تأثیر بسترهای مختلف کشت بر جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف توسط گوجه‌فرنگی گیلاسی

زهرا صابری[۱]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۱]، محمود کلباسی[۱]، مصطفی مبلی[۲] و مریم حقیقی[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر برخی از بسترهای کشت بر جذب و غلظت عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۴ تکرار و دو بوته در هر گلدان در سیستم کشت هیدروپونیک باز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پرلیت- ورمیکولیت ۵۰:۵۰ درصد حجمی، پرلیت- زئولیت ۵۰:۵۰ درصد، پرلیت ۱۰۰ درصد، شلتوک ۱۰۰ درصد، شلتوک- ورمیکولیت ۵۰:۵۰ درصد، شلتوک- زئولیت ۵۰:۵۰ درصد، پرلیت- شلتوک- ورمیکولیت ۳۷/۵ :۳۷/۵ :۲۵ درصد، پرلیت- شلتوک- زئولیت ۳۷/۵ :۳۷/۵ :۲۵ درصد و کوکوپیت ۱۰۰ درصد بود. نتایج اندازه‌گیری عناصر بسترها نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم در کوکوپیت و زئولیت بود و کلسیم در بستر زئولیت، منیزیم در کوکوپیت، منگنز در شلتوک، مس در ورمیکولیت، روی در کوکوپیت و آهن در ورمیکولیت بیشترین مقدار را داشتند. بیشترین غلظت پتاسیم و منیزیم شاخساره گوجه‌فرنگی در تیمار کوکوپیت و بیشترین غلظت کلسیم در بستر ورمیکولیت بود. رابطه معنی‌داری بین غلظت عناصر غذایی مختلف، به غیر از پتاسیم، در بسترهای کشت و مقدار جذب آن توسط گیاه وجود نداشت. به طور کلی، بیشترین جذب عناصر غذایی توسط گوجه‌فرنگی گیلاسی در بستر حاوی مخلوطی از پرلیت و ورمیکولیت به دست آمد، که احتمالاً به خاطر شرایط بهینه رشد ریشه‌ها، مخصوصاً تخلخل زیاد و قدرت نگهداری آب و عناصر غذایی است.

واژه‌های کلیدی: پرلیت، ورمیکولیت، زئولیت، کوکوپیت، شلتوک

مقدمه

گرایش به استفاده از سیستم‌های کشت بدون خاک (هیدروپونیک) رو به افزایش است. به طوری که در سال ۲۰۰۱ مساحت سیستم‌های هیدروپونیک اروپا حدود ۱۰۰۰۰ هکتار و در هلند ۳۰۰۰ هکتار بود (۱). اگرچه آمار دقیقی از سطح سیستم‌های هیدروپونیک ایران در دست نیست، اما سطح زیر کشت گلخانه‌ها در سال ۱۳۸۲، ۲۴۲۰ هکتار گزارش شده که بخشی از آن به سیستم‌های هیدروپونیک تعلق دارد (۱). با توجه به محاسنی که استفاده از سیستم هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی دارد، کاربرد این سیستم با استفاده از بسترهای مختلف در حال جایگزینی با کشت خاکی است. در سیستم‌های هیدروپونیک، انواع بسترهای کاشت با ویژگی‌های گوناگون

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mhaghighi@cc.iut.ac.ir

استفاده می‌شود که هر یک به نحوی بر رشد، عملکرد و کیفیت محصول اثر دارند.

پرورش گیاهان در بسترهای غیرخاکی در سال ۱۹۶۰ با استفاده از بسترهای آلی، به ویژه پیت، آغاز شد. به‌طور کلی، اهمیت پیت به عنوان بخشی از مواد تشکیل دهنده بستر کشت مربوط به ویژگی‌هایی است که مهمترین آنها ظرفیت بالای نگهداری آب، ظرفیت مناسب نگهداری هوا، وزن حجمی کم که هزینه‌های جابجایی را کاهش می‌دهد و ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد است. اما با وجود تمامی مزایای پیت، در بسیاری از نقاط جهان جستجو برای یافتن موادی که جایگزین پیت شوند به شدت دنبال می‌شود. دلیل اصلی این امر گرانی پیت، به ویژه در کشورهایی که فاقد منابع محلی آن می‌باشند، است (۳).

پرلیت یک آلومینوسیلیکات آتشفشانی خنثی با ظرفیت تبادل کاتیونی کم می‌باشد که در سیستم‌های هیدروپونیک در سطح وسیعی کاربرد دارد.

از بسترهای رایج دیگر کوکوپیت (پوست میانی میوه نارگیل) است که دارای مقادیر قابل توجهی فسفر و پتاسیم می‌باشد و به عنوان بستر آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴).

زئولیت و ورمیکولیت از کانی‌های آلومینوسیلیکاته هیدراته بوده که همراه با برخی مواد بی‌اثر به عنوان بستر کاشت استفاده می‌شوند. زئولیت نیز به دلیل خاصیت جذب و تبادل کاتیونی بالا و ورمیکولیت به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب، در سیستم‌های هیدروپونیک استفاده می‌شوند (۴).

