مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸ / شماره ۱/بهار ۱۳۸۶ / ص ۴۶-۳۱

بررسی تأثیر دور آبیاری و بستر کشت بر عملکرد و برخی پارامترهای رشد گوجه‌فرنگی (CV. Hamra) در کشت بدون خاک (کیسه‌ای)

پریسا شاهین‌رخسار، کامران داوری، غلامعلی پیوست، بیژن قهرمان و حسین نعمتی*

* به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، نشانی: رشت، جاده رشت- قزوین، موسسه تحقیقات برنج کشور، ص. پ. ۱۶۵۸، تلفن: ۶۶۹۰۲۶۹ (۰۱۳۱)، پیام‌نگار: shahinrokhsar@yahoo.com؛ استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان؛ دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد؛ و استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۳/۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۷/۱۵

چکیده

این آزمایش به منظور تأثیر دور آبیاری و بستر کشت بر عملکرد و برخی پارامترهای رشد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (CV. Hamra) در سال زراعی ۸۲-۸۱ در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش بر اساس طرح کرت‌های خردشده در قالب کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. دور آبیاری در سطح ۴، ۸ و ۱۲ بار در روز در کرت‌های اصلی و سه بستر پرلیت، لیکا و مخلوط پرلیت و لیکا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. فاکتورهایی نظیر تعداد گره، اندازهٔ میانگره روی ساقه اصلی، طول و قطر ساقه، تعداد برگ بوته، وزن خشک ساقه و برگ، تعداد گل‌آذین، تعداد میوه، میانگین وزن میوه و عملکرد به ازای بوته اندازه‌گیری شد. به طور کلی بسیاری از پارامترهای رشد اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف دور آبیاری قرار نگرفتند. عملکرد و میانگین وزن میوه در هر بوته تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت به طوری که میانگین وزن میوه و عملکرد در دور آبیاری ۱۲ بار در روز، بیشترین مقدار بود. بین بسترهای مورد آزمایش از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین عملکرد و میانگین وزن میوه مربوط به بستر لیکا با دور آبیاری ۱۲ بار در روز بود که اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری ۸ بار در روز و بستر لیکا نداشت.

واژه‌های کلیدی

بستر، پرلیت، دور آبیاری، کشت بدون خاک، کشت کیسه‌ای، گوجه فرنگی، لیکا

مقدمه

گوجه فرنگی[1] یکی از محصولات مهم باغبانی است. در سال ۱۹۹۸ در جهان ۸۹/۸ میلیون تن گوجه فرنگی تولید شده که از این مقدار ۱۱/۶ میلیون تن در شرایط گلخانه‌ای بوده است (Anon, 1998). امروزه کشور ما در معرض تهدیدهایی نظیر خشکسالی، افزایش جمعیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی با انواع کود شیمیایی، سموم و سایر موارد است. در سال‌های اخیر، کشت و پرورش سبزی‌های گلخانه‌ای به روش‌های جدید در کشورهای جهان مورد توجه قرار گرفته است. یکی از راهکارهای مهم برای رسیدن به

1- *Lycopersicon esculentum* Mill.

حداکثر محصول در واحد سطح و در حداقل زمان با کیفیت عالی، پرورش گیاهان به روش گلخانه‌ای بدون خاک است (Mason, 2001). با استفاده از کشت بدون خاک به دلائلی مانند تراکم بالای گیاه در واحد سطح، پوشش بسترهای کشت و محلول غذایی، تبخیر کاهش می‌یابد و در نتیجه آب کمتری هدر می‌رود (Sajadei, 1982). در سیستم کشت بدون خاک، گیاهان به ندرت تحت تنش آبی قرار می‌گیرند و با برنامهٔ آبیاری منظم و کنترل‌شده می‌توان به تعادل مطلوبی بین رشد رویشی و زایشی رسید. نتایج تحقیقات زیادی که در این خصوص اجرا شده است، تأثیر مقدار و دور آبیاری را روی خصوصیات کمی و کیفی میوه نشان می‌دهد (Mitchell *et al*., 1991, Traka-Mavrona *et al*., 2001). در کشت بدون خاک، حجم محیط ریشه محدود و ظرفیت نگهداری آب بستر پایین است و از این رو باید نیاز آبی با توجه به تبخیر تعرق گیاه و خصوصیات فیزیکی بسترها در فواصل دور آبیاری تقسیم شود (Castilla, 1999). به همین دلیل تعیین دور آبیاری بهینه از پارامترهای بحرانی این سیستم است (Olympios, 1999). توزل و همکاران (Tuzel *et al*., 2001)، دور آبیاری ۱، ۲ و ۴ بار در روز را در کشت کیسه‌ای گوجه‌فرنگی مقایسه کردند؛ نتایج مطالعات آنها نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ۱ به ۴ بار در روز عملکرد، تعداد و میانگین وزن میوه افزایش خواهد یافت، به طوری که دور آبیاری ۱ بار در روز کمترین تعداد میوه (۱۰۱/۷ عدد) و کمترین عملکرد (۶۳۶۷ گرم در بوته) و دور آبیاری ۴ بار در روز بیشترین تعداد میوه (۱۱۹/۹ عدد) و بیشترین عملکرد (۷۱۱۷ گرم در بوته) را داراست. واسیلاکاکیس و همکاران (Vasilakakis *et al*., 1999) نیز تأثیر بستر تازه و استفاده‌شده پرلیت را با دو دور آبیاری هر ۲ ساعت و ۴ ساعت در کشت کیسه‌ای توت فرنگی مقایسه کردند. گیاهان پرورش یافته در بستر پرلیت استفاده شده با دور آبیاری ۴ ساعت به طور معنی‌داری عملکرد کمتری در مقایسه با گیاهان پرورش‌یافته در بستر تازه با همین دور آبیاری داشتند؛ بستر پرلیت استفاده شده ظرفیت نگهداری آب کمتری دارد و در نتیجه به آبیاری با فاصلهٔ زمانی کمتری نیاز پیدا کرده است.

شینوهارا و همکاران (Shinohara *et al*., 1995)، تأثیر تنش آبی روی عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی را در کشت گراول بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که تحت تنش آبی ارتفاع ساقه از ۲۰۳/۷ به ۱۸۴/۸ سانتی‌متر، عملکرد محصول از ۲۵۷۶/۲ به ۲۲۴۰/۸ گرم در بوته و میانگین وزن میوه از ۱۷۴/۱ به ۱۵۷/۸ گرم کاهش می‌یابد که معنی‌دار است. در این تحقیق مشخص شد که تعداد میوه و درصد بازارپسندی آن تحت تأثیر تیمارهای تنش آبی قرار نگرفته است.

