



اثر افزایش دی‌اکسیدکربن بر بهبود کمیت و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی در کشت گلخانه‌ای

شهربانو وکیلی بسطام

استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده‌ی مسئول: sh.vakili@areeo.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۲

چکیده

گیاه گوجه‌فرنگی برای رشد مطلوب و داشتن حداکثر میزان عملکرد کمی و کیفی، نیاز به شرایط خاصی از نظر میزان نور، دمای روزانه و شبانه، رطوبت نسبی هوا، مواد غذایی در دسترس و رطوبت خاک دارد. در محیط‌های مسدود گلخانه‌ای به دلیل تبادلات کم هوای داخل گلخانه با محیط بیرون، به‌ویژه در ساعات آفتابی روز، دی‌اکسید کربن موجود در فضای گلخانه با مصرف در فرآیند فتوسنتز، به تدریج کاهش یافته (کمتر از ۲۰۰ قسمت در میلیون) که می‌تواند منجر به کاهش فتوسنتز و توقف رشد گیاه شود. برای جبران دی‌اکسیدکربن از دست رفته، می‌توان این گاز را به روش‌های مختلف به گلخانه تزریق نمود. تزریق دی‌اکسیدکربن در گلخانه‌ی گوجه‌فرنگی، موجب افزایش تعداد میوه و میانگین وزن میوه‌ها شده و با بهبود کارایی مصرف آب و راندمان مصرف نور، موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود. همچنین فراهم بودن دی‌اکسیدکربن، صفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی مانند ماده خشک و قند محلول و میزان ویتامین ث^۱ را بهبود بخشیده و تجمع نترات را کاهش می‌دهد.

واژگان کلیدی: روش‌های نوین کشاورزی، فتوسنتز، عملکرد، گوجه‌فرنگی

1. Vitamin C

متن مقاله

بیان مسأله:

اهمیت تأمین دی‌اکسید کربن کافی در گلخانه‌ها

افزایش غلظت دی‌اکسید کربن تا میزان ۱۵۰۰-۱۰۰۰ قسمت در میلیون برای بیشتر گیاهان مفید است. البته افزایش دی‌اکسید کربن در فتوسنتز بستگی به سایر عوامل مؤثر در فتوسنتز از قبیل شدت نور، دما، رطوبت نسبی و غیره دارد. غلظت بالای دی‌اکسید کربن برای گیاه سمی است و باعث کاهش عملکرد و کلروزه شدن و نکروزه شدن برگ می‌شود. با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، فتوسنتز خالص در گیاهان گلدانی، گل‌های بریده و سبزی‌ها افزایش خواهد یافت (چنگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). اثر غنی‌سازی دی‌اکسید کربن در افزایش محصولات مختلف (هندوانه، فلفل شیرین، لوبیا سبز و گوجه-فرنگی) بین ۱۲ تا ۲۵ درصد گزارش شده است (سنچز-گرو^۲ و همکاران، ۲۰۰۵؛ الانزو^۳ و همکاران، ۲۰۱۲؛ لرنزو^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). کارارو و دورتی^۵ (۲۰۰۲) گزارش کردند که تزریق دی‌اکسید کربن موجب افزایش عملکرد کلی (۸/۲٪)، افزایش وزن میوه‌های کوچک (۱۳٪) و افزایش ماده‌ی خشک میوه‌های گوجه‌فرنگی (۸/۵٪) در کشت گلخانه‌ای شد. در مطالعه‌ی سنچز-گنزالز^۶ و همکاران (۲۰۱۶) غنی‌سازی گلخانه گوجه‌فرنگی با دی‌اکسید کربن، با اثرات مثبت بر تعداد و میانگین وزن میوه‌ها موجب بهبود کارایی مصرف نور و افزایش وزن خشک گوجه-فرنگی و افزایش بازارپسندی آن شد. در این مطالعه