مالوپا و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در صورت استفاده از بستر مناسب کاشت، سیستم‌های دارای بستر در مقایسه با سایر سیستم‌های هیدروپونیک، مناسب‌تر می‌باشند. از همین رو، مطالعات متعددی برای یافتن بسترهای کاشت مناسب و اقتصادی و اثرهای آنها بر رشد رویشی گیاهان مختلف نظیر خیار (۱۸) و رز (۱۰) صورت گرفته است. نتایج مقایسه کاربرد پشم سنگ، پرلیت، کوکوپیت و زئولیت نشان داد که کمترین عملکرد گوجه‌فرنگی در پرلیت و دیررس‌ترین محصول در بستر کوکوپیت تولید شد (۲۳). اما مطالعات بیشتر جهت تعیین نقش این بسترها با ویژگی‌های مختلف (هدایت الکتریکی و خاصیت جذب و تبادل کاتیونی متفاوت) بر جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ضروری به نظر می‌رسد.

گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های میوه‌ای است که در سطح وسیعی در سیستم‌های هیدروپونیک کشت می‌شود. به ویژه، تمایل به مصرف ارقام جدید گیلاسی و کشت آن در سیستم‌های هیدروپونیک در حال افزایش است. گرچه عملکرد این نوع گوجه‌فرنگی نسبت به انواع معمولی کمتر می‌باشد، اما ویژگی ظاهری، طعم و توانایی آن جهت سازگار شدن با شرایط آب و هوایی مختلف و پایداری و ماندگاری طولانی میوه پس از برداشت، تمایل به افزایش کشت آن را روزافزون ساخته است (۶). در حال حاضر کوکوپیت بستر اصلی مورد استفاده در بیشتر سیستم‌های هیدروپونیک تولید گوجه‌فرنگی در کشور است که یک ماده وارداتی گران‌قیمت است. بنابراین، در پژوهش حاضر، ضمن بررسی ویژگی‌های شیمیایی تعدادی از مواد اولیه قابل استفاده به عنوان بستر کاشت، تأثیر بسترهای مختلف بر جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف توسط گوجه‌فرنگی گیلاسی در مقایسه با کوکوپیت مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای با گوجه‌فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) با ۹ تیمار و ۴ تکرار، با دو بوته در هر گلدان، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. میانگین روزانه و شبانه دما به ترتیب در محدوده ۳۳-۲۵ و ۱۷-۱۲ درجه سلسیوس بود. بذرها در مخلوط پیت ماس و شن (۸۰:۲۰) کاشته شدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۳-۴ برگی به گلدان‌های ۷ لیتری منتقل شدند. جهت آماده سازی سیستم هیدروپونیک باز، پس از پر کردن گلدان‌ها با ۲ سانتی‌متر سنگریزه، بستر مورد نظر بر حسب تیمارهای آزمایش طبق جدول ۱ پر شد. تیمارها شامل پرلیت- ورمیکولیت ۵۰:۵۰ درصد (PM)، پرلیت- زئولیت ۵۰:۵۰ درصد (PZ)، پرلیت ۱۰۰

جدول۱. تیمارهای آزمایش و نسبت بسترهای مورد استفاده در آنها

تیمارهای آزمایش	نسبت بسترها	علامت اختصاری
پرلیت	۱۰۰	P
پرلیت- ورمیکولیت	۵۰:۵۰	PM
پرلیت- زئولیت	۵۰:۵۰	PZ
شلتوک	۱۰۰	R
شلتوک- ورمیکولیت	۵۰:۵۰	RM
شلتوک- زئولیت	۵۰:۵۰	ZR
پرلیت- شلتوک- ورمیکولیت	۲۵: ۳۷/۵: ۳۷/۵	PRM
پرلیت- شلتوک- زئولیت	۲۵: ۳۷/۵: ۳۷/۵	PRZ
کوکوپیت	۱۰۰	CO

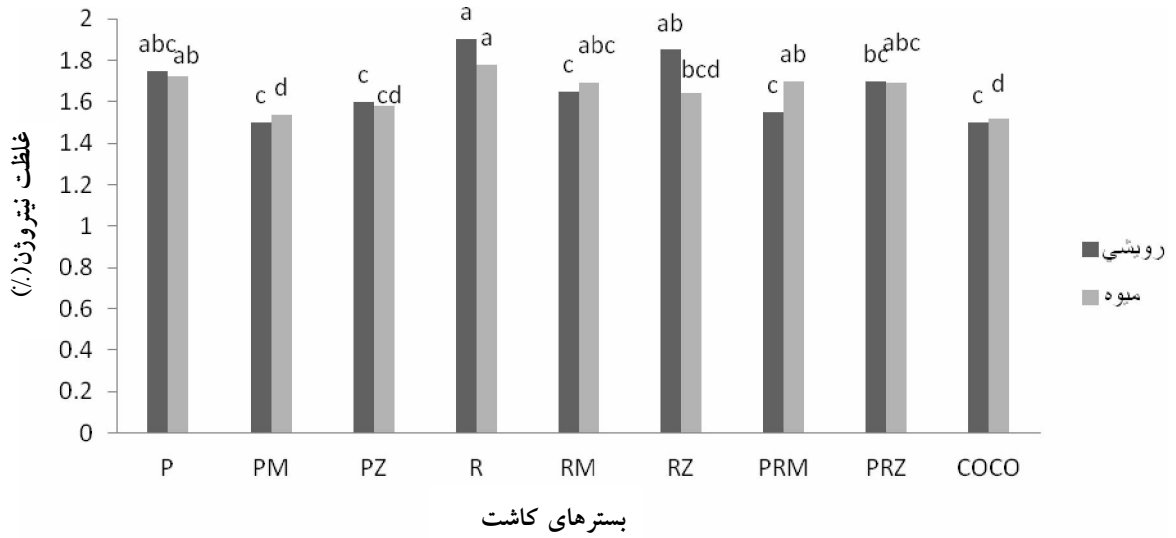
جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه مورد استفاده در بستر کاشت

