

عملکرد و کیفیت میوه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L., Cv. Synda) در کشت بدون خاک تحت تأثیر خشکی دهی قسمتی از ریشه و پلیمر هیدروژل

مسعود موسوی رحیمی^{۱*}، مجتبی دلشاد^۲ و عبدالمجید لیاقت^۳

۱- نویسنده مسوول: دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(mousavirahimi.masoud@gmail.com)

۲- استادیار گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۷

چکیده

محدودیت منابع آبی در دنیا و مصرف بالای آب در کشاورزی مدیریت آبیاری را در این بخش ضروری ساخته است. کاهش مصرف یا جلوگیری از اتلاف آب، افزایش عملکرد و حتی کاهش عمده میزان آبیاری (تنش کنترل شده) به شرطی که افت چشمگیر عملکرد و کیفیت را به همراه نداشته باشد، از جمله راهکارهای بهبود راندمان مصرف آب بشمار می‌روند. در این آزمایش، به منظور شناخت واکنش گوجه فرنگی گلخانه‌ای کشت شده در بسترهایی با خواص فیزیکی متفاوت به سطوح تنش کم آبی، اثر تیمارهای کم آبیاری و خشکی دهی قسمتی از ریشه بر گوجه فرنگی گلخانه‌ای رقم سیندا در یک آزمایش گلخانه‌ای بصورت طرح کراهی خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی واقع شد. تیمارهای آبیاری در پنج سطح (سه روش آبیاری معمولی با ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و دوروش آبیاری متناوب که در هر بار آبیاری در تیمارهای کم آبیاری، مقدار آب محاسبه شده به نیمی از محیط ریشه داده می‌شد) در سه بستر متفاوت از نظر خواص فیزیکی شامل پرلیت به همراه ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی هیدروژل اعمال گردیدند. نتایج نشان داد تیمارهای کم آبیاری معمولی و به همراه خشکی دهی قسمتی از ریشه از نظر تعداد، وزن، طول و قطر میوه و عملکرد کاهش قابل توجهی را نسبت به آبیاری کامل (۱۰۰ درصد) نشان دادند. سفتی و درصد ماده خشک میوه در تیمارهای کم آبیاری افزایش یافت. در دیگر صفات کیفی همچون pH آب میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، ویتامین ث، ارزش a^* ، درخشندگی L^* ، زاویه هیو و کروما تفاوت معنی داری بین کم آبیاری های معمولی و متناوب مشاهده شد بدین صورت که در اکثر موارد کم آبیاری متناوب (خشکی دهی قسمتی از ریشه) نسبت به کم آبیاری معمولی در بالا بردن کیفیت میوه ارجح تر بود. بسترهای حاوی ۲٪ وزنی هیدروژل از نظر عملکرد، تعداد و اندازه میوه وضعیت بهتری در مقایسه با سایر بسترها داشتند. کاربرد هیدروژل به میزان کم در بسترها اثر چشمگیری بر صفات میوه نداشت و به نظر می‌رسد درصد های وزنی بالاتر از ۱ درصد در بسترهای مصنوعی، می‌توانند بر خواص فیزیکی بستر و در نتیجه بر گیاه کاشته شده در آن موثر واقع شوند.

کلید واژه ها: بسترهای مصنوعی، کم آبیاری، گوجه فرنگی گلخانه ای، هیدروژل

مقدمه

سبب می‌شود (استیکیک و همکاران^۲، ۲۰۰۳). آب در بسیاری از فرایندهای مهم مانند فتوسنتز و واکنش های شیمیایی مانند هیدرولیز شدن نشاسته به قند در هنگام جوانه زنی بذر شرکت داشته و وارد فعل و انفعالات

خشکی^۱ یکی از تنش های معمول محیطی است که محدودیت‌هایی را بر تولیدات گیاهی در سطح جهانی

آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه روی صفات معنی دار بوده است (استیکیک و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش های متعددی درباره اثر آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه بر افزایش غلظت مواد جامد محلول میوه (زگبه و همکاران^۸، ۲۰۰۳) کاهش آب درون میوه (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳؛ میشل و همکاران^۹، ۱۹۹۱) شده است. از نظر تأثیر بر فاکتورهای رنگ میوه گوجه فرنگی تغییر چشمگیری نشان نمی دهد و فقط میوه ها زودتر به مرحله رنگ گیری می رسند (پلپول و همکاران^{۱۰}، ۱۹۹۶). علی رغم کاهش وزن خشک میوه تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه نسبت به تیمار شاهد عملکرد تیمارها تفاوت معنی داری نداشتند (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳). از سویی دیگر، در کشت های بدون خاک مبتنی بر بسترهای کاشت مصنوعی، اغلب بستر دانه ای غیر آلی نظیر پرلیت ظرفیت نگهداری آب پایینی دارند (مارتین و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۱) و ممکن است بخش زیادی از محلول غذایی در هر بار محلول دهی از دسترس گیاه خارج شده و ضمن آلودگی آب های زیرزمینی، کاهش کارایی مصرف آب و کود را سبب شود (بیرهام و همکاران^{۱۲}، ۱۹۹۸؛ وردونک و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۴). هیدروژل سوپرجاذب، پلیمری آبدوست با شبکه سه بعدی است که قابلیت نگهداری و جذب مقادیر زیادی آب و محلولهای آبی را دارد (بهبهانی و همکاران ۱۳۸۴) و به نظر می رسد که استفاده از سوپرجاذب ها به صورت مخلوط با بستر به اصلاح ویژگی های فیزیکی بستر کمک کرده و از طریق کاهش منافذ تهویه ای و افزایش منافذ موین باعث بهبود ظرفیت نگهداری آب بستر گردد و به این ترتیب میزان تلفات آب و عناصر غذایی محلول را در سیستم های کشت

شیمیایی می شود (الهادی و همکاران^۱، ۲۰۰۶) وقوع کم آبی بر رشد و عملکرد گیاه مؤثر بوده و موجب تغییر آناتومی، مورفولوژی، فیزیولوژی و مسیرهای بیوشیمیایی می گردد (کوچکی، ۱۳۸۳؛ علیزاده، ۱۳۶۴).

محدودیت مصرف آب در تمامی دنیا وجود دارد (پوستل^۲، ۱۹۹۸). لذا شناخت و اتخاذ استراتژی مدیریت آبیاری کارآمد ضروری است. بیش از ۸۵ درصد مصرف آب در دنیا متعلق به کشاورزی است (ون شلفگارد^۳، ۱۹۹۴). کاهش اندک در آب آبیاری می تواند به طور چشمگیری آب قابل استفاده سایر بخش ها را افزایش دهد. برآورد دقیق نیاز آبی و انطباق برنامه آبیاری بر اساس نیاز انواع گیاهان و شرایط رشد آنها (آبیاری به موقع و به اندازه) سبب افزایش بیشتر راندمان مصرف آب می گردد (انتصاری، ۱۳۸۴؛ ابراهیمی و بیرنگ، ۱۳۸۶). روش های مدیریتی حفظ آب آبیاری مانند کم آبیاری، آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه^۴ و آبیاری تناوبی توسعه یافته اند. کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه روی گیاهان زراعی پنبه، ذرت و سیب زمینی و درختان میوه گلابی و سیب آزمایش شده اند که بهبود کارایی مصرف آب را به همراه داشته اند (شهنظری و همکاران^۵، ۲۰۰۷). گزارش شده است که تیمار کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه به طور کلی پارمترهای کیفیت میوه گوجه فرنگی را افزایش می دهند (سوبیه و همکاران^۶، ۲۰۰۴). در تحقیقی دیگر آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه بدون کاهش عملکرد میوه گوجه فرنگی، کیفیت میوه ها را بهبود داده است (درای و همکاران^۷، ۱۹۹۶). نتایج آزمایشی بر روی گوجه فرنگی عملکرد میوه، وزن خشک کل، مواد معدنی، قند و لیکوپن نشان داد که اثر

