Archive of SID

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۴۱۹-۴۰۷) DOI: 10.22059/ijhs.2016.59804

بررسی تأثیر بسترهای کاشت با حجم هوای متفاوت بر رشد نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

حسین مزاری[۱]، مجتبی دلشاد[۲*] و عبدالکریم کاشی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۱۶)

چکیده

بسترهای کشت بدون خاک حجم هوای متفاوتی دارند. تفاوت در حجم هوای بسترهای ترکیبی، سبب تغییر در مدیریت محلول‌رسانی و در نتیجه رشد و عملکرد می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر حجم هوای مؤثر بر رشد نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و کارایی مصرف آب آبیاری، ویژگی‌های فیزیکی (ظرفیت نگهداری آب، حجم هوای مؤثر و خلل و فرج مؤثر) پنجاه بستر ترکیبی اندازه‌گیری شد. بسترهای با حجم هوای مؤثر متفاوت، اما تخلخل مؤثر و ظرفیت نگهداری آب یکسان به‌عنوان تیمارهای آزمایش انتخاب شدند. آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار (پرلیت-کوکوپیت۸۰:۲۰، ماسه- کوکوپیت ۵۰-۵۰ و پرلیت-ورمیکولیت ۶۰:۴۰)، سه تکرار و دوازده مشاهده در هر واحد آزمایشی طراحی و اجرا شد. نتایج نشان داد حجم هوای متفاوت در بسترهای کشت، هنگامی‌که دیگر ویژگی‌های فیزیکی یکسان باشد، تأثیر معنی‌داری بر رشد نشای گوجه‌فرنگی و همچنین کارایی مصرف آب آبیاری دارد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سطح برگ و قطر در بستر ترکیبی ماسه-کوکوپیت با حجم هوای۱۰/۸۵ درصد و کمترین آن‌ها در بستر پرلیت-ورمیکولیت با حجم هوای۱۷ درصد به دست آمد. بین بسترهای ماسه-کوکوپیت و پرلیت کوکوپیت (حجم هوای ۲۱/۳ درصد) در مراحل آغازین رشد در بسیاری از صفات تفاوتی دیده نشد. از لحاظ کارایی مصرف آب آبیاری، بستر ماسه-کوکوپیت برتری چشمگیری نسبت به دیگر تیمارها داشت.

واژه‌های کلیدی: خلل و فرج مؤثر، ظرفیت نگهداری آب، ویژگی‌های فیزیکی.

Study of the effect of substrates with different effective air-filled pore space on greenhouse tomato transplant growth

Hossein Mazari[1], Mojtaba Delshad[2*] and Abdolkarim Kashi[3]
1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Associate Professor and Professor, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Jan. 14, 2015 - Accepted: Jun. 6, 2015)

ABSTRACT

Soilless media have different physical properties. Change in air space of mix substrate can cause change in fertigation management and plant growth and yield. Physical properties (water holding capacity, effective air-filled pore space, effective pore space) of 50 mixed substrates were measured to evaluate the effect of air-filled pore space on growth of tomato transplant and it's water use efficiency. Media with different effective air-filled pore space and similar water-holding capacity and effective pore space selected as treatments. Randomized complete block design with 3 replications and 12 observations in each experimental unit was used. Results showed that air-filled pore space of a mixed medium can affect growth properties of tomato transplant and irrigation water use efficiency. Plants grown in sand-cocopeat media with effective air filled pore space of %10.85 had considerable superiority over those grown in substrates with effective air volumes of 21.3% and 17%. There were not significant differences during initial days and the differences became more significant while the plant grew up. There was an obvious differences amount irrigation water use efficiency of experimental plant grown in different media.

Keywords: effective pore space, physical properties, water holding capacity.

* Corresponding author E-mail: delshad@ut.ac.ir Tel: +98 9122603215

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

شناخت ویژگی‌های فیزیکی بسترهای موجود در کشور برای استفاده به‌عنوان بستر آبکشت (هیدروپونیک) و تنظیم مراحل محلول‌رسانی بر پایهٔ این ویژگی‌ها ضروری است. در سال‌های اخیر استفاده از سامانه‌های کشت بدون خاک برای تولید سبزی‌های مختلف گسترش یافته است. اغلب تولیدکنندگان از سامانه‌های متکی بر بسترهای مصنوعی استفاده می‌کنند. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت اطلاعات مهمی از بستر کشت از جمله نسبت آب به هوا (که برای تنظیم میزان بهینهٔ آب ضروری بوده) و چگالی توده می‌دهد. با توجه به اینکه ویژگی‌های فیزیکی یک بستر خالص یا ترکیبی را نمی‌توان در طول کشت تغییر داد، بنابراین بستر مناسب پیش از آغاز کشت باید انتخاب شود (Verdonck & Demeyer, 2001). به‌طورمعمول به دلیل مشخص نبودن ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت و همچنین میزان دقیق نیاز آبی گیاهان در شرایط گلخانه‌ای، تولیدکنندگان برای جلوگیری از بروز کمبودهای آبی و تغذیه‌ای، بیش‌ازحد نیاز گیاه، آبیاری یا محلول‌رسانی انجام می‌دهند و این موضوع در کشت‌های بدون خاک با سامانهٔ باز که عملیات تغذیه همراه آبیاری صورت می‌گیرد باعث کاهش بازدهٔ محلول‌رسانی و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. حجم هوای بستر در سامانه‌های آبکشت، یکی از ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر مدیریت آبیاری و رشد گیاه است. در همهٔ ظرف‌ها و بسترهای کشت تمایل نظام ریشه‌ای به خروج از کف ظرف مشاهده می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش عملکرد بهینهٔ گیاه خواهد بود که ممکن است به دلیل حجم هوای ناکافی باشد. در بسیاری از سامانه‌های کشت موادی مانند پرلیت، ماسه، پلی استیرن و... اغلب با ترکیب‌هایی مانند پیت و کوکوپیت مخلوط می‌شوند (Raviv *et al*., 2008) رلیت به دلیل چگالی کم و یکنواختی هم‌اکنون به‌طور گسترده‌ای برای افزایش حجم هوا کاربرد دارد. حفره‌های پرلیت افزون بر ارائهٔ هوادهی، یک سطح بزرگ دارند که می‌توانند رطوبت و مواد غذایی را نیز نگهداری کنند و در دسترس گیاه قرار دهند (Awang *et al*., 2009).