بستر	pH	EC (dS/m)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_c/kg$)	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	منگنز	مس	روی	آهن
				(mg/kg)						
کوکوپیت	۶/۳	۰/۳۲	۱۳۹	۴۳۰۰	۱۲۰۰	۱۹۰۰	۲۲	۲	۱۲	۶
شلتوک	۷/۵	۰/۷۲	۷۰	۳۰۰۰	۱۱۰۰	۴۷۰	۴۰	۰/۸	۵	۵
پرلیت	۷/۵	۰/۰۷	۱۱	۳۰	۲۵	۲۵	۱	۰/۵	۰/۹	۴
زئولیت	۹/۷	۰/۱۸	۱۷۴	۴۳۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰	۴	۰/۴	۰/۸	۳
ورمیکولیت	۷/۷	۰/۱۵	۲۶	۵۰	۱۰۰۰	۷۰	۱۷	۰/۸	۱۱	۱۶

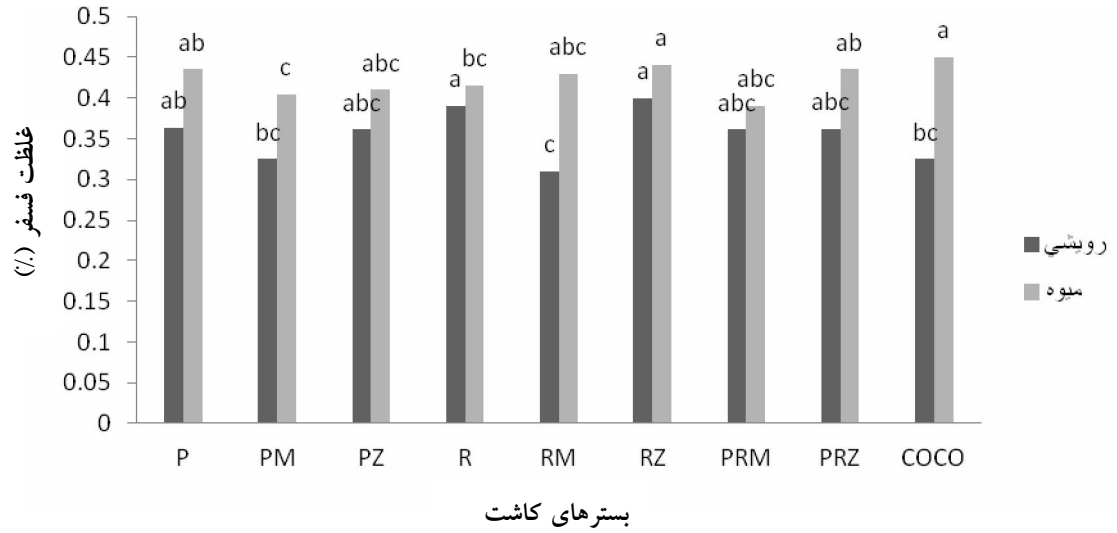
درصد (P)، شلتوک ۱۰۰ درصد (R)، شلتوک- ورمیکولیت ۵۰:۵۰ درصد (RM)، شلتوک- زئولیت ۵۰:۵۰ درصد (RZ)، پرلیت- شلتوک- ورمیکولیت ۳۷/۵ :۳۷/۵ :۲۵ درصد (PRM)، پرلیت- شلتوک- زئولیت ۳۷/۵ :۳۷/۵ :۲۵ درصد (PRZ) و کوکوپیت ۱۰۰ درصد (CO) بود. خصوصیات بستر های کشت در جدول ۲ آورده شده است. گیاهان در سه ماه اول توسط محلول یک چهارم غلظت جانسون(۱۴) (EC=۰/۷ dS/m, pH=۵/۶) و در ادامه رشد با محلول یک دوم غلظت جانسون (EC=۱/۴ dS/m, pH=۵/۶) با در نظر گرفتن ۲۰ تا ۲۵ درصد زهکشی، آبیاری شدند. مقدار مصرف محلول غذایی به ازای هر بوته در هر روز در اوایل رشد ۲۰۰ میلی‌لیتر، در اواسط دوره رشد ۵۰۰ میلی‌لیتر و در اواخر دوره یک لیتر بود. محلول‌دهی توسط قطره‌چکان‌هایی که در هر گلدان هر ۳ ساعت یک‌بار به مدت ۲ دقیقه باز می‌شدند صورت گرفت.

پس از برداشت نمونه‌ها در پایان آزمایش، هضم نمونه‌های گیاهی به روش خاکستر خشک و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک انجام شد. غلظت پتاسیم در عصاره‌های گیاهی توسط دستگاه شعله‌سنج و کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز توسط جذب اتمی (پرکین المر مدل ۳۰۳۰) اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن نمونه‌های گیاهی توسط روش کجلدال تعیین گردید (۱۴).

تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به کمک LSD در سطح ۵٪ انجام شد.