امروزه با توجه به مشکلات موجود در گلخانه‌های خاکی (بروز نماتد، شوری، آلودگی محیط زیست و غیره)، استفاده از بستر کشت معدنی و آلی نظیر پرلیت، لیکا، سبوس برنج، پیت، پومیس و غیره مورد توجه قرار گرفته است (Vanos, 1995, Vasilakakis *et al*., 1999). پرلیت[1] نوعی شن سیلیسی با مبدأ آتشفشانی و حاوی آب طبیعی (هیدراته) در ساختمان آن است. به‌طوری‌که در اثر گرمای شدید و ناگهانی (۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) متورم می‌شود و دانه‌های سفید و سبک حاوی ۷۵ درصد سیلیس تولید می‌کند. پرلیت بستری سبک، خنثی، با ظرفیت نگهداری آب بالا، تهویهٔ خوب و به طور کلی بستری ایده‌آل برای پرورش گیاهان است (Grillas *et al*., 2001). در سال‌های اخیر استفاده از دانه‌های رس منبسط‌شده یا لیکا[2] به دلیل تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، در باغبانی مطرح‌شده‌است. دانه‌های لیکا از حرارت دادن خاک رس مرطوب در کوره‌های گردان با گرمایی حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود (Mohamadi Tehrani, 1998). امروزه تحقیقات گسترده‌ای روی بسترهای کشت اجرا می‌شود تا با در نظر گرفتن تمام مسائل که مسئلهٔ اقتصادی در درجهٔ اول

1- Perlite 2- Leca

اهمیت قرار دارد، بستر مناسب هر منطقه مشخص شود. اسمیت و هال (Smitt & Hall, 1994) نیز با مقایسه دو بستر پرلیت و پیت در سیستم کشت کیسه‌ای به این نتیجه رسیدند که پرلیت می‌تواند به خوبی پیت با مدیریت آسان‌تر تولید بیشتری به دست دهد. ضمن آن‌که به دلیل ارزانی نسبت به پیت، در کشت کیسه‌ای رایج‌تر است. ابوحدید و همکاران (Abou Hadid *et al*., 1992) نیز مخلوط بستر پیت را با بسترهای ورمیکولیت[1]، شن و پرلیت بر عملکرد گوجه‌فرنگی مقایسه و اعلام کردند که بستر مخلوط پیت، شن و ورمیکولیت (۱ : ۱ : ۱) نسبت به سایر بسترها نتیجهٔ بهتری دارد. عیسی و همکاران (Issa *et al*., 1999) با بررسی سه بستر پرلیت، زئولیت و مخلوط پرلیت و زئولیت (۱:۱) بر عملکرد ژربرا گزارش کردند که با اضافه کردن زئولیت به پرلیت عملکرد و کیفیت گل‌های ژربرا به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. به طوری که بالاترین عملکرد مربوط به بستر مخلوط و پس از آن پرلیت است که به نظر می‌رسد دلیل آن تهویهٔ مطلوب ریشه در بستر مخلوط باشد. پادم و آلان (Padem & Alan, 1994) با مقایسه بسترهای پیت، پرلیت و پومیس و تاثیر آنها بر عملکرد فلفل در کشت کیسه‌ای گزارش کردند که بیشترین عملکرد مربوط به بستر پیت (۱۲۲۸ گرم در هر بوته) و کمترین عملکرد مربوط به پومیس (۴۳۷ گرم در هر بوته) است.

با توجه به اطلاعات فوق، در سیستم کشت بدون خاک دو پارامتر دور آبیاری و نوع بستر می‌توانند تأثیر متفاوت و متقابلی بر عملکرد گوجه فرنگی بگذارند. از این نظر، اجرای آزمایشی در زمینهٔ تأثیر دو فاکتور یادشده بر عملکرد گوجه فرنگی ضروری به نظر رسید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۸۲-۸۱ در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش بر اساس طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. دور آبیاری در سه سطح شامل ۴ بار در روز، ۸ بار در روز و ۱۲ بار در روز در کرت‌های اصلی گذاشته شد و سه بستر پرلیت (با دانه بندی ۵-۲ میلی‌متر)، لیکا (دانه‌بندی کمتر از ۱۲/۵ میلی‌متر) و مخلوط پرلیت و لیکا به نسبت وزنی ۱ :۱ (با محدوده دانه‌بندی ۲ تا ۱۰ میلی‌متر) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نقشهٔ شماتیک طرح در شکل ۳ ارائه‌شده‌است. بذر گوجه فرنگی مورد استفاده هیبرید همرا[2] از کشور آمریکا بود. برای تعیین خصوصیات فیزیکی بستر، از سیلندری به قطر ۱۰ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر با کف باز استفاده شد. مواد مورد نظر در سیلندر ریخته و کف آن با استفاده از کاغذ صافی و پارچه بسته شد. سیلندر به مدت ۳ ساعت در ظرف پر از آب قرار داده شد تا مخلوط اشباع گردد. سپس ظرف روی صفحه توری قرار گرفت تا آب موجود از منافذ زهکشی شود. پس از ۳ ساعت، نمونه توزین و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. نمونه پس از خشک‌شدن، مجدداً وزن و ظرفیت نگهداری جذب آب[3]، تخلخل[4]، تخلخل تهویه‌ای[5] و چگالی[6] آن تعیین شد. ظرفیت نگهداری وزنی آب از تقسیم وزن آب پس از اشباع و زهکشی‌شدن به حجم نمونه خاک به‌دست‌آمد (De. Kreij *et al*,. 2001). جهت تعیین خصوصیات شیمیایی بسترها، ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به ۱۰ گرم بستر خشک اضافه و پس از این‌که به مدت ۳۰ دقیقه با دستگاه همزن مدل یونیورسال[7] به‌هم‌زده شد، pH و EC عصارهٔ اشباع به ترتیب با استفاده از دستگاه pH متر مترهوم[8] ۶۹۱ ساخت سویس و EC متر اگریتست[9] ساخت شرکت هانا اسپانیا خوانده شد (جدول۱) (Lemaire, 1999). بسترهای مورد نظر با قارچ‌کش بنومیل[10] به غلظت یک در هزار ضدعفونی شد و پس از خشک شدن، در

1- Vermiculite 2- Cv. 'Hamra' 3- Water Holding Capacity 4- Porosity 5- Air Porosity
6- Dry Bulk Density 7- Universal 8- Metrohom - 691 9- Hana - Agritest 10- Benomile

کیسه‌های پلاستیکی به حجم ۱۱ لیتر ریخته و هر کیسه برای دو بوته در نظر گرفته شد (Logendra & Janes, 1999; Martinez & abad, 1992).

