

انتخاب بستر کشت مناسب برای کاهش اثرهای سوء بی‌کربنات سدیم بر ژربرا در روش کشت بدون خاک

میثم منظری توکلی^۱، حمیدرضا روستا^{۱*} و محسن حمیدپور^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۲۵)

چکیده

بی‌کربنات‌ها و کربنات‌ها از عوامل اصلی قلیائیت آب آبیاری محسوب می‌شوند. برای تعیین بستر کشت مناسب برای ژربرا (*Gerbera jamesonii L. cv. Dafne*) در شرایط تنش قلیائیت، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. آزمایش دارای هفت سطح بستر کشت (۱۰۰٪ پرلایت، ۱۰۰٪ کوکوپیت، ۷۵٪ پرلایت + ۲۵٪ زئولایت، ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت، ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت، ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت و ۴۰ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار pH بستر به ترتیب مربوط به تیمار ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت و ۱۰۰٪ کوکوپیت بود. تیمار بی‌کربنات سدیم، بسته به نوع بستر کشت و غلظت بی‌کربنات سدیم، باعث کاهش تعداد گل، وزن تر شاخه گل، طول ساقه گل، قطر گل، قطر گردن، عمر گل‌جایی و شاخص کلروفیل شد. اگرچه این تیمار باعث افزایش ترکیبات فنولی شد. هنگامی که گیاهان رشد یافته در بستر ۱۰۰٪ کوکوپیت در معرض تیمار بی‌کربنات سدیم قرار گرفتند، در مقایسه با گیاهان رشد یافته در سایر بسترها، دارای صفات کیفی و کمی بهتر، توانایی تجمع میزان ترکیبات فنولی بیشتر و شاخص کلروفیل بیشتر بودند. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که تحمل گیاه ژربرا به قلیائیت کم بوده و استفاده از بستر کوکوپیت خالص می‌تواند یک ابزار مناسب برای بهبود مقاومت به قلیائیت این گیاه تحت شرایط تنش بی‌کربنات سدیم باشد.

واژه‌های کلیدی: قلیائیت آب آبیاری، کوکوپیت، پرلایت، هیدروپونیک

مقدمه

مناسب بودن آن برای آبیاری هستند. کیفیت آب به واسطه اینکه تعیین‌کننده نوع گونه گیاهی قابل کشت، ضرورت تصفیه آب و روش آبیاری می‌باشد، یکی از عوامل مهم در پرورش گیاهان زینتی است. افزایش جمعیت، امکان استفاده از آب با کیفیت مطلوب برای کشت گیاهان را محدود نموده است (۱۰). مسئولین بسیاری از کشورها در مناطق خشک و نیمه خشک قوانینی را جهت کاهش استفاده از آب با کیفیت خوب در

امروزه در تولید گل و گیاهان زینتی به‌طور گسترده‌ای از روش کشت بدون خاک (هیدروپونیک) استفاده می‌شود (۳۸). استفاده از کشت هیدروپونیک می‌تواند مصرف آب را تا ۵۰٪ کاهش دهد. بنابراین، در مناطق خشک که تأمین آب هزینه زیادی برای تولید کننده دارد، این روش بسیار مفید است (۲۲). کمیت و کیفیت آب فاکتورهای مهمی برای در دسترس بودن آب و

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: roosta_h@yahoo.com

میلی مولار بی‌کربنات سدیم به مقدار کمی سبزینه گیاه را کاهش داد، در غلظت ۷/۵ میلی مولار کلروز برگ‌ها مشاهده شد و رشد ریشه‌ها در غلظت ۱۰ میلی مولار به میزان زیادی کاهش یافت (۴۲). کاربرد ۵ میلی مولار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش ۲۱ درصدی شاخص کلروفیل (SPAD) در گیاه رز شد و این کاهش در غلظت ۱۰ میلی مولار ۷۲٪ بود. هم‌چنین، در غلظت ۲/۵ میلی مولار، مقداری از سبزینه گیاه کاسته شد و در ۵ میلی مولار نشانه‌های کلروز آشکار گشت (۴۲).

ترکیبات فنولی گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که دارای نقش‌های متعدد اکولوژیک و فیزیولوژیک نظیر نقش‌های دفاعی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. افزایش سنتز این ترکیبات در اثر تنش‌های محیطی گزارش شده است (۴۰). حداکثر تحمل گیاهان به قلیائیت به نوع گونه گیاهی، سن گیاه، اندازه گل‌دان، نوع بستر کشت، طول دوره رشد، ظرفیت بافری و حجم بستر کشت مورد استفاده بستگی دارد (۴۸). امروزه از بسترهای مختلف کشت برای تکثیر و تولید گیاهان زینتی استفاده می‌شود (۳۲). براساس گزارش‌ها، میزان رشد و عملکرد گل‌های همیشه‌بهار، کلم، آویز، حنا، ژربرا، بگونیا و پامچال در بستر کوکوپیت بهتر از پیت است (۱۶). هم‌چنین، رشد و عملکرد گل رز در بستر کوکوپیت بهتر از بستر پرلایت بود (۲۵). یک بستر کشت مناسب باید در طول دوره رشد گیاه از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ثابتی برخوردار باشد (۱۳). به‌طورکلی، یک بستر کشت مناسب باید دارای ظرفیت نگهداری آب و هوای کافی، زهکشی خوب، قابلیت تبادل کاتیونی زیاد و ظرفیت بافری کافی باشد (۳۲).

از آنجایی که یکی از عوامل مؤثر در مقاومت به قلیائیت در گیاهان، نوع بستر کشت می‌باشد (۴۸)، لذا استفاده از بستر کشت مناسب می‌تواند یکی از راه‌های کاهش خسارات ناشی از قلیائیت در تولید گیاهان زینتی گل‌دانی باشد. به‌همین دلیل، پژوهش حاضر با هدف تعیین بستر کشت مناسب برای ژربرا در شرایط تنش قلیائیت با ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای مختلف کشت اجرا شد.

صنعت و کشاورزی و اجبار در استفاده از آب با کیفیت نامطلوب وضع کرده‌اند (۲۷). یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت آب، قلیائیت آن است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد و کیفیت گیاه اثر داشته و یک مشکل مهم در بسیاری از نقاط دنیا است (۴۲). نتایج بررسی‌ها در ایران نشان می‌دهد که ۸۶٪ آب‌های آبیاری دارای قلیائیت زیاد هستند (۲). قلیائیت به‌عنوان غلظتی از قلیاهای محلول که دارای ظرفیت خنثی کردن اسیدها هستند، مشخص می‌شود (۵). عوامل اصلی که باعث قلیائیت می‌شوند شامل بی‌کربنات‌ها (HCO_3^-) و کربنات‌ها (CO_3^{2-}) هستند. در حالی‌که هیدروکسید، بورات، آمونیاک، بازهای آلی، فسفات‌ها و سیلیکات‌ها به‌عنوان عوامل فرعی شناخته شده‌اند (۴۱).