شکل ۱. غلظت نیتروژن در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت



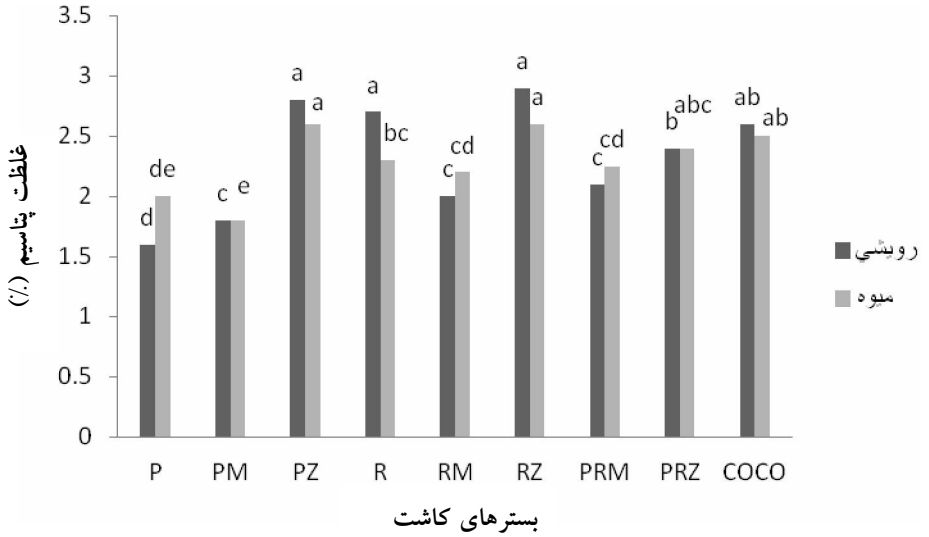
شکل ۲. غلظت فسفر در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

نتایج

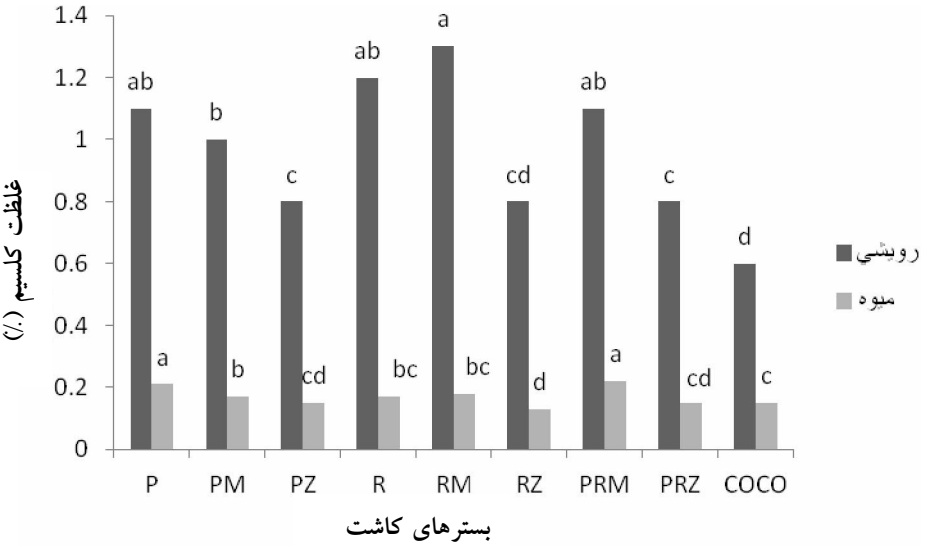
اثر بستر کاشت بر غلظت و جذب عناصر پرمصرف در گیاهبیشترین غلظت نیتروژن اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی در تیمار R بود و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از این لحاظ مشاهده نشد (شکل ۱). بیشترین جذب نیتروژن مربوط به تیمارهای CO و PM و کمترین آن مربوط به تیمار R بود.

غلظت فسفر اندام هوایی بوته‌های گوجه‌فرنگی رشد کرده در بسترهای RZ و R بیشتر از بوته‌های رشد کرده در سایر بسترها بود (شکل ۲). کمترین غلظت فسفر گیاه در تیمار RM مشاهده شد. غلظت فسفر میوه در تیمارهای RZ و CO بیشترین و در تیمار PM کمترین مقدار بود. در کل، بوته‌های گوجه‌فرنگی در بستر CO بیشترین و در بستر R کمترین مقدار فسفر را در بافت‌های خود انباشته کردند.

