śledząc przebieg temperatury wewnętrznej zauważa się jej powolny wzrost w czasie w początkowej fazie podyktowany jest zadaną podwyższoną temperaturą wynikającą z przejścia temperatury nocnej na dzienną a następnie planowy wzrost temperatury wynikający ze wzrostu solaryzacji. Późniejsze zmiany temperatury wynikają z bezwładności systemów grzewczych. Należy zauważyć, że wzrost solaryzacji o obecności którego świadczy wzrost temperatury wewnętrznej (rys. 3) decydują o otwieraniu się wietrzników nie powodował dużych zakłóceń temperatury wewnętrznej. Oceniając oddziaływanie warunków zewnętrznych na poszczególne systemy grzewcze zauważamy, że najszybciej reagował system ogrzewania bocznego, który posiadał najwyższą temperaturę oraz największą bezwładność. Ogrzewanie przygruntowe o znacznie niższej temperaturze w początkowej fazie reagowało bardzo łagodnie. System ogrzewania roślinnego posiadał podobną charakterystykę jak temperatura wewnętrzna.

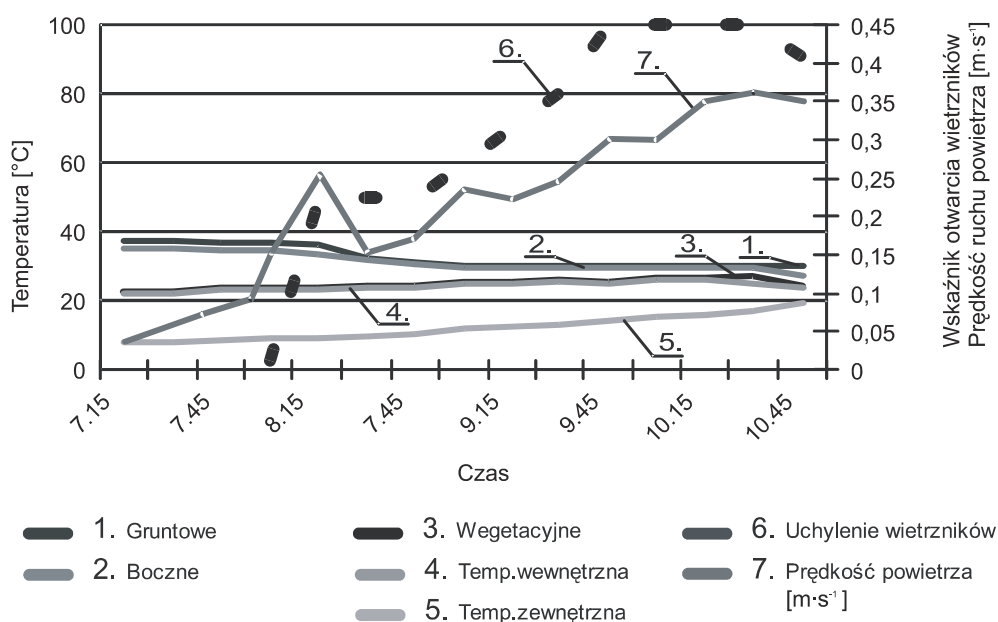
Prędkość ruchu powietrza mierzona wokół roślin w pierwszej fazie otwierania wietrzników gwałtownie narastała. Później nastąpiło spowolnienie a po chwili doszło do stabilnego powolnego wzrostu z korelowanego z wielkością uchylecia wietrzników.

W drugim dniu prowadzenia badań w obiekcie nr 2 (rys.4) przy podobnej solaryzacji zauważa się znacznie większe wahania temperatury występującej w strefie roślin. Wahania te sięgają 8°C , przy dopuszczalnej (w okresie przelączania temperatur) 5°C . W początkowej fazie obserwacji w godzinach wczesno rannych zauważamy niedogrzenie szklarni, chociaż temperatura systemów grzewczych jest na podobnym poziomie a ilość

dostarczanego ciepła jest o 14% wyższa. Uzyskane wyniki świadczą o większych stratach mimo niższego wskaźnika powierzchni osłony do powierzchni uprawy mającego znaczny wpływ na bilans energetyczny. System ogrzewania bocznego i przygruntowego mają podobny przebieg temperatur. Ogrzewanie wegetacyjne ruchome posiada w miarę stabilną temperaturę, niezbyt odpowiadającą, wymaganiom wynikającym z zapotrzebowania ciepła w czasie obserwacji obiektu. Temperatura tego systemu winna powoli się obniżyć i nie wykazywać tendencji wzrostowej co widoczne jest na wykresie.