به منظور تأمین رطوبت کافی، روی هر کیسه به فاصلهٔ ۵ سانتی‌متر از کف آن شکافی ایجاد شد (Olympios, 1992). کیسه‌ها روی پایه‌هایی به شیب ۱ درصد و برای جمع‌آوری آب اضافی زهکشی‌شده سطل‌های سه لیتری زیر پایه‌ها قرار گرفت. نیاز آبی گیاه در محیط گلخانه از روش سولاریمتری[1] با استفاده از رابطهٔ ۱ برآورد شد (Bailer, 1999):

$$ETo = \frac{Rn \times T \times K}{2.5} \qquad (1)$$

که در آن، ET_O = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) (بر حسب میلی‌متر در روز)؛ K = ضریب تجربی به مقدار ۰/۶ تا ۰/۷؛ Rn = تابش خالص بیرون از گلخانه (بر حسب میلیون ژول بر متر مربع در روز (داده‌های ایستگاه سینوپتیک مشهد))؛ و T= قابلیت عبور نور با توجه به نوع پوشش گلخانه است. در گلخانهٔ شیشه‌ای، T برابر ۰/۸ است. پس از این که با استفاده از رابطهٔ ۱ و حجم توسعه ریشه در کیسه‌های رشدیافته نیاز آبی محاسبه شد، عدد به‌دست‌آمده در حدود ۲ لیتر بر آورد شد. آب و مواد غذایی اضافی هر روز پس از جمع آوری به مخزن اصلی منتقل می‌شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بسترهای مورد مطالعه

بسترها	تخلخل تهویه ای (درصد)	ظرفیت نگهداری آب (درصد حجمی)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
پرلیت	۰/۲۸	۰/۳۶	۷/۵۴	۰/۱۲۷	۱۸۸
لیکا	۰/۴۲	۰/۱۶	۷/۸	۰/۳۳۵	۷۹۸
پرلیت ـ لیکا	۰/۲۴	۰/۳۲	۷/۸۴	۰/۲۲۸	۳۴۶

برای آبیاری بوته‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان‌های ۲ لیتر در ساعت متصل به لوله ماکارونی ۷۰ سانتی‌متر استفاده شد. تایمرها بر اساس دورهای آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ بار در روز و با توجه به تأمین نیاز آبی گیاه تنظیم گردید. در این آزمایش، جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از محلول غذایی بر اساس فرمول پیشنهادی لادوگینا استفاده شد (Ladogina, 1999). در این فرمول، مقادیر مورد نیاز عناصر غذایی گیاه در مراحل مختلف رشد در نظر گرفته شده است (جدول۲). برای تهیه نشاء گوجه فرنگی از مخلوط خاکی حاوی ۵۰ درصد ماسه نرم و خاک برگ استفاده شد. پس از رساندن بستر به حد ظرفیت زراعی، بذور به‌صورت خطی کشت شدند. دما در روز ۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و در شب ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم شد (Papadopoulos, 1991). انتقال نشاءها در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۳۸۲ و درحالی‌که در مرحله ۳ الی ۴ برگی بودند (Premuzic *et al.*, 2001)، به فاصلهٔ ۱۲۰×۴۰×۳۵/۵ سانتی‌متری (فاصله بین کیسه‌ها × فاصله بین بوته‌ها روی هر کیسه × راهرو برداشت محصول) انجام شد (شکل ۱) (Hickman, 1998). EC و pH محلول غذایی هر روز اندازه‌گیری شد و زمانی که EC محلول غذایی از حداقل محدودهٔ مورد نظر (۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) پایین‌تر می‌آمد، محلول غذایی تعویض می‌شد. همچنین، در صورتی که pH

1- Solarimeter

محلول غذایی از محدودهٔ مطلوب رشد گیاه (۵-۶) بالاتر می‌رفت، با استفاده از اسید نیتریک ۶۵ درصد کاهش داده می‌شد (Papadopoulos *et al*., 1999). اولین برداشت در تاریخ ۱۴ تیر سال ۸۲ و برداشت‌های بعدی به فاصلهٔ زمانی دو هفته‌ای بود. پس از برداشت نهایی (۱۵ شهریور سال ۸۲)، طول و قطر ساقه، تعداد برگ هر بوته و وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شد.

جهت محاسبات آماری در این بررسی، از نرم‌افزارهای Quatropro 5.0, Excel 5.0 وMstatc استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها به روش آزمون دانکن انجام شد و سطح احتمال به‌کاررفته در کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌ها ۹۵ درصد بود.

شکل ۱- انتقال نشاها در مرحله سه برگی

جدول۲- جدول غذایی توصیه‌شده لادوگینا برای گوجه‌فرنگی- مقادیر بر حسب میلی‌گرم در لیتر

دوره رشد	N-NO3	N-NH4	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
قبل از انتقال نشا	۱۰/۵	۱۹۳	۳۹	۲۰۵	۷۲	۲۱۰	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
انتقال نشا تا گلدهی	۱۷/۵	۲۰۷	۳۹	۳۰۲	۶۰	۱۹۰	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
از ۱ تا ۳ گل‌آذین	۱۷/۵	۱۹۳	۳۹	۳۴۱	۴۸	۱۷۰	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
از ۳ تا ۵ گل‌آذین	۱۷/۵	۱۹۳	۳۹	۳۶۱	۴۵	۱۶۵	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
از ۵ تا ۱۰ گل‌آذین	۱۷/۵	۱۹۳	۳۹	۴۱۰	۴۲	۱۴۵	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
از ۱۰ تا ۱۲ گل‌آذین	۱۷/۵	۱۹۳	۳۹	۳۶۱	۴۵	۱۶۵	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
تا پایان دوره	۱۷/۵	۱۹۳	۳۹	۳۴۱	۴۸	۱۷۰	۱۲۰	۰/۸۴	۰/۵۵	۰/۳۲۵	۰/۴۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸

نتایج و بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری و همچنین بسترهای مختلف کاشت از نظر تعداد گره اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۳) اما بستر مخلوط لیکا و پرلیت تعداد گره کمتری نسبت به بسترهای خالص داشت (جدول ۴)؛ مطالعات گول (Gul, 1999) نیز نشان می‌دهد که بستر بر تعداد گره خیار موثر نیست. نتایج آزمایش همچنین نشان داد که تأثیر

متقابل معنی‌داری بین فاکتورهای آزمایش وجود ندارد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بین دورهای آبیاری از نظر اندازهٔ میانگره اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($\rho \geq ۰/۰۵$) اما اندازهٔ میانگره در بین بسترهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشتند ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۳). بوته‌ها در بستر پرلیت با ۳۹/۶۱ میلی‌متر و در بستر مخلوط لیکا و پرلیت با ۳۶/۸۶ میلی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین اندازهٔ میانگره را دارا بودند و این اختلاف بین بوته‌های کاشته شده در بستر لیکا و پرلیت معنی‌دار نبود (جدول ۴) اما اثر متقابل بین دور آبیاری و بستر کاشت معنی‌دار بود ($\rho \leq ۰/۰۵$) (جدول۳).