8- Zegbe *et al.*9- Mitchell *et al.*10- Pulupol *et al.*11- Martinez *et al.*12- Biernbaum *et al.*13- Verdonck *et al.*1- El-hady *et al.*

2- Postel

3- Van Schilfgaarde

4- Partial root drying

5- Shahnaz *et al.*6- Sobeih *et al.*7- Dry *et al.*

مواد و روش ها

این پژوهش در سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در گلخانه های گروه علوم باغبانی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران از اوایل شهریور تا اواخر اسفند انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق طرح کرت های خرد شده بر پایه ی بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار مشاهده در هر کرت آزمایشی بود. شرایط گلخانه در طول دوره آزمایش بصورت ۱۸-۲۵ سانتی گراد، شدت نور ۲۲۰۰۰ لوکس و رطوبت نسبی ۷۵ درصد تنظیم شده است. تیمار آبیاری در پنج سطح بصورت ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی بصورت کم آبیاری، ۵۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی بصورت متناوب در طرفین محیط ریشه و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) به عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شد. بدین منظور نیاز آبی گیاه به وسیله تشتک تبخیر مستقر در گلخانه و از طریق فرمول ها و محاسبات مربوطه تعیین گردید. $ET_0 = K_p(E_p)$

$ET_0 =$ تبخیر و تعرق سطح مرجع در یک دوره

$E_p =$ مقدار تبخیر در یک دوره

$K_p =$ ضریب تشتک کاهنده

تیمار ها بر اساس مقدار نیاز آبی محاسبه و تنظیم شدند (بلانکو و همکاران^۴، ۲۰۰۳). تیمار نوع بستر به عنوان تیمار کرت های فرعی در نظر گرفته شد. بستر پایه (شاهد) شامل پرلیت درشت بود تیمارهای بستر در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد وزنی پودر هیدروژل آ ۲۰۰ محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران مخلوط گردید. خصوصیات پلیمر سوپرجاذب سوپر آب آ ۲۰۰ عبارتند از: درصد محتوای رطوبت: ۷-۵، چگالی: ۱/۵-۱/۴ (گرم/سانتیمتر مکعب)، اندازه ذرات ۱۵۰-۵۰ (میکرومتر)، حداکثر طول عمر ۷ (سال). مقدار و دور آبیاری با استفاده از زمان سنج، پمپ ها و قطره چکان ها طوری تنظیم گردید که در طول روز رطوبت کافی در

هیدروپونیک را کاهش دهد (اختر و همکاران^۱، ۲۰۰۴). بستر های مصنوعی مانند پرلیت شرایط فیزیکی و شیمیایی آن ها توسط تنش خشکی تغییرات معنی داری را نشان نداد (مارتین و همکاران، ۲۰۰۱) کاربرد ۱/۵ درصد وزنی پلیمر توانسته بدون تأثیر بر صفات کیفی میوه خیار گلخانه ای از طریق کاهش میزان زهکش سبب افزایش کارایی مصرف آب و کود توسط گیاه گردد (احرا، ۱۳۸۷). اثر چند نوع بستر مختلف را بر عملکرد و فاکتور های کیفی میوه ی خیار گلخانه ای بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بستر های مورد استفاده همراه با هیدروژل تأثیری بر فاکتور های کیفی و کمی اندازه گیری شده شامل: رنگ میوه، وزن خشک میوه و بوته، سفتی میوه، وزن میوه تعداد میوه و عملکرد بوته نداشته است (پارکس و همکاران^۲، ۲۰۰۳). در گزارشی دیگر بیان شده است که کاهو کشت شده در بستر هیدروژل از لحاظ کیفی و کمی تفاوتی نسبت به دیگر بسترها نداشته است (پاسکولد و همکاران^۳، ۱۹۹۵). با توجه به گسترش روز افزون کشت های گلخانه ای و سیستم های هیدروپونیک متکی بر بستر کاشت لازم است از هم اکنون تحقیقات کاربردی مورد نیاز برای مدیریت بهتر اینگونه واحد ها انجام پذیرد. استفاده بهینه از آب و عناصر غذایی از جمله موضوعات مهمی است که نیاز به توجه خاص دارد. در این تحقیق تلاش شده است با استفاده از ابر جاذب (هیدروژل) و اعمال تیمار های کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه واکنش گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای مورد بررسی قرار گیرد و همچنین نقش تیمار های مختلف آبیاری و هیدروژل بر روی خصوصیات کیفی میوه که با تأثیر مستقیم بر روی عمر انبار مانی میوه، رنگ و شکل ظاهری میوه در جهت فرآوری و بازاریابی بهتر بررسی شده است.

1- Akhtar *et al*

2- Parks *et al*.

3- Paschold *et al*.

4- Blanco *et al*.

برداشت شده از بوته ها جمع آوری و بوسیله ترازو توزین شدند و در پایان آزمایش مجموع وزن میوه ها به عنوان عملکرد کل بوته در نظر گرفته شد. جهت ارزیابی صفات کیفی میوه از هر کرت آزمایشی ۵ میوه به صورت تصادفی انتخاب گردید و سپس فاکتورهای کیفی برای هر یک اندازه گیری شده و میانگین ۵ عدد بدست آمده برای هر واحد آزمایشی منظور گردید و در نهایت میانگین داده های دو دوره برای آنالیز مورد استفاده قرار گرفت. رنگ پوست میوه به وسیله ی دستگاه رنگ سنج قابل حمل از نوع (Minolta Ransoycrop.NY.CR-200), اندازه گیری شد و سپس اعداد فاکتور های رنگ میوه a^* , b^* , L^* یادداشت و میانگین هر کدام از آنها برای میوه مذکور در نظر گرفته شد. سپس شاخص های کروما^۳ یا شدت رنگ، درخشندگی و زاویه هیو شاخص نسبت رنگ میوه از طریق فرمول ها مربوطه برای هر میوه محاسبه گردید (صالح حسینی، ۱۳۸۲). سفتی بافت میوه در دو نقطه با دستگاه فشار سنج با سطح مقطع $0/8$ سانتیمتر تا مرز ۱ سانتیمتر وارد گوشت میوه گردید و عددی که عقربه ی فشار سنج بر روی آن قرار گرفته بود بر حسب واحد کیلوگرم بر سانتیمتر مربع خوانده شد و میانگین اعداد بدست آمده از دو نقطه برای میوه مورد نظر ثبت گردید. مجموع مواد جامد محلول میوه با دستگاه انکسارسنج دستی مدل کراس^۴ (ساخت کشور آلمان) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری ویتامین ث (میلی گرم اسکوریک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) میوه ها، از ماده ۲ و ۶ - دی کلروفنل ایندوفنل^۵ استفاده شد (صالح حسینی، ۱۳۸۲). طول و قطر میوه بوسیله کولیس و وزن میوه به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت $0/1 \pm$ گرم اندازه گیری شد. برای اندازه گیری pH آب میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون ماده سود $0/1$ نرمال برای تنظیم پ هاش و

