

## اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر رشد، عملکرد و پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

### Effect of Deficit Irrigation and Humic Acid Treatments on Growth, Yield and Blossom End Rot of Greenhouse Tomatoes

مریم حقیقی<sup>۱\*</sup> و الهام کاظمی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۲

(مقاله پژوهشی)

#### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر هیومیک اسید بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی در شرایط کم آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارها شامل شاهد، آبیاری در حد ظرفیت مزرعه (FC)، آبیاری به‌صورت آبیاری به‌صورت دوسوم ظرفیت مزرعه (2/3 FC) و نصف ظرفیت مزرعه (1/2 FC) و سه سطح هیومیک اسید (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت کودآبیاری) اعمال گردید. نتایج نشان داد شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، وزن تر شاخساره، وزن تر و خشک‌ریشه، فتوسنتز، تعداد کل میوه و وزن تر میوه با کاهش آبیاری کاهش یافت. میزان نشت یونی، قند میوه و درصد پوسیدگی میوه با تیمار کم آبیاری افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. کم‌ترین کاهش وزن تر شاخساره در تیمار  $2/3FC \times 2000$  ppm هیومیک اسید به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد دیده شد. وزن تر ریشه در تیمار ۲۰۰۰ ppm هیومیک اسید نسبت به شاهد در تمام سطوح آبیاری کاهش یافت و وزن خشک‌ریشه بدون استفاده از هیومیک اسید در هر دو تیمار آبیاری کاهش یافت. وزن تر میوه در تیمار 1/2FC و ۲۰۰۰ ppm هیومیک‌اسید کاهش یافت و وزن خشک میوه در تیمار 1/2FC و کلیه سطوح هیومیک اسید کاهش یافت. محتوای نسبی آب برگ با کاهش آبیاری در کلیه تیمارهای هیومیک اسید نسبت به FC کاهش و نشت یونی افزایش داشت. تعداد میوه سبز در تیمار 1/2FC و صفر و ۲۰۰۰ ppm هیومیک اسید کاهش یافت. تعداد میوه با عارضه پوسیدگی گلگاه در تیمار 1/2FC در کلیه غلظت‌های هیومیک اسید افزایش یافت و در سایر تیمارها کم‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، فتوسنتز، ظرفیت مزرعه، میوه

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

\*: نویسنده مسئول Email: mhaghghi@cc.iut.ac.ir

ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (سبزواری و خزایی<sup>۱۰</sup>، 2009). مواد هیومیک که بخش عمده‌ای از مواد آلی را تشکیل می‌دهند، شامل سه بخش فولویک اسید، هیومیک اسید و هومین می‌باشند (پنا-مندز<sup>۱۱</sup> و همکاران، 2005). فولویک اسید و هیومیک اسید به دلیل قابلیت انحلال در آب، از اهمیت بالایی برخوردارند (پنا-مندز، 2005). کاربرد هیومیک اسید در گیاه به صورت محلول‌پاشی و خاکی، موجب افزایش هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (عبدالموگاند<sup>۱۲</sup> و همکاران، 2007) کاربرد برگ‌های هیومیک اسید، غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد و سبب افزایش در فتوسنتز، تنفس، سنتز اسیدهای نوکلئیک و جذب یون‌ها می‌شود (اسمیت و ژنگ<sup>۱۳</sup>، 1998). در بررسی اثر محلول‌پاشی هیومیک اسید روی صفاتی مانند ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک‌ساقه و ریشه و تجمع NPK در برگ گیاهچه‌های بادنجان و فلفل دریافتند که این صفات به طور معنی‌داری با کاربرد هیومیک اسید افزایش یافت (پدم<sup>۱۴</sup> و همکاران، 1997). در بررسی گلخانه‌ای انجام شده توسط محققین در اثر مواد هیومیکی بر محتوای کلروفیل برگ‌های گندم، نشان داده شد که محلول‌پاشی برگ‌های فولویک روی برگ‌ها شد (زودان<sup>۱۵</sup>، 1986). هیومیک اسید با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیش‌تر گیاه کمک می‌کند. به علاوه ثابت شده است که هیومیک اسید با تولید بیش‌تر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد و عملکرد را بهبود می‌بخشد (آلبیراک و کامس<sup>۱۶</sup>، 2005). در بررسی اثر ترکیب ماده آلی هیومیکی بر روی گوجه‌فرنگی افزایش وزن و عملکرد میوه مشاهده است (نورمن<sup>۱۷</sup> و همکاران، 2006). با توجه به اثرات مطلوب هیومیک اسید امکان بهبود کمیت و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی تحت تیمار کم آبیاری در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت.

