امکان استفاده از برگ خشک کاج، ضایعات لاستیک، میکا و پوسته شلتوک به عنوان بستر کاشت گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک

اشکان حاتمی[1*]، امیر حسین خوشگفتارمنش[2] و بهاره دانش بخش[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۸)

چکیده

در این پژوهش، امکان استفاده از مخلوط برگ خشک کاج (Pi)، ضایعات لاستیک (TR) و پوسته شلتوک (Ri) به عنوان بستر کاشت گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک بررسی شد. بذرهای گوجه‌فرنگی در ماسه سترون کشت شده و پس از یک ماه، بوته‌ها به بسترهای کشت شامل برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)، پرلیت- میکا (Pe:Mi) و پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) هر کدام با نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ انتقال داده شدند. پس از دو ماه، بوته‌های کشت شده در بسترهای برگ خشک کاج- پرلیت و برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک در شروع دوره رشد زایشی و بوته‌های کشت شده در بسترهای کوکوپیت- پرلیت، پرلیت- میکا و پوسته شلتوک- پرلیت طی دوره رشد زایشی برداشت شده و ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و شاخساره گیاه، غلظت پتاسیم، فسفر و روی ریشه و شاخساره و عملکرد میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته و رشد ریشه و شاخساره در بسترهای برگ خشک کاج- پرلیت و برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک در هر دو نسبت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ به طور معنی‌داری کمتر از بسترهای حاوی کوکوپیت- پرلیت بود. غلظت روی گیاه در بستر برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک با نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. بر اساس نتایج، مخلوط برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک به عنوان بستر کاشت در کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی دارای محدودیت‌هایی، از جمله عدم توانایی در نگهداری آب و عناصر غذایی و همچنین ایجاد سمیت روی آزاد شده از ضایعات لاستیک، برای گیاه می‌باشد. بنابراین، بدون به‌کارگیری تیمارهای اصلاحی ویژه نمی‌توان از مخلوط برگ خشک کاج و ضایعات لاستیک به عنوان بستر کشت در سیستم کشت بدون خاک استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بستر فعال شیمیایی، بستر خنثی، طرفیت نگهداری آب

مقدمه

ایران، به‌دلیل شرایط خاص آب و هوایی، محدودیت‌های منابع آب، و اراضی قابل کشت فراوان، از جمله کشورهایی است که نیاز به تجدید نظر اساسی در ساختار نظام کشت داشته و در این راستا توسعه کشت‌های گلخانه‌ای به عنوان یک راهکار مناسب در برنامه‌های توسعه بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود مزیت‌هایی نظیر امکان کنترل تغذیه گیاه، افزایش سطح زیر کشت، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و همچنین افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی موجب رویکرد تولید کنندگان محصولات کشاورزی به استفاده از روش کشت بدون خاک شده است (۳۳). بسیاری از گزارش‌های منتشر شده در ۱۵ سال اخیر در مقایسه بین

۱. مرکز پژوهشی کشت بدون خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ashkanhatami2000@yahoo.com

روش‌های کشت بدون خاک و خاکی نشان دهنده برتری سیستم‌های کشت بدون خاک بوده است (۲۴). این روش، کارایی مصرف آب را دست‌کم به دو برابر افزایش می‌دهد (۲۲).

یکی از مهمترین اجزاء در سیستم‌های کشت بدون خاک، بستر کاشت است. مواد متخلخلی که به‌عنوان بستر در کشت بدون خاک استفاده می‌شوند، به‌عنوان بسترهای کاشت آلی یا غیر آلی شناخته می‌شوند. بسترهای کاشت آلی از بقایای گیاهی به‌دست می‌آیند. بنابراین، در معرض تجزیه‌ی میکروبی قرار دارند و قبل از استفاده باید کمپوست شوند. مواد آلی کمپوست شده کمابیش از نظر شیمیایی فعال بوده و ممکن است عناصر غذایی را جذب یا رها کنند. در مقابل، بیشتر مواد غیر آلی از نظر شیمیایی غیر فعال (خنثی) هستند. از این رو، بیشتر پژوهشگران واژه بستر کاشت آلی و معدنی را به ترتیب به عنوان مترادف‌های بسترهای فعال شیمیایی (Chemically active) و غیر فعال شیمیایی (خنثی) (Chemically inactive (inert)) استفاده می‌کنند. ولی بعضی مواد غیر آلی، مثل زئولیت و ورمیکولیت، ظرفیت تبادل کاتیونی زیادی دارند و از نظر شیمیایی فعال هستند (۲۳ و ۲۸). بسترهای کاشت باید دارای ویژگی‌هایی از قبیل تخلخل، خنثی بودن از نظر pH، عدم واکنش شیمیایی با محلول غذایی، چگالی کم (سبک بودن)، آبدوست بودن (Hydrophillic)، عاری بودن از فلزات سنگین یا آلاینده‌های رادیواکتیو، قابل استخراج بودن از معادن یا تهیه شدن از صنایع، داشتن کیفیت ثابت و عدم تغییر ویژگی‌های فیزیکی، داشتن حداقل سه سال طول عمر، کاربرد ساده، کم هزینه، قابل بازیافت بودن یا تجزیه شدن بدون ایجاد مواد مضر، ثبات کیفی بعد از ضدعفونی‌های متعدد و عاری بودن از هر گونه آفت باشند (۱۷).