در محیط‌های مسدود گلخانه‌ای به‌ویژه در زمستان به‌دلیل اینکه تبدلات داخل گلخانه با محیط بیرون به حداقل می‌رسد، به‌ویژه در ساعات آفتابی روز دی-اکسید کربن موجود در فضای گلخانه به علت فتوسنتز کاهش می‌یابد. گیاه گوجه‌فرنگی برای داشتن رشد مطلوب و تولید حداکثر عملکرد کمی و کیفی نیاز به شرایط خاصی از نظر میزان نور، دمای روزانه و شبانه، رطوبت نسبی هوا، مواد غذایی در دسترس و رطوبت خاک دارد. کاهش میزان گاز دی-اکسید کربن در فضای بسته‌ی گلخانه می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده، مانع تظاهر حداکثر پتانسیل گیاه در صورت مطلوب بودن سایر شرایط محیطی گلخانه باشد. معمولاً در کشت‌های گلخانه‌ای به کاهش غلظت دی‌اکسید کربن در فضای بسته‌ی گلخانه بی‌توجهی می‌شود، به‌طوری‌که در برخی موارد ممکن است موجب اختلالاتی در رشد گیاه شود. غلظت دی‌اکسید کربن حتی در گلخانه‌های دارای تهویه مناسب به طور معمول کمتر از اتمسفر فضای بیرون گلخانه است (فرانتز^۱، ۲۰۱۱). برای جبران دی‌اکسید کربن از دست رفته، می‌توان این گاز را به طور مصنوعی به گلخانه تزریق نمود. حداکثر عملکرد در نقطه اشباع دی‌اکسید کربن (در صورت مناسب بودن سایر عوامل محیطی) حاصل می‌شود. نقطه اشباع، غلظتی از دی‌اکسید کربن است که با افزایش غلظت آن، بر میزان فتوسنتز گیاه افزوده نشود. بیشتر گیاهان در غلظت ۱۳۰۰ قسمت در میلیون به نقطه اشباع می‌رسند.

2. Cheng
3. Sánchez-Guerrero
4. Alonso
5. Lorenzo
6. Cararo & Duarte
7. Sánchez-González

¹ Frantz



بوته‌ها جابه‌جا شود. در صورتی که به علت خاصی مثل سردی هوای بیرون نتوان از عملیات تهویه استفاده کرد و یا در روزهای آفتابی برای افزایش فتوسنتز نیاز به دی‌اکسیدکربن بیشتری باشد، می‌توان از روش‌های مصنوعی تولید دی‌اکسیدکربن استفاده نمود.

دستگاه مولد دی‌اکسیدکربن با سوخت نفت و گازهای مایع (روش گرم): روش معمول افزودن دی‌اکسیدکربن در محیط گلخانه، استفاده از دستگاه‌های مولد دی‌اکسیدکربن با منبع نفت، گازهای طبیعی، پروپان، بوتان و غیره است. در این روش خلوص سوخت مصرفی باید بالا بوده و درصد گوگرد آن کم باشد. گاز طبیعی و پروپان نسبت به دیگر سوخت‌ها دارای آلودگی کمتری هستند. به طور کلی به ازاء هر ۱۰۰ متر مربع فضای گلخانه، سوزاندن ۰/۵ لیتر در ساعت گاز مایع و یا سوزاندن ۲۵۰ سی‌سی نفت خالص در هر ساعت برای تأمین دی‌اکسیدکربن کفایت می‌کند. باید توجه داشت احتراق ناقص مواد سوختی می‌تواند منجر به تولید گازهای مضر نظیر اتیلن (موجب پیری زودرس گوجه‌فرنگی)، مونوکسیدکربن و غیره شود. در صورت آلوده بودن ماده سوختی به گوگرد، با تولید اسید سولفوریک خسارت برگ‌سوزی در گلخانه افزایش خواهد یافت.