اغلب اجزای بسترهای ترکیبی با توجه به ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها انتخاب می‌شوند به‌گونه‌ای که یکدیگر را تکمیل کرده و بهترین شرایط را برای رشد و تولید فراهم کنند. به‌عنوان مثال بسترهای ترکیبی مانند پیت و کمپوست اغلب بدون ذرات درشت لازم برای هوادهی مناسب بستر هستند. در برابر در اثر همبستگی ایجادشده بین اجزای بستر، در ترکیب خرده چوب و ماسه، بستر ترکیبی به‌دست‌آمده ظرفیت نگهداری آب و حجم هوای مناسب دارد (Bilderback *et al*., 1989). تحت شرایط کمبود اکسیژن، انرژی یاخته‌های ریشه تا حد زیادی کاهش می‌یابد. این انرژی برای جذب مواد کانی، تحت فرآیندهای فعال برای گیاه ضروری است. به همین سبب جذب فسفات (Hopkins, 1956)، نیترات (Rao & Rains, 1976) و پتاسیم (Hiatt & Lowe, 1967) در این شرایط کاهش می‌یابد. در شرایطی که مدت‌زمان کمبود اکسیژن افزایش یابد، سازوکار جذب غیرفعال مواد کانی مانند کلسیم و منیزیم; (Harris & Van Bavel, 1957) نیز مختل می‌شود. از سوی دیگر کمبود اکسیژن سبب تجمع متابولیت‌های مختلف مانند: اتانول (Chang & Hammett, 1982)، آبسیزیک اسید (Davies & Zhang, 1991)، پیش‌سازهای اتیلن (Bradford, 1983b) و سوکسینیک اسید (Duthion, 1976) در ریشه می‌شود. بعضی از این مواد می‌توانند پس از دفع به‌وسیلهٔ ریشه، وارد محلول غذایی شوند (Morard & Silvestre, 1996). اتانول به‌عنوان یک مادهٔ بسیار سمی برای گیاهان در نظر گرفته شده است (Chang *et al*., 1983; Perata & Alpi, 1991) که توسط ریشه تولید شده و می‌تواند به بخش هوایی گیاه حرکت کند (Barta, 1984). یکی از مهم‌ترین پیامدهای فیزیولوژیکی کاهش اکسیژن، بسته شدن روزنه‌های برگ و در نتیجه کاهش تعرق (Bradford & Hsiao, 1982) و نورساخت (فتوسنتز) است. در همهٔ گونه‌های گیاهی خفگی ریشه سبب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش سرعت رشد شده (Cannell *et al*., 1985) و عملکرد به‌طور شایان‌توجهی کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه استفاده از بسترهای مصنوعی برای سامانه‌های کشت بدون خاک و حتی تولید نشای مورد

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده برای کشت‌های خاکی در سال‌های اخیر گسترش زیادی در کشور یافته است، بررسی ویژگی‌های فیزیکی به‌منظور بهینه‌سازی آبیاری و تغذیهٔ گیاهان ضرورت یافته است. بررسی تأثیر حجم هوای مؤثر بسترهای کشت بر ویژگی‌های رشدی نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و همچنین کارایی مصرف آب آبیاری در بسترهای مورد استفاده از هدف‌های این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ در دو بخش، شامل بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. به‌منظور به دست آوردن بسترهایی با حجم هوای مؤثر متفاوت و ظرفیت نگهداری آب و خلل و فرج مؤثر یکسان، در آغاز ویژگی‌های فیزیکی پنجاه بستر ترکیبی که از اختلاط بسترهای پرلیت درشت-کوکوپیت، پرلیت درشت-ورمیکولیت، پرلیت درشت-ماسه، پرلیت درشت-پرلیت متوسط و ماسه-کوکوپیت با نسبت اختلاط‌های ۱۰۰-۰، ۹۰-۱۰، ۸۰-۲۰، ۷۰-۳۰، ۶۰-۴۰، ۵۰-۵۰، ۴۰-۶۰، ۳۰-۷۰، ۲۰-۸۰، ۱۰-۹۰ و ۰-۱۰۰ به‌دست‌آمده بود، در شش تکرار اندازه‌گیری شد. لازم به یادآوری است که بستر پرلیت درشت و ماسه ابعاد ذرهٔ ۴ میلی‌متر، کوکوپیت و ورمیکولیت ابعاد ذرهٔ کم‌تر از ۱ میلی‌متر و پرلیت متوسط ابعاد ذرهٔ ۲ میلی‌متر داشتند. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی در بسترهای ترکیبی از روش‌های استاندارد اروپا با کمی تغییرپذیری به شرح زیر استفاده شد.

اشباع کردن بستر و اندازه‌گیری حجم آب زهکش‌شده، وزن تر و وزن خشک

پس از تعیین حجم بستر کشت برای اشباع کردن و اندازه‌گیری دیگر ویژگی‌ها از روش‌های ارائه‌شدهٔ اتحادیهٔ اروپا با کمی تغییر استفاده شد (DIN EN, 2012). به‌این‌ترتیب که برای اشباع کردن بسترها از حمام آب و سیلندرهای پلاستیکی با حجم مشخص که کف آن‌ها سوراخ‌های زهکش داشت، استفاده شد. پس‌ازاینکه بسترها در سیلندرهای مدرج قرار داده و به درون حمام آب خالی منتقل شدند. برای جلوگیری از روی آب قرار گرفتن بسترها با توجه به چگالی کم آن‌ها، افزودن آب به حمام یک ساعت طول کشید تا به ۱ سانتی‌متر زیر سطح بستر برسد. برای اشباع شدن کامل، بسترها به مدت ۲۴ ساعت درون حمام آب نگهداری شدند. آنگاه سیلندرها از درون آب خارج شده و بی‌درنگ روی یک استوانهٔ مدرج قرار داده شده و میزان آب زهکش‌شده و وزن تر بستر پس از یک ساعت محاسبه شد. همچنین برای محاسبهٔ وزن خشک، بسترها به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجهٔ سلسیوس قرار داده شدند. در نهایت ویژگی‌های فیزیکی با استفاده از رابطه‌های ارائه‌شده محاسبه شد.

ظرفیت نگهداری آب[1]

عبارت است از بیشترین میزان آبی که یک بستر پس از خروج آب ثقلی (پس از یک ساعت زهکشی یا فشار 1Kpa-) می‌تواند در خود جای دهد گفته می‌شود (Gruda, 2005). به عبارتی به مجموع خلل و فرج ریز یک بستر که توان نگهداری آب در خود را دارند گفته می‌شود. مجموع میزان آبی که یک بستر در حالت ظرفیت نگهداری داشته و قابل‌استفاده برای گیاه است از دو نوع آب تشکیل شده است.

الف) آب در دسترس[2]: عبارت است از میزان آب موجود در بستر در مکش‌های بین ۱تا ۱/۷[3] pF. این آب به‌طور مستقیم به‌وسیلهٔ گیاه قابل استفاده است (Perelli & Pimpini, 2004).

ب) ظرفیت بافری آب[4]: این آب نسبت به آب در دسترس سخت‌تر توسط گیاه جذب می‌شود و به میزان آب موجود در بستر در مکش‌های ۱/۷ تا ۲ pF اطلاق می‌شود (Perelli & Pimpini, 2004). برای محاسبهٔ ظرفیت نگهداری از رابطهٔ زیر استفاده شد:

1. Water- holding capacity
2. Easily available water
3. pF=-logΨ(cm)
4. Water-buffer capacity

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{ظرفیت نگهداری آب} = \frac{\text{(وزن خشک - وزن تر بستر)}}{\text{حجم سیلندر}} \times ۱۰۰$$

خلل و فرج مؤثر[1] و ظرفیت گلدان[2]

بسترهای کشت بدون خاک مانند پرلیت، پامیس و رس افزون بر منافذ آزاد منافذ بسته نیز دارند، که به مجموع خلل و فرج آزاد و بستهٔ تخلخل کل[3] گفته می‌شود (Gruda, 2013). تفاوت تخلخل کل با تخلخل مؤثر به‌منزلهٔ منافذ بسته که توسط آب در دسترس نیست، است (Raviv *et al*., 2002). از سوی دیگر به بیشینه آبی که یک بستر پیش از خروج آب ثقلی می‌تواند در خود جای دهد ظرفیت گلدان گفته می‌شود (Gruda, 2005). به‌عبارت‌دیگر به مجموع حجم هوا (تخلخل درشت) و ظرفیت نگهداری آب (تخلخل ریز)، ظرفیت گلدان گفته می‌شود. ظرفیت گلدان و تخلخل مؤثر در بسترهایی که بدون منافذ بسته‌اند با تخلخل کل برابر است. میزان تخلخل مؤثر و ظرفیت گلدان به لحاظ کمی با هم برابر بوده و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