غلظت پتاسیم اندام هوایی گوجه‌فرنگی در تیمارهای RZ،



شکل ۳. غلظت پتاسیم در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

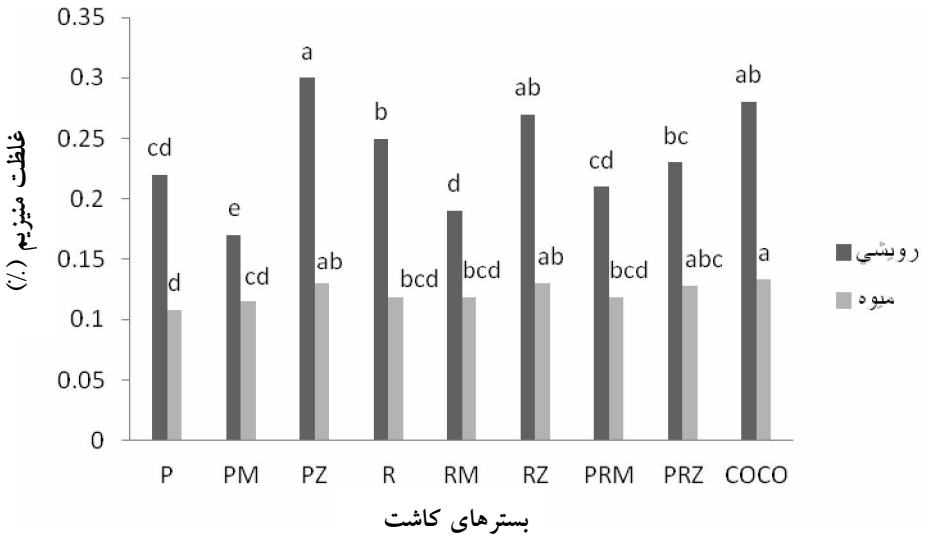


شکل ۴. غلظت کلسیم در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

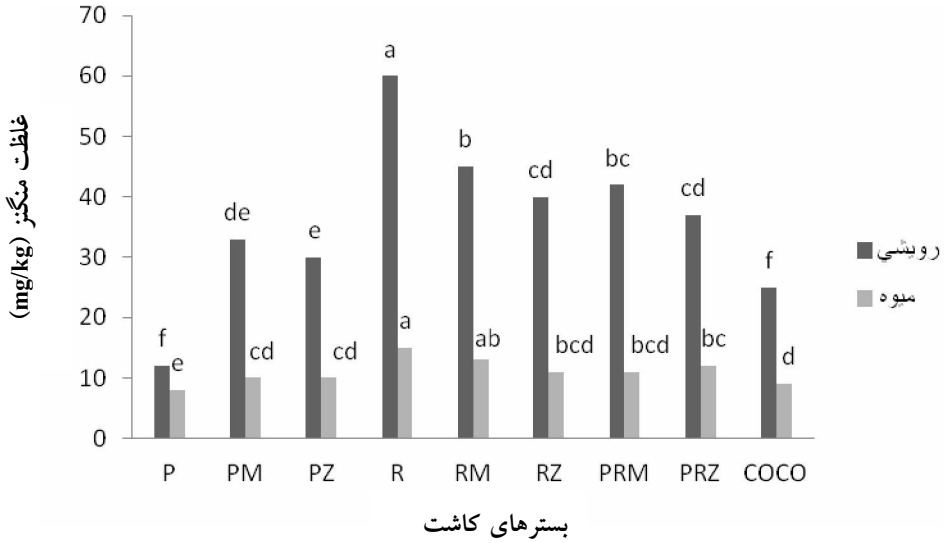
و PZ بیشترین و در تیمار P کمترین مقدار بود. بیشترین غلظت پتاسیم میوه در تیمارهای PZ و RZ دیده شد (شکل ۳). بوته‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای CO و PZ بیشترین مقدار پتاسیم را از محیط جذب کردند. کمترین جذب پتاسیم نیز مربوط به تیمارهای P و R بود.

غلظت کلسیم گیاه نیز تحت تأثیر نوع بستر کاشت متفاوت بود. به طوری‌که غلظت کلسیم اندام هوایی گوجه‌فرنگی در تیمار RM بیشتر از سایر تیمارها بود. در مقابل، بوته‌های گوجه‌فرنگی در تیمار CO دارای کمترین غلظت کلسیم اندام هوایی بودند. بیشترین غلظت کلسیم میوه در تیمارهای PM و RPM و کمترین آن در تیمار RZ بود. همچنین غلظت کلسیم اندام هوایی در حدود دو برابر کلسیم میوه بود (شکل ۴). بیشترین جذب کلسیم توسط گیاه در تیمار PM مشاهده شد.