حداکثر خسارت ناشی از کمبود آب بسته به نوع گیاه می‌تواند در مراحل مختلف رشد بروز کند که در گوجه‌فرنگی این امر در مرحله میوه‌دهی اتفاق می‌افتد (علیزاده<sup>۱</sup>، 2005). تنش خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش بیوماس اندام هوایی و سطح برگ در گوجه‌فرنگی در مقایسه با گیاهان شاهد می‌گردد (تاهی<sup>۲</sup> و همکاران، 2008) و به دنبال کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش، میزان فتوسنتز، تعرق، رشد و تولید کاهش می‌یابد (کورنیک و فرسنی<sup>۳</sup>، 2002). از سوی دیگر، میزان ثبات غشای سلولی که با سایر فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاه از جمله فتوسنتز و رشد ارتباط دارد، می‌تواند به عنوان شاخصی برای تحمل به خشکی شناخته شود (شیفر/ و باکر<sup>۴</sup>، 1996). یکی از روش‌های مؤثر برای کاهش مصرف آب روش کم آبیاری است (زقبه<sup>۵</sup> و همکاران، 2007). زقبه و همکاران (2007) نیز با کاربرد این روش در مراحل فنولوژیکی خاصی از رشد گوجه‌فرنگی علاوه بر صرفه‌جویی آب آبیاری کاهش محصول را فقط در مرحله میوه‌بندی مشاهده کردند اما این اثر در مراحل پایانی رشد و زمان برداشت کم‌تر بود. آن‌ها همچنین افزایش رنگ، مواد جامد محلول و ماده خشک را در بیش‌تر تیمارهای اعمال شده در مراحل مختلف رشد گزارش کردند. کارایی مصرف آب، تعداد میوه، وزن تر، وزن خشک و شاخص برداشت نیز در تیمار کم آبیاری اعمال شده قبل از تشکیل میوه با تیماری که به طور کامل آبیاری شده بود، تفاوتی نداشت. این روش آبیاری در باغات انگور توسط لویز<sup>۶</sup> و همکاران (2000) استفاده شد و باعث صرفه‌جویی بیش از ۵۰ درصد آب با حفظ محصول قابل قبول شد. کنگ<sup>۷</sup> و همکاران (2002) افزایش محصول در روش کم آبیاری نسبت به آبیاری معمول در گلابی را مشاهده کرد. گلدهامر<sup>۸</sup> و همکاران (2002) با استفاده از این روش در هلو و هوجدنک<sup>۹</sup> (1964) در سیب نقصانی در کمیت و کیفیت محصول مشاهده نکردند. یکی از راهکارهای کاهش اثرات زیان‌آور کم‌آبی استفاده از ترکیباتی است که تحمل گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند. اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای هیومیک به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات قابل

10. Sabzevari and Khazaei  
11. Pena-Mendez  
12. Abdel-Mawgoud  
13. Schmidt and Zhang  
14. Padem  
15. Xudan  
16. Albayrak and Camas  
17. Norman

1. Alizadeh  
2. Tahj  
3. Cornicand Fresneau  
4. Shiferaw and Baker  
5. Zeghbe  
6. Loveys  
7. Kang  
8. Goldhamer  
9. Horrocks

## مواد و روش‌ها

## شاخص‌های تبادلات گازی

توسط دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (U-1800 UV/VIS) (هیتاچی، ژاپن) اندازه گرفته شد و جهت اندازه‌گیری کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) نمونه‌ها در طول آزمایش با استفاده از دستگاه فلورسانس‌سنج (مدل ۲۳۲RS، انگلستان) اندازه‌گیری شد. بدین منظور برگ‌های میانی به مدت ۲۰ دقیقه به‌وسیله گیره‌های مخصوص در تاریکی قرار داده شدند و پس از آن Fv/Fm اندازه‌گیری شد.