بیشترین و کمترین اندازهٔ میانگره به ترتیب مربوط به دور آبیاری ۱۲ بار در روز در بستر پرلیت با ۴۲ میلی‌متر و دور آبیاری ۸ بار در روز در بستر مخلوط پرلیت و لیکا با ۳۵/۴ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). از آنجا که بستر لیکا با دانه‌بندی کمتر از ۱۲/۵ میلی‌متر در ترکیب با بستر پرلیت با دانه‌بندی ۵-۲ میلی‌متر باعث کاهش تخلخل تهویه‌ای به میزان ۲۴ درصد (جدول ۱) نسبت به سایر بسترها شده است، به نظر می‌رسد که کاهش اندازهٔ میانگره در این بستر ناشی از این مسئله باشد. زیرا کاهش تخلخل منجر به کمبود اکسیژن محیط ریشه و کاهش جذب مواد غذایی می‌شود (Bybordi, 1987).

جدول۳- تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) تعدادی از صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	تعداد گره ساقه اصلی	اندازهٔ میانگره‌های ساقه اصلی	طول ساقه اصلی	قطر ساقه اصلی	تعداد برگ بوته
دور آبیاری	۲	۱۱۳/۴۶ns	۹/۰۱ns	۱۳۴۶/۵۵ns	۳/۵۵ns	۷۶۶/۰۸**
خطای اصلی	۹	۸۵/۵۵	۴/۴۸	۶۱۹۱۷۳۰	۱۰/۲۱	۷۹/۴۱
بستر	۲	۲۶/۲۱ns	۲۹/۸۵**	۱۴۷۹/۵۱ns	۳/۳۷ns	۹۴/۴۱ns
اثر متقابل آبیاری × بستر	۴	۸۱/۱۳ns	۱۲/۸۸*	۲۱۹۷/۸۹*	۵/۴۰ns	۱۰۲/۲۴ns
خطای فرعی	۱۸	۵۰/۵۳	۳/۸۰	۵۷۵/۴۴	۷/۰۱	۳۶/۹۴

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

نتایج این مطالعه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آبیاری از نظر طول ساقه نشان نداد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول۳) اما تیمار آبیاری ۸ بار در روز دارای بیشترین طول ساقه معادل ۱۹۶/۱ سانتی‌متر و تیمار آبیاری ۴ بار در روز دارای کمترین طول ساقه معادل ۱۷۷/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۴). همان گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بین بسترهای مورد مطالعه نیز از نظر طول ساقه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($\rho \geq ۰/۰۵$). یو و کومادا (Yu & Komada, 1999) نیز به این نتیجه رسیده‌اند که بسترهای متفاوت بر طول ساقهٔ گوجه‌فرنگی موثر نیستند. اثر متقابل معنی‌داری بین بستر و دور آبیاری از نظر طول ساقه وجود دارد ($\rho \leq ۰/۰۵$) (جدول ۳) به طوری که بیشترین طول ساقه معادل ۲۱۱/۶ سانتی‌متر مربوط به دور آبیاری ۴ بار در روز در بستر لیکا و کمترین طول ساقه معادل ۱۴۳/۹ سانتی‌متر مربوط به دور آبیاری ۴ بار در روز و بستر مخلوط پرلیت و لیکاست (جدول ۴). با توجه به این که کمترین و بیشترین ارتفاع مربوط به دور آبیاری ۴ بار در روز است، بر طبق نتایج فوق تأثیر بسترهای کاشت بر طول ساقه بیشتر از دور آبیاری است. مطالعات نشان می‌دهد که رشد طولی گیاهانی که ریشهٔ آنها در معرض کمبود اکسیژن قرار دارد، کاهش می‌یابد

(Bybordi, 1987)، از این رو به نظر می‌رسد که دلیل بالاتر بودن طول ساقه در لیکا درصد تخلخل تهویه‌ای بالای آن، ۴۲ درصد (جدول ۱)، نسبت به سایر بسترها باشد که تهویهٔ بهتر بستر، اکسیژن مورد نیاز ریشه را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت باعث استفادهٔ بهتر ریشه از محلول غذایی شده است (Alizadeh, 2004).

جدول ۴- میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر دور آبیاری، بستر و اثر متقابل دور آبیاری و بستر

تیمار	تعداد گره ساقه اصلی	اندازهٔ میانگره‌ها ساقه اصلی (میلی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد برگ در بوته
I_1	۴۵/۷۱a	۳۸/۷۶a	۱۷۷/۲۱a	۱۳/۶۹a	۵۸/۷۰b
I_2	۵۱/۸۳a	۳۷/۷۸a	۱۹۶/۰۷a	۱۴/۷۴a	۷۳/۸۳a
I_3	۴۹/۲۵a	۳۹/۵۱a	۱۹۴/۹۹a	۱۳/۹۶a	۶۱/۸۰a
B_1	۵۰/۲۵a	۳۹/۶۱a	۱۹۰/۸۵a	۱۴/۵۰a	۶۷/۹۲a
B_2	۴۹/۲۱a	۳۹/۵۸a	۱۹۹/۷۴a	۱۳/۵۳a	۶۳/۸۸a
B_3	۴۷/۳۳a	۳۶/۸۶b	۱۷۷/۶۷a	۱۴/۳۷a	۶۲/۵۳a
I_1B_1	۴۹/۷۵a	۳۷/۹۶cd	۱۷۶/۱۵ab	۱۳/۰۸a	۵۹/۶۰a
I_1B_2	۴۷/۲۵a	۴۱/۳۲ab	۲۱۱/۵۷a	۱۳/۵۸a	۶۳/۶۰a
I_1B_3	۴۰/۱۳a	۳۷/۰۱cd	۱۴۳/۸۹b	۱۴/۴۳a	۵۲/۹۰a
I_2B_1	۵۴/۳۸a	۳۸/۸۹abc	۲۰۵/۲۲a	۱۶/۳۰a	۸۰/۵۵a
I_2B_2	۵۲/۶۳a	۳۹/۰۲abc	۲۰۲/۲۸a	۱۲/۸۷a	۶۷/۴۵a
I_2B_3	۴۸/۵۰a	۳۵/۴۴d	۱۸۰/۷۰ab	۱۵/۰۵a	۷۳/۵a
I_3B_1	۴۶/۶۳a	۴۱/۹۹a	۱۹۱/۱۹a	۱۴/۱۲a	۶۳/۶۱a
I_3B_2	۴۷/۷۵a	۳۸/۴۰bcd	۱۸۵/۳۷a	۱۴/۱۳a	۶۰/۶۰a
I_3B_3	۵۳/۳۸a	۳۸/۱۵bcd	۲۰۸/۴۳a	۱۳/۶۵a	۶۱/۲۰a