تزریق دی‌اکسیدکربن مایع (روش سرد): دی‌اکسیدکربن تحت فشار به صورت مایع است که گران قیمت است. یکی از روش‌های غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن در گلخانه، تزریق دی‌اکسیدکربن مایع است. در این روش دی‌اکسیدکربن مایع توسط یک واحد تبخیرکن تبخیر می‌شود. استفاده از دی‌اکسیدکربن مایع به

با غنی‌سازی گلخانه با دی‌اکسیدکربن در شرایط شور، تقلیل اثرات منفی شرایط شوری روی عملکرد گزارش شد. در مطالعه‌ی کریم^۱ و همکاران (۲۰۲۰) افزایش دو برابری غلظت دی‌اکسیدکربن نسبت به گلخانه‌های شاهد در گوجه‌فرنگی گیلاسی، موجب افزایش عملکرد محصول تا ۳۸٪ شد. این افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن همچنین موجب بهبود کیفیت محصول با افزایش مواد خشک و قند محلول شد، به علاوه محصول تولیدی دارای آسکوربیک اسید (ویتامین ث) بالاتری نسبت به شاهد بود. در مقابل میزان تجمع نیترات به طور چشمگیری کاهش یافت. در این آزمایش گزارش شد که غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن به طور معنی‌داری عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی را افزایش می‌دهد.

روش‌های فراهم کردن دی‌اکسیدکربن مورد نیاز در گلخانه

تهویه: محیط گلخانه بسته است و با انجام عمل فتوسنتز توسط گیاهان، غلظت دی‌اکسیدکربن موجود در آن کاهش می‌یابد. در زمستان و در ساعات آفتابی روز، میزان دی‌اکسیدکربن موجود در گلخانه‌ی بسته در عرض چند ساعت می‌تواند به نقطه‌ی بحرانی خود برسد و باعث کاهش فتوسنتز و توقف رشد شود. ساده‌ترین روش برای اینکه غلظت این گاز را در حد هوای بیرون از گلخانه نگه داشت، انجام تهویه‌ی مناسب است. از این رو باید در مواقع گرم روز، دریچه‌های سقفی یا جانبی گلخانه جهت تبادل هوا باز شود و با استفاده از فن‌های چرخنده‌ی هوا، هوای ساکن داخل گلخانه را به جریان انداخت تا هوای اطراف

1 . Karim

علت کنترل بهتر غلظت دی‌اکسیدکربن در گلخانه، خلوص فرآورده و نبود آلودگی و عدم نگرانی از زیان رساندن به محصولات، مطلوب‌تر است.

دی‌اکسیدکربن در دمای پایین به صورت منجمد است که به آن یخ خشک می‌گویند. در گلخانه‌های کوچک می‌توان از یخ خشک جهت تولید گاز دی‌اکسیدکربن استفاده کرد. در معرض هوا قرار گرفتن یخ خشک موجب تصعید دی‌اکسیدکربن خالص می‌شود. عیب این روش این است که علاوه بر هزینه بالا، میزان گاز دی‌اکسیدکربن تولیدی به دقت قابل کنترل نیست.



ب



استفاده از کمپوست در بستر گلخانه جهت تولید دی‌اکسید کربن: می‌توان برای تأمین دی‌اکسیدکربن از مخلوط بقایای گیاهی مرطوب و کود حیوانی در بین ردیف‌های کشت استفاده کرد. تجزیه بقایای گیاهی موجب آزاد شدن دی‌اکسیدکربن می‌شود. همچنین دمای این ترکیب می‌تواند به بیش از ۳۸ درجه سلسیوس برسد که این امر می‌تواند حتی به گرم شدن گلخانه در زمستان نیز کمک کند. در مطالعه‌ی کریم و همکاران (۲۰۲۰) با افزودن روزانه کمپوست بقایای گیاهی و کود دامی غلظت دی‌اکسیدکربن نسبت به گلخانه‌های شاهد دو برابر شد.