## محتوای نسبی آب برگ (RWC)

مطابق روش ریچی اندازه‌گیری شد و از رابطه زیر محاسبه گردید (ریچی<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۰).

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

FW = وزن تر برگ‌ها، DW = وزن خشک برگ‌ها، Tw = وزن اشباع برگ‌ها (پس از ۲۴ ساعت شناوری برگ در آب مقطر) می‌باشد.

## نشت الکترولیتی غشاء پلاسمایی

توسط روش لوتوس و همکاران انجام شد (لوتوس<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). پس از رسیدن و رنگ گرفتن میوه‌ها برداشت به‌صورت هفتگی صورت گرفت. تعداد و وزن میوه‌های برداشت‌شده از هر بوته در کل دوره محاسبه شد. وزن تر و خشک میوه هم مشابه قسمت رویشی با استفاده از ترازو و آون انجام شد. تعداد میوه‌های دارای عارضه در هر تیمار محاسبه گردید (دکاپدویل<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). مواد جامد محلول میوه توسط رفراکتومتر (مدل OSK10576-II) اندازه گرفته شد (رئیس<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۴).

داده‌ها در نرم‌افزار اکسل طبقه‌بندی و با برنامه آماری Statstix 8 آنالیز شدند و مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه شد.

## نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر اصلی کم آبیاری بر میزان شاخص کلروفیل، نشت یونی، محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه معنی‌دار گردید و بر میزان فلورسانس کلروفیل، اثر معنی‌داری نداشت. اثر هیومیک اسید بر میزان محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار گردید و بر سایر شاخص‌های رشدی اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل آن‌ها بر

جهت بررسی تأثیر هیومیک اسید بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و با سه تکرار هر تکرار شامل یک گیاه در گلدان در گلخانه‌های پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. فاکتورها شامل تنش کم آبیاری در سه سطح شاهد، آبیاری در حد ظرفیت مزرعه با استفاده از تانسومتر در هر بار آبیاری، آبیاری به‌صورت آبیاری به‌صورت دوسوم ظرفیت مزرعه و نصف ظرفیت مزرعه و سه سطح هیومیک اسید (صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام) به‌صورت کود آبیاری بوده است. تانسومترها قبل از نصب با آب مقطر پر گردید و در بین بوته‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متری خاک یعنی در منطقه حداکثر ریشه تعبیه گردیدند. جهت انجام آبیاری در نقطه پتانسیلی مدنظر، تانسومترها به‌طور دائم کنترل می‌شدند و زمانی که صفحه مدرج تانسومتر عدد موردنظر را نشان می‌داد گیاهان آبیاری می‌گردیدند. منبع هیومیک اسید مورد استفاده با نام تجاری HUMI-FERT ULTRA شامل ۱۲ درصد هومیک اسید، ۳ درصد اسید فولیک و ۳ درصد اکسید پتاسیم (K<sub>2</sub>O) بود. بذرهای گوجه‌فرنگی *Solanum lycopersicum* L. cv. Falcato پس از سبز شدن در سینی نشاء و در شرایط گلخانه و در مرحله ظهور ۴ برگ حقیقی به گلدان‌های ۴ لیتری حاوی خاک مزرعه انتقال داده شدند. سطوح مختلف آبیاری پس از مرحله ۴-۵ برگ تا آخر دوره رشد و تیمارهای محلول‌پاشی هیومیک اسید به فاصله دو هفته اعمال شدند. کوددهی و تربیت گیاهان و آبیاری به‌طور معمول انجام شد. پس از پایان آزمایش صفات زیر ارزیابی شد.

## وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی

به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر، پس از خارج کردن گیاه از گلدان، قسمت هوایی از ریشه‌ها جدا شده و هر یک به‌طور جداگانه توزین شد. سپس اندام‌های گیاهی به‌صورت جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و درون آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. بعد از آن محتویات هر یک از پاکت‌ها به‌صورت جداگانه با ترازو وزن گردید. شاخص سبزینگی برگ گیاه که نمایانگر میزان کلروفیل برگ است توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD) مدل CL-01 ساخت کشور انگلستان، در ۳ برگ از برگ‌های توسعه‌یافته هر تکرار اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان معیاری از شاخص کلروفیل هر تکرار مدنظر قرار گرفت.