I_1: دور آبیاری ۴ بار در روز؛ I_2: دور آبیاری ۸ بار در روز؛ I_3: دور آبیاری ۱۲ بار در روز؛ B_1: بستر پرلیت؛ B_2: بستر لیکا؛ B_3: بستر مخلوط پرلیت و لیکا

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری و بسترهای مورد مطالعه از نظر قطر ساقه وجود نداشت ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۳). مالوپا و همکاران (Maloupa *et al*., 2001) نیز با مطالعه بسترهای کشت متفاوت گزارش کردند که بستر روی قطر ساقهٔ گوجه فرنگی تأثیر معنی‌داری ندارد. همچنین بین بستر کشت و دور آبیاری اثر متقابل معنی‌داری مشاهده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۳).

در این آزمایش، تیمارهای مختلف آبیاری از نظر تأثیر تعداد برگ در بوته اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول۳). دور آبیاری ۸ بار در روز با میانگین

۷۳/۸ برگ در بوته و دور آبیاری ۴ بار در روز با میانگین ۵۸/۷ برگ در بوته به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را داشتند (جدول ۴). همچنین از نظر تعداد برگ دور آبیاری ۱۲ بار در روز از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری ۸ بار در روز نداشت. گیاهان با داشتن مکانیسم‌های مقاومت در مقابل خشکی، می‌توانند از تأثیرات خشک شدن در امان بمانند. یکی از واکنش‌های محرز گیاه در برابر استرس خشکی، پیری زودرس برگ و ریزش پیش از موقع آن است که این عمل کاهش هر چه بیشتر تعرق را سبب می‌شود (Hekmatshoar, 1993). از آنجایی که بسترهای مورد مطالعه، در مقایسه با خاک، ظرفیت نگهداری آب بسیار کمی دارند (جدول ۱)، به نظر می‌رسد آبیاری با فاصلهٔ زمانی زیاد در آبیاری منجر به خشک‌شدن سریع این‌گونه بسترها می‌شود. با توجه به نتایج این تحقیق که کاهش دور آبیاری از ۸ به ۴ بار در روز باعث کاهش تعداد برگ در بوته شده است، به نظر می‌رسد دور آبیاری ۸ بار در روز در مقایسه با دور آبیاری ۴ بار در روز شرایط مناسبی از نظر رشد رویشی برای گیاه ایجاد کرده است. بین تیمارهای مختلف بستر از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌داری دیده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول۳). مالوپا و همکاران و یو و کومادا (Maloupa *et al*., 2001; Yu & Komada, 1999) نیز از نظر تأثیر بستر بر تعداد برگ‌های گوجه فرنگی نتایجی مشابه به‌دست آوردند. بین بستر و دور آبیاری، اثر متقابل معنی‌داری وجود نداشت ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۳).

بین تیمارهای آبیاری از نظر وزن خشک ساقه و برگ بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۵). دور آبیاری ۸ بار در روز با میانگین وزن ۱۲۳/۳ گرم بیشترین و دور آبیاری ۴ بار در روز با میانگین وزن ۸۵/۷ گرم کمترین وزن خشک ساقه و برگ را در بوته دارا بودند (جدول ۶). با توجه به نتایج مذکور به نظر می‌رسد که شرایط آبیاری ۸ بار در روز جهت رشد ساقه و برگ مناسب‌ترین تیمار باشد. همچنین، از نظر وزن خشک ساقه و برگ بوته، بین بسترهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج یافته‌های شینوهارا و همکاران (Shinohara *et al*., 1995) مطابقت دارد که با مطالعهٔ بسترهای کشت روی گوجه فرنگی عدم اختلاف را از نظر وزن خشک بوته بین بسترهای کشت گزارش کرده‌اند. علاوه بر آن از نظر وزن خشک ساقه و برگ بوته اثر متقابل معنی‌داری بین دور آبیاری و بستر کشت دیده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعدادی از صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه و برگ	تعداد گل‌آذین در بوته	تعداد گل در بوته	تعداد میوه در بوته	میانگین وزن میوه در بوته	عملکرد میوه در بوته
دور آبیاری	۲	۴۶۰۹/۰۸**	۲/۷۷ns	۷۹۴/۳۸۲ns	۵۸/۴۴ns	۴۴۱/۶۴**	۱۰۴۰۱۶۰/۳۳**
خطای اصلی	۹	۲۵۵/۹۴	۳/۴۷	۳۸۲/۶۹	۲۷/۴۸	۴۷/۳۲	۹۳۸۵۸/۰۵
بستر	۲	۳۶۲/۱۹ns	۴/۱۸ns	۲۲۱/۵۵ns	۲۱/۸۵ns	۷۵/۱۱ns	۱۵۷۷۵/۷۲ns
اثر متقابل آبیاری×بستر	۴	۸۰/۰۱ns	۱۰/۷۱ns	۸۱۹/۵۵*	۱۴۶/۲۸**	۴۸/۱۵ns	۲۹۸۳۳۰/۸۷**
خطای فرعی	۱۸	۱۴۸/۰۱	۴/۱۹	۲۳۴/۵۹	۱۵/۵۷	۴۲/۷۴	۵۹۵۶۱/۲۹

*اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار

در این آزمایش بین تیمارهای مختلف آبیاری، بستر و اثر متقابل دور آبیاری و بستر از نظر تعداد گل‌آذین در بوته اختلاف معنی‌دار دیده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵). بین تیمارهای مختلف آبیاری و بستر از نظر تعداد گل در بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵). البته اثر متقابل آبیاری و بستر معنی‌دار بود ($\rho \leq ۰/۰۵$) (جدول ۵). دور آبیاری ۸ بار در روز با بستر مخلوط لیکا و پرلیت بیشترین تعداد گل در بوته (۸۹ عدد) و دور آبیاری ۴ بار در روز و بستر مخلوط لیکا و پرلیت کمترین تعداد گل در بوته (۵۰/۷۵ عدد) را داشتند (جدول ۶). با توجه به این که بیشترین و کمترین تعداد گل در بوته در بستر مخلوط لیکا و پرلیت به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که اثر فواصل آبیاری بر تعداد گل در بوته بیشتر از اثر بستر است. همان گونه که در جدول ۵ دیده می‌شود، بین تیمارهای مختلف آبیاری و بستر از نظر تعداد میوه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. هر چند اثر متقابل بین دورهای آبیاری و بسترهای مختلف کشت از نظر تعداد میوه در بوته معنی دار بود ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۵). بیشترین و کمترین تعداد میوه در بوته به ترتیب متعلق به دور آبیاری ۸ بار در روز و بستر مخلوط پرلیت و لیکا (۳۴ میوه در بوته) و دور آبیاری ۴ بار در روز و بستر مخلوط پرلیت و لیکا (۱۹/۱ میوه در بوته) بود (جدول ۶). از آنجا که خشکی بستر بر تلقیح گل موثر است و قابلیت زنده‌ماندن و جوانه‌زنی دانهٔ گرده را کاهش می‌دهد (Ekanayake *et al*., 1990)، به نظر می‌رسد که دور آبیاری ۸ بار در روز شرایط مناسبی برای تشکیل گل و به دنبال آن تلقیح و تشکیل میوه فراهم کرده است. لیزارگا و همکاران (Lizarraga *et al*., 2003) نیز با بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تعداد میوه در بوته گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری و مرطوب‌شدن سریع‌تر بستر، شرایط رطوبتی مناسب در ناحیهٔ توسعهٔ ریشه فراهم می‌شود و تعداد میوه در بوته افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. در این آزمایش مشاهده شد که بین تیمارهای مختلف آبیاری از نظر میانگین وزن میوه اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۵). بیشترین و کمترین میانگین وزن میوه به ترتیب متعلق به دور آبیاری ۱۲ بار در روز (۵۲/۵ گرم) و دور آبیاری ۴ بار در روز (۴۱/۷ گرم) بود (جدول ۶). در این خصوص، دور آبیاری ۱۲ بار در روز با دور آبیاری ۸ بار در روز اختلاف معنی‌دار نداشت. بین بسترهای مورد مطالعه و اثر متقابل بستر و دور آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵). از نظر عملکرد میوه در بوته، بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۵). به این ترتیب که با افزایش دور آبیاری از ۴ به ۱۲ بار در روز عملکرد میوه در بوته افزایش یافت. به نحوی که دور آبیاری ۴ بار در روز (۱۰۰۸/۱۵ گرم در بوته) کمترین و دور آبیاری ۱۲ بار در روز (۱۵۵۰/۴۳ گرم در بوته) بیشترین عملکرد در بوته را به دست آورد (جدول ۶). دور آبیاری ۱۲ بار در روز اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری ۸ بار در روز نداشت. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج توزل و همکاران، شینوهارا و همکاران و واسیلاکاکیس و همکاران (Tuzel *et al*., 2001; Shinohara *et al*., 1995; Vasilakakis *et al*., 1999) در این زمینه مطابقت دارد.

جدول ۶- میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر دور آبیاری، بستر و اثر متقابل دور آبیاری و بستر

تیمار	وزن خشک ساقه و برگ (گرم در بوته)	تعداد گل‌آذین هر بوته	تعداد گل در بوته	تعداد میوه هر بوته	میانگین وزن میوه هر بوته (گرم)	عملکرد میوه (گرم در بوته)
I_1	۸۵/۶۸b	۹/۷۹a	۶۳/۸۸a	۲۵/۸۲a	۴۱/۷b	۱۰۰۸/۱۵b
I_2	۱۲۳/۳۴a	۱۰/۷۱a	۷۹/۱۳a	۲۹/۴۶a	۵۱/۹۳a	۱۴۷۷/۹۱a
I_3	۹۵/۱۰a	۱۰/۵۰a	۶۶/۵۸a	۲۹/۸۰a	۵۲/۴۶a	۱۵۵۰/۴۳a
B_1	۱۰۱/۳۴a	۱۱/۰۰a	۶۷/۸۸a	۲۹/۳۵a	۴۶/۷۸a	۱۳۸۳/۶۸a
B_2	۹۵/۹۰a	۱۰/۱۳a	۷۴/۷۹a	۲۸/۹۰a	۵۱/۵۳a	۱۳۴۱/۲۴a
B_3	۱۰۶/۸۹a	۹/۸۸a	۶۹/۹۲a	۲۶/۸۰a	۴۷/۷۸a	۱۳۱۱/۵۴a
I_1B_1	۸۲/۶۵a	۹/۷۵a	۷۸/۳۸abc	۲۸/۳۸abc	۴۲/۰۸a	۱۱۵۸/۴۳bcd
I_1B_2	۸۶/۰۹a	۱۱/۱۳a	۶۲/۵bcd	۲۹/۹۶ab	۴۵/۵۶a	۱۰۶۵/۵۱cd
I_1B_3	۸۸/۲۹a	۸/۵۰a	۵۰/۷۵d	۱۹/۱۳d	۳۷/۴۵a	۸۰۰/۴۱d
I_2B_1	۱۲۴/۸۵a	۱۱/۷۵a	۶۷/۱۳abcd	۳۱/۲۹ab	۵۱/۳۲a	۱۵۵۷/۹۹ab
I_2B_2	۱۱۵/۵۷a	۱۰/۸۷a	۸۱/۲۵ab	۲۳/۰۶cd	۵۲/۰۴a	۱۷۰۵/۳۱a
I_2B_3	۱۲۹/۶۰a	۹/۵۰a	۸۹ a	۳۴/۰۴a	۵۲/۴۱a	۱۱۷۰/۴۳bcd
I_3B_1	۹۶/۵۱a	۱۱/۵۰a	۵۸/۱۳cd	۲۸/۴۰abc	۴۶/۹۳a	۱۴۳۴/۶۲abc
I_3B_2	۸۶/۰۲a	۸/۳۷a	۸۰/۶۳abc	۳۳/۷۰ab	۵۶/۹۷a	۱۷۸۷/۷۸a
I_3B_3	۱۰۲/۷۷a	۱۱/۶۳a	۶۱bcd	۲۷/۳۰bc	۵۳/۴۸a	۱۴۲۸/۹۰abc