بی‌کربنات یون اصلی است که باعث قلیائیت آب و افزایش ظرفیت بافری آن می‌شود. اما در غلظت‌های بیش از ۲ میلی مولار می‌تواند باعث توقف رشد گونه‌های حساس به pH زیاد شود (۴۴). مطالعات متعدد نشان داده که بی‌کربنات موجود در آب آبیاری یکی از مشکلات عمده تولید محصولات کشاورزی و کاهش عملکرد گیاه است. ممانعت از رشد ریشه یکی از نخستین آثار قابل رؤیت بی‌کربنات است که در چغندر قند مشاهده شد (۹). pH زیاد ناشی از بی‌کربنات با تخریب فعالیت‌های فیزیولوژیک ریشه و تداخل در جذب عناصر غذایی سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (۴۹). قلیائیت به‌طور معنی‌داری باعث کاهش تعداد گل و برگ، وزن خشک و تر برگ و شاخه در گیاه رز شد (۴۲). آب‌های آبیاری و بسترهای کشت که دارای مقادیر زیاد بی‌کربنات هستند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم کلروز ناشی از کمبود آهن را در خیلی از گونه‌های گیاهی ایجاد می‌کنند (۴۷). کلروز آهن، یا زردی در برگ‌های جوان، به‌دلیل جلوگیری از سنتز کلروفیل در کلروپلاست به‌وجود می‌آید، که بیانگر کمبود آهن در گیاه می‌باشد (۲۶).

کلروز آهن در ژربرا ارتباط نزدیکی با pH محیط کشت داشته و معمولاً غلظت کم آهن محیط کشت عامل این ناهنجاری نمی‌باشد (۸). در گیاه داوودی، غلظت ۵-۲/۵

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر بسترهای مختلف کشت و قلبی‌ت بر رشد و عملکرد ژبررا رقم Dafne، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه هیدروپونیک گروه باغبانی دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان اجرا شد. آزمایش دارای هفت سطح بستر کشت (۱۰۰٪ پرلایت، ۱۰۰٪ کوکوپیت، ۷۵٪ پرلایت + ۲۵٪ زئولایت، ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت، ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت، ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت، ۷۵٪ ورمی‌کمپوست + ۲۵٪ پرلایت) و بی‌کربنات سدیم در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار) بود. گیاهان مورد نیاز پژوهش از نشاهای تولید شده از طریق کشت بافت (وارد شده از کشور هلند) تهیه شدند و در مرحله ۴ برگگی به گلدان‌های ۴ لیتری پر شده با بسترهای کشت منتقل شدند. آب مورد نیاز برای تهیه محلول غذایی از یک دستگاه تصفیه آب با پنج فیلتر و EC آب خروجی معادل ۱۴ میکروموس بر سانتی‌متر موجود در گلخانه دانشکده کشاورزی تأمین شد.

محلول غذایی مورد استفاده در آزمایش شامل: $1 \text{ KH}_2\text{PO}_4$ میلی‌مولار، 5 KNO_3 میلی‌مولار، $5 \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ میلی‌مولار، $2 \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ میلی‌مولار، $0/1 \text{ NaCl}$ میلی‌مولار، 20 Fe-EDDHA میکرومولار، $7 \text{ MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ میکرومولار، $20 \text{ H}_3\text{BO}_3$ میکرومولار، $0/8 \text{ CuSO}_4$ میکرومولار، $0/8 \text{ Na}_2\text{MoO}_4$ میکرومولار بود (۳۴). گیاهان بعد از انتقال به بسترهای کشت، روزانه سه بار و هر بار به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر با محلول غذایی آبیاری شدند. بعد از گذشت ۳ هفته، تیمار بی‌کربنات سدیم هفته‌ای دو بار همراه با محلول غذایی اعمال گردید. میانگین pH در محلول غذایی محتوی صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم (۴۶) به ترتیب ۷/۱، ۸/۱ و ۸/۴ بود. طول دوره آزمایش ۱۵۰ روز بود و در طول دوره آزمایش شرایط دمایی گلخانه 24 ± 3 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۴/۷-۵۳/۴ درصد ثبت گردید.

ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت با استفاده از روش‌های پیشنهادی راویو و لیث (۳۲) اندازه‌گیری شدند. بدین منظور،

ابتدا حجم مشخصی از ظرف با بستر کشت مورد نظر پر گردید. در زیر ظروف مورد استفاده سوراخ‌هایی تعبیه شده بود که به وسیله نایلون مسدود شد. حجم بستر کشت مورد نظر ثبت شد و آب به آرامی اضافه شد تا اینکه به سطح رسید و بستر کشت از آب اشباع شد و در نهایت مقدار آب افزوده شده ثبت گردید. سپس نایلون از زیر ظرف برداشته شد و آب زهکش شده از ظرف به مدت ۶۰ دقیقه جمع‌آوری گردید. نمونه مرطوب بستر کشت بعد از ۶۰ دقیقه وزن گردیده و برای محاسبه وزن خشک در آن در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۳ روز قرار داده شد و مجدداً وزن گردید. مقادیر به دست آمده از روش فوق با استفاده از فرمول‌های زیر برای محاسبه تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای، وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت نگه‌داری رطوبت و انقباض مورد استفاده قرار گرفت:

$$\rho = \frac{DW}{V} \quad [1]$$

$$P_a = \frac{DV}{V} \times 100 \quad [2]$$

$$MHC = \frac{WW - DW}{\rho_w V} \times 100 \quad [3]$$

$$n = \frac{((WW - DW) / \rho_w) + DV}{V} \times 100 \quad [4]$$

$$C = \frac{V_1}{V} \times 100 \quad [5]$$

که ρ وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، DW وزن خشک بستر کشت (گرم)، V حجم بستر کشت (سانتی‌متر مکعب)، P_a تخلخل تهویه‌ای (درصد حجمی)، DV حجم آب زهکش شده (سانتی‌متر مکعب)، MHC ظرفیت نگهداری رطوبت (درصد حجمی)، WW وزن مرطوب بستر کشت (گرم)، ρ_w وزن مخصوص آب (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، n تخلخل کل (درصد حجمی)، C میزان انقباض (%) و V_1 حجم بستر کشت خشک (سانتی‌متر مکعب) بود.

اندازه‌گیری pH و EC در عصاره سوسپانسیون‌های با نسبت ۳:۱ شامل ۱ قسمت بستر کشت و ۳ قسمت آب و استفاده از pH متر (مدل مترام ۷۲۰) و EC متر (مدل EUTEOH) انجام شد. غلظت عناصر (سدیم محلول در آب به صورت عصاره

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت

انقباض (%)	ظرفیت نگه‌داری رطوبت (%)	تخلخل تهویه‌ای (%)	تخلخل کل (%)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	بستر کاشت
۱۶/۶	۳۷/۹۱	۲۱/۰۹	۵۹	۰/۳۶	۰/۷۵ ورمی‌کمپوست + ۰/۲۵ پرلایت
۱۰	۴۴/۶۵	۱۷/۳۵	۶۲	۰/۲۷	۰/۷۵ پیت + ۰/۲۵ پرلایت
۲۰	۲۸/۸۸	۳۵/۱۲	۶۴	۰/۰۷	۰/۷۵ کوکوپیت + ۰/۲۵ پرلایت
۲۵	۵۴/۴۱	۱۶/۵۹	۷۱	۰/۱۱	۰/۱۰۰ کوکوپیت
۲۰	۴۵/۸۴	۲۷/۱۶	۷۳	۰/۱۴	۰/۷۵ کوکوپیت + ۰/۲۵ پرلایت
۱۳/۳	۲۷/۶۰	۲۴/۴	۵۲	۰/۱۳	۰/۱۰۰ پرلایت
۱۶/۶	۱۹/۶۵	۳۹/۳۵	۵۹	۰/۳۰	۰/۲۵ زئولایت + ۰/۷۵ پرلایت

