
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. VIII, SUPPLEMENTUM

SECTIO EEE

2000

Katedra Warzywnictwa z Ekonomiką Ogrodnictwa Akademii Rolniczej w Krakowie

ANDRZEJ LIBIK, MARTA REPELEWICZ

**Wybrane aspekty dokarmiania upraw szklarniowych
dwutlenkiem węgla
przy zastosowaniu automatycznego sterownika EUDW-2**

Some Aspects of CO₂ Enrichment in Greenhouse Crops with the Application
of Automatic Steerer EUDW-2

Historia badań nad wpływem CO₂ na rośliny sięga końca XIX wieku. W Niemczech, Anglii i USA w latach 20. i 30. XX wieku prowadzone były eksperymenty na temat dokarmiania roślin CO₂. W 1961 roku w Holandii kilku hodowców w wyniku stosowania palników parafinowych do ogrzewania szklarni w okresie zimy uzyskało wzrost szybkości rozwoju roślin i masy główek sałaty. Pod koniec lat 70. wprowadzono czujniki CO₂ w podcierwieńni. Obecnie produkcja ogrodnicza pociąga za sobą duże nakłady finansowe. Aby osiągnąć jak najlepsze efekty ekonomiczne producenci zmierzają do osiągnięcia wysokiej jakości i ilości plonu. Nie bez znaczenia w końcowym rachunku kosztów jest dokarmianie roślin CO₂. Podniesienie koncentracji tego gazu w atmosferze szklarni wpływa na zwiększenie tempa wzrostu i rozwoju roślin oraz wydajności zużycia światła. Stymulujące działanie CO₂ na rozwój roślin typu C₃ jest spowodowane wzrostem tempa jego asymilacji oraz zwiększeniem powierzchni liści. Należy zwrócić uwagę, że dokarmianie CO₂ powinno być sprzężone z optymalną temperaturą, światłem oraz nawożeniem dla danego gatunku. Dzięki dokarmianiu warzyw uzyskujemy wyższy plon wczesny, natomiast poprawę cech jakościowych odnotowano szczególnie w przypadku roślin ozdobnych zarówno uprawianych na kwiaty cięte (goździk, chryzantema, frezja), jak i kwiaty doniczkowe (poinsecja, pelargon, begonia, sępolia).

W Polsce dopiero w ostatnich trzech latach zaczęto instalować układy do dokarmiania upraw szklarniowych dwutlenkiem węgla. Obecnie takich gospodarstw jest zaledwie kilkanaście.

Celem przeprowadzonych badań była ocena przydatności zastosowania prototypowego urządzenia do dokarmiania roślin pomidora szklarniowego dwutlenkiem węgla.

MATERIAŁ I METODA

Doświadczenie prowadzono w szklarni Wydziału Ogrodniczego Akademii Rolniczej w Krakowie, w okresie wiosennego cyklu produkcyjnego 1997 i 1998 roku. W doświadczeniu wykorzystano odmianę pomidora szklarniowego Maeva F₁ Tm C₅ VF₂ Fr firmy Rijk Zwaan.

W roku 1996 nasiona wysiano 19 grudnia, natomiast w roku 1997 — 22 grudnia. Wydzielono dwa obiekty doświadczenia:

- 1) kontrola — rośliny nie dokarmiane CO₂,
- 2) rośliny dokarmiane CO₂ w stężeniu 800 ppm.

W pierwszym roku doświadczenia rośliny prowadzono na 8 gron, a uprawę zlikwidowano 9 września 1997, natomiast w drugim roku rośliny prowadzono na 6 gron, a uprawę zlikwidowano 24 lipca 1998.

W czasie wegetacji wykonano pomiary ilości plonu wczesnego, tj. z pierwszych 5 zbiorów oraz plonu handlowego. Prowadzono pomiary zawartości CO₂ w szklarni.