غلظت منیزیم گیاه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع



شکل ۵. غلظت منیزیم در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

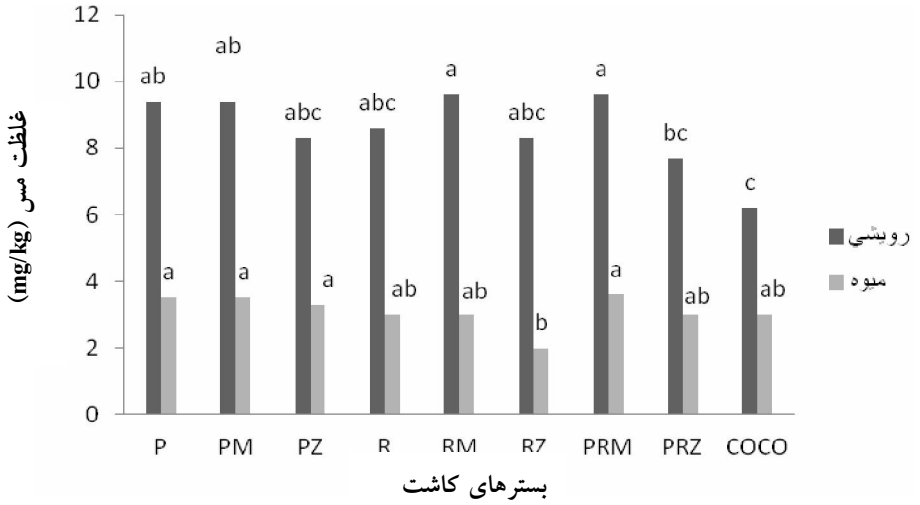


شکل ۶. غلظت منگنز در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف

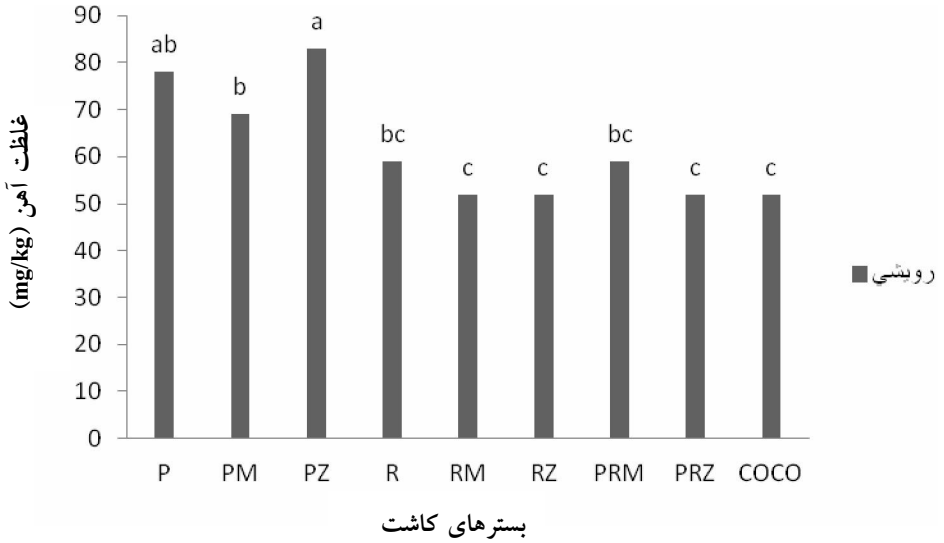
بستر کاشت قرار گرفت. به طوری که بیشترین غلظت منیزیم اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی متعلق به تیمار PZ بود. در مقابل، بوته‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای PM و P کمترین غلظت منیزیم اندام هوایی و میوه را داشتند (شکل ۵). بوته‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای PZ و CO بیشترین و در تیمار R کمترین مقدار منیزیم را در بافت‌های خود انباشته کردند.

اثر بستر کاشت بر غلظت عناصر کم‌مصرف در گیاه

بین بسترهای مختلف کاشت، تفاوت معنی‌داری از لحاظ غلظت منگنز گیاه مشاهده شد (شکل ۶). بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی در تیمار R و کمترین آن در تیمارهای P و CO بود. غلظت منگنز اندام هوایی به مراتب بیشتر از میوه بود. از لحاظ جذب منگنز نیز بین بسترهای مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به طوری که



شکل ۷. غلظت مس در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت



شکل ۸. غلظت آهن در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

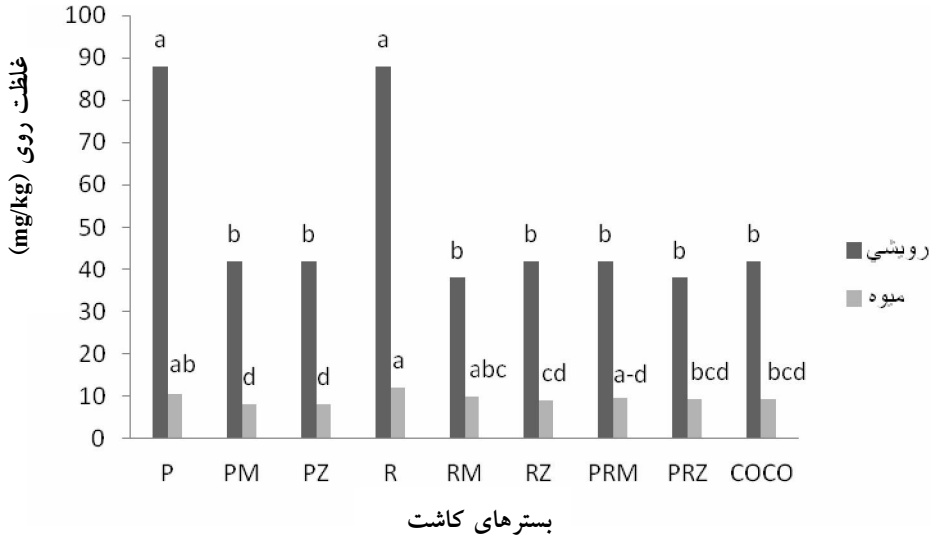
تفاوت معنی‌داری بین بسترهای مختلف کاشت از لحاظ غلظت آهن میوه دیده نشد.

بیشترین جذب منگنز در تیمارهای PRM وPM و کمترین آن در تیمار P بود.

بیشترین غلظت مس اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی مربوط به تیمارهای RM و PRM بود (شکل ۷). در مقابل، کمترین غلظت مس اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی به ترتیب مربوط به تیمارهای CO و PZ بود. مقدار جذب مس توسط گیاه نیز بسته به نوع بستر متفاوت بود. بیشترین و کمترین جذب مس توسط گیاه در تیمارهای PM و R مشاهده شد.

تفاوت معنی‌داری بین بسترهای مختلف کاشت از لحاظ غلظت آهن میوه دیده نشد (شکل ۸). بیشترین غلظت آهن اندام هوایی مربوط به تیمارهای PZ وP بود. جذب آهن توسط گیاه در تیمارهای PZ وPM بیشتر از سایر بسترها بود.