1. Ritchie  
2. Lutts  
3. De Capdeville  
4. Raesi

حقیقی و کاظمی: اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر رشد، عملکرد و پوسیدگی ...

نشده است). وزن خشک میوه با کاربرد هیومیک اسید صفر و ppm 1000 نسبت به شاهد در کلیه تیمارهای آبیاری کاهش معنی‌داری نداشت. اما در تیمار 1/2FC و ppm 2000 سطوح هیومیک اسید کاهش یافت. وزن تر میوه در 1/2FC و ppm 2000 هیومیک اسید کاهش و در سایر تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). تعداد میوه سبز در تیمار 1/2FC و صفر و ppm 2000 هیومیک اسید کاهش یافت. در مرحله نارنجی و قرمز تعداد میوه فقط در تیمار 1/2FC و صفر هیومیک اسید کاهش یافت و با افزودن هیومیک اسید تعداد میوه نارنجی و قرمز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶a). تعداد میوه با عارضه پوسیدگی گلگاه در تیمار 1/2FC در کلیه غلظت‌های هیومیک اسید افزایش یافت و در سایر تیمارها کم‌تر بود (شکل ۶b). میزان قند میوه در تیمار 2/3FC و 1/2FC و با حضور هر دو غلظت هیومیک اسید نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت و کم‌ترین تعداد در FC مشاهده شد (شکل ۷).

محتوای نسبی آب برگ، وزن تر شاخساره و ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۱). اثر اصلی کم آبیاری بر کلیه شاخص‌های فتوسنتزی و خصوصیات میوه به جز تعرق و وزن خشک میوه معنی‌دار گردید و هیومیک اسید بر شاخص‌های فتوسنتزی و خصوصیات میوه اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل آن‌ها بر میزان فتوسنتز، پوسیدگی میوه، تعداد کل میوه، قند میوه، وزن تر و خشک میوه معنی‌دار گردید و بر تعرق اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه با کاهش آبیاری کاهش یافت و بیش‌ترین کاهش 1/2FC دیده شد. میزان کاهش شاخص کلروفیل ۱۶ درصد و محتوای نسبی آب برگ ۲۳ درصد نسبت به شاهد بود. وزن تر ریشه با ۲۷ درصد و وزن خشک ریشه با ۳۷ درصد بیش‌ترین کاهش را در 1/2FC نسبت به شاهد داشت. میزان نشت یونی با تیمار کم آبیاری افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). فتوسنتز و تعداد کل میوه و وزن تر میوه با کاهش آبیاری کاهش یافت و در تیمار 1/2FC نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۴، ۳۸/۹ و ۴/۴ درصد کاهش داشت. میزان تعرق و وزن خشک میوه تغییر معنی‌داری نداشت و میزان قند میوه افزایش یافت (جدول ۲). میزان پوسیدگی میوه در تیمار 1/2FC و 2/3FC نسبت به FC افزایش یافت (جدول ۴).

اثر متقابل کم آبیاری و کاربرد هیومیک اسید نشان داد که در غلظت صفر و ppm 1000 هیومیک اسید با کاهش آبیاری وزن تر شاخساره کاهش یافت اما در غلظت ppm 2000 هیومیک اسید این کاهش در 2/3FC با شاهد FC تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین کاهش وزن تر شاخساره در تیمار ppm 2000  $\times$  2/3FC هیومیک اسید به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد دیده شد (شکل ۱). با کاربرد ppm 1000 و ppm 2000 هیومیک اسید وزن خشک ریشه تغییر معنی‌داری نداشت و بدون استفاده از هیومیک اسید وزن خشک ریشه در هر دو تیمار آبیاری کاهش یافت. وزن تر ریشه در تیمار صفر و ppm 1000 هیومیک اسید مشابه شاهد و در ppm 2000 هیومیک اسید نسبت به شاهد در تمام سطوح آبیاری کاهش یافت (شکل ۲).