به‌دلیل اهمیت فراوان بسترهای کاشت به‌عنوان بخش بسیار مؤثر در تولید در سیستم کشت بدون خاک، همواره مطالعات و تحقیقات در مورد کاربرد مواد مختلف و یافتن بهترین بستر کاشت برای گیاهان مختلف در حال انجام است. مقایسه چهار بستر کشت پشم شیشه، پرلیت + پوسته برنج کربونیزه، پوست سرو و فیبر نارگیل برای گوجه‌فرنگی نشان داد که بیشترین عملکرد کل و تعداد میوه از بستر پرلیت+ پوسته برنج کربونیزه حاصل شد و بیشترین مواد جامد محلول و عملکرد غیر بازارپسند نیز مربوط به بستر فیبر نارگیل بود (۲۲). همچنین، مطالعه تأثیر بسترهای مختلف کشت بر عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه و تعداد گل‌آذین‌ها از بستر پشم‌سنگ و بستر مخلوط شن با کمپوست برگ به‌دست آمد و بیشترین برگ‌ها مربوط به بستر شن، پشم-سنگ و بستر مخلوط این دو بود. همچنین، بیشترین تعداد میوه در هر متر مربع از بستر زئولیت، پشم سنگ و شن حاصل شد (۲۲). از طرف دیگر، بستر کشت پرلیت – پیت (۱:۴) در مقایسه با سایر ترکیب‌های معدنی استفاده شده اثر بهتری بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی داشت. تخلخل زیاد پرلیت باعث هوادهی مطلوب ریشه‌ها می‌شود و ترکیب پرلیت با سایر بستر-های آلی و معدنی عملکرد را در مقایسه با بسترهای خالص افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی مناسب پیت در بهبود رشد گیاه بسیار حائز اهمیت است (۳۳). در مطالعه‌ای دیگر، تفاوت معنی‌داری در مقدار ویتامین C، مواد جامد محلول و pH میوه گوجه‌فرنگی بین بسترهای کشت مشاهده نشد (۱۸). اثر مثبت پیت بر رشد گیاه گوجه‌فرنگی به دلیل قابلیت بیشتر نگهداری عناصر غذایی و آب در این بستر کشت می‌باشد (۴ و ۳۴). به‌طور کلی، اهمیت پیت به عنوان بخشی از مواد تشکیل دهنده بستر کشت مربوط به ویژگی‌هایی است که مهمترین آنها ظرفیت زیاد نگهداری آب، ظرفیت مناسب نگهداری هوا، جرم 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 یافتن ترکیباتی که جایگزین پیت شوند اهمیت ویژه‌ای دارد. دلیل اصلی این امر گرانی پیت، به‌ویژه در کشورهایی است که فاقد منابع محلی آن می‌باشند. علاوه بر آن، آلودگی برخی از پیت‌ها به قارچ‌های بیماری‌زا، استفاده از آنها را با مشکلاتی مواجه کرده است (۲۹). از همین رو،

مطالعات متعددی برای یافتن بسترهای کاشت مناسب و اقتصادی و اثرهای آنها بر رشد رویشی گیاهان مختلف نظیر خیار (۲۶)، رز و فلفل (۱۴) صورت گرفته است.

طی ۳۰ سال اخیر، تولید ضایعات گیاهی در دنیا افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است و تلفات ناشی از این ضایعات تنها متوجه انرژی و مواد نیست، بلکه اثرهای منفی بر محیط‌زیست دارد (۱۵). استفاده از ضایعات در روش‌های کشت بدون خاک علاوه بر این که مانع از آسیب به محیط‌زیست و برداشت بی‌رویه پیت می‌شود، تجمع پسمانده‌ها را نیز به حداقل می‌رساند و همچنین به دلیل هزینه کم آنها نسبت به دیگر بسترهای رایج، منافع اقتصادی دارد (۳۱). پوسته برنج کربونیزه شده یک ماده ارزان با ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب زیاد است که به‌صورت مخلوط با دیگر مواد می‌تواند به عنوان بستر کاشت گیاه به کار رود (۱۸). در پژوهش‌های مختلف از پوسته شلتوک به‌عنوان جانشین ترکیبات آلی (پوست درخت کاج) و یا معدنی (ورمیکولیت و پرلیت) استفاده شده است (۳۲). همچنین، با توجه به توسعه و گسترش جنگل‌های کاج در جهان و ایران، توجه گلخانه‌داران به استفاده از این منبع آلی به‌منظور بستر کاشت در کشت هیدروپونیک جلب شده است. از طرف دیگر، امروزه تجمع لاستیک‌های فرسوده ماشین‌ها در بسیاری از کشورها آلودگی محیط‌زیستی قابل توجهی را ایجاد کرده است (۱۲). مقدار تولید تایر در جهان بیش از ۱/۲ میلیارد حلقه در سال بوده و با رشد ۴/۳ درصدی زوال تایر در سال، میزان زوال لاستیک در سال ۲۰۱۳ به ۲۷/۹ میلیون تن در هفته خواهد رسید (۲۵). ضایعات لاستیک بیش از ۱۲٪ زباله‌های جامد کره زمین را تشکیل می‌دهد. این ضایعات به‌دلیل شکل، اندازه و ترکیب فیزیکوشیمیایی، نسبت به تجزیه میکروبی و بازیافت بسیار مقاوم هستند و زمان تجزیه آنها بسیار طولانی است (۶). بنابراین، یافتن راهکاری برای استفاده از این ترکیبات دیرتجزیه‌پذیر مطلوب است. استفاده از خرده‌های لاستیک به‌عنوان بستر کاشت در کشت بدون خاک توسط محققین مورد توجه قرار گرفته است (۵). خرده‌های لاستیک اسیدشویی شده، به‌همراه پرلیت و ورمیکولیت، می‌تواند یک بستر کشت مناسب، بومی و ارزان قیمت نسبت به سایر بسترهای کشت گران قیمت مانند پیت در تولید محصولات گلخانه‌ای به روش کشت بدون خاک باشد. استفاده از نیترات به جای آمونیوم به‌عنوان منبع نیتروژن، pH محلول غذایی را در حد طبیعی نگه داشته و آزادسازی روی از خرده‌های لاستیک در طول دوره رشد گیاه را کاهش خواهد داد (۲۰). بنابراین، به‌طور کلی، با توجه به فراوانی و رشد روزافزون ضایعات گیاهی مانند پوسته شلتوک و برگ خشک کاج و ضایعات صنعتی مانند لاستیک‌های فرسوده و قیمت کم تهیه این ضایعات، توجه گلخانه‌داران به استفاده از این مواد به عنوان بستر کاشت در سیستم‌های کشت بدون خاک جلب شده است. از طرف دیگر، افزایش کیفیت و کمیت و کنترل سلامت محصولات تولیدی در این بسترها نیز ضروری است.

بنابراین، هدف این مطالعه، بررسی امکان استفاده از برگ خشک کاج، ضایعات پلیمری و پوسته شلتوک به عنوان بستر کاشت گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک و همچنین بررسی امکان جایگزینی و یا کاربرد مخلوط این مواد با کوکوپیت بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی مرکز پژوهشی کشت بدون خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای بستر کشت شامل برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات پلیمری (Pi:TR)، کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)، پرلیت- میکا (Pe:Mi) و پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) بود.

تهیه بستر برگ خشک کاج

برگ‌های خشک تجمع یافته زیر درختان کاج تهرانی (*Pinus Eldarica*) جنگل واقع در شمال دانشگاه صنعتی

اصفهان در پائیز جمع‌آوری شد. برگ‌های خشک جمع‌آوری شده ابتدا با آب شسته شده و پس از هواخشک شدن، توسط دستگاه خردکن علوفه به اندازه تقریبی ۱-۲ میلی‌متر خرد شدند. در مرحله بعد، به‌منظور یافتن بهترین روش آماده سازی برگ خشک کاج برای استفاده به‌عنوان بستر کاشت، برگ‌های خشک کاج به دو روش مختلف آماده شدند.