میلی‌لیتر کربنات سدیم ۵٪ اضافه گردید. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت و مقدار ترکیبات فنولی محاسبه شد. برای رسم منحنی استاندارد از گالیک اسید استفاده شد (۳۷). تحلیل آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد توسط آزمون LSD انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت

بیشترین میزان تخلخل کل (۷۳٪) در بستر ۰/۷۵ کوکوپیت + ۰/۲۵ پرلایت و سپس در کوکوپیت خالص (۷۱٪) مشاهده شد و کمترین مقدار آن مربوط به بستر پرلایت خالص بود (جدول ۱). بیشترین مقدار تخلخل تهویه‌ای (۳۹/۳۵٪) در بستر ۰/۲۵ زئولایت + ۰/۷۵ پرلایت اندازه‌گیری شد؛ اگرچه کمترین مقدار آن (۱۶/۵۹٪) در بستر کوکوپیت خالص ثبت شد (جدول ۱). بهبود تخلخل تهویه‌ای اغلب انتقال اکسیژن و نفوذ ریشه را افزایش می‌دهد. این به نوبه خود رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بستر کوکوپیت خالص دارای بیشترین مقدار ظرفیت نگه‌داری رطوبت بود. در حالی که کمترین مقدار آن در بستر ۰/۲۵ زئولایت + ۰/۷۵ پرلایت مشاهده شد (جدول ۱). بستر ۰/۷۵ ورمی‌کمپوست + ۰/۲۵ پرلایت بیشترین میزان وزن

سوسپانسیون، پتاسیم به وسیله عصاره‌گیری با استات آمونیوم، فسفر با عصاره‌گیری به وسیله بی‌کربنات سدیم و آهن، روی، منگنز و مس به روش عصاره‌گیری با DTPA) در بسترهای کشت با استفاده از روش استاندارد اندازه‌گیری شد (۳۹).

در طول دوره آزمایش، گل‌ها برداشت شد و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گل به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت: طول ساقه گل، قطر گردن (محل اتصال ساقه به دیسک گل) و تاج گل، وزن تر گل و تعداد گل. طول با استفاده از خط‌کش و قطر با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی عمر گل‌جایی، گل‌ها داخل آب مقطر در دمای ۲۳±۲ درجه سلسیوس قرار گرفتند و زمانی که گلبرگ‌ها یا ساقه، تورژسانس و شادابی خود را به‌طور کامل از دست دادند، عمر گل پایان یافته در نظر گرفته شد و نتایج ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل، از هر گلدان تعداد ۴ برگ جوان انتخاب و شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل‌متر (مدل SPAD-502، ساخت کشور ژاپن) قرائت شد. برای تعیین مقدار ترکیبات فنولی، ۱/۰ گرم از برگ تازه توسعه یافته در ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد سائیده شد. عصاره حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در تاریکی نگهداری شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی برداشته و ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ به آن اضافه گردید و با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. به محلول آماده شده ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین ۵۰٪ و ۱

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی بسترهای کشت

بستر کاشت	pH	EC (dS/m)	پتاسیم (mg/L)	سدیم (mg/L)	فسفر (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)
۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت	۷/۵	۴/۰۴	۶۱۳/۱۴	۴۲۹/۳۸	۷۴۹/۷۲	۴۸/۰۰	۳۵/۰۳	۳۰/۰۰	۴/۲۰
۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت	۸/۱	۴/۳۵	۳۸۷/۰۵	۸۲۳/۲۴	۳۷۸/۱۳	۱۶/۳۶	۱۳/۲۴	۱۰/۱۲	۲/۲۹
۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت	۶/۷	۱/۴۰	۱۲۷/۵۶	۲۱۰/۳۷	۹۳/۴۲	۰/۴۷	۱/۷۷	۳/۰۷	۰/۵۴
۱۰۰٪ کوکوپیت	۶/۲	۱/۱۰	۱۹۸/۴۳	۱۸۱/۴۸	۱۸۳/۶۲	۱۲/۱۲	۸/۱۴	۴/۱۶	۱/۴۲
۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت	۶/۶	۰/۷۴	۱۶۷/۲۲	۱۶۲/۶۳	۱۰۸/۰۵	۹/۲۳	۶/۵۳	۳/۸۳	۰/۸۷
۱۰۰٪ پرلایت	۷/۲	۰/۱۲	۴۱/۷۸	۵۱/۱۸	۲۳/۳۵	۲/۵۸	۱/۷۷	۰/۹۵	۰/۳۱
۲۵٪ زئولایت + ۷۵٪ پرلایت	۷/۴	۰/۶۷	۶۷/۸۷	۹۷/۵۶	۵۸/۱۴	۳/۸۳	۲/۶۰	۱/۳۶	۰/۳۸

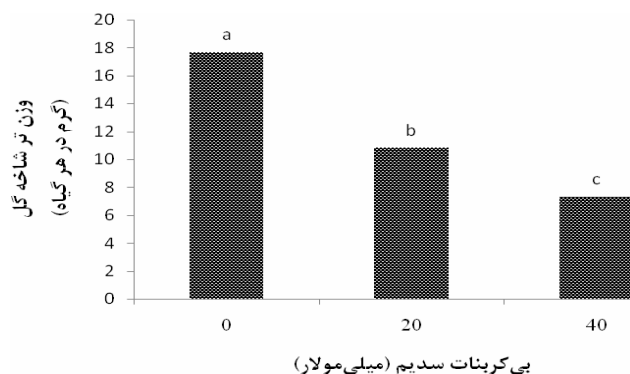
قابلیت هدایت الکتریکی (EC) بستر کشت به‌عنوان یک عامل مهم تأثیرگذار بر رشد گیاهان تلقی می‌شود (۱۹). محیط‌های کشت ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت و ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت به‌علت غلظت زیاد یون‌های سدیم و پتاسیم مقدار EC بالایی داشتند (جدول ۲). به استثنای بستر پرلایت خالص، مقدار EC در سایر بسترها بیشتر از حد قابل قبول (dS/m) ۰/۵ (≤) پیشنهاد شده توسط آباد و همکاران (۳) بود. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که بیشترین غلظت عناصر غذایی (پتاسیم، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز) در بستر ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت بود. علاوه بر این، بیشترین غلظت سدیم در بستر ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت مشاهده شد (جدول ۲).