بستر وجود داشته باشد و از خشک شدن بسترها و یا زهکش شدن بیش از حد محلول از ته گلدان ها جلوگیری شود. برای اجرای تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه بر روی گلدان های کرت های مورد نظر ۲ ردیف لوله و قطره چکان نصب شد و با استفاده از شیر فرمان که در انتهای هر ردیف نصب شده بود آبیاری در طرفین گلدان انجام می شد. در تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه، ریشه ها بصورت دو دسته ریشه تقسیم شده و به دو طرف گلدانهای ۷ لیتری که توسط پلاستیک به دو قسمت تقسیم شده بودند، هدایت شدند. به منظور استقرار کامل گیاهان، شروع تیمار آبیاری سه هفته پس از انتقال نشا ها به گلدان اصلی آغاز شد و تا پایان دوره ادامه یافت. در این تحقیق گوجه فرنگی گلخانه ای رقم سیندا^۱ (محصول شرکت رکزوان) جهت تولید نشا در گلدان های نشایی کاشته شد و پس از گذشت ۱۴ روز نشاها به گلدان های اصلی انتقال داده شدند. در طول مدت کشت از محلول غذایی اختصاصی گوجه فرنگی (هاولینک^۲، ۲۰۰۵) با ترکیب نهایی (نیتروژن: ۱۵۰، فسفر: ۱۵۰، کلسیم: ۲۰۰، پتاسیم: ۱۵۰، منیزیم: ۵۰، گوگرد: ۶۰ میلی گرم بر لیتر) استفاده گردید. تربیت و هرس بوته های گوجه فرنگی به صورت تک ساقه بود و ساقه اصلی به وسیله نخ گونی در ارتفاع ۲ متری به مفتول سیمی بسته شد. برداشت میوه از اوایل دی ماه ۸۸، حدود ۳ ماه پس از انتقال نشا و ۶۰ روز پس از اولین گلدهی آغاز و تا زمان جمع آوری بوته ها در تاریخ ۸۸/۱۲/۲۶ ادامه یافت. در هر برداشت وزن میوه ها به وسیله ترازوی دیجیتالی اندازه گیری و یادداشت شد. به منظور تعیین وزن خشک میوه ها، از هر کرت آزمایشی ۵ میوه به صورت تصادفی انتخاب گردید و نمونه هایی شامل برش های نازک و یکنواخت از تمام قسمت ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد در آون قرار داده شد. در طول دوره کشت میوه های

3- Chroma

4- Kruss

5- 2-6 Dichlorophenlindophenol

1- Synda

2- Heuvelink

هیدروژل و ۱٪ هیدروژل به ترتیب ۴/۱، ۵/۵۳ سانتیمتر وجود داشت (جدول ۴).

عملکرد: مقایسه میانگین های عملکرد در بین تیمارهای آبیاری نشان داد که بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی) و عملکرد در تیمارهای خشکی دهی قسمتی از ریشه در مقایسه با کم آبیاری بیشتر بود (جدول ۲). میزان عملکرد در بستر حاوی ۲٪ وزنی هیدروژل بیشتر از دو بستر دیگر بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد (۵۱۱۶/۷۸ گرم) در گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل و بستر حاوی ۲٪ وزنی هیدروژل و کمترین عملکرد (۱۵۶۳/۵۵ گرم) در گیاهان تحت تیمار کم آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی و بستر فاقد هیدروژل مشاهده شد (جدول ۴).

کل مواد جامد محلول میوه: مقدار کل مواد جامد محلول میوه در آبیاری کامل نسبت به دیگر آبیاری ها کمتر بود (جدول ۲). بیشترین میزان کل مواد جامد محلول میوه در بسترهای فاقد هیدروژل و کمترین مقدار کل مواد جامد محلول میوه در گیاهان دارای بستر حاوی ۲٪ هیدروژل وزنی دیده شد (جدول ۳). در اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و بستر بیشترین میزان کل مواد جامد محلول میوه (۵/۹ بریکس) در تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه دارای بستر فاقد هیدروژل و کمترین میزان کل مواد جامد محلول میوه (۴ بریکس) در آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد و آبیاری کامل دارای بستر حاوی ۲٪ هیدروژل مشاهده شد (جدول ۴).

سفتی میوه: بیشترین میزان سفتی میوه در کم آبیاری ۵۰ درصد بدست آمد و دیگر تیمارهای آبیاری اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۲). در بین سطوح مختلف هیدروژل، بستر فاقد هیدروژل بیشترین سفتی میوه و بستر حاوی ۲٪ هیدروژل کمترین سفتی میوه را دارا بود (جدول ۳). در اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و بستر مشاهده شد که میوه ها در کم آبیاری و خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰٪ نیاز آبی گیاه که بستری فاقد

pH مترمتروم^۱ (ساخت کشورسوئیس) استفاده گردید (صالح حسینی، ۱۳۸۲). تحلیل نتایج به کمک نرم افزار SAS 9.1 و MSTAT C صورت گرفت و مقایسه میانگین ها از روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج

در میان تیمارهای آبیاری از نظر وزن، طول و قطر میوه، عملکرد، pH آب میوه، درصد ماده خشک میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، کل مواد جامد محلول میوه، سفتی میوه، شاخص a^* ، L^* ، زاویه هیو اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و از نظر ویتامین C اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد (جدول ۱). در میان تیمارهای بستر از نظر وزن، طول و قطر میوه، عملکرد، اسیدیته قابل تیتراسیون، کل مواد جامد محلول میوه، سفتی میوه، زاویه هیو اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و از نظر L^* اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد (جدول ۱). در میان تیمارهای اثر متقابل آبیاری و نوع بستر از نظر pH آب میوه، درصد ماده خشک میوه، کل مواد جامد محلول میوه، سفتی میوه، درخشندگی (L^*) اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و از نظر a^* اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد (جدول ۱).

وزن و ابعاد میوه: بیشترین وزن، طول و قطر میوه در گیاهان با آبیاری کامل و کمترین وزن، طول و قطر میوه در کم آبیاری ۵۰ درصد تفاوت معنی داری مشاهده شد (جدول ۲) در بسترهای مختلف بیشترین وزن، طول و قطر میوه در بستر حاوی ۲٪ هیدروژل وجود داشت و تفاوتی بین بستر فاقد هیدروژل و بستر حاوی ۱٪ هیدروژل مشاهده نشد (جدول ۳). بصورت مشابهی بیشترین قطر و طول میوه در گیاهان دارای آبیاری کامل و بستر ۲٪ به ترتیب ۶/۰۲، ۷/۳۳ سانتیمتر و کمترین قطر و طول در تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و بستر فاقد

موسوی رحیمی و همکاران: عملکرد و کیفیت میوه گوجه فرنگی...

(جدول ۴). بیشترین میزان درخشندگی (L*) در آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد و کمترین میزان را در کم آبیاری ۷۰ درصد دیده شد (جدول ۲). در اثر متقابل بستر و آبیاری بیشترین میزان درخشندگی (۴۳/۱۸) در آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد همراه با بستر حاوی ۲٪ هیدروژل و کمترین میزان درخشندگی (۳۸/۱۱) در آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد و بستر فاقد هیدروژل مشاهده شد (جدول ۴). تفاوت معنی داری از نظر آماری در بین تیمارها برای صفت کروما مشاهده نشد (جدول ۲).

هیدروژل بود بیشترین سفتی میوه (۱۴/۶۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) و در گیاهان با خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰٪ نیاز آبی که بستر آنها مخلوط ۱ یا ۲ درصد هیدروژل باشند کمترین سفتی میوه (۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) را داشتند (جدول ۴).