= ظرفیت گلدان = تخلخل مؤثر

(ظرفیت نگهداری آب + حجم هوای مؤثر)

حجم هوای مؤثر[4]

منافذ آزاد نیز شامل منافذ ریز و درشت است، و مجموع منافذ ریز که توان نگهداری آب را دارند با ظرفیت نگهداری آب بستر برابر است. از سوی دیگر میزان آب ثقلی که پس از زهکشی از بستر خارج می‌شود برابر با میزان تخلخل درشت است. به‌عبارت‌دیگر به میزان خلل و فرج درشت یا میزان آب ثقلی پس از زهکشی، حجم هوای بستر گفته می‌شود (Gruda *et al*., 2013). برای محاسبهٔ حجم هوای مؤثر در بسترهای ترکیبی از رابطهٔ زیر استفاده شد:

= حجم هوای مؤثر

۱۰۰× (حجم سیلندر/ حجم آب زهکش‌شده)

1. Effective pore space
2. Container capacity
3.Total pore space
4.Effective air-filled pore space

پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و تجزیه‌وتحلیل آماری در بسترهای یادشده (جدول۲)، بسترهای با حجم هوای مؤثر متفاوت و ظرفیت نگهداری آب و تخلخل مؤثر یکسان انتخاب شدند (جدول۱).

برای انجام بررسی‌های گلخانه‌ای و ارزیابی تأثیر حجم هوای مؤثر بر رشد نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (رقم سیندا متعلق به شرکت رکس وان[5] هلند)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار، سه تکرار و دوازده مشاهده در هر واحد آزمایشی طراحی و اجرا شد. با توجه به کمبود اطلاعات دربارهٔ نیاز آبی نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و در نتیجه توانایی نداشتن در تعیین فراوانی (فرکانس) محلول‌رسانی در دورهٔ پرورش نشاء، محلول‌رسانی بر پایهٔ ظرفیت نگهداری آب هر بستر و با استفاده از روش وزنی تعیین شد. در این آزمایش میزان رطوبت در چرخهٔ کل دورهٔ پرورش نشاء همواره در حالت بیشینه ظرفیت نگهداری آب بستر (بیشترین تخلیهٔ آب کمتر از ۱۵ درصد) نگه داشته شد. بدین منظور برای انتخاب زمان مناسب محلول‌دهی در آغاز شماری از ظرف‌های کاشت نشاء (با حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر) توسط هر یک از بسترهای مورد بررسی پر و بر پایهٔ ظرفیت نگهداری آب هر بستر آبیاری شد. آنگاه برای نگه‌داشتن میزان رطوبت همهٔ بسترها در دورهٔ پرورش در حالت بیشینه ظرفیت نگهداری آب (بیشترین تخلیهٔ آب کمتر از ۱۵ درصد)، همواره میزان رطوبت موجود در هر یک از ظرف‌های کاشت (پنج گلدان نشانه‌گذاری‌شده از هر واحد آزمایشی که به‌صورت مشخص در محل آزمایش تعبیه شده بود و هر سه روز یک‌بار) توسط روش وزنی و به فاصلهٔ هر یک ساعت یک‌بار در دورهٔ روشنایی و در کل دورهٔ پرورش گیاه اندازه‌گیری شد. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده از وزن کردن گلدان‌های حاوی بستر میزان از دست‌دهی رطوبت هر بستر طی زمان برای اعمال آبیاری تعیین شد. محلول‌رسانی بر پایهٔ ظرفیت نگهداری آب هر بستر، بی‌درنگ پس از جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی آغاز و تا ۴۵ روز ادامه پیدا کرد. محلول پایهٔ هوگلند (جدول۳) به‌منظور تهیهٔ محلول غذایی استفاده شد.

5. Rijk Zwaan

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. بسترهای با حجم هوای متفاوت و ظرفیت نگهداری آب و خلل و فرج مؤثر یکسان

Table 1. substrates with different effective air-filled pore space and similer water-holding capacity and effective air space

Treatmens	WHC%	EAFPS%	EPS%
Perlite – Cocopeat (80:20)	47.19	21.3	68.49
Sand – Cocopeat (50:50)	49.89	10.85	60.75
Perlite – Vermiculite(60:40)	51.09	17	68.08

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های فیزیکی پنجاه بستر ترکیبی و خالص

Table 2. Mean Comparisons of physical properties of 50 mixed and pure media

EPS%	Mixed media	EAFPS%	Mixed media	WHC%	Mixed media
86.10a	23	23.50 a	33	79.92a	23
86.08a	55	32.50 a	33	79.68a	55
82.03ab	24	32.50a	43	74.91ab	24
76.50abc	26	32.50a	44	67.63abc	54
76.28abc	25	32.50a	11	67.62abc	25
75.39abcd	27	32.00ab	10	67.31abc	26
74.16abcde	54	32.00ab	42	64.08 abc	12
73.06abcdef	28	31.50ab	41	64.98 abcd	13
72.85abcdef	53	31.50ab	9	64.96 abcd	53
72.34abcdef	29	30.49abc	8	64.06abcd	27
71.24abcdefg	12	30.00abcd	40	62.20 bcde	14
70.92abcdefg	17	29.50abcd	7	61.30 bcde	52
70.49abcdefgh	30	29.50abcd	21	60.89 bcde	28
70.25abcdefgh	52	29.00bcde	38	60.38bcde	15
70.17abcdefgh	16	29.00bcde	39	59.93bcdef	16
70.00abcdefgh	13	28.12cdef	6	57.92cdefg	17
68.49bcdefghi	31	27.50cdefg	37	57.41cdefg	51
68.44bcdefghi	15	27.00defgh	36	56.55cdefg	29
68.25bcdefghi	14	27.00defgh	5	51.70cdefgh	30
68.22bcdefghi	51	26.25efghi	4	51.09 cdefgh	18
68.08bcdefghi	18	25.62fghij	32	49.48defghi	50
66.95bcdefghi	19	25.50fghij	35	47.19efghij	31
65.78bcdefghij	20	25.00ghij	45	45.95efghijk	19
64.01bcdefghij	32	25.00ghij	34	43.64fghijkl	49
62.56cdefghij	21	24.50ghij	3	41.78ghijklm	20
60.74cdefghijkl	50	24.00hijk	20	38.39hijklmn	32
60.56cdefghijkl	2	23.50ijk	2	38.02hijklmn	48
60.23cdefghijkl	1	33.44ijk	46	37.48hijklmn	1
58.63defghijklm	5	22.75jk	1	37.06 hijklmn	2
58.37defghijklm	4	21.30kl	31	33.5 ijklmno	3
58.06defghijklm	3	21.00kl	19	33.6 jklmnop	21
57.91defghijklm	6	19.02lm	47	32.12 jklmnopq	4
57.91defghijklm	33	18.78lmn	30	31.64jklmnopq	5
57.91defghijklm	22	17.00mno	18	30.07klmnopqr	47
57.91defghijklm	44	15.79nop	29	29.78klmnopqr	6
57.91defghijklm	11	15.20opq	48	28.36 lmnopqrs	7
57.86defghijklm	7	13.55pqr	49	27.27lmnopqrs	8
57.77efghijklm	8	13.00pqrs	17	26.25mnopqrst	9
57.84efghijklm	9	12.17qrst	28	25.72mnopqrst	10
57.72efghijklm	10	11.32 rstu	27	25.55mnopqrst	46
57.19efghijklmn	49	10.85rstuv	50	25.41mnopqrst	44
56.46ghijklmn	43	10.82rstuv	51	25.41mnopqrst	33
54.41 ghijklmn	42	10.32stuv	16	25.41mnopqrst	22
53.22hijklmno	48	9.19tuvw	26	25.41mnopqrst	11
51.78ijklmnop	41	8.94uvwx	52	23.96 nopqrst	43
49.10jklmnop	40	8.66uvwx	25	22.41nopqrst	42
49.09 jklmnop	47	8.05vwxy	15	20.28opqrst	41
48.99 jklmnop	46	7.89vwxy	53	19.09opqrst	40
45.83klmnop	39	7.12wxyz	24	16.83pqrst	39
44.79lmnop	38	6.52wxyz	54	15.79qrst	38
41.78mnop	37	6.21wxyz	55	14.37rst	37
39.77 nop	36	6.19wxyz	23	12.77st	36
36.00 op	35	6.05xyz	14	10.51t	35
35.25op	45	5.02yz	13	10.25t	45
35.21p	34	4.16z	12	10.21t	34