کمیت و کیفیت محصول گل و عمر گل جایی

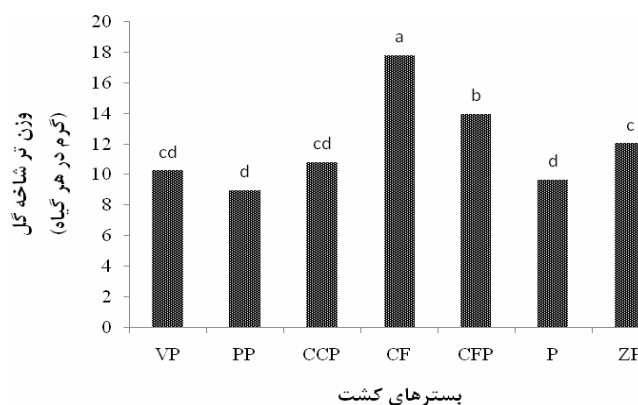
نتایج تأثیر بی کربنات سدیم و بستر کشت بر وزن تر شاخه گل در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است. صرف نظر از نوع بستر کشت، تیمار بی کربنات سدیم به‌طور معنی‌داری باعث کاهش وزن تر شاخه گل شد. به‌طوری‌که بین سه سطح تیمار اختلاف معنی‌داری بود. در بین بسترهای کشت، گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص بیشترین میزان وزن تر شاخه گل را داشتند. از این نظر، گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت خالص و ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت بدون داشتن اختلاف

مخصوص ظاهری را نشان داد. در حالی‌که کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری در بستر ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت مشاهده شد (جدول ۱). وزن مخصوص ظاهری زیاد باعث افزایش هزینه‌های حمل و نقل و کاهش تخلخل می‌شود (۱۵). مقدار انقباض قابل قبول برای بستر کشت کمتر از ۳۰٪/حجم محیط کشت گزارش شده است (۳). در پژوهش حاضر، انقباض تمام بسترها در محدوده قابل قبول (کمتر از ۳۰٪/حجم) بود (جدول ۱). بیشترین انقباض در بستر کوکوپیت خالص مشاهده شد. در حالی‌که بستر ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت دارای کمترین میزان انقباض بود (جدول ۱). اگرچه انقباض بستر در سینی‌های کشت حاوی نشا به‌دلیل تسهیل انتقال نشا مفید می‌باشد، ولی انقباض بستر در ظروف و یا گلدان‌های پرورش باعث هدررفت محلول غذایی از کناره‌های ظرف می‌شود (۳۲).

مقدار pH بستر ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت بیشتر از سایر بسترها بود (جدول ۲). کمترین مقدار pH ثبت شده مربوط به بستر کوکوپیت خالص بود. به استثنای بستر کوکوپیت خالص، مقدار pH در سایر بسترها بیشتر از حد قابل قبول (۵/۳-۶/۵) پیشنهاد شده توسط آباد و همکاران (۳) بود. بنابراین، استفاده از کوکوپیت به‌عنوان بستر کشت برای گیاهان حساس به pH بالا در شرایط تنش قلیائیت مناسب است. ولی در بستر ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت (pH = ۸/۱) pH بالا عامل محدود کننده رشد گیاه است.



شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر وزن تر شاخه گل ژربرا. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.



شکل ۲. اثر نوع بستر کشت بر وزن تر شاخه گل ژربرا رشد یافته در بسترهای مختلف کشت: ۱۰۰٪ کوکوپیت (CF)، ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت (VP)، ۷۵٪ پرلایت + ۲۵٪ زئولایت (ZP)، ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت (PP)، ۷۵٪ کوکوچیپ + ۲۵٪ پرلایت (CCP)، ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت (CFP) و ۱۰۰٪ پرلایت (P). حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.

خالص و کوکوپیت خالص مشاهده شد. در بین گیاهان شاهد، بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص بیشترین تعداد گل را داشتند.

نتایج تأثیر بی‌کربنات سدیم و بستر کشت بر طول ساقه گل در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است. صرف نظر از نوع بستر کشت، تیمار بی‌کربنات سدیم به‌طور معنی‌داری باعث کاهش طول ساقه گل شد. به‌طوری‌که بین سه سطح تیمار اختلاف معنی‌داری بود. در بین بسترهای کشت، گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص بیشترین میزان طول ساقه گل را داشتند و از این نظر گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت خالص و

معنی‌دار با گیاهان رشد یافته در بسترهای ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت و ۷۵٪ کوکوچیپ + ۲۵٪ پرلایت در بین بسترهای کشت در پایین‌ترین سطح قرار گرفتند.

اثر بی‌کربنات سدیم بر تعداد گل در تقابل با بستر کشت در جدول ۳ آورده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، تیمار بی‌کربنات سدیم در هر دو سطح ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد (بدون بی‌کربنات سدیم) باعث کاهش معنی‌دار تعداد گل در تمامی بسترها شد. به‌طوری‌که بیشترین (۷۵٪) و کمترین (۲۴٪) میزان کاهش تعداد گل در تیمار ۴۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم به‌ترتیب در گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت

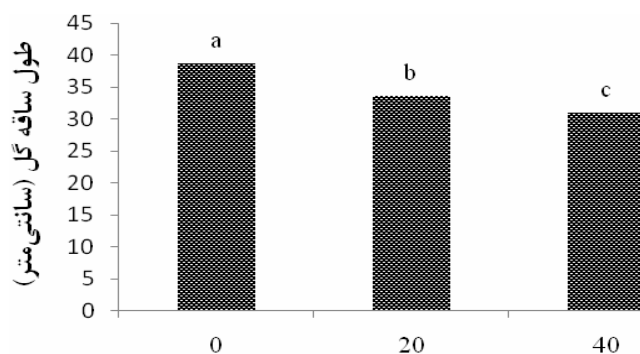
جدول ۳. برهمکنش غلظت‌های مختلف بی کربنات سدیم و بستر کشت بر تعداد گل، قطر گردن ساقه، محتوای ترکیبات فنولی و شاخص کلروفیل (SPAD) ژربرا، رشد یافته در بسترهای مختلف کشت

شاخص کلروفیل (SPAD)	ترکیبات فنولی (mg/g FW)	قطر گردن ساقه (cm)	تعداد گل (در هر گیاه)	بی کربنات سدیم (mM)	بستر کشت
۴۴/۹۳ ^{ef}	۷۷/۵ ^f	۰/۴۸۰ ^{de}	۴/۰۰ ^{ef[†]}	۰	۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت
۳۴/۵۳ ^{gh}	۱۱۳/۵ ^e	۰/۴۲۵ ^{fg}	۳/۰۰ ^h	۲۰	
۲۶/۵۶ ^{ijk}	۱۷۹ ^b	۰/۳۵۳ ⁱ	۲/۰۰ ^I	۴۰	
۳۶/۸۶ ^g	۵۶/۱۶ ^g	۰/۴۲۹ ^{fg}	۳/۲۵ ^{gh}	۰	۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت
۲۸/۳۶ ^{ij}	۱۱۲/۱ ^e	۰/۳۹۸ ^{gh}	۲/۰۰ ⁱ	۲۰	
۲۱/۹۶ ^k	۱۴۲/۵ ^{cd}	۰/۳۱۰ ^j	۱/۲۵ ^j	۴۰	
۴۴/۳۶ ^{ef}	۸۷/۷ ^f	۰/۴۶۱ ^{ef}	۴/۲۵ ^{de}	۰	۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت
۲۹/۸۶ ^{hi}	۱۰۶/۵ ^e	۰/۴۲۰ ^g	۳/۲۵ ^{gh}	۲۰	
۲۴/۲۳ ^{jk}	۱۴۱/۴ ^d	۰/۳۵۵ ⁱ	۲/۰۰ ⁱ	۴۰	
۶۰/۱۶ ^a	۱۴۴/۴ ^{cd}	۰/۵۷۲ ^a	۶/۲۵ ^a	۰	۱۰۰٪ کوکوپیت
۵۷/۸۳ ^{ab}	۲۰۶ ^a	۰/۵۴۱ ^{ab}	۵/۵۰ ^b	۲۰	
۵۲/۳۳ ^{cd}	۲۰۶/۹ ^a	۰/۵۰۶ ^{bcd}	۴/۷۵ ^{cd}	۴۰	
۴۸/۶ ^{de}	۱۳۰/۴ ^d	۰/۵۲۴ ^{bc}	۵/۵۰ ^b	۰	۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت
۳۷/۵ ^g	۱۴۳/۶ ^{cd}	۰/۴۸۱ ^{de}	۳/۷۵ ^{efg}	۲۰	
۲۸/۳۶ ^{ij}	۱۵۸/۴ ^c	۰/۳۹۷ ^{gh}	۲/۲۵ ⁱ	۴۰	
۴۳/۳ ^{ef}	۱۴۲/۹ ^{cd}	۰/۴۸۳ ^{de}	۵/۰۰ ^{bc}	۰	۱۰۰٪ پرلایت
۳۱/۱۶ ^{hi}	۱۴۳/۲ ^{cd}	۰/۳۸۱ ^{hi}	۲/۲۵ ⁱ	۲۰	
۲۳/۲۳ ^{jk}	۱۴۶/۲ ^{cd}	۰/۳۰۷ ^j	۱/۲۵ ^j	۴۰	
۵۳/۹۳ ^{bc}	۱۳۴/۷ ^d	۰/۵۰۲ ^{cd}	۵/۵۰ ^b	۰	۲۵٪ زئولایت + ۷۵٪ پرلایت
۴۴/۱ ^{ef}	۱۳۸/۴ ^d	۰/۴۲۱ ^g	۳/۵۰ ^{fgh}	۲۰	
۳۹/۸۶ ^{fg}	۱۳۹/۷ ^d	۰/۳۷۵ ^{hi}	۲/۰۰ ⁱ	۴۰	