بوته‌های گوجه‌فرنگی در تیمارهای R و P بیشترین غلظت روی اندام هوایی را داشتند (شکل ۹). غلظت روی میوه در



شکل ۹. غلظت روی در اندام هوایی و میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی در بسترهای مختلف کشت

تیمار R بیشتر از سایر تیمارها بود. اما بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از لحاظ غلظت روی میوه دیده نشد. به‌طورکلی، غلظت روی اندام هوایی به‌مراتب بیشتر از میوه بود. مقدار جذب روی توسط گیاه نیز بین بسترهای مختلف کاشت متفاوت بود. بیشترین جذب روی در تیمار CO و کمترین آن در تیمار R مشاهده شد.

بحث

غلظت زیاد نیتروژن، فسفر و پتاسیم در قسمت رویشی گوجه‌فرنگی در بسترهای کاشت حاوی پرلیت و پوسته شلتوک به دلیل عملکرد کم اندام هوایی در این تیمارها و پدیده غلیظ شدن است (داده‌ها ارائه نشده است). از طرفی، زئولیت با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا باعث افزایش جذب نیتروژن شده است. نتایج مشابه در مورد جذب نیتروژن توسط پیوست و همکاران (۱۸) و در مورد جذب پتاسیم و نیتروژن توسط هارلند و همکاران (۱۱) گزارش شده است. از طرفی، غلظت پتاسیم بستر شلتوک، زئولیت و کوکوپیت نیز نسبت به سایر بسترها بیشتر بود (شکل ۳) که می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش غلظت آن در اندام هوایی گیاه باشد. افزایش غلظت کلسیم در تیمارهای پرلیت و شلتوک نیز به همین دلیل می‌باشد. افزایش منیزیم در محیط می‌تواند باعث کاهش جذب کلسیم توسط گیاه شود (۱۱). همچنین، زیاد بودن غلظت پتاسیم و نسبت بالای پتاسیم به کلسیم می‌تواند باعث کمبود کلسیم شود (۲). در واقع بین کلسیم، منیزیم و پتاسیم رقابت شدیدی برای جذب توسط گیاه وجود دارد. غلظت منیزیم در زئولیت و کوکوپیت (به ترتیب برابر با ۳۰۰ و ۱۹۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و همچنین نسبت پتاسیم به کلسیم در این دو ماده (به ترتیب برابر با ۲/۱۵ و ۳/۵۸) به مقدار قابل توجهی بیشتر از غلظت منیزیم (۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نسبت پتاسیم به کلسیم (۰/۰۵) در ورمیکولیت می‌باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد به دلیل مقدار زیاد پتاسیم و منیزیم در زئولیت و کوکوپیت نسبت به ورمیکولیت، جذب کلسیم توسط گیاه در بسترهای حاوی این مواد کم شده است (۱۹).

منیزیم قابل جذب در کوکوپیت و زئولیت (به ترتیب برابر با ۱۹۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) نسبت به ورمیکولیت (۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بسیار بیشتر بود. همچنین ظرفیت تبادل کاتیونی کوکوپیت و زئولیت (به ترتیب برابر با ۱۳۹ و ۱۷۴ cmolc/kg) در مقایسه با ورمیکولیت (۲۶ cmolc/kg) به مقدار قابل توجهی بیشتر بود. بنابراین، احتمالاً به علت منیزیم قابل جذب بیشتر کوکوپیت و زئولیت در مقایسه با ورمیکولیت،

غلظت منیزیم اندام هوایی در تیمار کوکوپیت و تیمارهای حاوی زئولیت نسبت به تیمارهای حاوی ورمیکولیت افزایش یافت. همچنین، به علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالای زئولیت و کوکوپیت در مقایسه با ورمیکولیت، احتمالاً این مواد با قدرت بافری زیاد خود توانسته‌اند منیزیم را در ساختار خود ذخیره کرده و به تدریج در اختیار گیاه قرار دهند. در حالی‌که ورمیکولیت با ظرفیت تبادل کاتیونی بسیار کم و قدرت بافری بسیار ضعیف خود نتوانسته منیزیم را در ساختار خود ذخیره کرده و در اختیار گیاه قرار دهد. در نتیجه، کمترین غلظت منیزیم اندام هوایی در تیمار حاوی ورمیکولیت مشاهده شد. نتایج مشابه در مورد جذب منیزیم در بستر زئولیت توسط هارلند و همکاران ارائه شده است (۱۱).

کمترین غلظت منگنز اندام هوایی در تیمار پرلیت به دلیل مقدار کم این عنصر در پرلیت مشاهده شد. به دلیل بالا بودن منگنز در بستر شلتوک (۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، کم بودن وزن خشک اندام هوایی و پدیده غلیظ شدن، بیشترین غلظت منگنز متعلق به این تیمار بود. با وجود بالا بودن منگنز کوکوپیت (شکل ۶) غلظت منگنز در گیاهان کاشته شده در این بسترها در مقایسه با سایر بسترها کمتر بود. این امر احتمالاً به دلیل ظرفیت کاتیونی زیاد و غلظت بالای سایر عناصر در این بستر باشد که با ایجاد رقابت باعث کاهش جذب منگنز شده‌اند.