شکل ۱. دستگاه مولد گاز دی‌اکسید کربن با سوخت پروپان / گاز طبیعی : (الف) نمای بیرون دستگاه (ب) نمای داخلی دستگاه

زمان تزریق مصنوعی دی‌اکسید کربن: تزریق مصنوعی دی‌اکسید کربن به طور معمول از اوایل پاییز تا اواخر فروردین در روزهایی که نیازی به روشن بودن سیستم‌های سرمایشی و انجام عملیات تهویه نباشد، انجام می‌شود و در این فصول تزریق در روزهای آفتابی در تمام طول روز پس از طلوع آفتاب تا یک ساعت قبل از غروب صورت می‌گیرد و از تزریق دی‌اکسید کربن در روزهای خیلی ابری یا شب باید خودداری نمود. در کلیه‌ی روش‌های تأمین دی‌اکسید کربن که غلظت دی‌اکسید کربن در محیط داخل



شکل ۲. تانک دی‌اکسید کربن سرد در کنار گلخانه تولید گوجه‌فرنگی



چرخنده‌ی هوا، از کاهش دی‌اکسید کربن داخل گلخانه جلوگیری شود.

- راه حل کم هزینه برای افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن داخل گلخانه، استفاده از لایه‌های کمپوست گیاهی و دامی بین ردیف‌های کشت است.
- در گلخانه‌های پیشرفته که کنترل دریاچه‌ها به خوبی صورت می‌گیرد و در مناطقی که گلخانه تولید گوجه‌فرنگی از لحاظ شدت نور در وضعیت مطلوبی قرار دارد، استفاده از دستگاه‌های مولد دی-اکسیدکربن توصیه می‌شود.

گلخانه بیش از غلظت هوای بیرون است، دستگاه‌ها و دریاچه‌های تهویه باید بسته باشند به همین دلیل در فصول گرم که تهویه انجام می‌گیرد، تزریق دی‌اکسید کربن انجام نمی‌شود.

توصیه‌های ترویجی:

- با توجه به نقش مهم گاز دی‌اکسیدکربن در تولید محصول گوجه‌فرنگی، رعایت نکات زیر برای گلخانه‌دار توصیه می‌شود:
- در فصول سرد سال که فضاها بسته هستند و هوا آفتابی است با باز کردن دریاچه‌ها و جریان انداختن هوای اطراف بوته‌ها با استفاده از فن‌های

فهرست منابع

- Alonso, F. J., Lorenzo, P., Medrano, E. and Sánchez-Guerrero, M.C. 2012.** Greenhouse sweet pepper productive response to carbon dioxide enrichment and crop pruning. *Acta Hort.* 927: 345-352.
- Cararo, D.C. and Duarte, S.N. 2002.** CO₂ injection and irrigation levels in greenhouse tomatoes. *Horticultura Brasileira.* 20(3):432-437.
- Cheng, W., Sakai, H., Yagi, K. and Hasegawa, T. 2009.** Interactions of elevated CO₂ and night temperature on rice growth and yield. *Agric. Forest. Meteorol.* 149: 51-58.
- Frantz, J. M. 2011.** Elevating carbon dioxide in a commercial greenhouse reduced overall fuel carbon consumption and production cost when used in combination with cool temperatures for lettuce production. *Hort. Technology.* 21 (5): 647-651.
- Karim, M.F., Hao, P., Binti Nordin, N.H., Qiu, C., Zeeshan, M., Akhtar Khan, A. and Shamsi, I.H. 2020.** Effects of CO₂ enrichment by fermentation of CRAM on growth, yield and physiological traits of cherry tomato. *Saudi J. Biol. Sci.*, 27(4): 1041-1048.
- Lorenzo, P., Sánchez-González, M.J., Sánchez-Guerrero, M.C., Medrano, E. and Cabezas, M.J. 2013.** Influencia del enriquecimiento carbónico y la salinidad sobre la producción de tomate cv. Delizia (híbrido RAF). *Actas del VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, Madrid (Spain).* pp: 756-761.
- Sánchez-González, M.J., Sánchez-Guerrero, M.C. Medrano, E., Porras, M.E, Baeza, E., J. and Lorenzo, P. 2016.** Carbon dioxide enrichment: a technique to mitigate the negative effects of salinity on the productivity of high value tomatoes. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 14(2): 2171-9292.
- Sánchez-Guerrero, M.C., Lorenzo, P., Medrano, E., Castilla, N., Soriano, T. and Baille, A. 2005.** Effect of variable CO₂ enrichment on greenhouse production in mild winter climate. *Agric For Meteorol.* 132: 244-252.