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

از شمارهٔ ۱ تا۱۱بسترهای ترکیبی پرلیت درشت-پرلیت متوسط(۰-۱۰۰، ۱۰-۹۰، ۲۰-۸۰، ۳۰-۷۰، ۴۰-۶۰، ۵۰-۵۰، ۶۰-۴۰، ۷۰-۳۰، ۸۰-۲۰، ۹۰-۱۰و ۱۰۰-۰)، و به همین ترتیب از شمارهٔ ۱۲تا ۲۲ پرلیت درشت-ورمیکولیت، از شمارهٔ ۲۳-۳۳ پرلیت درشت-کوکوپیت، از شمارهٔ ۳۴ تا ۴۴ پرلیت درشت-ماسه، از شمارهٔ ۴۵ تا ۵۵کوکوپیت- ماسه.

In each column, means with the same letters are not significant according to LSD.

From 1 to 11 are mixed media containing coarse perlite- medium perlite (0-100, 10-90, 20-80, 30-70, 40-60, 50-50, 60-40, 70-30, 80-20, 90-10, 100-0), 12-22 are coarse perlite-vermiculite, 23-33 are coarse perlite-cocopeat, 34-44 are coarse perlite- sand, 45-55 are cocopeat-sand.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. محلول غذایی هوگلند (غلظت عناصر ppm)

Table 3. Hoagland plant nutrient solution

Elements	K	Ca	P	S	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	N
Concentration (ppm)	235	200	31	64	48	0.5	1-5	0.5	0.05	0.02	0.01	210

افزون بر ویژگی‌های فیزیکی مورد بررسی، pH و EC هر بستر نیز ارزیابی شد (جدول ۴). میزان pH و EC برای همهٔ بسترها به روش Awang *et al*. (2009) محاسبه شد. همهٔ صفات رشد نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای از جمله ارتفاع، قطر، نسبت ارتفاع به قطر، سطح برگ، شمار برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل به فاصلهٔ هر پانزده روز یک‌بار، و در مجموع سه بار در دورهٔ پرورش اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب آبیاری نیز در پایان آزمایش و بر پایهٔ میزان آب به‌کار برده شده در هر بستر محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده، با نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. آزمون LSD برای مقایسهٔ میانگین در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

جدول۴. هدایت الکتریکی (EC) و pH بسترهای کشت استفاده‌شده در آزمایش‌های گلخانه‌ای

Table 4. EC and pH of growing media used in greenhouse experiments

Media	Perlite-vermiculite (60:40)	Sand-cocopeat (50:50)	Perlite-cocopeat (80:20)
pH	7.8	6.9	7.2
EC (mmohs/cm)	3.7	1.4	0.6