Do dokarmiania upraw płynnym CO₂ wykorzystano model doświadczalny sterownika mikroprocesorowego EUDW-2 z układem sterująco-analizującym i rozprowadzającym z butli ciśnieniowych 100% CO₂. Przyjęto pulsacyjny sposób dozowania CO₂. Sterownik utrzymuje odpowiednie (zadane) stężenie CO₂ w szklarni. Dokarmianie odbywa się metodą impulsową. Sterownik równolegle realizuje dwa programy: pierwszy analityczny, drugi wykonujący bezpośrednio proces dokarmiania. Program analityczny na podstawie bieżących danych ze szklarni oraz parametrów stałych wprowadzonych przez użytkownika podejmuje decyzję o intensywności dozowania CO₂ do szklarni. Drugi program działa zgodnie z wynikiem programu pierwszego i realizuje zalecone przez program pierwszy dokarmianie CO₂.

Program analityczny opiera się na wskazaniach gazowych analizatorów podczerwieni, których zasada działania polega na wygaszaniu promieniowania podczerwonego (w zakresie 2000-15000 nm) przez gazy zbudowane przynajmniej z dwóch atomów.

Analizator bazuje na dwóch kuwetach: porównawczej o 100% przepuszczalności dla promieniowania podczerwonego i pomiarowej, w której przez gaz mierzony (CO₂) pochłaniane jest promieniowanie podczerwone. Różnice w intensywności promieniowania podczerwonego pomiędzy wiązką porównawczą a pomiarową prowadzą do różnego ogrzania się gazu CO₂ wyraża się odpowiednimi zmianami ciśnień w obu komorach detektora.

Poza ustalaniem poziomu CO₂ program sterownika analizuje szereg innych informacji mających wpływ na podjęcie decyzji o dokarmianiu CO₂ roślin w szklarni, są to:

— otwarcie wietrzników — otwarcie przerywa dozowanie, chyba że użytkownik zdecydował inaczej,

- intensywność promieniowania świetlnego — jeśli ilość światła jest zbyt mała do przyspieszenia procesu fotosyntezy w podwyższonym stężeniu CO_2 dozowanie jest przerywane,
- temperatura wewnątrz szklarni,
- ilość czasu pozostała do zachodu słońca — na godzinę przed zachodem słońca dozowanie jest przerywane,
- czas dozowania w ciągu jednej doby,
- brak ciśnienia gazu w sieci dozującej.

Źródłem CO_2 w doświadczeniu był płynny CO_2 z butli stalowych. Jest to najlepsze i najbardziej polecane źródło CO_2 w obiektach szklarniowych, zarówno w dużych kombinatach, jak i w niewielkich gospodarstwach. Jego najważniejsze zalety to wysoka czystość (100% CO_2), brak charakterystycznych zanieczyszczeń obecnych przy stosowaniu innych źródeł, możliwość automatyzacji wzbogacania atmosfery w CO_2 , łatwe modyfikowanie programów dokarmiania w zależności od rodzaju uprawy, stadium rozwoju roślin, pory roku, i zmian warunków pogodowych oraz wzbogacanie atmosfery w szklarni niezależnie od funkcjonowania kotłowni. Dodatkową zaletą jest możliwość proekologicznego zagospodarowania wielkoprzemysłowego produktu odpadowego, będącego gazem powodującym efekt cieplarniany.