شاخص های رنگ میوه: میوه ها در تیمار آبیاری

خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد در مقایسه با دیگر آبیاری ها کمترین میزان ارزش a* را دارا بودند (جدول ۲). بیشترین میزان ارزش a* (۲۷/۴۸) در تیمار کم آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی با بستر ۲٪ هیدروژل مشاهده شد

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر روش های مختلف آبیاری و هیدروژل بر روی صفات اندازه گیری شده

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
pH	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	درصد ماده خشک میوه	قطر میوه (سانتی متر)	طول میوه (سانتی متر)	وزن میوه (گرم)	تعداد میوه	عملکرد (گرم)		
۰/۰۰۱۲ ^{ns}	۴/۸۲ ^{**}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۳/۳۷ ^{ns}	۴۳/۵۵ ^{**}	۲۰۰۹۶۲/۰۲ [*]	۲	بلوک
۰/۰۲۱۰ ^{**}	۲/۱۴ ^{**}	۴/۰۷ ^{**}	۲/۲۹۰ ^{**}	۲/۳۷۰ ^{**}	۶۵۴/۹۰ ^{**}	۲۹۶/۵۶ ^{**}	۵۷۱۷۲۴۳/۵۵ ^{**}	۴	آبیاری
۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۰۴۴ ^{ns}	۰/۰۳۳ ^{ns}	۱۸/۱۷ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۵۰۰۶۱/۲۸ ^{ns}	۸	بلوک × آبیاری
۰/۰۰۱۹ ^{ns}	۱۸/۷۵ ^{**}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۴۹۳ ^{**}	۰/۳۹۰ ^{**}	۱۹۷/۰۷ ^{**}	۴۳/۴۰ ^{**}	۳۹۹۰۲۶/۳۵ ^{**}	۲	هیدروژل
۰/۰۴۵۰ ^{**}	۱۳/۸۴ ^{**}	۲/۱۴ [*]	۰/۱۳۲ ^{**}	۰/۱۰۱ ^{**}	۳۹/۰۳ ^{ns}	۱۷۶/۶۴ ^{**}	۱۰۰۵۱۶۱/۲۲ ^{**}	۸	آبیاری × هیدروژل
۰/۰۰۰۹	۰/۲۹	۰/۸۳	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۱۶/۱۰	۰/۳۹	۴۳۶۱۴/۵۵	۲۰	خطا
۵/۷۴	۵/۵۹	۱۶/۸۳	۳/۷۱	۲/۶۶	۵/۰۸	۱/۳۷	۵/۷۳	-	ضریب تغییرات (%)

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
کروما	هیو	L*	a*	ویتامین ث (mg.100gFW)	کل مواد جامد محلول (درصد)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)		
۵/۵۱ ^{ns}	۲/۳۲ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۴/۹۶ ^{ns}	۶/۷۹ ^{ns}	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۲	بلوک
۵/۸۱ ^{ns}	۸۴/۰۵ ^{**}	۵/۹۰ ^{**}	۲۷/۰۱ ^{**}	۳۴/۶۱ [*]	۰/۴۲۰ ^{**}	۰/۰۵۰ ^{**}	۰/۰۵۰ ^{**}	۴	آبیاری
۰/۳۴ ^{ns}	۱/۴۶ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۱/۷۸ ^{ns}	۰/۰۷۱ [*]	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۸	بلوک × آبیاری
۵/۸۵ ^{ns}	۳۸/۸۸ ^{**}	۴/۸۳ [*]	۴/۲۳ ^{ns}	۹/۱۷ ^{ns}	۳/۵۲۰ ^{**}	۰/۰۱۰ ^{**}	۰/۰۱۰ ^{**}	۲	هیدروژل
۷/۰۱ ^{ns}	۲۲/۵۹ ^{ns}	۶/۰۵ ^{**}	۹/۶۷ [*]	۲۱/۷۹ ^{ns}	۰/۴۹۰ ^{**}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۸	آبیاری × هیدروژل
۵/۱	۱/۵۹	۰/۸۶	۳/۷۳	۵/۶۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۰	خطا
۶/۹۳	۲/۹۶	۲/۳۲	۸/۰۷	۱۴/۹۱	۳/۳	۶/۸۲	۶/۸۲	-	ضریب تغییرات (%)

** اختلاف معنی دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی دار در سطح ۵٪، ns: عدم اختلاف معنی دار

در بین تیمار های آبیاری بیش ترین میزان زاویه هیو (۴۸/۱) در تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۲). میوه های بدست آمده از بستری های حاوی هیدروژل به مراتب از میوه های بستر های فاقد هیدروژل زاویه هیو بیش تری را دارا بودند (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین های اثر تیمار های کم آبیاری، خشکی دهی قسمتی از ریشه و آبیاری کامل بر روی صفات اندازه

گیری شده

تیمار ها	علمکرد (گرم)	تعداد میوه	وزن میوه (گرم)	طول میوه (سانتی متر)	قطر میوه (سانتی متر)
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد	۳۶۵۱/۵۵ c	۴۷/۰۵ c	۷۷/۶۱ bc	۶/۰۳ c	۴/۷۰ b
کم آبیاری ۵۰ درصد	۲۵۰۰/۹۹ e	۳۶/۲۲ e	۶۹/۰۵ d	۵/۶۸ d	۴/۱۲ d
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد	۳۹۵۰/۴۰ b	۴۹/۱۱ b	۸۰/۴۴ b	۶/۵۰ b	۴/۶۹ b
کم آبیاری ۷۰ درصد	۳۳۵۲/۹۰ d	۴۴/۳۸ d	۷۵/۵۵ c	۶/۳۵ b	۴/۴۱ c
آبیاری کامل	۴۶۹۴/۶۹ a	۵۰/۸۸ a	۹۲/۲۷ a	۷/۰۵ a	۵/۴۸ a

تیمار ها	درصد ماده خشک میوه	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	کل مواد جامد محلول (درصد)	ویتامین ث (mg.100gFW)	pH آب میوه
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد	۵/۳۳ b	۹/۵۰ b	۰/۶۵ a	۴/۸۶ a	۱۳/۰۴ d	۴/۲۹ ab
کم آبیاری ۵۰ درصد	۵/۴۴ b	۱۰/۵۸ a	۰/۵۵ b	۴/۹۸ a	۱۶/۲۷ bc	۴/۲۰ c
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد	۵/۳۳ b	۹/۶۹ b	۰/۴۶ d	۴/۹۷ a	۱۶/۹۷ ab	۴/۳۱ a
کم آبیاری ۷۰ درصد	۶/۴۴ a	۹/۵۰ b	۰/۴۹ c	۴/۸۱ a	۱۵/۰۹ c	۴/۲۱ c
آبیاری کامل	۴/۵۵ c	۹/۳۸ b	۰/۴۷ d	۴/۴۵ b	۱۸/۲ a	۴/۲۶ b

*در هر ستون مقادیر دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین های اثر سطوح مختلف هیدروژل بر روی صفات اندازه گیری شده

تیمار ها	علمکرد (گرم)	تعداد میوه	وزن میوه (گرم)	طول میوه (سانتی متر)	قطر میوه (سانتی متر)
بستر فاقد هیدروژل	۳۵۹۷/۹۰ b	۴۷/۲۶ a	۷۶/۱۳ b	۶/۲۲ b	۴/۵۶ b
بستر ۱٪ وزنی هیدروژل	۳۴۱۰/۵۵ b	۴۳/۸۶ c	۷۷/۷۶ b	۶/۲۴ b	۴/۵۹ b
بستر ۲٪ وزنی هیدروژل	۳۷۷۵/۹۰ a	۴۵/۴۶ b	۸۳/۰۶ a	۶/۵۱ a	۴/۸۹ a