†: حروف متفاوت در هر ستون و غلظت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD می‌باشد.

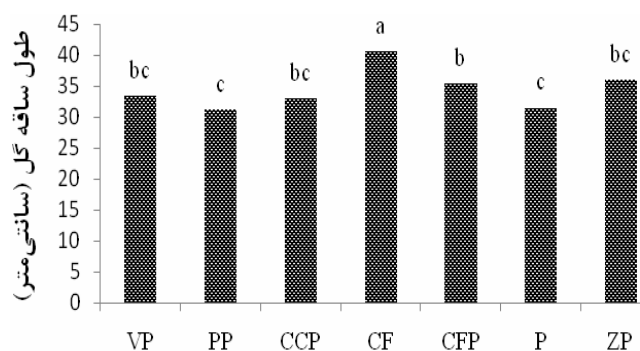
میلی‌مولار بود (شکل ۵). در بین بسترها، تفاوت معنی‌داری بین گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص و ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت از نظر قطر گل وجود نداشت و در بالاترین سطح قرار گرفتند. کمترین قطر گل مربوط به گیاهان رشد یافته در ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت بود که تفاوت معنی‌داری با گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت خالص و ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت نداشت (شکل ۶).

۷۵٪ پیت + پرلایت ۲۵٪ بدون داشتن اختلاف معنی‌دار با گیاهان رشد یافته در بسترهای ۷۵٪ ورمی کمپوست + ۲۵٪ پرلایت، ۲۵٪ زئولایت + ۷۵٪ پرلایت و ۷۵٪ کوکوپیت + ۲۵٪ پرلایت در بین بسترهای کشت در پایین‌ترین سطح قرار گرفتند. غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار بی کربنات سدیم در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری میزان قطر گل را کاهش دادند و این کاهش در ۴۰ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری بیشتر از ۲۰



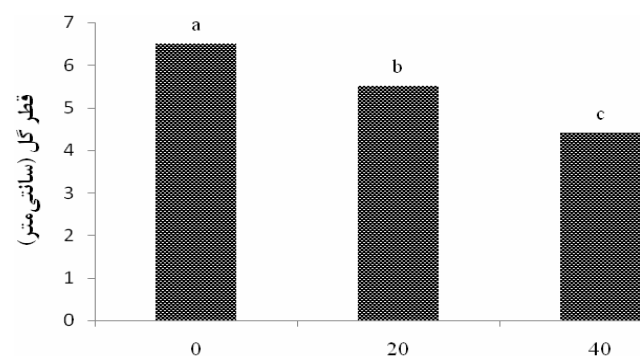
بی‌کربنات سدیم (میلی مولار)

شکل ۳. اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر طول ساقه گل ژربرا. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.



بسترهای کشت

شکل ۴. اثر نوع بستر کشت بر طول ساقه گل ژربرا رشد یافته در بسترهای مختلف کشت. علائم تیمارها در شکل ۲ توضیح داده شده‌اند. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.

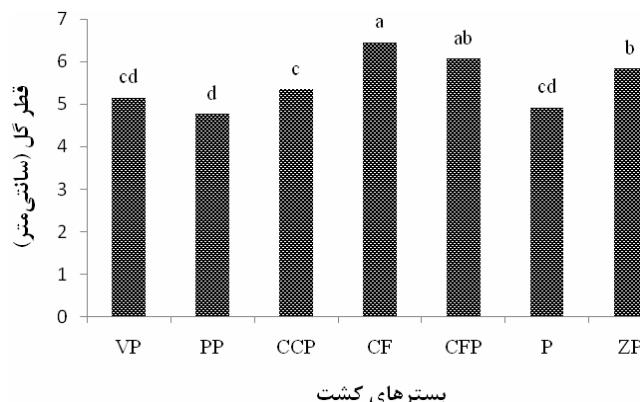


بی‌کربنات سدیم (میلی مولار)

شکل ۵. اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر قطر گل ژربرا. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.

بی‌کربنات سدیم در مقایسه با شاهد به ترتیب در گیاهان رشد

اثر بی‌کربنات سدیم بر قطر گردن ساقه در تقابل با بستر کشت در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین (۳۶/۴۳٪) و کمترین (۱۱/۵۶٪) کاهش در قطر گردن ساقه در غلظت ۴۰ میلی‌مولار



شکل ۶. اثر نوع بستر کشت بر قطر گل ژبررا رشد یافته در بسترهای مختلف کشت. علائم تیمارها در شکل ۲ توضیح داده شده‌اند. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۱٪ آزمون LSD می‌باشد.

کوکوپیت خالص در غلظت ۴۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم دارای بیشترین میزان ترکیبات فنولی (۲۰۶/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) بودند (جدول ۳).

شاخص کلروفیل (SPAD)

بیشترین و کمترین میزان کاهش در شاخص کلروفیل (به ترتیب ۴۶/۳۵ و ۱۳/۰۱ درصد) در غلظت ۴۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم در مقایسه با شاهد به ترتیب در گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت خالص و کوکوپیت خالص مشاهده شد. هم‌چنین، به استثنای گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص، در سایر بسترها، غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم میزان شاخص کلروفیل را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد. هم‌چنین، قابل ذکر است که بررسی مقایسه میانگین داده‌های مربوط بسترهای مختلف کشت در گیاهان شاهد نشان داد که گیاهان رشد یافته در بسترهای کشت کوکوپیت خالص و ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص کلروفیل را داشتند (جدول ۳).