WYNIKI

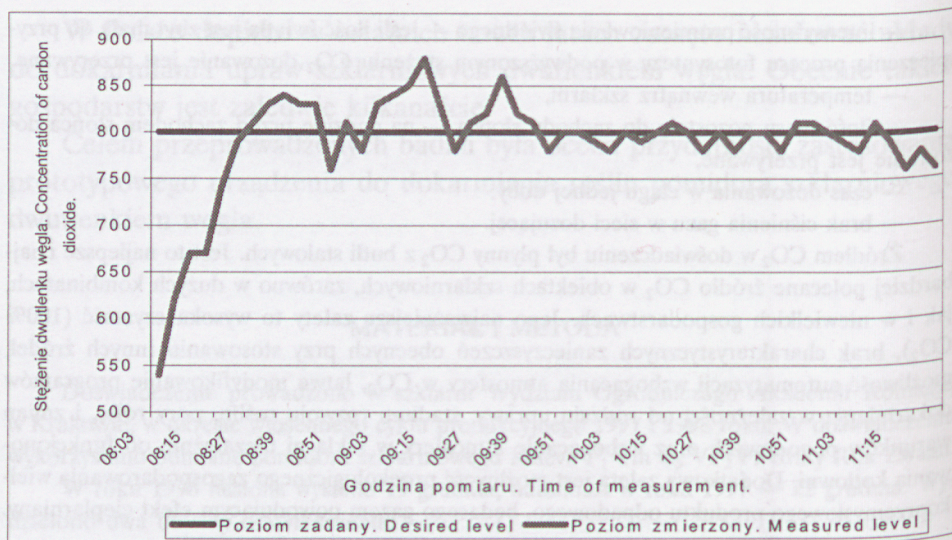
Stosowanie dwutlenku węgla w doświadczeniu pozwoliło uzyskać plon wczesny z jednego m^2 wyższy w stosunku do kontroli o 77% w roku 1997 i o 98% w roku 1998 (tab. nr 1).

Pierwsze zbiory rozpoczęto po 12 tygodniach wegetacji zbierając owoce w stanie „zapalonym”, CO_2 korzystnie wpłynęło na dalsze plonowanie i szybsze dojrzewanie pozostałych owoców. Przyspieszenie plonu ma istotne znaczenie praktyczne, gdyż daje możliwości dostarczania na rynek towaru w okresie bardziej korzystnych relacji cen.

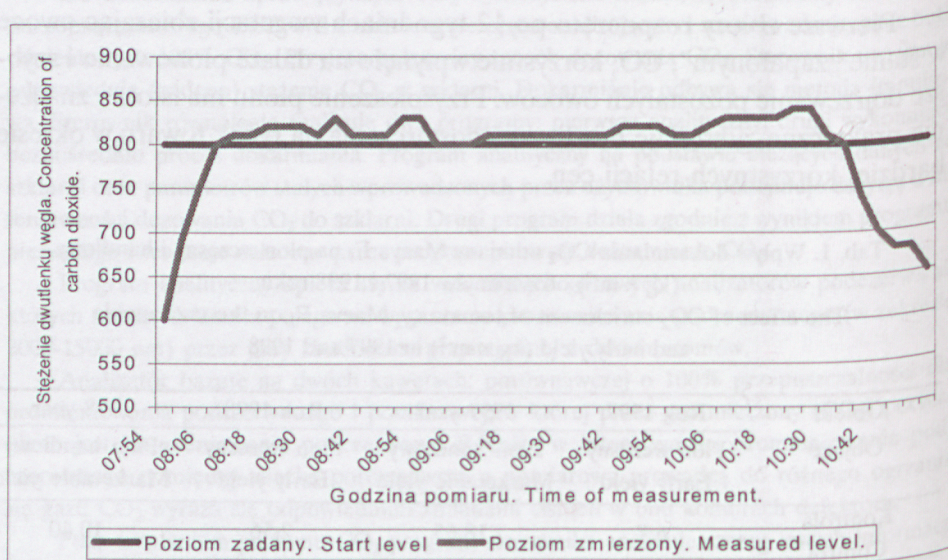
Tab. 1. Wpływ dokarmiania CO_2 odmiany Maeva F_1 na plon wczesny i handlowy ($\text{kg} \times \text{m}^{-2}$) otrzymany w 1997 i 1998 roku

The effect of CO_2 enrichment of tomato cv. Maeva F_1 on the marketable and early yield ($\text{kg} \times \text{m}^{-2}$) in 1997 and 1998