تیمار ها	درصد ماده خشک میوه	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	کل مواد جامد محلول (درصد)	ویتامین ث (mg.100gFW)	pH آب میوه
بستر فاقد هیدروژل	۵/۶۰ a	۱۱ a	۰/۵۵ a	۵/۳۶ a	۱۶/۰۴ a	۴/۲۴ a
بستر ۱٪ وزنی هیدروژل	۵/۴۰ a	۹/۳۰ b	۰/۵۱ b	۴/۶۶ b	۱۵/۰۷ a	۴/۲۶ a
بستر ۲٪ وزنی هیدروژل	۵/۲۶ a	۸/۸۸ c	۰/۵۱ b	۴/۴۳ c	۱۶/۶۲ a	۴/۲۶ a

*در هر ستون مقادیر دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

ادامه جدول ۲

تیمار ها	a*	L*	هیو	کروما
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد	۲۰/۸۴ b	۴۱/۰۷ a	۴۸/۱۲ a	۳۱/۳۴ c
کم آبیاری ۵۰ درصد	۲۴/۹۹ a	۴۰/۳۱ b	۴۱/۹۲ b	۳۳/۵۵ a
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد	۲۴/۶۸ a	۳۹/۷۸ bc	۴۱/۲۸ b	۳۲/۸۴ b
کم آبیاری ۷۰ درصد	۲۴/۵۹ a	۳۹/۰۵ d	۴۱/۳۰ b	۳۲/۷۰ b
آبیاری کامل	۲۴/۵۱ a	۳۹/۳۱ c	۴۰/۸۷ b	۳۲/۴۲ b

موسوی رحیمی و همکاران: عملکرد و کیفیت میوه گوجه فرنگی...

ادامه جدول ۳

تیما رها	a*	L*	هیو	کروما
بستر فاقد هیدروژل	۲۴/۴۵ a	۳۹/۴۸ b	۴۰/۹۱ b	۳۲/۳۲ a
بستر ۱٪ وزنی هیدروژل	۲۳/۳۹ a	۳۹/۶۹ b	۴۳/۱۴ a	۳۲/۱۰ a
بستر ۲٪ وزنی هیدروژل	۲۳/۹۳ a	۴۰/۵۵ a	۴۴/۰۴ a	۳۳/۲۸ a

*در هر ستون مقادیر دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

جدول ۴- بر همکنش اثر تیمار های آبیاری و سطوح بکار رفته هیدروژل بر روی خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L., Cv. Synda)

تیما رها	عملکرد (گرم)	طول میوه (سانتی متر)	قطر میوه (سانتی متر)	درصد ماده خشک میوه	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	pH آب میوه	کل مواد جامد محلول (درصد)	a*	L*
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد+ فاقد هیدروژل	۳۵۹۰/۱ ef	۵/۶۷ hi	۴/۵۲ ef	۵ bc	۸ gh	۴/۵۱ a	۴/۹bc	۲۱/۹ c	۳۸/۱۱ f
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد+ ۱٪ هیدروژل	۴۱۳۴/۵ cd	۶/۱۵ g	۴/۷۷ de	۵/۳۳ bc	۱۰/۳۳c	۴/۱۶g	۴/۹ bc	۲۲/۳۹ c	۴۱/۹۳ ab
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد+ ۲٪ هیدروژل	۳۱۴۹/۰۷ gh	۶/۲۸ fg	۴/۸۲ de	۵/۶۷ bc	۱۰/۱۷ c	۴/۲۱ efg	۴/۸ cd	۱۸/۲۴ d	۴۳/۱۸ a
کم آبیاری ۵۰ درصد+ فاقد هیدروژل	۲۴۹۵/۳ i	۵/۶۵ hi	۴/۱ g	۶/۶۷ ab	۱۴/۶۷ a	۴/۰۹ h	۵/۹ a	۲۴/۳۹ abc	۴۱/۵۲ bc
کم آبیاری ۵۰ درصد+ ۱٪ هیدروژل	۱۵۶۳/۵۵ j	۵/۵۳ i	۴/۰۳g	۵/۳۳ b	۸/۸۳ efg	۴/۲۲ ef	۴/۵۷ ef	۲۳/۱ bc	۳۹/۰۴ def
کم آبیاری ۵۰ درصد+ ۲٪ هیدروژل	۳۵۲۱/۰۳ fg	۵/۸۷ h	۴/۲۵ fg	۵/۳۳ bc	۸/۲۵ fgh	۴/۳ cd	۵/۹۵ de	۲۷/۴۸ a	۴۰/۳۹ bcde
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد+ فاقد هیدروژل	۳۹۳۶/۷ de	۶/۶۷ cd	۴/۸۵ cd	۶ bc	۱۳/۳۳ b	۴/۲۵ de	۴/۸۵ a	۲۴/۴۹ abc	۴۰/۴۷ bcd
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد+ ۱٪ هیدروژل	۳۷۳۵ ef	۶/۳۷ efg	۴/۵۳def	۵ bc	۷/۷۵ h	۴/۳cd	۴/۱۲ bcd	۲۴/۱۶ abc	۳۹/۱۷ def
خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد+ ۲٪ هیدروژل	۴۱۷۸/۶cd	۶/۴۸ def	۴/۷ de	۵ bc	۸ gh	۴/۴ b	۴/۹۵ g	۲۵/۴۱ abc	۳۹/۷۳ def
کم آبیاری ۷۰ درصد+ فاقد هیدروژل	۳۵۰۳ fg	۶/۲۸ fg	۴/۲۵ fg	۵/۶۷ bc	۹/۸۳cde	۴/۱۸ fg	۴/۸ bc	۲۶/۴۴ ab	۳۸/۶۱ ef
کم آبیاری ۷۰ درصد+ ۱٪ هیدروژل	۳۵۱۸/۵ fg	۶/۱۸ g	۴/۳۲ fg	۷/۶۷ a	۹/۶۷ cde	۴/۳cd	۴/۶۸ cd	۲۳/۹۵ abc	۳۹/۲۷ def
کم آبیاری ۷۰ درصد+ ۲٪ هیدروژل	۳۰۱۲/۰۳ h	۶/۶ de	۴/۶۸ de	۶ bc	۹ ef	۴/۱۷ fg	۴/۶۸ cde	۲۳/۳۹ bc	۳۹/۲۸ def
آبیاری کامل+ فاقد هیدروژل	۴۵۶۸/۴ b	۶/۸۵ bc	۵/۱۲ bc	۴/۶۷ c	۹/۱۷ def	۴/۲۱efg	۵/۱۲ b	۲۵/۰۴ abc	۳۸/۷ def
آبیاری کامل+ ۱٪ هیدروژل	۴۴۰۴/۵ bc	۶/۹۷ bc	۵/۳۲ b	۴/۶۷ c	۱۰cd	۴/۳۴ c	۴/۲۵ fg	۲۳/۳۵ bc	۳۹/۰۵ def
آبیاری کامل+ ۲٪ هیدروژل	۵۱۱۶/۷۸ a	۷/۳۳ a	۶/۰۲ a	۴/۳۳c	۹ ef	۴/۲۶ de	۴ g	۲۵/۱۶ abc	۴۰/۱۸ cde

*در هر ستون مقادیر دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

از بسترهای حاوی هیدروژل به مراتب از میوه های بستر های فاقد هیدروژل زاویه هیو بیش تری را دارا بودند (جدول ۳).