روش اول- برگ‌های خشک خرد شده درون توری که روی درب مخزن نصب شده بود، قرار گرفته و با بستن درب مخزن، درون آب غوطه‌ور شده و به مدت ۵ ساعت جوشانده و سپس به مدت ۳۰ دقیقه با آب شسته و هواخشک شدند.

روش دوم- برگ‌های خشک خرد شده به مدت یک ساعت با اسید کلریدریک ۱٪ تکان داده شد و پس از عبور از کاغذ صافی، برگ‌های کاج باقی‌مانده روی کاغذ با آب معمولی به‌مدت یک ساعت شسته شده و سپس هواخشک شدند.

برای تعیین بهترین روش آماده‌سازی برگ‌ها، pH و هدایت الکتریکی (EC) برگ‌های کاج در عصاره ۱:۵ و درصد کربن آلی خاک به روش سوزاندن تر اندازه‌گیری شد (۲). نتایج تجزیه شیمیایی برگ‌های خشک کاج آماده شده به دو روش جوشاندن و اسیدشویی و برگ‌های خشک بدون آماده‌سازی (جدول ۱) نشان داد که مناسب‌ترین برگ کاج جهت استفاده به عنوان بستر کاشت، برگ خشک آماده شده به‌روش جوشاندن بود. با توجه به نتایج، pH برگ‌های کاج آماده شده به روش جوشاندن ۵/۳ بود. در حالی که این مقدار در برگ کاج بدون آماده سازی ۴/۸ و در برگ کاج آماده شده به روش اسیدشویی ۲/۵ بود. از طرف دیگر، EC برگ کاج با جوشاندن برگ‌ها نسبت به برگ‌های بدون آماده سازی و برگ‌های اسیدشویی شده کاهش زیادی یافت. بنابراین، برگ خشک آماده شده به روش جوشاندن به‌عنوان بستر کاشت در تیمارهای آزمایشی، به‌همراه پرلیت و ضایعات لاستیک، مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

تهیه بستر ضایعات لاستیک

ضایعات لاستیک خرد شده از شهرک صنعتی مارچین اصفهان خریداری شده و جهت استفاده به‌عنوان بستر کاشت از الک یک سانتی‌متری عبور داده شد.

تهیه بستر پوسته شلتوک

پوسته شلتوک از یک کارگاه برنج‌کوبی واقع در استان اصفهان تهیه و سپس با آب شسته شد تا آلودگی‌ها و گرد و غبار موجود در آن حذف شود.

تهیه بسترهای پرلیت، میکا و کوکوپیت

پرلیت در اندازه متوسط از کارخانه پرلیت سپاهان واقع در شهرک صنعتی منظریه نجف آباد اصفهان خریداری شد و سپس به کمک الک، ذرات بزرگتر از ۴ میلی‌متر و کوچکتر از ۲ میلی‌متر آن حذف شد. میکا از یک شرکت معدنی خریداری شد و ذرات بزرگتر از ۳/۳۶ میلی‌متر آن با الک حذف و ذراتی با اندازه حدود ۲ تا ۳/۳۶ برای کشت استفاده شد (۱). کوکوپیت نیز به شکل بلوک فشرده از شرکت سپاهان رویش واقع در استان اصفهان خریداری و سپس مرطوب شد تا الیاف آن از هم باز شده و قابل استفاده شود.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت

جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای و ظرفیت نگهداری رطوبت بسترها به‌روش صابری و همکاران (۱) اندازه‌گیری شد.

حدود یک گرم از بستر کشت پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی خاکستر شده و سپس عصاره‌گیری با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال انجام شد. غلظت روی و آهن در عصاره‌ها توسط دستگاه جذب اتمی (RAY LEIGH WFX 210 اندازه گیری شد (۱ و ۲).

عملکرد میوه

مقدار عمکرد میوه از طریق اندازه‌گیری وزن میوه در هر گلدان محاسبه گردید (۱).

جدول ۱. تجزیه شیمیایی برگ خشک کاج آماده شده به دو روش مختلف

نوع برگ کاج	pH عصاره ۱:۵	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره ۱:۵ (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (٪)
برگ خشک کاج بدون آماده سازی	۴/۸	۳/۲	۳۲/۱۸
برگ خشک کاج جوشیده شده	۵/۴	۰/۴۴	۱۹/۳۹
برگ خشک کاج اسیدشویی شده	۲/۵	۲/۳۵	۲۷/۴۴

تهیه نشا و انتقال بوته‌ها

برای تهیه نشاهای گوجه‌فرنگی از جعبه‌کاشت حاوی ماسه سترون استفاده شد. ابتدا بذرهای گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) به صورت ردیفی در ماسه کاشته شدند. دمای گلخانه ۱۶ تا ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت آن ۳۵ تا ۴۰ درصد بود. پس از یک ماه (در مرحله سه برگی)، بوته‌ها به گلدان‌های حاوی بسترهای کاشت مذکور انتقال داده شدند. پس از انتقال بوته‌ها، گلدان‌ها به‌مدت دو هفته با محلول غذایی نیم جانسون و سپس با محلول غذایی جانسون کامل به‌صورت روزانه آبیاری شدند (جدول ۲). آبیاری به‌گونه‌ای انجام گرفت که محیط ریشه به‌طور کامل مرطوب شده و نیاز گیاه به آب و عناصر غذایی تأمین شود.

تجزیه‌های آزمایشگاهی

دو ماه پس از انتقال بوته‌ها، ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری و سپس برداشت و پس از جداسازی ریشه و شاخساره هر گیاه از محل طوقه، هر کدام به‌طور جداگانه درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس، نمونه‌های گیاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن تهویه‌دار خشک شدند. نمونه‌های خشک شده توزین شده و برای انجام آزمایش‌های مورد نظر آسیاب و در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند.

حدود یک گرم از بافت‌گیاهی پودر شده (ریشه و شاخساره) در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی خاکستر شده و سپس عصاره‌گیری با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال انجام شد. غلظت روی و آهن در عصاره‌های گیاهی توسط دستگاه جذب اتمی (RAY LEIGH WFX 210)، غلظت پتاسیم توسط دستگاه شعله‌سنج (مدل ۴۱۰) و غلظت فسفر به روش رنگ‌سنجی توسط دستگاه طیف‌سنج (RAY LEIGH, UV-1601) اندازه‌گیری شد (۲).