بین غلظت مس بسترهای کاشت و غلظت این عنصر در بخش هوایی گوجه‌فرنگی رابطه‌ای مشاهده نشد. بیشترین غلظت این عنصر در گیاهان رشد یافته در مخلوط شلتوک و ورمیکولیت و کمترین آن مربوط به بستر کوکوپیت بود. در بستر کوکوپیت، همانطور که در مورد منگنز ذکر شد، رقابت سایر عناصر باعث کاهش جذب این عنصر شده است. به دلیل کم بودن وزن خشک اندام هوایی، پدیده غلیظ شدن، کم بودن ظرفیت کاتیونی و کاهش رقابت در جذب، بیشترین غلظت آهن و روی در تیمارهای حاوی پرلیت و شلتوک دیده شد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، اختلاف معنی‌داری بین بسترهای مختلف کاشت از لحاظ غلظت و جذب عناصر غذایی توسط بوته‌های گوجه‌فرنگی مشاهده شد. مقایسه مقدار جذب عناصر غذایی مختلف توسط گیاه و غلظت این عناصر در بسترها نشان داد که به غیر از پتاسیم، رابطه معنی‌داری بین غلظت عنصر در بستر و مقدار جذب آن توسط گیاه وجود نداشت. بنابراین، غلظت عناصر در بسترها نمی‌تواند تنها عامل تأثیرگذار بر جذب آنها توسط گوجه‌فرنگی باشد. اما تفاوت‌های مشاهده شده در غلظت عناصر در گیاه می‌تواند به شرایطی که این بسترها جهت جذب برای ریشه فراهم می‌کنند مرتبط باشد. به عنوان مثال، افزایش جذب عناصر در بسترهای حاوی پرلیت و کوکوپیت تا اندازه‌ای به تخلخل تهویه‌ای بالای آنها مربوط است. در مقابل، زئولیت کمترین تخلخل تهویه‌ای را در بین بسترهای مورد مطالعه داشت و در نتیجه، جذب اغلب عناصر غذایی توسط گیاه در این بستر کمتر از سایر تیمارها بود. تفاوت در مقدار جذب عناصر غذایی توسط گوجه‌فرنگی در بسترهای مختلف کاشت نکته مهمی است که باید در برنامه‌ریزی و مدیریت کوددهی و تغذیه گیاه در سیستم‌های کشت بدون خاک متخلخل (دارای بستر کاشت) لحاظ شود.

منابع مورد استفاده

۱. بی‌نام. ۱۳۸۲. سرشماری عمومی کشاورزی. انتشارات مرکز آمار ایران.

۲. سالاردینی، ع. ۱۳۵۸. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

۳. مامی، ی.، غ. پیوست، د. بخشی و ح. سمیع زاده. ۱۳۸۷. تعیین بسترهای مختلف کاشت گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲(۲): ۳۹-۴۸.

4. Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira and V. Noguera. 2002. Physico- chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. Bioresour. Technol. 82: 241-245.
5. Abou-Hadid, A.J. and S.W. Burage. 1967. A comparative study between sweet pepper grown in nutrient film technique and rockwool, under protected cultivation. Acta Hort. 361: 513-518.
6. Arena, E., B. Fallico, C.M. Lanza, E. Lambardo and E. Maccarone. 2003. Chemical characterization of cherry tomato cultivated in different substrates. Acta Hort. 614: 705-710.
7. Baruah, T.C. and H.B. Barthakur. 1998. A Textbook of Soil Analysis. Vikas Publishing House PMT Ltd., New Delhi, India.
8. Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen total. PP. 595-624. In: A.L. Page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, 2nd ed., Part 2, Monograph No. 9, ASA, Madison, WI.
9. Drzal, M.S., D.K. Cassel and W.C. Fonteno. 1999. Pore fraction analysis: A new tool for substrate testing. Acta Hort. 481: 43-53.
10. Fascella, G. and G.M. Zizzo. 2005. Effect of growing substrate on yield and quality of soilless cultivated rose. Acta Hort. 697: 133-138.
11. Harland, J., S. Lane and D. Price. 1999. Further experiences with recycled zeolite as a substrate for the sweet pepper crop. Acta Hort. 481: 187-194.
12. Heenan, D.P. and L.C. Campbell. 1981. Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max* L. Merr. cv. Bragg). Plant Soil 61: 447-456.
13. Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, Boca Raton, FL.
14. Jones, J.B. 1930. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower. Second Edition, CRC Press, USA, 439 p.
15. Jungk, A. and N. Claassen. 1997. Ion diffusion in the soil-root system. Adv. Agron. 61: 53-110.
16. Maloupa, E., A. Abou Hadid, M. Prasad and C.H. Kavafakis. 2001. Response of cucumber and tomato plants to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. Acta Hort. 550: 593-599.
17. Martines, P.F. and M. Abad. 1992. Soilless culture of tomato in different mineral substrates. Acta Hort. 323: 251-259.
18. Peyvast, Gh., M. Norizadeh and J. Hamidoghli. 2007. Effect of four different substrates on growth, yield and some fruits quality parameter of cucumber in bag culture. Acta Hort. 742: 175-182.
19. Pivert, J., S. Lane, D. Price and M. Fuller. 1997. An examination of re-use of clinoptilolite zeolite as a long-term substrate for sweet pepper. Proc. of the 9th Intl. Congress on Soilless Culture, St. Helier, Jersey, Channel Island, pp. 249-258.
20. Salter, P.J. 1954. The effect of different water regimes on the growth of plants under glass. I. Experiments with tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Hort. Sci. 29: 258-268.
21. Sumner, M.E. and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. PP. 1201-1229. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical Methods, SSSA, Madison, WI.
22. www.actahort.org/books/548/18.htm
23. www.hydroponics-system.net