بحث

تنش شوری و قلیائیت از جمله تنش‌های محیطی هستند که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند. نمک‌های قلیایی (Na_2CO_3) و

یافته در بسترهای پرلایت خالص و کوکوپیت خالص مشاهده شد. هم‌چنین، به استثنای گیاهان رشد یافته در بسترهای ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت و کوکوپیت خالص در سایر بسترها، غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم قطر گردن ساقه را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد. هم‌چنین، قابل ذکر است که بررسی مقایسه میانگین داده‌های مربوط به بسترهای مختلف کشت در گیاهان شاهد نشان داد که گیاهان رشد یافته در بسترهای کشت کوکوپیت خالص و ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت به ترتیب بیشترین و کمترین قطر گردن ساقه را داشتند.

اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر عمر گل‌جایی نشان داد که تیمار بی‌کربنات سدیم به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عمر گل‌جایی شد. به طوری که بین سه سطح تیمار اختلافات معنی‌دار بود (شکل ۷). بیشترین عمر گل‌جایی (۱۰/۵ روز) مربوط به تیمار کوکوپیت خالص و کمترین میزان آن (۷/۷ روز) مربوط به تیمار ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت بود (شکل ۸).

ترکیبات فنولی

افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم تأثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات فنولی گیاهان رشد یافته در بسترهای پرلایت خالص و ۲۵٪ زئولایت + ۷۵٪ پرلایت نداشت. اما در مورد گیاهان رشد یافته در سایر بسترهای کشت، ترکیبات فنولی را به میزان قابل توجهی افزایش داد. به طوری که گیاهان رشد یافته در بستر

(۴۳). باواریسکو و همکاران (۶) کاهش رشد ناشی از بی‌کربنات سدیم را به مقدار کم فتوستتیز که در اثر غلظت زیاد بی‌کربنات رخ می‌دهد نسبت دادند. زیرا بی‌کربنات با کاهش انتقال آهن باعث اختلال در سنتز کلروفیل می‌شود.

تأثیر نوع بستر کشت بر گیاهان مختلف متفاوت است. مواد اولیه مختلفی به‌عنوان بستر کشت برای گیاهان در سیستم‌های کشت بدون خاک استفاده می‌شود. این بسترها به‌صورت خالص و یا ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسبی برای گیاه فراهم نمایند (۴۵). براساس نتایج پژوهش حاضر، بین بسترهای مختلف کشت از نظر طول ساقه گل، وزن تر گل، قطر گل و عمر گل جایی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. گیاهان رشد یافته در بسترهای کشت کوکوپیت خالص و ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت در مقایسه با سایر بسترها به‌ترتیب بیشترین و کمترین طول ساقه گل، وزن تر گل و قطر گل را داشتند. تخلخل کل بیشتر بستر کوکوپیت احتمالاً در افزایش کیفیت گل‌ها نقش داشته است. تخلخل کل زیاد بستر کوکوپیت هم‌چنین به‌وسیله هرناندز آپوالازا و گوئررو (۲۰) نیز گزارش شده است.

سایر مطالعات روی گیاه رز (۲۵)، گوجه‌فرنگی (۲۱)، همیشه‌بهار، کلم، گل آویز، گل حنا، ژربرا، بگونیا، پامچال (۱۶) و پتوس (۲۳) نیز نشان داد هنگامی‌که این گیاهان در بستر کوکوپیت کشت شدند بیشترین رشد و عملکرد را داشتند. نتایج حاصل از آزمایش حاضر با نتایج این پژوهشگران مطابقت داشت. بستر کوکوپیت خالص با داشتن ویژگی‌های فیزیکی (تخلخل و ظرفیت نگه‌داری رطوبت) و شیمیایی (به‌ویژه pH) مناسب برای رشد گیاه موجب جذب بهتر آب و مواد غذایی شده و در نتیجه صفات کمی و کیفی گل تولیدی در آن نسبت به بسترهای کشت دیگر بهبود یافته است. ظرفیت نگه‌داری رطوبت بیشتر بستر کوکوپیت می‌تواند به‌دلیل تخلخل زیاد و نوع منافذ آن باشد (۳۲). در پژوهش حاضر می‌توان بیان نمود که بخش زیادی از کاهش رشد و عملکرد گیاه در بستر ۷۵٪ پیت + ۲۵٪ پرلایت به‌دلیل pH زیاد (۸/۱) آن می‌باشد. اثر تنش

اثر مخرب‌تری نسبت به نمک‌های خنثی NaCl و NaHCO_3 بر گیاه دارند (۳۵). کاهش رشد با قلیائیت زیاد در محیط ریشه ارتباط دارد. به‌طوری‌که رشد کاهو (۳۴)، رز (۱۱)، داوودی (۴۲)، ذرت (۱۸)، پریوش (۱۲)، جو (۴۹) و گوجه‌فرنگی (۴۶) در محیط‌هایی با غلظت زیاد بی‌کربنات کاهش یافت. رایل و کلیلاند (۳۳) گزارش دادند که pH زیاد آپوپلاست، کاهش‌دهنده خاصیت ارتجاعی دیواره سلول و در نتیجه محدود کننده توسعه و رشد سلول است.

در پژوهش حاضر، تیمار بی‌کربنات سدیم بسته به غلظت آن و نوع بستر کشت باعث کاهش صفات کمی و کیفی گل شد. غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم سبب کاهش قابل توجه صفات کمی و کیفی گل شدند. نتایج سایر مطالعات نشان می‌دهد که pH زیاد به‌عنوان یک عامل کلیدی در محدود کردن رشد و توسعه گیاه در شرایط قلیایی است (۴۹). pH زیاد ناشی از تنش بی‌کربنات سدیم به ساختار ریشه و فعالیت‌های آن مانند جذب آب و یون‌ها، محتویات رنگدانه‌های فتوستتیزی و سیستم غشا آسیب می‌رساند (۴۹). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، این موارد ممکن است دلیل اصلی کاهش صفات کمی و کیفی ژربرا در شرایط تنش قلیائیت باشد. برخی گزارش‌ها کاهش عملکرد و رشد ایجاد شده در اثر بی‌کربنات سدیم را به اثر بازدارندگی بی‌کربنات بر فرآیندهای متابولیک، اختلال در فعالیت یا رشد ریشه (۴ و ۲۴) و یا حلالیت عناصر غذایی (۳۰) نسبت داده‌اند.

در محلول غذایی با pH زیاد، فراهمی عناصر منیزیم، کلسیم، فسفر و پتاسیم به میزان کمی کاهش می‌یابد. در صورتی‌که فراهمی منگنز، روی، مس و مخصوصاً آهن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۷). یون‌های بی‌کربنات در جذب عناصر پرمصرف، به‌ویژه فسفر، پتاسیم و منیزیم توسط گیاه تداخل ایجاد می‌کنند (۳۱). به‌عنوان مثال، در خاک‌های قلیایی، فسفر به مقدار زیادی به‌واسطه تشکیل فسفات‌های کلسیم و منیزیم کم محلول از دسترس گیاه خارج می‌شود (۲۹) و از این طریق منجر به خسارات شدید به عملکرد و کیفیت می‌شود

می‌تواند به علت تجزیه کلروفیل در اثر آنزیم کلروفیل‌لاز (۱۸)، رسوب عنصر منیزیم در pH زیاد (۳۶)، اختلال در تعادل یون سدیم (۴۶) و کمبود آهن (۱۷) باشد. در پژوهش حاضر نیز زیادتر بودن میزان رنگیزه‌های گیاهی در گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص در مقایسه با سایر بسترها را می‌توان به فراهمی بهتر عناصر غذایی مخصوصاً آهن و منیزیم در این بستر تحت شرایط تنش قلیائیت نسبت داد.