تجزیه و تحلیل آماری

طرح مورد استفاده در این پژوهش کاملاً تصادفی بوده، داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و با روش LSD مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

ارتفاع بوته

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر ارتفاع بوته مشاهده شد (شکل ۱). ارتفاع بوته در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک، پرلیت- میکا و پوسته شلتوک- پرلیت به طور معنی‌داری کمتر از تیمار کوکوپیت- پرلیت بود.

بین نسبت اختلاط بسترهای کاشت تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته مشاهده نشد و در تمامی بسترهای کاشت مورد مطالعه ارتفاع بوته در هر دو نسبت اختلاط تفاوت معنی‌داری نداشتند. ارتفاع در تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک، برگ خشک کاج- پرلیت، پرلیت- میکا و پوسته شلتوک- پرلیت بین ۳۰ تا ۴۰ درصد نسبت به تیمار کوکوپیت- پرلیت کاهش یافت.

عملکرد وزن خشک شاخساره

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر وزن خشک شاخساره مشاهده شد (شکل ۲) بیشترین وزن خشک شاخساره مربوط به تیمار پرلیت- میکا و

جدول ۲. ترکیب محلول غذایی مورد استفاده (محلول جانسون)

عناصر پر مصرف	غلظت (میلی مولار)	غلظت (میکرومولار)	عناصر کم مصرف
N	۱۶	Cl	۵۰
K	۶	B	۲۵
Ca	۴	Mn	۲
P	۲	Zn	۲
S	۱	Cu	۰/۵
Mg	۱	Mo	۰/۵
		Fe	۵۰

کمترین وزن خشک شاخساره مربوط به تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک بود. وزن خشک شاخساره در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک و پوسته شلتوک- پرلیت به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای کوکوپیت- پرلیت و پرلیت- میکا بود. در تمامی بسترهای کشت مورد مطالعه، وزن خشک شاخساره در هر دو نسبت اختلاط تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین مقدار وزن خشک شاخساره در تیمار پرلیت- میکا (۳۷ گرم در گلدان) و کمترین مقدار در تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (۲/۵ گرم در گلدان) بود.

عملکرد وزن خشک ریشه

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر وزن خشک ریشه مشاهده شد (شکل ۳). وزن خشک ریشه در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت و برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای کوکوپیت- پرلیت، پرلیت- میکا و پوسته شلتوک- پرلیت بود. از لحاظ وزن خشک ریشه، بین نسبت‌های اختلاط بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در تیمارهای برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک و کوکوپیت- پرلیت همواره وزن خشک ریشه در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ بیشتر از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ بود.

عملکرد میوه

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر عملکرد میوه مشاهده شد (شکل ۴). عملکرد میوه در تیمار پوسته شلتوک- پرلیت به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای کوکوپیت- پرلیت و پرلیت- میکا بود. در بین وزن ریشه نسبت‌های اختلاط بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. مقدار عملکرد میوه در تیمار پوسته شلتوک- پرلیت ۳۸/۵ درصد نسبت به تیمار پرلیت- میکا کاهش یافت. در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت و برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک به‌علت نامناسب بودن وضیت بوته‌ها، بوته‌ها در شروع دوره رشد زایشی برداشت شده و برداشت میوه از بوته‌ها صورت نگرفت.

غلظت روی در شاخساره

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر غلظت روی در شاخساره مشاهده شد (شکل ۵). غلظت روی در شاخساره در تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت، کوکوپیت- پرلیت، پرلیت- میکا و پوسته شلتوک- پرلیت بود. همچنین، غلظت روی در گیاه رشد یافته در بستر با نسبت ۵۰:۵۰ برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک بیشتر از نسبت ۷۵:۲۵ برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک بود. در سایر تیمارها، بین غلظت روی در شاخساره نسبت‌های اختلاط بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

غلظت فسفر شاخساره

در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪)

از نظر غلظت فسفر شاخساره مشاهده شد (شکل ۶). غلظت فسفر گیاه در بستر با نسبت ۵۰:۵۰ برگ خشک کاج- پرلیت و هر دو نسبت پرلیت- میکا به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. در سایر تیمارها از لحاظ غلظت فسفر شاخساره بین نسبت‌های اختلاط بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

غلظت پتاسیم شاخساره

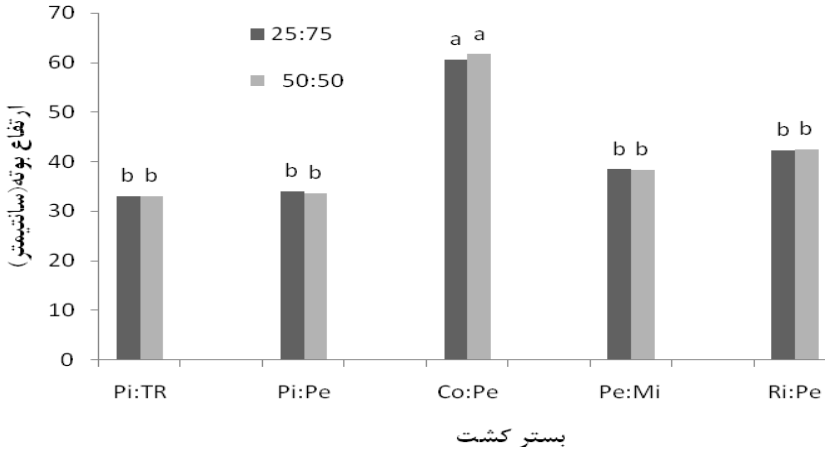
در بین بسترهای مختلف کشت، تفاوت معنی‌داری (در سطح ۱٪) از نظر غلظت پتاسیم شاخساره مشاهده شد (شکل ۷). بیشترین غلظت پتاسیم شاخساره در تیمار کوکوپیت- پرلیت (۳/۷٪) و کمترین غلظت پتاسیم شاخساره در تیمار برگ خشک کاج- پرلیت (۱/۸٪) مشاهده شد. از لحاظ غلظت پتاسیم بین نسبت‌های اختلاط بسترهای کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. غلظت پتاسیم در گیاه رشد یافته در بستر با نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک به‌طور معنی‌داری بیشتر ازبستر با نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ همین تیمار بود. غلظت پتاسیم گیاه رشد یافته در بستر با نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ تیمار کوکوپیت- پرلیت و پوسته شلتوک- پرلیت به‌طور معنی‌داری بیشتر از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ در این تیمارها بود.