I_1: دور آبیاری ۴ بار در روز؛ I_2 : دور آبیاری ۸ بار در روز؛ I_3: دور آبیاری ۱۲ بار در روز؛ B_1: بستر پرلیت؛ B_2: بستر لیکا؛ B_3: بستر مخلوط پرلیت و لیکا
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

بین بسترهای مورد مطالعه از نظر عملکرد میوه در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($\rho \geq ۰/۰۵$) (جدول ۵). اثر متقابل بین فواصل مختلف آبیاری و بسترهای کشت معنی‌دار بود ($\rho \leq ۰/۰۱$) (جدول ۵). دور آبیاری ۱۲ بار در روز و بستر لیکا با میانگین ۱۷۸۷/۷۸ گرم میوه در بوته و دور آبیاری ۴ بار در روز و بستر مخلوط لیکا و پرلیت با میانگین ۸۰۰/۴۱ گرم میوه در بوته به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۶). به نظر می‌رسد دور آبیاری ۴ بار در روز به دلیل توزیع نامناسب رطوبت در بستر کشت موجب کاهش فتوسنتز و نقل و انتقال مواد فتوسنتزی اندام‌ها و در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است (Shinohara *et al*., 1995).

نتایج این آزمایش در مورد تأثیر بسترهای کشت بر عملکرد نشان داد که بستر لیکا نسبت به سایر بسترها درصد تخلخل تهویه‌ای بالاتری دارد. به نظر می‌رسد که این ویژگی سبب می‌شود که اکسیژن بیشتری در محیط ریشه فراهم شود. در مجموع، در شرایط مساوی از نظر سایر موارد، با افزایش میزان هوای خاک میزان محصول افزایش می‌یابد (Bybordi, 1987). با توجه به این که در بستر مخلوط لیکا و پرلیت، به دلیل قرارگیری ذرات ریز در فضای خالی بین ذرات درشت، تخلخل کاهش می‌یابد (جدول ۱) به دنبال آن تهویه و انتشار نسبی هوا نیز کاهش خواهد یافت و ریشه نمی‌تواند آب و مواد غذایی را به خوبی جذب کند. بنابراین، به نظر می‌رسد که این موضوع دلیل کاهش عملکرد میوه در بستر مخلوط لیکا و پرلیت است.

شکل ۲- بالاترین عملکرد مربوط به دور آبیاری ۱۲ بار در روز و بستر لیکا بود

نتیجه‌گیری

به طور کلی بسیاری از پارامترهای رشد اندازه‌گیری شده تحت تاثیر تیمارهای مختلف دور آبیاری قرار نگرفتند. گرچه عملکرد و میانگین وزن میوه در هر بوته تحت تاثیر دور آبیاری قرار گرفت به طوری که میانگین وزن میوه و عملکرد دردور آبیاری ۱۲ بار بیشترین مقدار بود. همچنین بین بسترهای مورد آزمایش از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین عملکرد و میانگین وزن میوه مربوط به بستر لیکا با دور آبیاری ۱۲ بار در روز بود (شکل ۲). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و با توجه به این که بسترهای مورد استفاده در کشت بدون خاک خصوصیات فیزیکی متفاوتی دارند، توصیه می‌شود مقایسه‌ای بین قطره‌چکان‌هایی با شدت جریان متفاوت از نظر نگهداری بیشتر محلول غذایی توسط بستر و جلوگیری از هرزرفت آن صورت بگیرد. همچنین توصیه می‌شود بسترهای رایج و ارزان منطقه نظیر سبوس برنج، خاک اره، تفاله چای و به طور کلی هر مادهٔ جامدی که نقش لنگرگاه ریشه را تأمین کند، بررسی شود تا با استفاده از بسترهای ارزان بتوان در هزینهٔ سرمایه‌گذاری بالای این نوع سیستم‌ها صرفه‌جویی کرد.

$I_2B_1R_2$	$I_3B_3R_4$	$I_1B_3R_1$
$I_2B_3R_2$	$I_3B_2R_4$	$I_1B_1R_1$
$I_2B_2R_2$	$I_3B_1R_4$	$I_1B_2R_1$
$I_3B_2R_3$	$I_2B_1R_3$	$I_1B_1R_3$
$I_3B_3R_3$	$I_2B_3R_3$	$I_1B_2R_3$
$I_3B_1R_3$	$I_2B_2R_3$	$I_1B_3R_3$
$I_2B_3R_1$	$I_1B_1R_4$	$I_3B_2R_1$
$I_2B_1R_1$	$I_1B_3R_4$	$I_3B_1R_1$
$I_2B_2R_1$	$I_1B_2R_4$	$I_3B_3R_1$
$I_1B_1R_2$	$I_3B_3R_2$	$I_2B_3R_4$
$I_1B_3R_2$	$I_3B_2R_2$	$I_2B_2R_4$
$I_1B_3R_2$	$I_3B_1R_2$	$I_2B_1R_4$

I_1: دور آبیاری ۴ بـار در روز؛ I_2: دور آبیـاری ۸ بـار در روز؛ I_3: دور آبیـاری ۱۲ بـار در روز؛ B_1: بـستر پرلیت؛ B_2: بستر لیکا؛ B_3: بستر مخلوط پرلیت و لیکا؛ R_1، R_2 ، R_3 و R_4: به ترتیـب تکـرار اول، دوم، سوم و چهارم

شکل ۳ - نقشه شماتیک طرح

منابع

Abou Hadid, A. F., El Beltagy, A. S., Gaafer S. A. and Youssef, S. M. 1992. Selected soilless media for greenhouse crop seeding: 1-tomato. Acta Hort. 323,315-321.

Alizadeh, A. 2004. Soil, Water, Plant Relationship. Imam Reza University Pub. Mashad. Iran. (in Farsi)

Anon. 1998. Faostat collection database. Available on the: http://fastat.fao.org/faostat/collections

Bailer, A. 1999. Principle and methods for prediction crop water requirement in greenhouse environments. Cahier option Mediterranean's. 31,177-187

Bybordi, M. 1987. Soil Physics. Tehran University Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)

Castilla, N. 1999. Greenhouse drip irrigation management and water. Cahier option Mediterranean's. 31,189-202.