نتایج و بحث

مقایسهٔ تأثیر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری‌شده

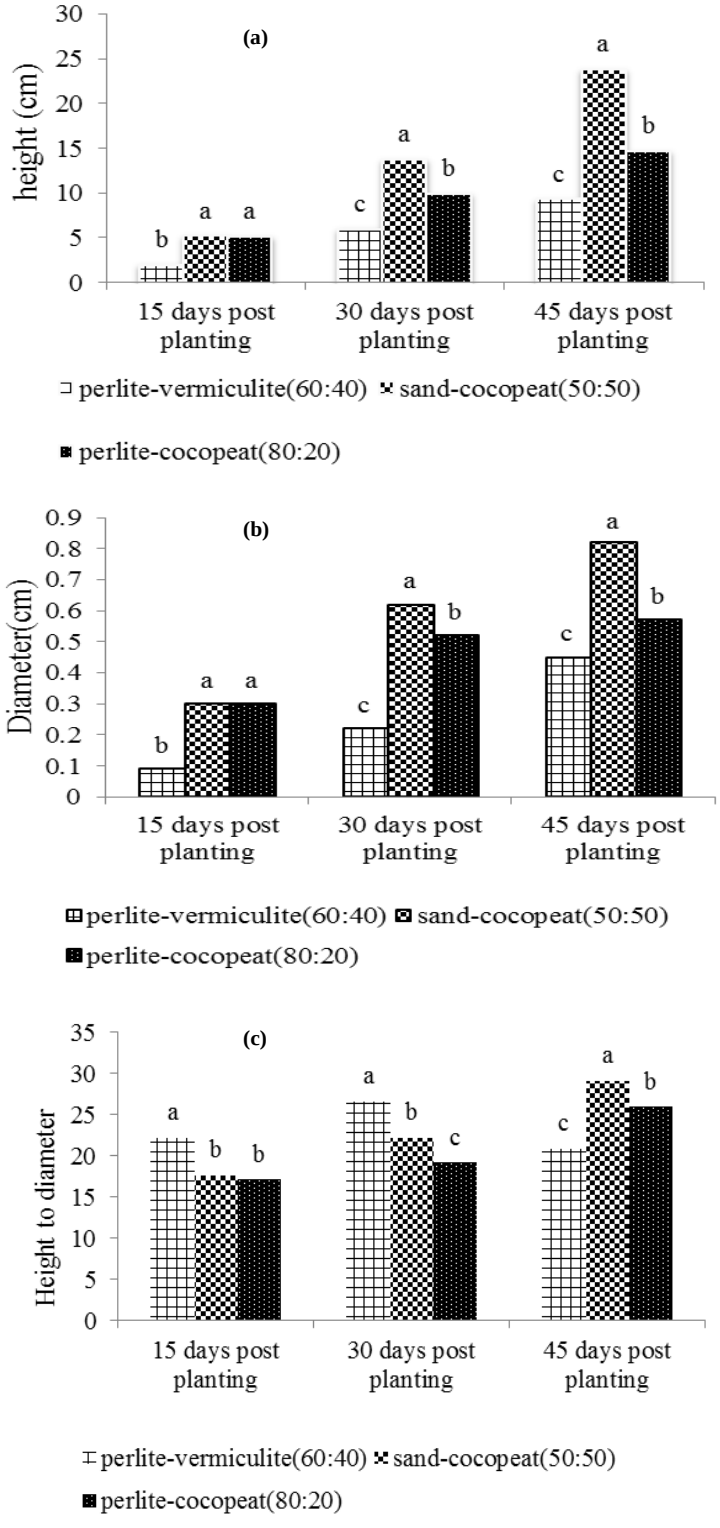
ارتفاع، قطر و نسبت ارتفاع به قطر

نتایج نشان داد که بسترهایی با خلل و فرج مؤثر و ظرفیت نگهداری آب یکسان اما حجم هوای متفاوت، بر صفات ارتفاع، قطر و نسبت ارتفاع به قطر تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود از نظر صفات ارتفاع، قطر و نسبت ارتفاع به قطر بین بسترهای ماسه- کوکوپیت با ترکیب حجمی ۵۰:۵۰ و پرلیت- کوکوپیت با ترکیب حجمی ۸۰-۲۰ در پانزده روز نخست پس از کاشت تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود و این دو تیمار برتری معنی‌داری در صفات ارتفاع و قطر در مقایسه با بستر پرلیت-ورمیکولیت با نسبت حجمی ۶۰:۴۰ داشتند. به نظر می‌رسد در بسترهای مخلوطی که کوکوپیت جزئی از بستر است به دلیل مواد آلی موجود در این بستر سرعت رشد اولیهٔ گیاه بیشتر بوده است. Zakrzheveskii & Demeyer (1989) گزارش کردند، سرعت رشد اولیه در بسترهای آلی در مقایسه با بسترهای کانی بیشتر است. در مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری (سی روز پس از کاشت) بین همهٔ بسترها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین و کمترین ارتفاع و قطر به ترتیب در بستر ترکیبی ماسه-کوکوپیت و بستر ترکیبی پرلیت- ورمیکولیت مشاهده شد. همچنین در مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری بیشترین نسبت ارتفاع به قطر مربوط به بستر پرلیت-ورمیکولیت و کمترین نسبت ارتفاع به قطر مربوط به بستر پرلیت-کوکوپیت بود. در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری (۴۵ روز پس از کاشت)، بیشترین ارتفاع (۲۳/۸۸ سانتی‌متر)، قطر (۰/۸۲ سانتی‌متر) و نسبت ارتفاع به قطر (۱۲/۲۹ سانتی‌متر) مربوط به بستر ماسه-کوکوپیت و کم‌ترین ارتفاع (۹/۳۹ سانتی‌متر)، قطر (۰/۴۵) و نسبت ارتفاع به قطر (۲۵/۹۷سانتی‌متر) مربوط به بستر پرلیت- ورمیکولیت بود. نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی نشان می‌دهد که بستر پرلیت-ورمیکولیت هدایت الکتریکی (۳/۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر) بالایی دارد. به نظر می‌رسد کاهش عملکرد چشمگیر در این بستر به دلیل شوری بالای ورمیکولیت ایرانی باشد. به عبارت دیگر تأثیر ویژگی‌های شیمیایی بستر، غالبیت کامل بر رشد گیاه داشته است. از سوی دیگر برتری صفات کیفی نشا در بستر ماسه-کوکوپیت نسبت به بستر پرلیت-کوکوپیت به‌ویژه در مراحل انتهایی رشد می‌تواند به دلیل حجم هوای مؤثر و نوع اجزای متفاوت این بستر باشد در این دو تیمار نیز اختلاف EC تا دو برابر بوده و نتایج بیشتر تحت تأثیر EC بوده تا اکسیژن. بررسی‌ها نشان داده است که تأثیر بسترهای کاشت بر طول نشای

www.SID.ir

Archive of SID

گوجه‌فرنگی بیشتر از دور آبیاری است (Shahin Rokhsar *et al*., 2008). بررسی‌ها نشان می‌دهد رشد طولی گیاهانی که ریشهٔ آن‌ها در معرض کمبود اکسیژن قرار دارد، کاهش می‌یابد (Bayberdi, 1998). بر پایهٔ گزارش Haddad (2007) ارتفاع و قطر در بستر ماسه نسبت به بسترهای پرلیت و پامیس بیشتر بود.



شکل ۱. میانگین تأثیر بسترهای کشت بر ارتفاع (a)، قطر (b) و نسبت ارتفاع به قطر (c) نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

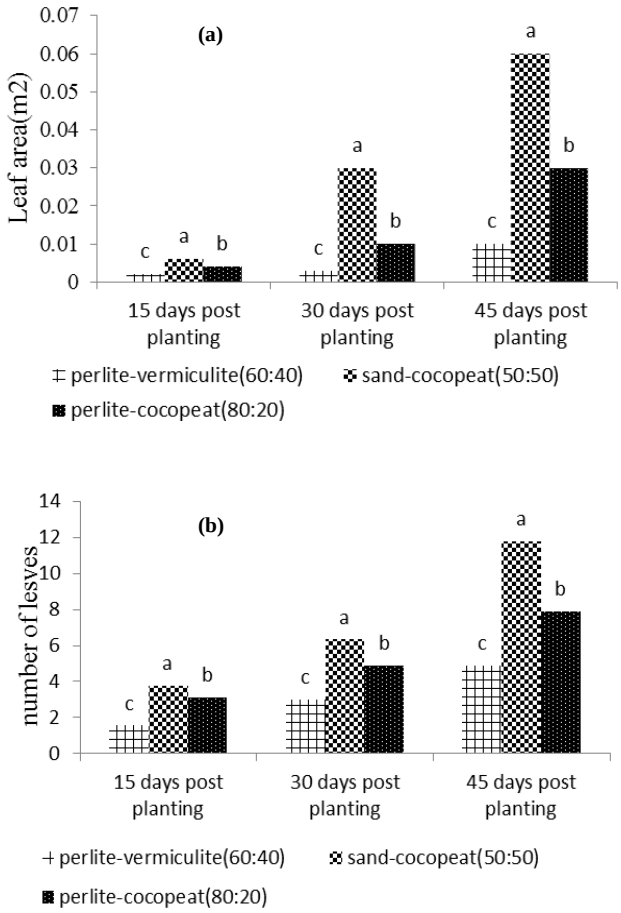
Figure 1. Mean of the effect of growing substrates on height (a), diameter (b) and height to diameter ratio (c) of greenhouse tomato transplants

www.SID.ir

Archive of SID

شمار برگ و سطح برگ

نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی نشان می‌دهد که تأثیر تیمارها بر شمار برگ و سطح برگ در هر سه مرحلهٔ اندازه‌گیری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد (شکل ۲) که در همهٔ مراحل اندازه‌گیری، بستر ماسه-کوکوپیت بیشترین سطح برگ و شمار برگ و بستر پرلیت-ورمیکولیت کمترین سطح برگ و شمار برگ را دارد. با نزدیک شدن به مراحل پایانی رشد نشاء این تفاوت آشکارتر می‌شود. تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب‌وهوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، بر عملکرد نیز تأثیر خواهد گذاشت. در دوران اولیهٔ رشد گیاهی سطح برگ پایین و بازدهٔ جذب نور به‌طور کامل بستگی به مجموع سطح برگ کانوپی دارد. بنابراین تولید سطح برگ بیشتر می‌تواند عامل مهمی در تعیین رشد گیاهان در مراحل اولیهٔ رشد به شمار آید. افزایش سطح برگ در گیاهان رشدیافته در بستر ماسه-کوکوپیت به‌نظر می‌رسد به‌واسطهٔ تخصیص مواد نورساختی بیشتر به تولید سطح برگ نسبت به دیگر اندام‌های گیاهی باشد.