بحث

کوکوپیت، ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۳۹ $cmol_c/kg$ و ظرفیت نگهداری رطوبت زیادی (۸۳٪) دارد. همچنین، بستر کشت کوکوپیت دارای تخلخل کل ۰/۹۲ می‌باشد که این مقدار تخلخل کل به‌وسیله هرناندز- آپائولازا و گوئررو (۱۶) نیز گزارش شده است. ظرفیت نگهداری رطوبت زیاد بستر کوکوپیت می‌تواند به‌دلیل تخلخل کل زیاد و نوع منافذ آن باشد (۲۷). EC بستر کشت به عنوان یک فاکتور مهم تأثیرگذار بر رشد گیاهان تلقی می‌شود (۹). مقدار EC در بستر کشت کوکوپیت در محدوده قابل قبول (≤۰/۵) پیشنهاد شده توسط ابد و همکاران (۳) بود. همچنین، pH این بستر در محدوده pH مناسب پیشنهاد شده (۶/۵-۵/۳) توسط ابد و همکاران (۳) می‌باشد.

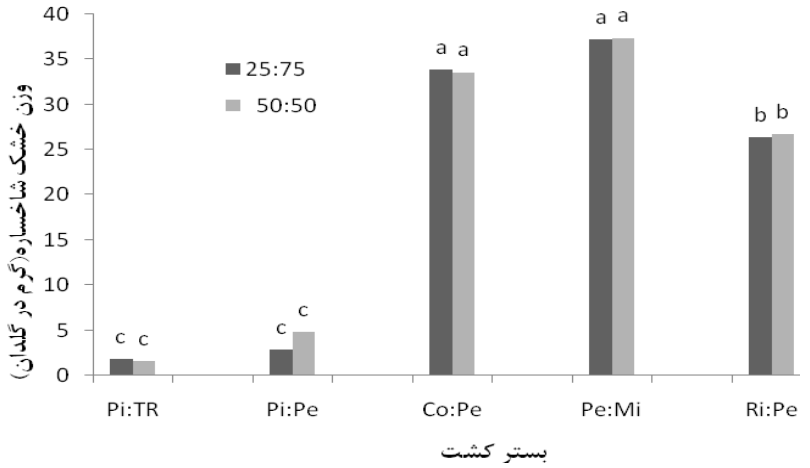
پرلیت ویژگی‌های فیزیکی نسبتاً مناسبی به عنوان بستر کاشت داشت؛ از جمله اینکه ظرفیت نگهداری رطوبت و تخلخل تهویه‌ای آن به ترتیب برابر با ۳۰ و ۴۲ درصد بود و رابطه نسبتاً مناسبی بین محلول غذایی و هوا در منافذ آن وجود داشت. به طوری که پس از خروج آب ثقلی، تقریباً نصف تخلخل کل با محلول غذایی و نیم دیگر توسط هوا اشغال می‌شد. از طرف دیگر، مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی آن کم بود (۱۱ $cmol_c/kg$) (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که ترکیب کوکوپیت و پرلیت با فراهم کردن محیط مناسب برای تأمین آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش رشد رویشی گیاه گردید، به طوری که بلندترین ارتفاع بوته در تیمار کوکوپیت- پرلیت مشاهده شد. گزارش شده که رز (۲۱)، گوجه‌فرنگی (۱۸)، همیشه‌بهار، کلم، گل آویز، گل حنا، ژربرا، بگونیا و پامچال (۸) و پتوس (۱۹)، هنگامی که در بستر کوکوپیت کشت شدند، بیشترین رشد و عملکرد را داشتند. نتایج حاصل از آزمایش حاضر نیز با نتایج این پژوهشگران مطابقت دارد.

بسترهای حاوی برگ خشک کاج دارای کمترین مقدار ارتفاع بوته، وزن خشک شاخساره و وزن خشک ریشه بودند. برگ خشک کاج به‌عنوان بستر کاشت ظرفیت تبادل کاتیونی نسبتاً مناسبی (۹۹/۶ $cmol_c/kg$) داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که عامل اصلی محدود کننده رشد رویشی گیاه در این بستر کشت، ویژگی‌های فیزیکی نامناسب برگ خشک کاج و برخی ترکیبات مضر حاصل از این مواد در محیط ریشه گیاه بوده است. ظرفیت نگهداری رطوبت در برگ خشک کاج برابر با ۴۳٪ بود که قادر به برطرف کردن نیاز گیاه به آب و عناصر غذایی نبود (جدول ۳). پرورش گیاه رز در یک سیستم کشت بدون خاک باز (غیر گردشی) در دو بستر کاشت پرلیت و پرلیت- کوکوپیت (۱:۱ حجمی) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۶۵ سانتی‌متر) مربوط به تیمار کوکوپیت- پرلیت بود. نتایج خوب به‌دست آمده از تیمار مخلوط کوکوپیت- پرلیت به



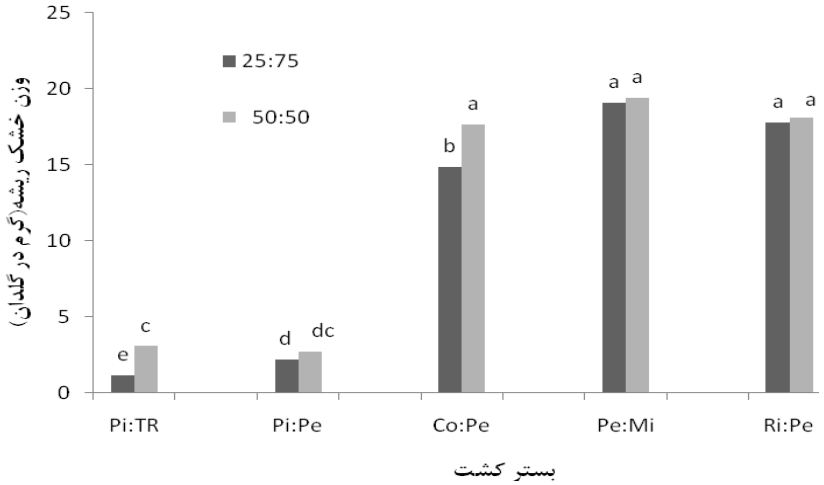
شکل ۱. تأثیر بستر کاشت بر ارتفاع گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت-میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک-پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت-پرلیت (Co:Pe)