De Kreij, C., Van Elderen, C. W. and Duijvestijn, R. C. M. 2001. Extraction od growing media regarding its water holding capacity and bulk density. Acta Horti. 548,409-414.

Ekanayake, I. J., Steponkus, P. L. and De Datta, S. K. 1990. Salinity of pollination to water deficits in upland rice. Crop Sci. 30, 301-315.

Grillas, S., Bardopoulou, M. L. E. and Sarafapoulos, S. 2001. Perlite based soilless culture systems: current commercial application and production. Acta Hort. 548,105-113.

Gul, A. 1999. Investigation on the effect of media and bag volume on cucumber. Cahier option Mediterranean's. 31,371-378.

Hekmatshoar, H. 1993. Plant Physiology in Stress Condition. Tabriz University pub. Tabriz. Iran. (in Farsi)

Hickman, G. W. 1998. Commercial Greenhouse Vegetable Handbook. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.

Issa, M., Maloupa, E. and Gerasopoulos, L. 1999. Effect of the substrate on yield and quality of two gerbera varieties grown under protection. Cahier option Mediterranean's. 31, 365-369.

Ladogina, M. 1999. Nutrient solution for growing vegetable crops on mineral rockwool. Info. J. Glasshouse Industry. 5,20-21.

Lemaire, F. 1999. Determination of substrate characteristic for soilless culture. Cahier option Mediterranean's. 31,347-356

Lizarraga, A., Boesveld, H. F. and Robles, C. 2003. Evaluating irrigation scheduling of hydroponics' tomato in navarra, Spain. Irrig. Drain. 52, 177-188.

Logendra, L. S., and Janes, H. W. 1999. Hydroponics tomato production: growing media requirement. Acta Hort. 481,483-486.

Maloupa, E., Abou Hadid, A. Prasad, M. and Kavafakis, CH. 2001. Response of cucumber and tomato plants to different substrates mixtures of pumice in substrate culture. Acta Hort. 559, 593-599.

Martinez, P. F. and abad, M. 1992. Soilless culture of tomato in different mineral substrates. Acta Hort. 323,251-259.

Mason, J. 2001. Commercial Hydroponics. Translated by Tavalaei, M. Agriculture Education Press. Karaj. Iran. (in Farsi)

Mitchell, J. P., Shennan, S. R. and May, D. M. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116, 215-221.

Mohamadi Tehrani, F. 1998. General Guideline for Leca. Leca Company Pub. (in Farsi)

Olympios, C. M. 1992. Soilless media under protected cultivations rockwood, peat and other substrates. Acta Hort. 323,215-234.

Olympios, C. M. 1999. Overview of soilless culture: advantages, constraints and perspectives for its use in Mediterranean countries. Cahier option Mediterranean's. 31, 307-324.

Padem, H., and Alan, R. 1994. The effect of some substrate on yield and chemical composition of pepper under greenhouse condition. Acta Hort. 366, 321-326.

Papadopoulos, A. P. 1991. Growing Greenhouse Tomatoes in Soil and in Soilless Media. Agriculture Canada Pub.

Papadopoulos, A. P., Hao, X., Tu, J. C. and Zheng, J. 1999. Tomato production in open or closed Rockwood culture system. Acta Hort. 481, 89-93.

Premuzic, Z., de los Rios, A. Clozza, M. Vilella, F. Mirabelli, E. and Accorinti, C. 2001. Influence of fertilization on the production vitamin C and sugare content of "CHERRY" tomatoes. Acta Hort. 559,601-609.

Sajadi, A. 1983. Hydroponics (Soilless culture). Toofan Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)

Shinohara. Y., Akiba, K. Maruo, T. and Ito, T. 1995. Effect of water stress on the fruit yield, quality and physiological condition of tomato plants using the gravel culture. Acta Hort. 396, 211-218.

Smith, C. A. and Hall, D. A. 1994. The development of perlite as a potting substrate for ornamental plant. Acta Hort. 361,122-129.

Traka-Mavrona, E., Gerasopoulos, D., Pritsa,T. and Maloupa, E. 2001. Growth, fruit yield and quality of tomato in relation to substrate and nutrition source in a soilless culture system. Acta Hort. 548,173-179.

Tuzel, I. H., Tuzel, Y. Gul, A. Altunlu, H. and Eltez, R. Z. 2001. Effect of different irrigation schedules, substrate and substrate volume on fruit quality and yield of greenhouse tomato. Acta Hort. 548,285-291.

Vanos, E. A. 1995. Engineering and environmental Aspects of Soilless growing system. Acta Hort. 396,256-224.

Vasilakakis, M., Alexandridis, A., El Fadl, S. and Anagnostou, K.1999. Effect of substrate (new or used perlite), plant orientation on the column and irrigation frequency on strawberry plant productivity and fruit quality. Cahier option Mediterranean's. 31,357-363.

Yu, J. Q. and Komada, H. 1999. Hinoki (chamaecypairs obtusa) bark, a substrate with anti-pathogen properties that supper some root diseases of tomato. Scientia Hort. 81,13-24.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.1 /Spring 2007/ P: 31-46*

Influence of Irrigation Interval and Substrates on Production of Tomato (CV. Hamra) in Soilless (Bag) Culture

P. Shahinrokhsar*, K. Davari, Gh. Peivast, B. Ghahreman and H. Nemati

* Academic Member, Agriculture Engineering Research Department, Golestan Agriculture and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 1658, Rasht, Iran. E-mail: shahinrokhsar@yahoo.com

This study was conducted to investigate the effects of irrigation frequency and substrates on some parameters of greenhouse tomato (CV. Hamra) during 1381-1382 at research greenhouse of agriculture college, in Ferdowsi University of Mashhad. The experiment was based on split plots in the form of completely randomized design and in four replications. Irrigation frequency in three levels of 12, 8, and 4 times per day at primary plots, and three substrates of Perlite, leca, and mixture of Perlite and leca at secondary plots. Parameters such as number of ties, ties spacing on main trunk, length and diameter of main trunk, dry weight of stem and leaf, number of fruits, and mean fruit weight were measured. Generally most of parameters, except crop production and mean weight of fruit per plant, did not influenced by different irrigation treatments. Mean weight of fruit and crop production were at their highest level under 12-day irrigation frequency. No significant difference was found for all of the parameters and under different substrates. The highest crop production and mean fruit weights were due to leca substrate and 12-day irrigation frequency. There were no significant differences as compared to 8-day irrigation frequency.

Key words: Bag Culture, Irrigation Interval, Leca, Perlite, Soilless Culture, Substrate, Tomato