اثر متقابل کم آبیاری و هیومیک اسید بر شاخص کلروفیل و فلورسانس کلروفیل تأثیر معنی‌داری نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است). محتوای نسبی آب برگ با کاهش آبیاری در کلیه تیمارهای هیومیک اسید نسبت به FC کاهش و نشت یونی افزایش داشت (شکل ۳a, b). فتوسنتز در تیمارهای 2/3FC و 1/2FC نسبت به FC کاهش داشت و هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (شکل ۴). اثر متقابل هیومیک اسید و کاهش آبیاری بر تعرق اثر معنی‌داری نداشت (داده‌ها نشان داده

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر شاخص‌های رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 1: Analysis of variance effect of low irrigation and humic acid on vegetative indices of tomato plants

وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن تر شاخساره Shoot fresh weight	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	نشت یونی Ion leakage	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variation
10.22*	27.85*	1.96*	357.08*	1006.01**	541.20*	0.002 <sup>ns</sup>	45.19*	2	کم آبیاری Low irrigation (Li)
6.12 <sup>ns</sup>	3.87 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	130.61 <sup>ns</sup>	181.63*	169.18 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	18.51 <sup>ns</sup>	2	هیومیک اسید Humic acid (HA)
7.25*	18.55*	4.06 <sup>ns</sup>	46.51*	357.76**	310.37*	0.01 <sup>ns</sup>	5.28 <sup>ns</sup>	4	هیومیک اسید × کم آبیاری HA × Li
3.37	5.30	4.16	128.80	756.58	118.56	0.02	9.36	16	خطا Error
43.06	20.34	23.92	20.82	7.42	20.71	22.08	8.99		ضریب تغییرات CV

ns: غیرمعنی دار، \*\*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و \*: در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار

ns: No significant, \*: Significant at 5% and \*\*: Significant at 1%

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر شاخص‌های فتوسنتزی و خصوصیات میوه گوجه‌فرنگی

Table 2: Analysis of variance effect of low irrigation and humic acid on photosynthesis indices and characteristics of tomato fruit

قند میوه TSS	وزن خشک میوه Fruit dry weight	وزن تر میوه Fruit fresh weight	تعداد کل میوه Total number fruit	پوسیدگی میوه Fruit decay	تعرق Transpiration	فتوسنتز Photosynthesis	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
1.45*	3.80 <sup>ns</sup>	881.80*	4.00*	0.11*	0.08 <sup>ns</sup>	1.45*	1	کم آبیاری Low irrigation (Li)
1.49 <sup>ns</sup>	6.61 <sup>ns</sup>	1057.90 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	0.55 <sup>ns</sup>	2	هیومیک اسید Humic acid (HA)
0.16*	2.98*	1066.15*	0.11*	0.22*	1.41 <sup>ns</sup>	1.48**	4	هیومیک اسید × کم آبیاری HA × Li
1.48	3.82	975.59	1.56	0.94	0.12	0.57	16	خطا Error
29.15	86.57	55.33	49.02	45.77	50.57	66.33		ضریب تغییرات CV

ns: غیرمعنی دار، \*\*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و \*: در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار

ns: No significant, \*: Significant at 5% and \*\*: Significant at 1%

جدول ۳: اثر تنش کم آبیاری بر شاخص‌های رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

Table 3: Effect of low irrigation stress on vegetative indices of tomato plants

وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک شاخساره (گرم) Shoot dry weight (g)	وزن تر شاخساره (گرم) Shoot fresh weight (g)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	نشت یونی (درصد) Ion leakage (%)	شاخص کلروفیل (اسپد) Chlorophyll index (SPAD)	تیمار کم آبیاری Low irrigation treatment
5.56a	13.40a	9.04a	61.20a	94.73a	43.72b	29.35a	FC
3.75ab	10.81b	8.57ab	53.66ab	81.28b	55.82a	25.71ab	2/3FC
3.48b	9.77b	8.07b	48.68b	72.14c	58.16a	24.46b	1/2FC