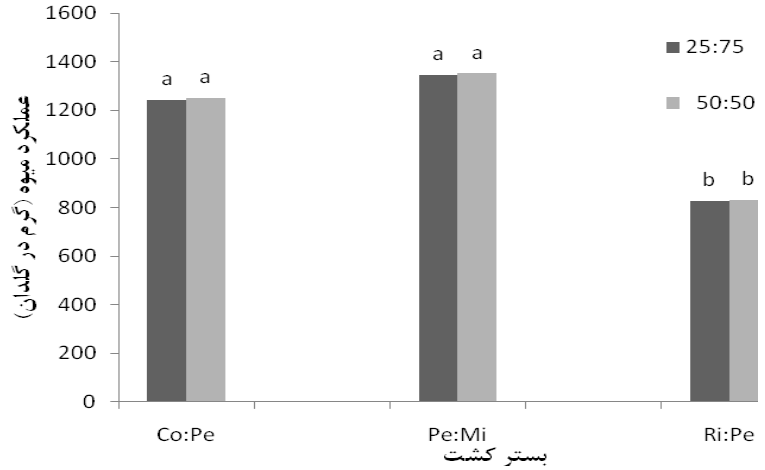
شکل ۲. تأثیر بستر کاشت بر وزن خشک شاخساره گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت- میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)



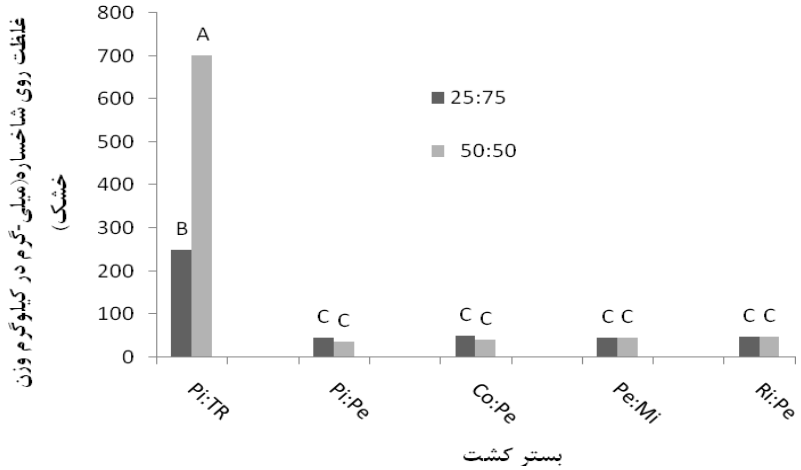
شکل ۳. تأثیر بستر کاشت بر وزن خشک ریشه گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت- میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)



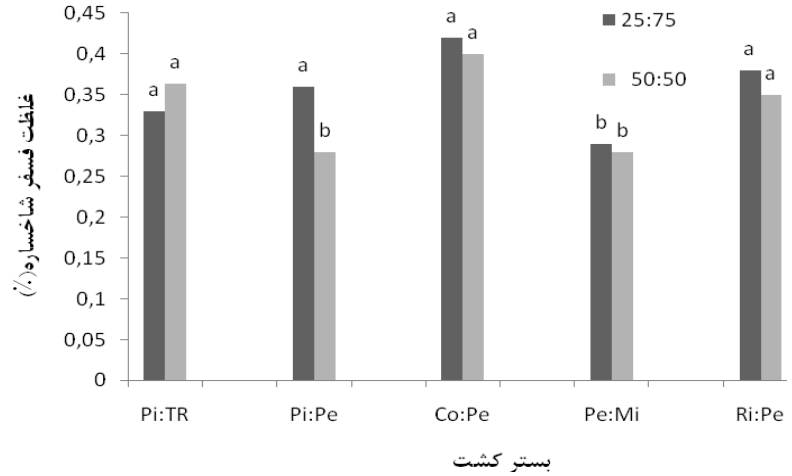
شکل ۴. تأثیر بستر کاشت بر عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

تیمارها: پرلیت- میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)



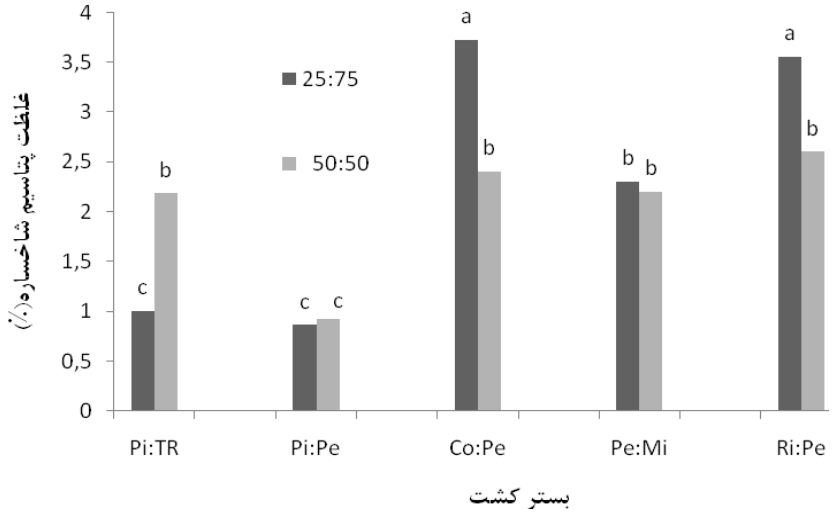
شکل ۵. تأثیر بستر کاشت بر غلظت روی در شاخساره گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت- میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)



شکل ۶. تأثیر بستر کاشت بر غلظت فسفر شاخساره گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج- پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت- میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک- پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت- پرلیت (Co:Pe)



شکل ۷. تأثیر بستر کاشت بر غلظت پتاسیم شاخساره گوجه‌فرنگی

تیمارها: برگ خشک کاج – پرلیت (Pi:Pe)، برگ خشک کاج – ضایعات لاستیک (Pi:TR)، پرلیت – میکا (Pe:Mi)، پوسته شلتوک – پرلیت (Ri:Pe) و کوکوپیت – پرلیت (Co:Pe)

ظرفیت زیاد نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی مناسب کوکوپیت نسبت داده شد و این ماده آلی می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای پیت در کشت هیدروپونیک باشد (۱۱).