در بین تیمار های آبیاری بیش ترین میزان زاویه هیو (۴۸/۱) در تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه ۵۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۲). میوه های بدست آمده

بحث

دیگر گیاهان داشته و میوه ها حاوی آب بیشتری می شوند و این امر موجب کاهش نسبت مواد جامد محلول و سفتی بافت در میوه می شود. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در گیاهانی که بستر آنها فاقد هیدروژل بود بیشترین میزان را نشان می دهد این نتایج را می توان به تنش های آبی شدیدتر در بستر های فاقد هیدروژل نسبت داد که به دلیل توانایی پایین تر بستر در جذب و نگهداری آب می باشد در نتیجه میزان آب کمتری در اختیار میوه های این اینگونه گیاهان گذاشته است (الهادی و همکاران، ۲۰۰۶)، ارتباط داد. میوه های پرورش یافته در بستر فاقد هیدروژل با در اختیار داشتن آب کمتر برای فتوسنتز و فعالیت های آنزیمی، میوه هایی کوچکتر و با میزان آب کمتر همراه با اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتر تولید می کنند. در مورد صفات دیگر رنگ، درصد ماده خشک و pH آب میوه میزان هیدروژل بستر اثر قابل توجهی را نگذاشته است که این امر می تواند بیانگر این موضوع باشد که میزان آب در بستر تغییری در نسبت کل مواد سنتز شده توسط گیاه ایجاد نکرده است. کم آبیاری در اکثر گزارش های ارائه شده موجب کاهش عملکرد شده است (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳) (استکیک و همکاران، ۲۰۰۳) (شهنظری و همکاران، ۲۰۰۷). بر اساس گزارش های موجود در صورتی که کم آبیاری به صورت آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه انجام شود عملکرد در مقایسه با آبیاری کامل ۱۰٪ نیاز آبی به علت ایجاد تنش کنترل شده برای گیاه کاهش کمتری را در عملکرد نشان می دهد. ایجاد چرخه تر و خشک توسط آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه باعث تولید ریشه های ثانویه جدید می شود و قابلیت دسترسی مواد مغذی خاک را برای گیاهان بیشتر می کند (کنگ و همکاران، ۱۹۹۸). ظاهراً چنین ریشه های جدیدی در شرایط خشکی خاک توانایی سازگاری بیشتری دارا هستند، همچنین این ریشه

افزودن هیدروژل به بستر موجب سهولت دسترسی ریشه گیاه به آب و عناصر غذایی و کاهش اثرات تنش خشکی می گردد و شرایط بهتری برای گیاه فراهم می کند (الهادی و همکاران ۲۰۰۶) با این شرایط گیاه در شرایط کم آبیاری با تنش کمتری مواجه است و عملکرد بهتری را نسبت به گیاهان موجود در بستر های فاقد هیدروژل از خود نشان می دهد (جین چنگ و همکاران، ۱۹۹۹). تنش کم آبی با کاهش تورژانس گیاه باعث کم شدن میزان رشد و توسعه سلولها و جریان دی اکسید کربن و کربوهیدرات ها از غشای سلولی می گردد سلول های ورودی در بخش ذخیره قند در گیاه و بر رابطه منبع-مقصد اثر می گذارد. تنش شدید کم آبی می تواند باعث ایجاد وقفه در جریان شیره خام شده و مقاومت هیدرولیکی گیاه را افزایش دهد (الهادی و همکاران، ۲۰۰۶) هیدروژل موجود در بسترهای مصنوعی به علت شرایط مناسبی که ایجاد می کنند تنش را در گیاهان به کمترین حد خود می رساند. نتایج این آزمایش نشان می دهد که هیدروژل تأثیر مثبتی بر وزن و اندازه میوه و در کل بر عملکرد گذاشت و با توجه با افزایش میزان هیدروژل بکار رفته در بستر توانایی بستر برای حفظ آب و قرار دادن آب در اختیار گیاه افزایش می یابد. در مقایسه مقدار هیدروژل بکار رفته در بسترها نشان داده شد که مقدار هیدروژل دارای حد آستانه ای می باشد و تیمار بستر حاوی ۱ درصد هیدروژل عملکرد را در مقایسه با تیمار بستر فاقد هیدروژل به صورت ناچیزی کاهش داده است (جدول ۳) که می توان دلیل آن را بر جذب سریع آب توسط هیدروژل و به علت کم تر بودن نسبت وزنی به کل بستر، ۱ درصد هیدروژل تماس کمتری با بستر اطراف ریشه مخصوصاً در ابتدای انتقال نشا موجب کاهش ناچیز عملکرد در این گیاهان شده است (الهادی و همکاران ۲۰۰۶). نتایج بدست آمده نشان می دهد گیاهانی که در بستر های حاوی هیدروژل بوده اند با توانایی جذب آب بیشتری نسبت به

گزارش شده است که میوه‌ها در شاهد بیشترین وزن تر و خشک میوه را نسبت به تیمارهای آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه و کم آبیاری داشته است (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳) که این موضوع بر خلاف نتایج وزن تر و خشک میوه این آزمایش است. در نتایج دیگر این آزمایش بیان شد که آب درون میوه در تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه از شاهد کمتر بود (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳) که با نتایج مقدار آب درون میوه این آزمایش مطابقت دارد، این مطلب در فرآیند صنعتی مورد توجه است زیرا در آن جا برای تبخیر آب درون میوه‌ها انرژی کمتری نیاز خواهد بود، که این مطلب معمولاً برای فرایند صنایع غذایی با اهمیت است (میشل و همکاران، ۱۹۹۱). این نتیجه گیری را می توان به این صورت بیان کرد که در گیاهان با کم آبیاری ۷۰٪ نیاز آبی با توجه به کمبود آب در دسترس، میوه آب کمتری را دارد اما میزان آب به حدی بوده که گیاه توانسته مواد فتو سنتزی مورد نیاز خود را تولید کند. مقایسه ای دیگر نشان می دهد که تحریک ریشه های جوان توسط تنش های کنترل شده، جذب آب را بالا برده (کنگ و همکاران، ۱۹۹۸) و گیاه توانسته با بستر حاوی آب کمتر بدون تفاوت با آبیاری کامل باشد (جدول ۲). این نتایج اهمیت میزان آبیاری و نوع آبیاری را نسبت به نوع بستر و شرایط نگه داری آب در بستر را نشان می دهد در تحقیقی دیگر با اعمال آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه، کم آبیاری این نتیجه حاصل شد که میوه های تیمارهای آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه و کم آبیاری دارای بافت سفت تر و حاوی غلظت مواد جامد محلول بیشتری بودند (لیب و همکاران، ۲۰۰۵). نتایجی که در این آزمایش بدست آمده تأثیر میزان هیدروژل را در مقایسه مقدار آبیاری و مکان آبیاری مؤثرتر نشان می دهد (جدول ۳) این نکته بیانگر این موضوع است که اگر آب مدت زمان بیشتری در