افزایش مقدار فنول‌ها احتمالاً به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی آنها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد. با توجه به مزایای تجمع ترکیبات فنولی در گیاه به هنگام وقوع تنش و با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان بیان نمود که غلظت زیادتر ترکیبات فنولی در گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص می‌تواند نشان‌دهنده افزایش مقاومت این گیاهان به تنش قلیائیت در بستر کوکوپیت خالص باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، مشخص شد که گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص در مقایسه با گیاهان رشد یافته در سایر بسترها قادر به حفظ صفات کیفی و کمی محصول و توانایی تجمع میزان ترکیبات فنولی بیشتر در برگ‌های خود تحت تنش بی‌کربنات سدیم بودند. علاوه بر این، تحت تنش شدید بی‌کربنات سدیم، گیاهان رشد یافته در این بستر در مقایسه با سایر بسترها، دارای کمترین درصد کاهش در شاخص کلروفیل بودند. به‌طورکلی، استفاده از بستر کوکوپیت خالص می‌تواند یک روش مناسب برای افزایش مقاومت به قلیائیت گیاهان ژبررا تحت شرایط تنش بی‌کربنات سدیم باشد.

قلیائیت شبیه تنش شوری اما با اثرهای اضافی pH زیاد همراه است. بنابراین، توانایی گیاه برای مقابله با تنش قلیائیت نه تنها به توانایی گیاه برای غلبه بر تنش کمبود آب و سمیت یون بستگی دارد، بلکه هم‌چنین به مقاومت آن به pH زیاد نیز بستگی دارد (۴۹). با توجه به جدول ۱ چنین نتیجه‌گیری می‌شود که یکی از دلایل مقاوم بودن گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص به افزایش غلظت بی‌کربنات در مقایسه با سایر بسترها، احتمالاً توانایی این بستر در نگه‌داری رطوبت و غلبه بر کمبود آب ناشی از تنش قلیائیت بوده است.

با توجه به نقش عناصر پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها (۱) و مداخله یون‌های بی‌کربنات در جذب این عناصر (۱۴)، احتمالاً یکی از دلایل کاهش عمر گل‌جایی تحت تنش قلیائیت، کاهش میزان کربوهیدرات‌ها می‌باشد و گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص به علت جذب بهتر و انتقال این عناصر مخصوصاً آهن به اندام‌های هوایی دارای بیشترین عمر گل‌جایی بودند.

کلروفیل‌ها از مهمترین رنگدانه‌های فعال در عمل فتوسنتز می‌باشند. pH زیاد ناشی از تنش قلیائیت باعث تخریب کلروپلاست و کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاهان می‌شود. در شرایط کمبود آهن، کاهش غلظت آهن برگ باعث کاهش کلروفیل می‌شود (۲۸). در پژوهش حاضر، تیمار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش میزان شاخص کلروفیل شد. کمترین درصد کاهش در شاخص کلروفیل در اثر بی‌کربنات سدیم در مقایسه با شاهد در گیاهان رشد یافته در بستر کوکوپیت خالص مشاهده شد. در مطالعات دیگر نیز شاخص کلروفیل در آفتابگردان و هلو (۱۷) و گیاهان رز و ختمی (۴۲) در تیمار بی‌کربنات سدیم کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. کاهش غلظت کلروفیل، قدرت رشد و مقاومت به تنش را در گیاه کاهش می‌دهد (۵۰). کاهش کلروفیل در تیمار بی‌کربنات سدیم

منابع مورد استفاده

۱. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. ملکوتی، م. ج.، ع. م.، احیایی و ژ. خوش‌خبر. ۱۳۷۸. بیکربنات آب‌های آبیاری مانعی در راه افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در کشور. نشریه فنی شماره ۶۷، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات، وزارت جهاد کشاورزی، کرج.
3. Abad, M., P. Noguera and S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77: 197-200.
 4. Alhendawi, R.A., V. Romheld, E.A. Kirkby and H. Marschner. 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. *J. Plant Nutr.* 20: 1731-1735.
 5. Bailey, D.A. 1996. Alkalinity, pH and acidification. PP. 69-91. *In*: Reed, D. W. (Ed.), *Water, Media and Nutrition*, Ball Publishing, Batavia, IL.
 6. Bavaresco, L., E. Giachino and R. Colla. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. *J. Plant Nutr.* 22: 1589-1597.
 7. Bugbee, B. 2003. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. Available at <http://www.usu.edu/cpl/research/hydroponics3.htm>. Accessed 22 November 2010.
 8. Caballero, R., J. Ordovas, P. Pajuelo, E. Carmona and A. Delgado. 2007. Iron chlorosis in gerber as related to properties of various types of compost used as growing media. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 38: 2357-2369.
 9. Campbell, S.A. and J.N. Nishio. 2000. Iron deficiency studies of sugar beet using an improved sodium bicarbonate-buffered hydroponic growth system. *J. Plant Nutr.* 23: 741-757.
 10. Carter, C., C. Grieve and J. Poss. 2005. Salinity effects on emergence, survival, and ion accumulation of *Limonium perezii*. *J. Plant Nutr.* 28: 1243-1257.
 11. Cartmill, A.D., A. Alarcón and L.A. Valdez-Aguilar. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of *Rosa multiflora* cv. Burr to bicarbonate in irrigation water. *J. Plant Nutr.* 30: 1517-1540.
 12. Cartmill, A.D., L.A. Valdez-Aguilar and D. L. Bryan. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of vinca to high alkalinity in irrigation water. *Sci. Hort.* 115: 275-284.
 13. Chavez, W., A. Di Benedetto, G. Civeira and R. Lavado. 2008. Alternative soilless media for growing *Petunia×hybrida* and *Impatiens wallerana*: Physical behavior, effect of fertilization and nitrate losses. *Bioresour. Technol.* 99: 8082-8087.
 14. Colla, G., Y. Roupael, M. Cardarelli, A. Salerno and E. Rea. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. *Environ. Exp. Bot.* 68: 283-291.
 15. Corti, C., L. Crippa, P.L. Genevini and M. Centemero. 1998. Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. *Compost Sci. Util.* 6: 35-45.
 16. De Krijg, C. and G.J.L. van Leeuwen. 2001. Growth of pot plants in treated coir dust as compared to peat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32: 2255-2265.
 17. De la Guardia, M.D. and E. Alcántara. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *J. Plant Nutr.* 25: 1021-1032.
 18. Deng, C.N., G.X. Zhang, X.L. Pan and K.Y. Zhao. 2010. Chlorophyll fluorescence and gas exchange responses of maize seedlings to saline-alkaline stress. *Bulg. J. Agric. Sci.* 16: 49-58.
 19. Eklind, Y., L. Salomonsson, M. Wivstad and B. Ramert. 1998. Use of herbage compost as horticultural substrate and source of plant nutrients. *Biol. Agric. Hort.* 16: 269-290.
 20. Hernandez-Apaolaza, L. and F. Guerrero. 2008. Comparison between pine bark and coconut husk sorption capacity of metals and nitrate when mixed with sewage sludge. *Bioresour. Technol.* 99: 1544-1548.
 21. Islam, M.S., T. Kahn and T. Ito. 2002. Characterisation of the physio-chemical properties of environmentally friendly organic substrates in relation to rock wool. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77: 1462-1465.
 22. Jones Jr, J.B. 2004. *Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower*. CRC Press, Boca Raton, FL, 440 p.
 23. Khayat, M., F. Nazari and H. Salehi. 2007. Effect of different pot mixtures on pothos (*Epipremnum aureum* cv. Golden pothos) growth and development. *Amer. Euras. J. of Agric. Environ. Sci.* 2: 341-348.
 24. Kosegarten, H., B. Hoffmann and K. Mengel. 1999. Apoplastic pH and Fe³⁺ reduction in intact sunflower leaves. *Plant Physiol.* 121: 1069-1079.
 25. Lopez-Medina, J., A. Perablo and F. Flores. 2004. Closed soilless system growing: A sustainable solution to strawberry crop in Huelva Spain. *Acta Hort.* 649: 213-215.
 26. Lucena, J.L. 2000. Effects of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron deficiency chlorosis: A review. *J. Plant Nutr.* 23: 1591-1606.
 27. Marcum, K.B. 2006. Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: Constraints and developments. *Agric. Water Manage.* 80: 132-146.
 28. Molassiotis, A., G. Tanou, G. Diamantidis, A. Patakas and I. Therios. 2006. Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. *J. Plant Physiol.* 163: 176-185.