غلظت روی در گیاهان بین ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است. زمانی که غلظت روی در گیاه کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد گیاه دچار کمبود روی خواهد شد. اگر غلظت این عنصر از ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تجاوز کند، سمیت روی اتفاق خواهد افتاد. نتایج غلظت روی شاخساره نشان داد که غلظت روی گیاه در دو بستر کوکوپیت–پرلیت و همچنین برگ خشک کاج– پرلیت در هر دو نسبت مورد استفاده در حد کفایت بود. ولی در بستر کاشت حاوی ضایعات لاستیک، در نسبت ۷۵:۲۵، غلظت روی در حد کفایت و در نسبت ۵۰:۵۰ غلظت روی در حد سمیت بود. بنابراین، کاهش رشد گیاه در بستر کاشت حاوی ضایعات لاستیک احتمالاً به‌دلیل غلظت روی زیاد در این ضایعات و احتمال بروز سمیت برای گیاه بوده است. اما استفاده از ضایعات لاستیک در نسبت‌های کمتر می‌تواند نیاز روی گیاه را برطرف کرده و نیاز به مصرف کودهای روی در محیط‌های کشت بدون خاک را کاهش داده و یا به‌طور کامل قطع نماید. گزارش شده که ضایعات لاستیک حاوی مقادیر زیادی فلزات سنگین، به ویژه آهن و روی، می‌باشند و مقدار روی زیاد در این مواد می‌تواند باعث بروز سمیت و کاهش عملکرد در گیاه گوجه‌فرنگی کشت شده در محیط کشت بدون خاک شود (۲۰). شستشوی ضایعات لاستیک با اسید نیتریک باعث کاهش معنی‌دار غلظت روی ضایعات می‌شود. در این صورت، احتمال بروز سمیت در گیاه کاهش می‌یابد. در این رابطه مشاهده شد که عملکرد میوه و شاخساره در بوته گوجه‌فرنگی رشد کرده در بسترهای کاشت حاوی ضایعات لاستیک اسیدشویی شده با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (۲۰). همچنین، طی گزارشی دیگر، چنین مشاهده شده که ضایعات لاستیک حاوی مقدار زیادی اکسید روی هستند که این ترکیب برای افزایش استحکام لاستیک به آن اضافه می‌شود. در صورت اضافه کردن این ضایعات به محیط رشد گیاه این احتمال وجود دارد که روی از این ضایعات آزاد شده و گیاه دچار سمیت شود. در مطالعات قبلی نیز گزارش شده که ممکن است مقدار زیادی روی آزاد شده از ضایعات لاستیک به محیط ریشه، باعث سمیت روی و کاهش عملکرد محصول شود. در این مطالعات، گیاهان رشد یافته درون گلدان‌های حاوی ضایعات لاستیک افزایش غلظت روی و در نتیجه کاهش عملکرد را با افزایش این ضایعات در محیط

جدول ۳. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد مورد استفاده به‌عنوان بستر کشت

ترکیب بستر	آهن	روی	ظرفیت تبادل کاتیونی	هدایت الکتریکی	pH	ظرفیت نگهداری آب	تخلخل تهویه‌ای	تخلخل کل	جرم مخصوص ظاهری	جرم مخصوص حقیقی
	(mg/kg)		(cmol+/kg)	(dS/m)		(٪)			(g/cm^3)	
کوکوپیت	۶	۱۲	۱۳۹	۰/۳۲	۶/۳	۸۳	۰/۱	۰/۹۲	۰/۱۱	۱/۴
پرلیت	۴	۹	۱۱	۰/۰۷	۷/۵	۳۰	۰/۴۲	۰/۷۲	۰/۴۳	۱/۲
ضایعات لاستیک	۲۵	۱۲۸۰۰	۵۷/۳	۰/۵	۷/۵	۱۴	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۳	۰/۸۹
برگ خشک کاج	۸	۶	۹۹/۶	۰/۴۵	۵/۳۶	۴۳	۰/۵	۰/۹۳	۰/۰۸	۱/۳۴
پوسته شلتوک	۵	۵	۷۰	۰/۷۲	۷/۵	۱۳	۰/۷۶	۰/۹	۰/۱۲	۱/۲
میکا	۱۶	۱۱	۲۶	۰/۱۵	۷/۷	۳۸	۰/۴۳	۰/۸۱	۰/۱۹	۱

کشت نشان دادند (۵، ۱۰، ۱۳ و ۲۵). در این رابطه، همچنین گزارش شده که استفاده از مقدار ۰/۷ تا ۲۱ گرم در کیلوگرم پودر لاستیک در بستر کاشت شن، عملکرد وزن خشک شاخساره را در لوبیا به دلیل سمیت روی کاهش داد (۳۰). همچنین، کاهش رشد شاخساره پتونیا در بستر کاشت حاوی پودر لاستیک گزارش شده و چنین نتیجه‌گیری شده که این ضایعات به عنوان بستر کاشت گیاه قابل استفاده نیستند (۱۳). از طرف دیگر، گزارش شده که گیاه داوودی می‌تواند در بستر کاشت حاوی ضایعات لاستیک رشد کند (۱۳).

داده‌های مربوط به غلظت آهن شاخساره نشان داد که از نظر غلظت آهن تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود ندارد (داده‌ها ارائه نشده است). با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای کاشت کوکوپیت، پرلیت، میکا و برگ خشک کاج، بیشترین ظرفیت نگهداشت آب و عناصر غذایی در اطراف ریشه در تیمار کوکوپیت- پرلیت و کمترین مقدار در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت و پرلیت- میکا خواهد بود. با توجه به این امر و مکانیسم‌های اصلی جذب فسفر توسط ریشه گیاه، بیشترین مقدار غلظت فسفر اندام هوایی در تیمار کوکوپیت- پرلیت و کمترین مقدار در تیمارهای برگ خشک کاج- پرلیت و تیمار پرلیت- میکا وجود داشت. از طرف دیگر، با توجه به ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد و ظرفیت نگهداری آب مناسب، بیشترین مقدار غلظت پتاسیم مربوط به تیمار کوکوپیت- پرلیت در نسبت ۷۵:۲۵ می‌باشد و همچنین در تیمار برگ خشک کاج- ضایعات لاستیک در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ به‌علت شرایط تهویه‌ای بهتر، وزن خشک ریشه به‌طور معنی‌داری بیشتر از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ بوده که باعث افزایش سطح جذب شده و با جذب بیشتر پتاسیم توسط ریشه به طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت پتاسیم در شاخساره شده است. از آنجایی که پرلیت و میکا هر دو دارای تخلخل تهویه‌ای زیادی هستند و از طرف دیگر ظرفیت نگهداشت آب هم در این دو بستر کم است، ریشه در جستجوی آب و همچنین به علت وجود فضای مناسب برای رشد دارای بیشترین مقدار رشد خود در تیمار پرلیت- میکا بوده است. این توسعه و گسترش ریشه باعث کارایی بیشتر گیاه در جذب آب و عناصر غذایی خواهد شد. مشاهده شد که بیشترین عملکرد میوه و وزن خشک شاخساره نیز مربوط به‌همین تیمار بود. از طرف دیگر، پوسته شلتوک دارای ظرفیت تبادل کاتیونی متوسط بوده، اما به‌علت تخلخل تهویه‌ای زیاد نسبت به تخلخل کل به خوبی در جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی در اطراف ریشه گیاه عمل نموده و دارای کمترین عملکرد میوه نسبت به تیمارهای کوکوپیت- پرلیت و پرلیت- میکا بود (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، استفاده از ضایعات لاستیک در نسبت‌های کم به‌همراه سایر بسترهای کاشت رایج می‌تواند بخشی از روی مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و باعث بهبود تخلخل تهویه‌ای بستر کاشت شود. از طرف دیگر، مشکل اصلی در پوسته شلتوک و برگ خشک کاج خصوصیات فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب) می‌باشد که در صورت اعمال تیمارهای فیزیکی مناسب ممکن است این دو ماده به عنوان جایگزین مناسبی برای پیت و کوکوپیت در سیستم‌های کشت بدون خاک باشند. همچنین، احتمالاً باید در برگ خشک کاج یک تیمار شیمیایی به‌منظور حذف مواد آلی منتشر شده از این برگ که به‌طور کلی باعث کاهش رشد گیاه شده است انجام شود. چون با توجه به صفات فیزیکی و شیمیایی برگ خشک کاج و مقایسه این صفات با صفات فیزیکی و شیمیایی سایر مواد استفاده شده در این آزمایش گیاهان رشد یافته در بسترهای برگ خشک کاج به طور کلی کاهش بسیار شدیدی را نسبت به سایر تیمارها نشان داد که این امر احتمالاً به علت ترکیبات مضر آزاد شده از برگ خشک کاج در محیط ریشه در طی دوره رشد گیاه باشد.