های ثانویه جذب مواد غذایی از خاک را افزایش می دهند (لیو و همکاران، ۲۰۰۶) این موضوع نشان می دهد که احتمالاً اعمال تیمارهای خشکی دهی متناوب محیط ریشه می تواند از شدت تأثیر تیمارهای خشکی یا کم آبیاری بکاهد (چین چنگ و همکاران، ۱۹۹۹). با توجه به اینکه حتی در تیمار آبیاری کامل نیز احتمال بروز تنش های جزئی (به علت خواص فیزیکی خاص بسترهای هیدروپونیک یعنی قدرت کم در نگهداری آب) وجود دارد. احتمالاً هیدروژل قادر است از بروز چنین تنش های جزئی نیز جلوگیری نماید. این دسترسی بیشتر به مواد غذایی و آب شرایط را برای فتوسنتز و تولید بهتر می کند و انباشته شدن این مواد در گیاه اثر خود را بر روی اندازه میوه نشان می دهد (جدول ۲). مکان آب دهی به ریشه گیاه تأثیر خود را در وزن، طول و قطر میوه نشان داده است، بطور کلی آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه توانسته است وزن، طول و قطر میوه را در مقایسه با مقدار مشخصی از آب که بصورت کم آبیاری معمولی در اختیار گیاه قرار داشته است افزایش دهد. در آزمایشی بر روی گوجه فرنگی با دو تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه و شاهد مقایسه شد کاهش تعداد میوه در اثر آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه معنی دار بوده است (استیکیک، ۲۰۰۳). بطور کلی نتایج نشان می دهد که تعداد میوه در آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه در مقایسه با کم آبیاری معمولی بیشتر بوده است (جدول ۲). اثر متقابل مکان آب دهی در آبیاری متناوب و مقدار آب آبیاری همراه با مقدار هیدروژل بکار رفته در بستر نشان داده که در آبیاری کامل و خشکی دهی قسمتی از ریشه ۷۰ درصد هر چقدر میزان هیدروژل بیشتر باشد تعداد میوه را هم افزایش می دهد (جدول ۴) نتایج نشان می دهد که گیاه با قرار گرفتن در شرایط مناسب آبی می تواند از توانایی خود برای تولید محصول بیشتر استفاده کند از سویی دیگر گیاه در شرایط تنش کنترل شده، اگر آب کمتری در بستر اعمال شود برای پاسخ به این تنش ها به تولید میوه بیشتری گرایش پیدا می کند (جدول ۴).

دسترس ریشه گیاه قرار گیرد موجب می شود گیاه میوه هایی با بافت نرم تر داشته باشد که بافت نرم میوه از لحاظ بازار تازه خوری مناسب و برای محصولاتی که برای فرآوری و صادرات تولید می شود کارایی خوبی نخواهند داشت تنش های کنترل شده با میزان آب برابر میوه های اسیدی تر نسبت به دیگر تیمارها تولید می کند (جدول ۲) که این موضوع برای مصارف فرآوری می تواند قابل استفاده باشد در مقابل کمترین میزان pH در کم آبیاری ۵۰٪ و بستر فاقد هیدروژل مشاهده شده است (جدول ۴). گزارش شده که تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه موجب کاهش اسیدیته در گوجه فرنگی می شود^۱ (هان و کانگ، ۲۰۰۲) که با نتایج کاهش pH آب میوه بر اثر کم آبیاری ۵۰٪ در این آزمایش مطابقت دارد. در گیاهانی که دارای آبیاری همراه با تنش های کنترل شده بوده اند تنش شرایطی را بوجود آورده که رابطه مستقیم اسیدیته قابل تیتراسیون میوه را با میزان آب در دسترس گیاه نشان می دهد در شرایطی که گیاه آب کمتری در دسترس داشته باشد و همچنین با تغییر مکان آبیاری و تحریک ریشه های موین در گیاه و جذب بهتر آب، شرایط تنش موجب می شود این صفت در گیاه افزایش یابد. در تحقیقی دیگر گزارش شده است که تیمار کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه اسیدیته گوجه فرنگی افزایش می دهد (سویبه و همکاران، ۲۰۰۴) که با نتایج این آزمایش در مورد افزایش pH آب میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون مطابقت دارد. در نتایج مشابه گزارش شده که تیمار کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه غلظت قند در زیتون را افزایش می دهد (سویبه و همکاران، ۲۰۰۴) و در گوجه فرنگی تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه افزایش مقدار قند و مقدار مواد مغذی گیاه را نشان داد (استیکیک و همکاران، ۲۰۰۳). مواد جامد محلول میوه در تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه از تیمار به این صورت می توان دید که تفاوت معنی داری در میزان رنگ میوه های گیاهان تحت کم آبیاری مشاهده نشده است. در گزارشی مشابه بیان شده است که تفاوت رنگ قرمز میوه ها در تیمارها معنی دار نبوده ولی میوه های آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه قرمزتر بودند. با توجه به دلایل ذکر شده بوسیله (پلوپل و همکاران، ۱۹۹۶) انباشتگی لیکوپن تحت کم آبیاری انتظار می رود. میوه های تحت تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه یک هفته قبل از تیمارهای دیگر آماده چیدن می شوند که این مطلب از نظر عرضه محصول پیش رس حائز اهمیت است (زگبه و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج نشان می دهد که کمترین درخشندگی در بسترهایی بوده که آب کمتری در اختیار گیاه قرار دهند. کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه فاکتورهای رنگ را در انواع انگور قرمز افزایش می دهد تأثیر مستقیم تنش آبی را بر روی رنگیزه میوه را نشان می دهد (سویبه و همکاران، ۲۰۰۴) در آزمایشی بر روی گوجه فرنگی با تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه نشان داد که اثر آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه روی تجمع لیکوپن در همه بوته ها معنی دار بوده است (استیکیک و همکاران، ۲۰۰۳). تجمع لیکوپن در میوه های گیاهان تحت تنش از جمله دلایلی است که اثر مستقیمی بر فاکتورهای وابسته به رنگ میوه گذاشته است. اثر کلی خشکی دهی قسمتی از ریشه را به این صورت می توان بیان کرد که نسبت کاهش عملکرد به کاهش آب مصرفی در این تیمار کمتر بوده است و همچنین اثر

دسترس ریشه گیاه قرار گیرد موجب می شود گیاه میوه هایی با بافت نرم تر داشته باشد که بافت نرم میوه از لحاظ بازار تازه خوری مناسب و برای محصولاتی که برای فرآوری و صادرات تولید می شود کارایی خوبی نخواهند داشت تنش های کنترل شده با میزان آب برابر میوه های اسیدی تر نسبت به دیگر تیمارها تولید می کند (جدول ۲) که این موضوع برای مصارف فرآوری می تواند قابل استفاده باشد در مقابل کمترین میزان pH در کم آبیاری ۵۰٪ و بستر فاقد هیدروژل مشاهده شده است (جدول ۴). گزارش شده که تیمارهای کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه موجب کاهش اسیدیته در گوجه فرنگی می شود^۱ (هان و کانگ، ۲۰۰۲) که با نتایج کاهش pH آب میوه بر اثر کم آبیاری ۵۰٪ در این آزمایش مطابقت دارد. در گیاهانی که دارای آبیاری همراه با تنش های کنترل شده بوده اند تنش شرایطی را بوجود آورده که رابطه مستقیم اسیدیته قابل تیتراسیون میوه را با میزان آب در دسترس گیاه نشان می دهد در شرایطی که گیاه آب کمتری در دسترس داشته باشد و همچنین با تغییر مکان آبیاری و تحریک ریشه های موین در گیاه و جذب بهتر آب، شرایط تنش موجب می شود این صفت در گیاه افزایش یابد. در تحقیقی دیگر گزارش شده است که تیمار کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه اسیدیته گوجه فرنگی افزایش می دهد (سویبه و همکاران، ۲۰۰۴) که با نتایج این آزمایش در مورد افزایش pH آب میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون مطابقت دارد. در نتایج مشابه گزارش شده که تیمار کم آبیاری و آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه غلظت قند در زیتون را افزایش می دهد (سویبه و همکاران، ۲۰۰۴) و در گوجه فرنگی تیمار آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه افزایش مقدار قند و مقدار مواد مغذی گیاه را نشان داد (استیکیک و همکاران، ۲۰۰۳). مواد جامد محلول میوه در تیمارهای

در کارایی مصرف آب و کود در سیستم های کشت بدون خاک داشته باشد.