Obiekt	Rok 1997	1997 year	Rok 1998	1998 year
Object	Plon wczesny Early yield	Plon handlowy Marketable yield	Plon wczesny Early yield	Plon handlowy Marketable yield
Kontrola Control	6,7	18,65	2,56	10,40
800 ppm CO_2	11,9	23,81	5,05	10,86
NIR _{0,05}	0,658	2,623	0,668	0,830



Ryc. 1. Zapis gazowania szklarni przez sterownik EUDW-2 w dniu 13.03.1997
Registration of greenhouse gassing with carbon dioxide via steerer EUDW-2 on 13.03.1997



Ryc. 2. Zapis gazowania szklarni przez sterownik EUDW-2 w dniu 05.05.1998
Registration of greenhouse gassing with carbon dioxide via steerer EUDW-2 on 05.05.1998

Plon handlowy stanowi zasadniczą część plonu, gdyż decyduje o zysku osiąganym z uprawy. W roku 1997 był on wyraźnie wyższy (o 27%) z roślin dokarmianych dwutlenkiem węgla w porównaniu z kontrolą. Natomiast w roku 1998 nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy dwoma obiektami.

Ryciny nr 1, 2 obrazują poziom CO_2 w dokarmianych obiektach doświadczania, a także różnice pomiędzy wyznaczonym poziomem a rzeczywistym stężeniem CO_2 w szklarni. Dane, na podstawie których powstał wykres zostały zebrane przez program analityczny urządzenia sterującego EUDW-2 w dniach 13 marca 1997, 5 maja 1998 w godzinach, w których odbywało się dokarmianie roślin dwutlenkiem węgla.

DYSKUSJA

Przeprowadzone doświadczenie wykazało korzystny wpływ dokarmiania dwutlenkiem węgla na plon wczesny pomidora. W szklarniach przy zamkniętych wywietrznikach ujawniają się dysproporcje pomiędzy stężeniem CO_2 a intensywnością napromieniowania. Wzajemny układ tych czynników jest w opozycji do procesu fotosyntezy. W nocy, gdy stężenie CO_2 osiąga optymalne wartości dla procesu fotosyntezy brak jest światła. Z kolei w dzień, gdy energia napromieniowania przestaje być czynnikiem ograniczającym, niskie stężenie CO_2 limituje przebieg procesu fotosyntezy. Dlatego ważne jest dokarmianie roślin w celu zapewnienia optymalnego poziomu dla przeprowadzania procesu fotosyntezy. Oprogramowanie sterownika EUDW-2 pozwala na wprowadzenie progowej wartości napromieniowania PAR, poniżej której dozowanie nie jest rozpoczynane. Należy jednak pamiętać, że w warunkach uprawy zimowej i wczesnowiosennej zbyt wysokie ustalenie tej wartości powoduje liczne, nawet całodzienne systemowe wyłączanie dokarmiania. Dlatego w tym okresie, ze względu na krótki dzień i nienajlepsze warunki napromieniowania, praca systemu powinna być zdefiniowana jedynie czasem pracy, np. od godz. 9⁰⁰ do 14⁰⁰ i nie limitowana dodatkowymi parametrami.

W środowisku szklarniowym warunki termiczne w znacznym stopniu są niezależne od zewnętrznych zmian dobowych i sezonowych. Z reguły w szklarniach nie dokarmianych dwutlenkiem węgla strategia regulacji temperatury poprzez otwieranie wietrzników powinna być odnoszona do poziomu temperatury optymalnej dla danej uprawy. Ma to na celu możliwie wczesną likwidację

cję stężeń głodowych w uprawie przez doprowadzenie do szklarni CO_2 z atmosfery zewnętrznej.