29. Nikolic, M. and R. Kastori. 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. J. Plant Nutr. 23: 1619-1627.
30. Pearce, R.C., Y. Li and L.P. Bush. 1999. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: Hydroponic culture. J. Plant Nutr. 22: 1069-1078.
31. Pissaloux, A., P. Morarad and G. Bertonì. 1995. Alkalinity-bicarbonate calcium effects on iron chlorosis in white lupine in soilless culture. PP. 127-133. In: Abadia, J. (Ed.), Development in Plant and Soil Science: Iron Nutrition in Soils and Plants, 7th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants, Vol. 59, Zaragoza, Spain, June 27–July 2, 1993, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
32. Raviv, M. and J.H. Lieth. 2008. Soilless Culture: Theory and Practice. London, UK, pp. 245-269.
33. Rayle, D.L. and R.E. Cleland. 1992. The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. Plant Physiol. 99: 1271-1274.
34. Roosta, H.R. 2011. Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf Mg, Fe, Mn and Zn concentrations in lettuce. J. Plant Nutr. 34: 717-731.
35. Shi, D.C. and L.J. Yin 1993. Difference between salt (NaCl) and alkaline (Na₂CO₃) stresses on *Puccinellia tenuiflora* (Griseb) Scribn. et. Merr. Plants. Integr. Plant Biol. 35: 144-149.
36. Shi, D.C. and K.F. Zhao. 1997. Effects of NaCl and Na₂CO₃ on growth of *Puccinellia tenuiflora* and on present state of mineral elements in nutrient solution. Acta Pratacu. Sin. 6(2): 51-61.
37. Singleton, V.L. and J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enolo. Viticul. 16: 144-153.
38. Sonneveld, C. 2002. Composition of nutrient solutions. PP. 179-210. In: Savvas, D. and H. C. Passam (Eds.), Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, Embryo Publication, Athen.
39. Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnson and M.E. Summer. 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods, ASA-SSSA Book Series, Springer, USA, 1390 p.
40. Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. 3rd Edition, Sinauer Assoc. Inc. Publishers, Sunderland, MA, pp. 283- 308.
41. Valdez-Aguilar, L.A. 2004. Effect of alkalinity in irrigation water on selected greenhouse crops. PhD Thesis, Texas A&M Univ., College Station, Texas.
42. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. J. Plant Nutr. 30: 441-452.
43. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2008. Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean under high alkalinity. J. Plant Nutr. 31: 867-883.
44. Valdez-Aguilar, L.A. and D.W. Reed. 2010. Growth and nutrition of young bean plants under high alkalinity as affected by mixtures of ammonium, potassium, and sodium. J. Plant Nutr. 33: 1472-1488.
45. Van Labeke, M.C. and P. Damber. 1998. Gerbera cultivation on coir with recirculation of the nutrient solution: A comparison with rockwool culture. Acta Hort. 458: 357-362.
46. Wang, X., S. Geng, Y.J. Ri, D. Cao, J. Liu, D.C. Shi and C.W. Yang. 2011. Physiological responses and adaptive strategies of tomato plants to salt and alkali stresses. Sci. Hort. 130: 248-255.
47. Welkie, G.W. 2000. Taxonomic distribution of dicotyledonous species capable of root excretion of riboflavin under iron deficiency. J. Plant Nutr. 23: 1819-1831.
48. Whipker, B.E., D.A. Bailey, P.V. Nelson, W.C. Fonteno and P.A. Hammer. 1996. A novel approach to calculate acid additions for alkalinity control in greenhouse irrigation water. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27: 959-976.
49. Yang, C.W., H.H. Xu, L.L. Wang, J. Liu, D.C. Shi and D.L. Wang. 2009. Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants. Photosynthetica 47: 79-86.
50. Yang, J.Y., W. Zheng, Y. Tian, Y. Wu and D.W. Zhou. 2011. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. Photosynthetica 49: 275-284.

Identification of the suitable growth media for alleviating the adverse effect of sodium bicarbonate on gerbera in soilless culture system

M. Manzari Tavakkoli¹, H. R. Roosta^{1*} and M. Hamidpour²

(Received: 2 Jan-2012 ; Accepted: 14 Apr-2013)

Abstract

Bicarbonates and carbonates are the main factors of alkalinity in irrigation water. In order to determine suitable growth medium for gerbera (*Gerbera jamesonii* L. cv. Dafne) under alkalinity stress condition, a factorial experiment with completely randomized design with 4 replications was carried out. The experiment consisted of 7 levels of substrate (100% perlite, 100% cocopeat, 75% perlite+ 25% zeolite, 75% peat+25% perlite, 75% cocochip+25% perlite, 75% cocopeat+25% perlite and 75% vermicompost+25% perlite) and NaHCO₃ at three levels (0, 20 and 40 mM). The results showed that the highest and the lowest pH values amounts belong to 75% peat + 25% perlite and 100% cocopeat substrates. Sodium bicarbonate treatment, depending on the kind of growth substrate and NaHCO₃ concentration, decreased number of flowers, flower fresh weight, flower stem length, flower diameter, flower neck diameter, flower vase life and chlorophyll index; although, this treatment increased the phenolic compounds. The plants grown in 100% cocopeat substrate, when exposed to sodium bicarbonate, had better qualitative and quantitative traits, ability of higher accumulation of phenolic compounds and higher chlorophyll index, as compared to other substrates. Therefore, it is concluded that gerbera's tolerance to alkalinity is low and the use of pure cocopeat substrate could provide a useful tool to improve alkalinity tolerance of gerbera plants under NaHCO₃ stress.

Keywords: Alkalinity of irrigation water, Cocopeat, Perlite, Hydroponics.

1. Dept. of Hort. Sci., Faculty of Agric., Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

2. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: roosta_h@yahoo.com