منابع مورد استفاده

۱. صابری، ز. ۱۳۸۶. کاربرد زئولیت، میکا و بعضی مواد بی‌اثر به عنوان بستر رشد گوجه‌فرنگی به روش هیدروپونیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۱۵ صفحه.

۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۵۸ صفحه.

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. Botez, V. and N. Popescu. 1995. Chemical composition of tomato and sweet pepper fruits cultivated on active substrates. Acta Hort. 412: 168-175.
5. Bowman, D.C., R.Y. Evans and L.L. Dodge. 1994. Growth of chrysanthemum with ground automobile tires used as a container soil amendment. Hort Sci. 29: 774-776.
6. Bunnett, J.F. 1986. Kinetics in Solution. John Wiley, Inc., New York.
7. Csaba, I. 1995. Growing medium in hydroculture *Plasticulture*. Acta Hort. 108: 45-47.
8. De Kreij, 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.
9. 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.
10. Evans, M.R. and R.L. Harkess. 1997. Growth of Pelargonium hortorum and Euphorbia pulcherrima in rubber-containing substrates. Hort Sci. 32: 874-877.
11. Fascella, G. and G.M. Zizzo. 2005. Effect of growing media on yield and quality of soilless cultivated rose. Acta Hort. 697: 133-138.
12. Giere, R., S.T. LaFree, L.E. Carleton and J.K. Tishmack. 2004. Environmental impact of energy recovery from waste tires. *In:* Energy, Waste, and the Environment: A Geochemical Perspective. Geological Society, London, UK.
13. Handreck, K.A. 1996. Zinc toxicity from tire rubber in soilless potting media. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27: 2615-2623.
14. 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.
15. Hernandez-Apaolaza, L., A.M. Gasco, J.M. Gasco and F. Guerrero. 2005. Ruse of waste materials as growing media for ornamental plants. Bioresour. Technol. 96: 125-131.
16. 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.
17. Inden, H. and A. Torres. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Hort. 644: 205-210.

18. Islam, M.D.S., T.I. Khan, T. Maruo and Y. Shinohara. 2002. Characterization of the physicochemical properties of environmentally friendly organic substrate in relation to rockwool. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77: 143-148.
19. Khayyat, 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. Agric. Environ. Sci. 2: 341-348.
20. Khoshgoftarmanesh, A.H., H.R. Eshghizadeh and R.L. Chaney. 2011. Using acid-washed shredded waste tire rubber in soilless media for tomato pProduction. J. Plant Nutr. 35: 1341-1348.
21. Lopez-Medina, J., A. Peralbo and F. Flores. 2004. Closed soilless growing system: A sustainable solution for strawberry crop in Huelva (Spain). Acta Hort. 649: 213-215.
22. Maloupa, E., A. Abou-Hadid, M. Prasad and C. Kavafakis. 2001. Response of cucumber and tomato plant to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. Acta Hort. 550: 593-599.
23. Mumpton, F.A. 1984. Natural zeolite. PP. 33-44. *In:* Zeo-Agriculture-use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture, Westview Special Studies, New York.
24. Olympios, C.M. 1995. Overview of soilless culture: Advantages, constraints and perspectives for its use in Mediterranean countries. Cahiers Options Mediterraneennes 31: 307-324.
25. Owings, A.D. and E.W. Bush. 2001. Assessment of macro and micronutrient accumulation in bermuda grass grown in crumb rubber amended media. Hort Sci. 36: 541-548.
26. Peyvast, G., 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.
27. Raviv, M. and J.H. Lieth. 2008. Soilless Culture: Theory and Practice. London, UK.
28. Resh, H.M. 1997. Hydroponic Food Production. 5th Ed., Woodbridge Press Publishing Co., Santa Barbara, California.
29. Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a calcium or a stress related disorder? Sci. Hort. 90: 193-208.
30. Schulz, M. 1987. Effects of ground rubber on Phaseolus vulgaris. *Z. Pflanzrnahr Bodenk* 150: 37-41.
31. Shi, Z.Q., F. Jobin-Lawler, A. Gosselin, G. Turcotte, A.P. Papadopoulos and M. Dorais. 2002. Effect of different EC management on yield, quality and nutraceutical properties of tomato grown under supplemental lighting. Acta Hort. 580: 241-247.
32. Tsakaldimi, M. 2006. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) cor and rice hull as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings. Bioresour. Technol. 97: 1631-1639.
33. Tüzel, I.H., Y. Tüzel, A. Gül, M.K. Meric, O. Yavuz and R.Z. Eltez. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. Acta Hort. 554: 221-228.
34. Walters, I.R., L. Bonnine and D. Bedford. 1990. Sphagnum peat in the growing medium and nitrogen application influence asparagus growth. Hort. Sci. 25: 1609-1612.