W szklarniach dokarmianych CO_2 strategia ta musi być generalnie zmieniona. Otwarcie wietrzników równoznaczne jest ze znacznymi stratami podwyższonego stężenia CO_2 w szklarni, a jego uzupełnienie jest często ekonomicznie nieopłacalne. W tym przypadku strategia regulacji temperatury powinna bazować na maksymalnie możliwym wydłużeniu okresu utrzymywania szklarni jako obiektu zamkniętego, gdyż wzrost stężenia CO_2 w szklarni powyżej atmosferycznego jest możliwy do osiągnięcia jedynie przy braku lub ograniczonej wentylacji. W praktyce oznacza to wyprzedzające wyłączanie ogrzewania i zastosowanie cieniowania, a nawet przesunięcie temperatury optymalnej do dopuszczalnej wartości maksymalnych dla uprawy. Korzystnym rozwiązaniem byłoby stworzenie możliwości synchronizacji pracy sterownika, który na podstawie pomiaru bieżących zmian temperatury współpracowałby z automatyką regulacji warunków termicznych. Należy pamiętać, że przedłużenie okresu dokarmiania CO_2 w pobliżu maksimum termicznego przypada na szczególnie korzystne warunki przyspieszenia procesu fotosyntezy, jako efektu współdziałania ponad optymalnych warunków napromieniowania słonecznego z podwyższonym stężeniem CO_2 .

W przeprowadzonym doświadczeniu sterownik poprawnie realizował swój program dokarmiania CO_2 , z uwzględnieniem wszystkich zaprogramowanych czynników limitujących jego pracę. W pracy sterownika główne ograniczenia w pulsacyjnym dokarmianiu wynikały z wietrzenia szklarni lub z przekroczenia założonego stężenia CO_2 . Tak więc w praktyce mało przydatne okazało się wprowadzenie do programu dodatkowych parametrów, decydujących o czasowym wyłączaniu dokarmiania w ciągu dnia (próg termiczny i próg świetlny). Jako składowe wyłączające dokarmianie powinno pozostać: przekroczenie założonego stężenia CO_2 , i otwarcie wietrzników.

Należy także pamiętać o zabezpieczeniu poprawności pomiaru aktualnego stężenia CO_2 w powietrzu pobieranym z poszczególnych szklarni, jako podstawowej wartości sterującej poziomem dokarmiania. W obecnie produkowanych systemach zastosowano rozwiązanie bazujące na pulsacyjnym pobieraniu powietrza, ograniczonym tylko do fazy pomiarowej, obsługiwanej przez indywidualne pompy włączane cyklicznie na czas analizy.

WNIOSKI

1. Model doświadczalny sterownika EUDW-2 spełnia wymagania stawiane urządzeniom kontrolującym wzbogacanie upraw szklarniowych w CO_2 .
2. Wzbogacanie atmosfery szklarni w CO_2 zwiększyło plon wczesny pomidora o 77% w stosunku do kontroli w 1997 roku i o 98% w roku 1998.
3. W porównaniu z kontrolą dokarmianie uprawy pomidora CO_2 przyczyniło się do wzrostu plonu handlowego o 27% w roku 1997, natomiast w roku 1998 nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy dwoma obiektami.

PIŚMIENNICTWO

- Gastra P., 1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature and stoma diffusion resistance. Meded. Landbouwhogesch Wageningen, 59: 1-68
- Hand D. W., 1986. CO_2 sources and problems in burning hydrocarbon fuels for CO_2 enrichment. Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Corps, CRS, Press Inc. Boca Raton, Florida, 1: 99-122
- Wittwer S. H., 1986. Worldwide status and history of CO_2 enrichment. An Overview, Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Corps CRC, Press Inc. Boca Raton, Florida, 1: 3-16

SUMMARY

The experiments on the automatics of CO_2 enrichment of greenhouse tomato (cv. Maeva F_1) with the application of Polish prototype steerer EUDW-2 were carried out. The positive production results expressed as the higher and earlier tomato yield and interesting physical relations between light intensity and CO_2 concentration in greenhouses were achieved.