شکل۲. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارها بر صفات سطح برگ (a) و شمار برگ (b)

Figure 2. Mean comparisons of the effect of treatments on the leaf area (a) and number of leaves (b) characteristics

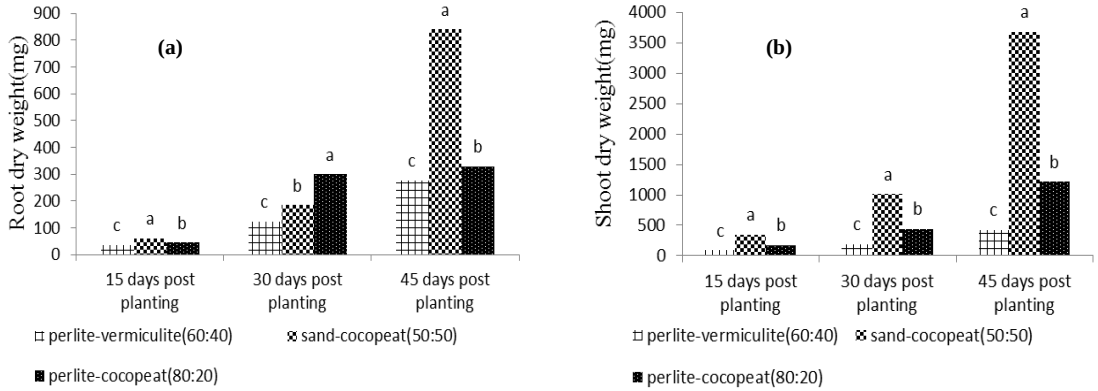
وزن خشک ریشه و اندام هوایی

اندازه‌گیری و مقایسهٔ وزن خشک ریشه و اندام هوایی در بسترهای مختلف نشان داد (شکل۳)، بیشترین وزن خشک ریشه در مرحله‌های اول و سوم اندازه‌گیری مربوط به بستر ماسه-کوکوپیت و در مرحلهٔ دوم اندازه‌گیری مربوط به بستر پرلیت-کوکوپیت بود. همچنین کمترین میزان وزن خشک ریشه در همهٔ مراحل اندازه‌گیری مربوط به بستر پرلیت-ورمیکولیت بود. بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در هر سه مرحلهٔ اندازه‌گیری نیز در بستر ماسه-کوکوپیت

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده شد به‌طوری‌که در مرحلهٔ سوم این تفاوت بسیار شایان‌توجه بود. به عبارت دیگر رشد و عملکرد گیاهان در بسترهای با حجم هوای ۱۰/۸۵ درصد (ماسه-کوکوپیت) نسبت به بسترهای با حجم هوای ۱۷درصد (پرلیت-ورمیکولیت) و ۲۱/۳ درصد (پرلیت-کوکوپیت)، بهتر بود. همان‌طور که پیشتر یاد شد کاهش رشد در بستر حاوی ورمیکولیت به‌احتمال زیاد مربوط به هدایت الکتریکی بالا در ورمیکولیت ایرانی بود (جدول۲). Olle *et al.* (2012) گزارش کردند افزایش هوا در بستر پیت سبب ترغیب رشد ریشه شده و در نتیجه سبب رشد شاخ و برگ و افزایش عملکرد می‌شود. Haddad (2007) گزارش کرد وزن تر ریشه و اندام هوایی در بسترهای حاوی ماسه نسبت به بسترهای حاوی پرلیت و پامیس بیشتر بود که با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد. Schapira *et al.* (1990) گزارش کردند که با افزایش مصرف اکسیژن در محیط ریشه وزن خشک ریشه در گوجه‌فرنگی افزایش یافت. کمبود اکسیژن سبب کاهش تنفس ریشه و در نتیجه کاهش جذب آب و مواد کانی می‌شود (Raviv *et al.*, 2002).



شکل۳. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارها بر وزن خشک ریشه (a) و وزن خشک اندام هوایی (b)

Figure 3. Mean comparisons of the effect of treatments on root (a) and shoot dry weight (b)

وزن خشک کل گیاه

بررسی روند تغییر وزن خشک کل گیاه در پاسخ به بسترهایی با حجم هوای متفاوت نشان داد (شکل۴)، وزن خشک کل گیاه در همهٔ مراحل اندازه‌گیری در بستر ماسه-کوکوپیت (حجم هوای ۱۰/۸۵ درصد) نسبت به دیگر بسترها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. تغییر وزن خشک کل گیاه با افزایش زمان پس از کاشت نشای گوجه‌فرنگی در بسترهای مختلف افزایش یافت. به‌طورکلی بستر ماسه- کوکوپیت در مرحلهٔ سوم اندازه‌گیری بیشترین و بستر پرلیت- ورمیکولیت کمترین وزن خشک کل گیاه را داشت. افزایش اکسیژن در محیط ریشه سبب رشد بیشتر ریشه و افزایش سطح تماس ریشه با محلول غذایی و در کل جذب بیشتر آب و عناصر غذایی می‌شود. تحت شرایط کمبود اکسیژن، انرژی یاخته‌های ریشه تا حد زیادی کاهش می‌یابد. این انرژی برای جذب مواد کانی، در فرآیندهای فعال برای گیاه ضروری است. به‌طورکلی محدودیت در جذب آب (در شرایط کمبود اکسیژن در محیط رشد ریشه) سبب کاهش پتانسیل آب برگ و در نتیجه محدودیت رشد برگ و اندام هوایی می‌شود (Raviv, 2001). از سوی دیگر اکسیژن در دسترس برای گیاه بر پایهٔ سرعت انتشار اکسیژن (ODR)[1] از منافذ به سطح ریشه برآورد می‌شود (Raviv *et al.*, 2001). اکسیژن موجود در منافذ بستر به دو صورت محلول و گاز موجود است، اگرچه ریشهٔ گیاهان تنها اکسیژن محلول در آب را مصرف می‌کنند. سرعت انتشار اکسیژن در بستر به شدت به میزان آب بستر وابسته است. Allaire *et al.* (1996) گزارش کردند که رشد prunus x cistena در بسترهای مختلف پیت به درصد حجم هوا وابسته نبوده، بلکه به‌طور کامل وابسته

1. Oxygen diffusion rate

www.SID.ir

Archive of SID

به ORD بود. بنابراین به نظر می‌رسد نیاز گیاه به تهویهٔ مناسب در محیط ریشه به میزان اکسیژن در دسترس بستگی دارد و به میزان کل اکسیژن بستگی ندارد، به عبارت دیگر ممکن است حتی در شرایط اکسیژن بالا در محیط ریشه باز هم گیاه با کمبود اکسیژن روبه‌رو شود. با توجه به میزان آب مصرف‌شدهٔ بیشتر در بستر ماسه-کوکوپیت (جدول۳)، احتمال دارد سرعت انتشار اکسیژن در این بستر بیشتر باشد، که نتیجهٔ آن افزایش وزن خشک کل و اندام هوایی در این بستر است.