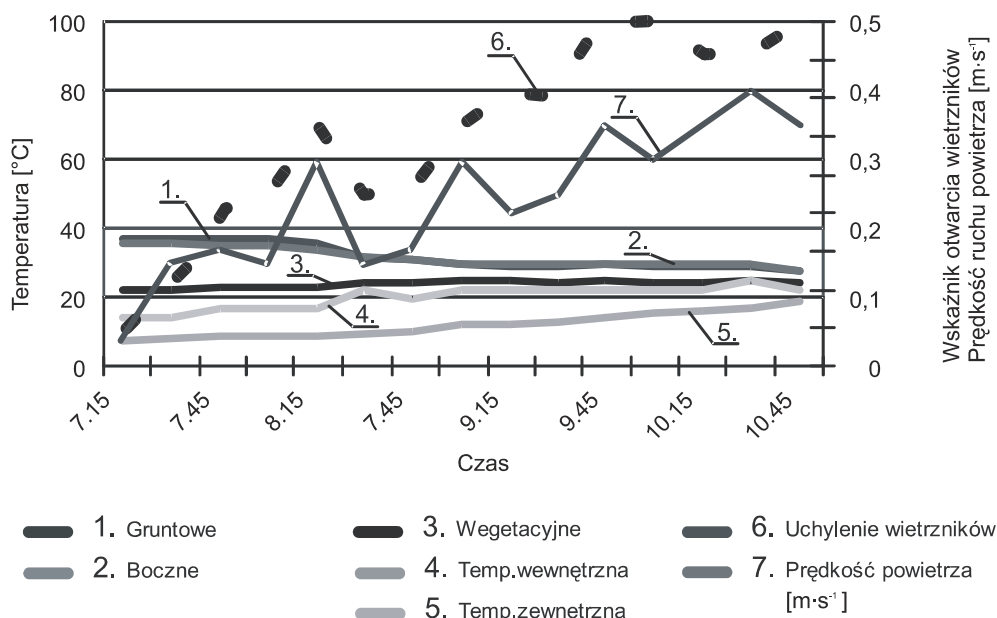
Podobnie jak w poprzednim obiekcie w pierwszej fazie otwierania wietrzników zauważa się znaczne wahania w prędkości ruchu powietrza które powoli się stabilizuje i jest w pewnej korelacji z wielkością uchylenia wietrzników. W badanym obiekcie zauważa się znacznie większe wahania prędkości powietrza w strefie wegetacji roślin. Widoczne jest tu znacznie silniejsze oddziaływanie kąta uchylenia wietrzników na prędkość ruchu powietrza.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań można zauważyć że system grzewczy obiektu nr 1 zdecydowanie lepiej spełniał postawione mu wymagania. Temperatura wewnętrzna w strefie wegetacji roślin wahała się w przedziale 18-24°C. W szklarni nr 2 temperatura wynosiła od 17°C w godzinach rannych do 25°C w godzinach przedpołudniowych. Widoczne różnice w funkcjonowaniu systemów grzewczych prawdopodobnie wynikały z różnej szybkości reakcji na zmieniające się warunki zewnętrzne, intensywności wietrzeń oraz braku możliwości płynnej regulacji ilościowej przepływu cieczy grzejnej w obiekcie nr 2.



Źródło: badania własne

Rys. 3. Dynamika zmian temperatury oraz prędkości ruchu powietrza w szklarni nr 1
 Fig. 3. Dynamics of changes in temperature and air motion velocity in greenhouse no. 1 (own research)



Źródło: badania własne

Rys. 4. Dynamika zmian temperatury oraz prędkości ruchu powietrza w szklarni nr 2
 Fig. 4. Dynamics of changes in temperature and air motion velocity in greenhouse no. 2

Wnioski

1. Obiekt szklarniowy posiadający niezależne sterowanie (szklarnia nr 1) obwodami grzewczymi przy założonych nastawach w okresie dużych zmian temperatury wewnętrznej (do 5°C) wynikających z przejściowych okresów (patrz warunki badań) w znacznej mierze spełnia założone wymagania.
2. Obiekty starszej generacji (niższe, obiekt nr 2) znacznie gorzej reagują na zmianę warunków zewnętrznych i mimo korzystniejszego wskaźnika osłony zużywają w momencie przełączania obiektu na inne parametry termiczne większe ilości ciepła.

Bibliografia

- Pabis J.** 1987. Podstawy techniki cieplnej w rolnictwie. PWRiL, Warszawa. ISBN 83-09-00597-0
- Rutkowski K.** 2008. Analiza energetyczna wybranych typów szklarni. Inżynieria Rolnicza 9(107). s. 249-255.
- Kurpaska S.** 2007. Szklarnie i tunele foliowe. PWRiL, Poznań. ISBN 978-83-09-01024-1.
- Wysocka-Owczarek M.** 2001. Pomidory pod osłonami. Hortpress. s.21-23.

REACTION OF EXISTING HEATING SYSTEMS IN A GREENHOUSE TO CHANGING OUTSIDE CONDITIONS

Abstract. The paper presents an analysis of a multi-circuit heating system reaction to changing outside conditions. The scope of the research covered two objects diversified as regards their structure and equipment, and possessing different heating systems. Completed research provided grounds for evaluating existing heating systems from point of view of maintaining optimal temperature within plant vegetation zone depending on heating system control method.

Key words: greenhouse, heat, heating systems, multi-circuit heating systems

Adres do korespondencji

Kazimierz Rutkowski, e-mail: k.rutkowski@ur.krakow.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116 B
30-149 Kraków