علاوه بر تاثیر این تکنیک بر روی کارایی مصرف کود و آب می توان از مزایایی که در کیفیت میوه های تولیدی بوجود می آورد در بازار های فرآوری و تازی خوری استفاده کرد. البته به علت جدید بودن روش خشکی دهی قسمتی از ریشه این تکنیک نیازمند بررسی بیشتر و انجام تحقیقات کاربردی بیشتری است تا در موارد خاص بکار گرفته شود.

متفاوتی بر روی فاکتور های کیفی میوه می گذارد که این اثرات در نوع مصرف محصول چه بصورت تازه خوری و فرآوری اثر گذار بوده است. آبیاری خشکی دهی قسمتی از ریشه بیشترین اثر را بر روی عملکرد، اسیدیته قابل تیتراسیون میوه، مواد جامد محلول میوه و فاکتورهای رنگی داشته است (جدول ۲) که این فاکتورها بیشتر در صنایع غذایی و فرآوری محصولات باغبانی مورد اهمیت است و در حالیکه در صفاتی همچون سفتی و اندازه میوه که در مصرف تازه خوری مهم است نتوانسته اثر معنی داری را بگذارد (جدول ۲).

سپاسگزاری

نگارندگان از کمک و همکاری معاونت پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران کمال تشکر را دارند. همچنین از همکاری ارزشمند پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران به جهت تامین سوپر جاذب مورد نیاز این پژوهش صمیمانه قدردانی می گردد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق می توان دریافت که استفاده از تکنیک خشکی دهی قسمتی از ریشه و کاربرد هیدروژل ۲ درصد وزنی در بستر در شرایطی که کمبود اجباری آب آبیاری وجود داشته باشد بهبود توانایی حفظ آب در بستر می تواند نقش بسزایی

منابع

۱. ابراهیمی بیرنگ، ن. ۱۳۸۴. برآورد نیاز آبی گیاهان گلخانه ای. کارگاه فنی آموزشی روش های آبیاری میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۲۷ ص.
۲. احرار، م. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد سوپر جاذب به عنوان مکمل بستر کاشت بر مدیریت محلول رسانی خیار گلخانه ای پیوندی و غیر پیوندی در سیستم هیدروپونیک. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی. دانشکده. دانشگاه تهران. ۳۲ ص.
۳. انتصاری، م.ر.، حیدری، ن.، خیرابی، ج.، علایی، م.، فرش، ع.ا. و وزیر، ژ. ۱۳۸۶. کارایی مصرف آب در کشت گلخانه ای. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۸۰ ص
۴. بهبهانی، م.، اسد زاده ع. و جلی، ج. ۱۳۸۴. ارزیابی تاثیر هیدروژل های سوپر جاذب و تیمار کم آبیاری در نگه داری عناصر غذایی در بستر های کشت هیدروپونیک. سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژل های سوپر جاذب در کشاورزی. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران. تهران. ۱۶ ص.
۵. صالح حسینی. ز. ۱۳۸۲. روش های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۵ ص.

۶. علیزاده، الف. ۱۳۶۴. کیفیت آب در آبیاری. (شاینبرگ و اوستر. ترجمه)، انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۶ ص.
۷. کوچکی، ع. ۱۳۸۳. به زراعی و به نژادی در زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ ص.
8. Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Mardan, A., Ahmad, M., and Iqbal, M.M. 2004. Effects of hydro gel amendment on water storage of sandy loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environment*, 50 (10): 463-469.
9. Biernhaum, A., and Bosversluys, N. 1998. Water management Hort. Technology, 8 (4).
10. Blanco, F.F., and Folegatti, M.V. 2003. Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 7(2): 285-291.
11. Dry, P.R., Loveys, B.R., Daring, H., Botting, D.G. 1996. Effects of partial root zone drying on grapevine vigour, yield composition of fruit and use of water. In: Stockley CS, Sas AN, Johnstone RS, Lee TH (eds) Proc. 9th Aust. Wine Ind. Techn. Conf., Adelaide, Australia. Winetitles, Adelaide, pp: 128-131.
12. El-hady, o.A., and Wanas, Sh.A. 2006. Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated With acryl amid hydrogels. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (12): 1293-1297.
13. Han, Y.L., Kang, S.Z., 2002. Effects of the controlled partial root zone irrigation on root nutrition uptake of maize (*Zea mays* L.). *Trans. Chinese of Agricultural Engineering*, (in Chinese), 18: 57-59.
14. Heuvelink, E. 2005. TOMATOES. CABI Publishing, p 339.
15. Jin-cheng, F., and Jinng- Qiu, Ji. 1999. www.Watertech.cn/English/Root%Irri.pdf
16. Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J. 1998. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agric Water Manage*, 38: 69-76.
17. Leib, B.G., Caspari, H.W., Redulla, C.A., Andrews, P.K., Jabro, J. 2005. Partial root zone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science*, 24:85-99.
18. Liu, F., Savic, S., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Jacobsen, S.E., Stikic, R. and Andersen, M.N. 2006. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticultural*, 111: 128-132.
19. Martinez, F.X., Contreras, F., and Lopez, N. 2001. Influence of poly acryl amide on physical properties of a peat – perlite mix and on the growth of *Argyranthemum coronopifolium*. *Acta Horticultural*, 554: 59-66

20. Mitchell, J.P., Shennan, C., Gratten, S.R. 1991. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. *Physiol. Plant*, 8: 177-185.
21. Parks, S., Newman, S., and Golding, J. 2003. Substrate effects on greenhouse cucumber growth and fruit quality in Australia. *Acta Horticultural*, 648:129-134
22. Paschold, P.J., and Klebar, J. 1995 .Production of vegetable transplant for NFT in pure hydrogel . *Acta Horticultural*, 396: 297-304.
23. Postel, S.L. 1998. Water for food production: will there be enough in 225 *Bio Science*, 48: 629-637.
24. Pulupol, L.U., Behboudian, M.H., Fisher, K.J., 1996. Growth, yield and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under water deficit. *Horticultural Science*, 31: 926-929.
25. Shahnazari, A., Ahmadi, S.H., Laerke, P.E., Liu, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., C.R., Jensen, Andersen, M.N. 2007. Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigation strategies in potatoes. *Europ. Journal Agronomy*, 28: 65-73.
26. Sobeih, W.Y., Dodd, I. C., Bacon, M.A., Grierson, D., Davies, W.J. 2004. Long-distance signals regulating stomatal conductance and leaf growth in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants subjected to partial root-zone drying. *Journal Exp Bot* 407: 2353-2363.
27. Stikic, R., S.Popovic, M. Srdic, D. Savic, Z. Jovanovic, Lj. Prokic, J. Zdravkovic., 2003. Partial Root Drying (PRD): a new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. Plant Physiol.*, Special Issue 2003: 164-171.
28. Van Schilfgaarde, J., 1994. Irrigation-a blessing or a curse. *Agric. Water Management*, 25: 203-219.
29. Verdonck, O., and Demeyer, P. 2004. The influence of the particle size on the physical properties of growing media. *Acta Horticultural*, 644: 99-101.
30. Zegbe-Domingue, J.A., Behboudian, M.H., Lang, A., Clothier, B.E., 2003. Deficit irrigation and partial root zone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato. *Scientia Horticultural*, 98 (2003): 505-510.