رابطهٔ بین پتانسیل ماتریک[1] (Ψm عبارت است از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و سطح ذرات جامد و همچنین نیروی همبستگی بین مولکول‌های آب) و میزان آب موجود در بستر برای پی بردن به میزان آب در دسترس برای گیاه ضروری است (Raviv *et al*., 2001). میزان پتانسیل ماتریک در بسترهای کشت بین ۰/۰۰۱- مگا پاسکال (ظرفیت نگهداری آب) تا ۰/۰۱- مگا پاسکال (نقطهٔ پژمردگی دائم) است (Raviv *et al*., 2001) و هرچه میزان آن بیشتر شود (منفی‌تر) جذب آب توسط گیاه دشوارتر می‌شود. محدودیت در جذب آب سبب کاهش پتانسیل آب برگ و در نتیجه محدودیت رشد برگ و اندام هوایی می‌شود (Raviv *et al*., 2001). در این آزمایش اگرچه همهٔ بسترها ظرفیت نگهداری آب یکسانی داشتند و در طول آزمایش میزان آب موجود در بسترها همواره در حالت بیشینه ظرفیت نگهداری آب بود، اما احتمال می‌رود میزان آب قابل استفاده[2] در بستر، و مهم‌تر از آن میزان آب در دسترس (EAW)[3] در بسترهای مختلف یکسان نبوده باشد. Prasad *et al*. (1979) با اندازه‌گیری میزان آب در دسترس در بسترهای پرلیت و ماسه که اندازهٔ ذرات یکسانی داشتند، گزارش کردند که میزان آب در دسترس ماسه بیشتر از پرلیت است. به‌طورکلی احتمال می‌رود بستر ماسه-کوکوپیت EAW و ORD بالاتر و Ψm بیشتری (کمتر منفی) نسبت به دیگر بسترها داشته باشد و این عامل‌ها منجر به افزایش عملکرد در این بستر شده است.

کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE)[4]

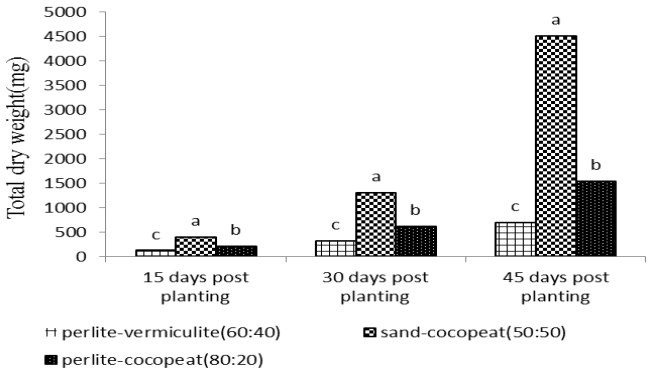
کارایی مصرف آب (WUE)[5]، نسبت میزان مادهٔ خشک تولیدشده به میزان آب مصرف‌شده توسط گیاه است که بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود (Hekmat Shoar, 1993). کارایی مصرف آب آبیاری، نسبت مادهٔ خشک تولیدشده به میزان آب به‌کاربرده برای گیاه است (Abuarab *et al*., 2013). در مجموع عامل‌هایی که بر کارایی مصرف آب اثر می‌گذارند، شامل آب، دی‌اکسید کربن، دمای هوا، گونهٔ گیاهی، آرایش برگ‌ها و رفتار روزنه‌ای، نوع مسیر نورساختی و عامل‌های خاکی هستند (Stanhill, 1986). نتایج آزمایش در بسترهای مختلف اختلاف معنی‌داری در کارایی مصرف آب آبیاری نشان داد (جدول ۵). همهٔ بسترها به لحاظ IWUE با یکدیگر تفاوت داشتند. بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری ۲ کیلوگرم بر مترمکعب به ازای مصرف ۲/۲۵ لیتر آب را بستر ماسه کوکوپیت داشت. به عبارت دیگر برای تولید ۱ گرم مادهٔ خشک در این بستر نیاز به ۰/۵ لیتر آب است. همچنین کمترین کارایی مصرف آب آبیاری ۰/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب به ازای مصرف ۱/۶۶ لیتر آب در بستر پرلیت-ورمیکولیت مشاهده شد، که در واقع به ازای مصرف ۰/۵ لیتر آب در این بستر تنها ۰/۲۱ گرم مادهٔ خشک به دست آمد. (جدول۵). با توجه به اینکه آبیاری گیاهان بر پایهٔ ویژگی‌های فیزیکی ویژهٔ هر بستر انجام شد، گیاهان رشدیافته در بستر ماسه-کوکوپیت به دلیل رشد بهتر و در نتیجه جذب آب بیشتر نیازمند آبیاری در فاصله‌های زمانی کوتاه‌تری بودند، بنابراین میزان کل آب استفاده شده در این بستر ناگزیر بیشتر شد، هرچند بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری نیز در این بستر به دست آمد. از سوی دیگر اگرچه میزان مادهٔ خشک تولیدشده در بستر پرلیت- کوکوپیت در مقایسه با بستر ماسه-کوکوپیت، کاهش چشمگیری داشت ولی میزان آب مصرف‌شده در این بستر به دلیل حجم هوای بالا و در نتیجه تخلیهٔ زودتر آب و نیاز به آبیاری در فاصله‌های کوتاه‌تر، به نسبت بالا بود. ویژگی‌های شیمیایی

1. Matric potential
2. Available water
3. Easily available water
4. Irrigation water use efficiency
5. Water use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

نامناسب بستر پرلیت-ورمیکولیت نیز سبب شد تا رشد گیاهان در این بستر بهینه نباشد و کمترین میزان مادهٔ خشک در این بستر به دست آید. به نظر می‌رسد ویژگی‌های فیزیکی و نوع اجزای بسترهای ترکیبی از عامل‌های تأثیرگذار بر کارایی مصرف آب آبیاری بوده باشد. Abuarab *et al.* (2013) گزارش کردند، WUE و IWUE هنگامی‌که اکسیژن به محیط کشت اضافه شد، افزایش یافت. به‌طورکلی خفگی ریشه به دو روش بر کارایی مصرف آب در کشت‌های بدون خاک تأثیر می‌گذارد: الف- اختلال در فعالیت نظام ریشه‌ای (از راه کاهش جذب آب و جذب مواد کانی و افزایش ترشح‌های زیانبار ریشه در بسترهای کشت) و ب- اختلال در سوخت‌وساز (متابولیسم) اندام هوایی (از راه بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق و در نتیجه کاهش نورساخت).



شکل۴. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارها بر وزن خشک کل گیاه

Figure 4. Mean comparisons of the effect of treatments on plant total dry weight

جدول۵. میانگین کارایی مصرف آب آبیاری و میزان آب مصرف‌شده در بسترهای مختلف در دورهٔ پرورش (۴۵ روز) نشای گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

Table 5. Mean of irrigation water-use-efficiency and the amount of water used during growing period (45 days) of greenhouse tomato transplants.

Treatment	Used water (Liters per plant)	IWUE (kg/m^3)
Sand-cocopeat	2.25	2.00a
Perlite-cocopeat	2.02	0.75b
Perlite-vermiculite	1.66	0.42c

در هرستون میانگین های دارای حروف مشترک از نظر آزمون LSD معنی‌دار نیستند.

In each column, means with the same letters are not significant according to LSD.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که بسترهای با حجم هوا و اجزای متفاوت می‌توانند تأثیر معنی‌داری بر صفات رشد گیاهان به‌جای بگذارند. در این آزمایش نشاهای گوجه‌فرنگی پرورش‌یافته در بسترهای با حجم هوای مؤثر ۱۰/۸۵ درصد (بستر ماسه-کوکوپیت) رشد بهتری نسبت به دیگر بسترها با حجم هوای بالاتر دارند. اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی بسترهای کشت نشان داد که نشای گوجه‌فرنگی به شوری واکنش نشان می‌دهد و کمترین عملکرد در بسترهای با شوری بالا به دست آمد. از سوی دیگر حجم هوای متفاوت در بسترها می‌تواند به شدت بر کارایی مصرف آب آبیاری تأثیر بگذارد.

REFERENCES

1. Abuarab, M., Mostafa, E. & Ibrahim, M. (2013). Effect of air injection under subsurface drip irrigation on yield and water use efficiency of corn in a sandy clay loam soil. *Journal of Advanced Research*, 4(6), 493-499.
2. Allaire, S. E., Caron, J., Duchesne, I., Parent, L. É. & Rioux, J. A. (1996). Air-filled porosity, gas relative diffusivity, and tortuosity: indices of Prunus× Cistena sp. growth in peat substrates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(2), 236-242.

www.SID.ir

Archive of SID

3. Allar, M. C. (1983). Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: a review. *Plant and Soil*, *75*(2), 179-199.
4. Awang, Y., Shaharom, A.S., Rosli, M.B. & Selamat, A. (2009). Chemical and Physical Characteristics of Cocopeat-Based Media Mixtures and Their Effects on the Growth and Development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(1), 63-71.
5. Baybordi, M. (1996). *Soil physics*. University of Tehran Publication. 295-300.
6. Bilderback, T. E., Fonteno, W. C. & Johnson, D. R. (1982). Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peat moss and their effects on azalea growth. *Journal American Society for Horticultural Science*, 4(5), 482-499.
7. Bousque, I., Morard, P., Silvestre, J. & Maertens, C. (1992). Effects of localized hypoxia on wheat ion uptake and roots growth. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France (France)*.
8. Bradford, K.J. (1983). Effects of soil flooding on leaf gas exchange of tomato plants. *Plant Physiology*, 73(2), 475-479.
9. Bradford, K. J. (1983). Involvement of plant growth substances in the alteration of leaf gas exchange of flooded tomato plants. *Plant Physiology*, 73(2), 480-483.
10. Bradford, K. J. & Hsiao, T. C. (1982). Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. *Plant Physiology*, 70(5), 1508-1513.
11. Cannell, R.Q., Belford, R.K., Blackwell, P.S., Govi, G. & Thomson, R.J. (1985). Effects of waterlogging on soil aeration and on root and shoot growth and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). *Plant and Soil*, 85(3), 361-373.
12. Chang, L. A., Hammett, L.K. & Pharr, D.M. (1982). Ethanol, alcohol dehydrogenase, and pyruvate decarboxylase in storage roots of four sweet potato cultivars during simulated flood-damage and storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107(4), 674-677.
13. Davies, W. J. & Zhang, J. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Biology*, 42(1), 55-76.
14. Din, E. (2012). 13041. *Soil Improvers and growing media–Determination of physical properties–Dry bulk density, air volume, water volume, shrinkage value and total pore space*. German Version prEN, Beuth, Berlin/Cologne.
15. Duthion, C. (1976). Phenological response of pea to water stress during reproductive development. *Crop science*, 34(1), 141-146.
16. Gruda, M., Qaryouti, M. & Leonardi, C. (2013). Growing media. *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops*, 271.
17. Gruda, N. (2005). *Growth and quality of vegetables in peat substitute growing media.* PhD Diss, Humboldt University, Berlin, Germany.
18. Haddad, M. (2007). Effect of three substrates on growth, yield and quality of tomato by the use of geothermal water in the south of Tunisia. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(2), 175.
19. Harris, D. G. & Van Bavel, C. H. M. (1957). Growth, yield, and water absorption of tobacco plants as affected by the composition of the root atmosphere. *Agronomy Journal*, 49(1), 11-14.
20. Hekmat Shoar, H. (1993). *Plant physiology on hard condition.Niknam Publication.*
21. Hiatt, A. J. & Lowe, R. H. (1967). Loss of organic acids, amino acids, K, and Cl from barley roots treated anaerobically and with metabolic inhibitors. *Plant physiology*, 42(12), 1731-1736.
22. Hopkins, H. T. (1956). Absorption of ionic species of orthophosphate by barley roots: effects of 2, 4-dinitrophenol and oxygen tension. *Plant physiology*, 31(2), 155.
23. Jackson, M. B. & Hall, K. C. (1987). Early stomatal closure in waterlogged pea plants is mediated by abscisic acid in the absence of foliar water deficits.*Plant, Cell & Environment*, 10(2), 121-130.
24. Morard, P. & Silvestre, J. (1996). Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: A review. *Plant and Soil*, 184(2), 243-254.
25. Olle, M., Ngouajio, M. & Siomos, A. (2012). Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. *Agriculture*, 99(4), 399-408.
26. Perata, P. & Alpi, A. (1991). Ethanol-induced injuries to carrot cells the role of acetaldehyde. *Plant Physiology*, 95(3), 748-752.
27. Perelli, M. & Pimpini, F. (2003). *Il nuovo manuale di concimazione*. Arvan srl.
28. Prasad, M. (1979). Physical properties of media for container-grown crops. I. New Zealand peats and wood wastes. *Scientia Horticulturae*, 10(4), 317-323.
29. Rao, K. P. & Rains, D. W. (1976). Nitrate absorption by barley I. Kinetics and energetics. *Plant physiology*, 57(1), 55-58.
30. Raviv, M. & Lieth, H. (2008). *Soilless culture theory and practice*. Elsevier Press.
31. Raviv, M., Lieth, J. H. & Wallach, R. (2000, May). The effect of root-zone physical properties of coir and UC mix on performance of cut rose (cv. Kardinal). In *World Congress on Soilless Culture: Agriculture in the Coming Millennium*, 554, 231-238.

www.SID.ir

Archive of SID

32. Raviv, M., Wallach, R., Silber, A. & Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis. *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, 25-101.
33. Schnitzler, W. H. & Gruda, N. (2002, March). Quality issues of greenhouse production. In *VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation 614*. (pp. 663-674).
34. Setter, T. L., Brun, W. A. & Brenner, M. L. (1980). Effect of obstructed translocation on leaf abscisic acid, and associated stomatal closure and photosynthesis decline. *Plant Physiology*, 65(6), 1111-1115.
35. Shahin Rokhsar, P. (2007). Evaluation the effect of irrigation dose and media on growth and yield of tomato in soilless culture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 1, 31-46.
36. Silvester, J. & Morad, P. (1996). Agronomic efficiency of foliar spray of micronutrients on pelargonium. In: Proceeding of *IXth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition.* 8th-15th September, Czech Republic (pp. 541-545). (pp. 541-545).
37. Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. *Advances in Agronomy*, 39, 53-85.
38. Trought, M.C.T. & Drew, M.C. (1980). The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 54(1), 77-94.
39. Trought, M.C.T. & Drew, M.C. (1980). The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). 2. Accumulation and redistribution of nutrients by the shoot. *Plant and Soil*, 56(2), 187-199.
40. Tzortzakis, N. G. & Economakis, C. D. (2008). Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. *Journal of Horticultural Science*, 35, 83-89.
41. Verdonck, O. & Demeyer, P. (2001). The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *In International Symposium on Growing Media and Hydroponics* 644 (pp. 99-101
42. Zakrzhevskii, D.A. & Ladygina, O.N. (1989). Effect of Root Hypoxia on Functional-Activity of Pea and Soybean Leaves. *Soviet Plant Physiology*, 36(3), 465-471.

www.SID.ir