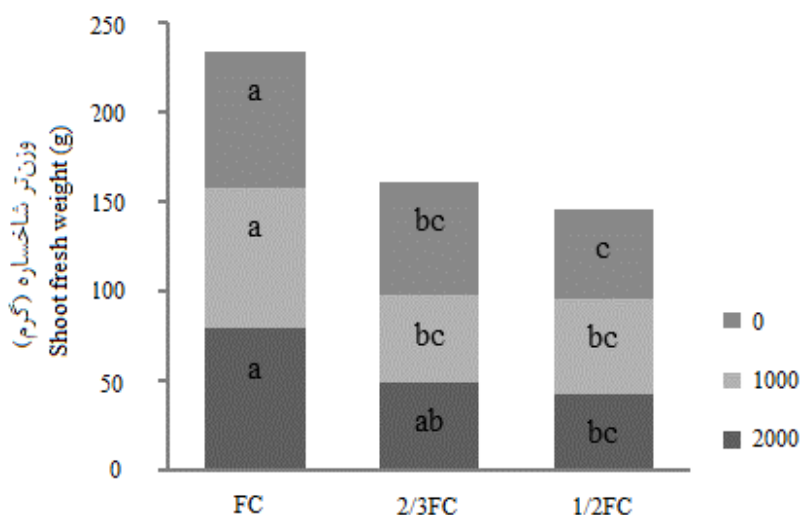
در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند  
Means with common letters in each column are no significantly different at 5% level

جدول ۴: اثر تنش کم آبیاری بر شاخص‌های فتوسنتزی و خصوصیات میوه گوجه‌فرنگی

Table 4: Effect of low irrigation stress on photosynthesis indices and characteristics of tomato fruit

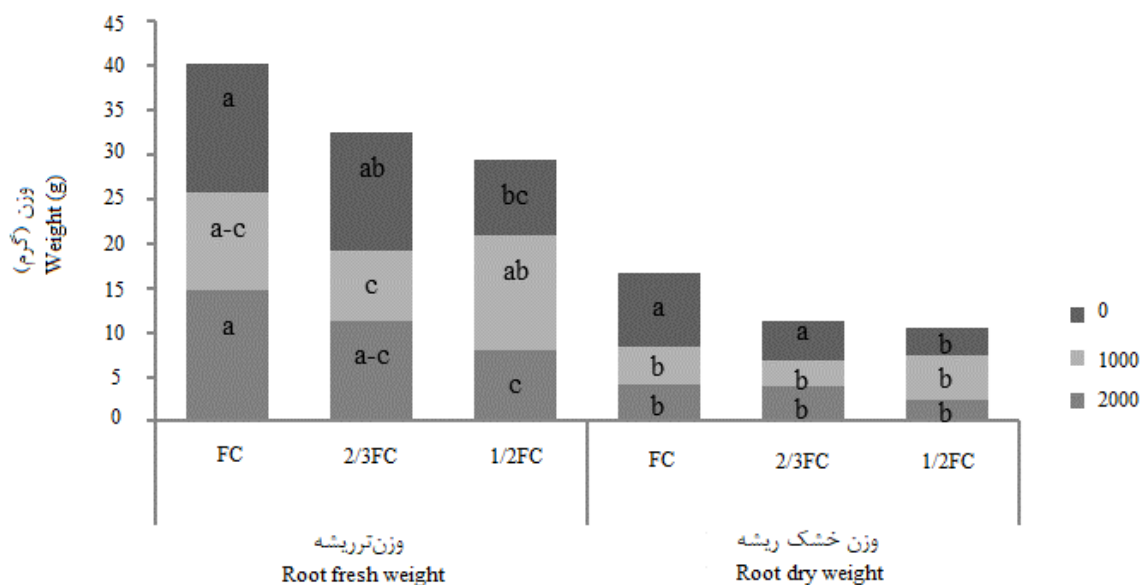
قند میوه (درصد) TSS (%)	وزن خشک میوه (گرم) Fruit dry weight (g)	وزن تر میوه (گرم) Fruit fresh weight (g)	تعداد کل میوه در بوته Total number fruit per plant	پوسیدگی میوه (درصد) Fruit decay (%)	فتوسنتز (میکرو مول CO <sub>2</sub> بر مترمربع بر ثانیه) Photosynthesis (μmol CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	تیمار کم آبیاری Low irrigation treatment
4.64b	5.40a	16.61a	5.50a	2.77b	10.51a	FC
5.62ab	5.24a	16.51ab	5.42ab	4.66a	10.21ab	2/3FC
6.62a	5.16a	16.38b	5.23b	4.55a	9.71b	1/2FC

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند  
Means with Common letters in each column are no significantly different at 5% level



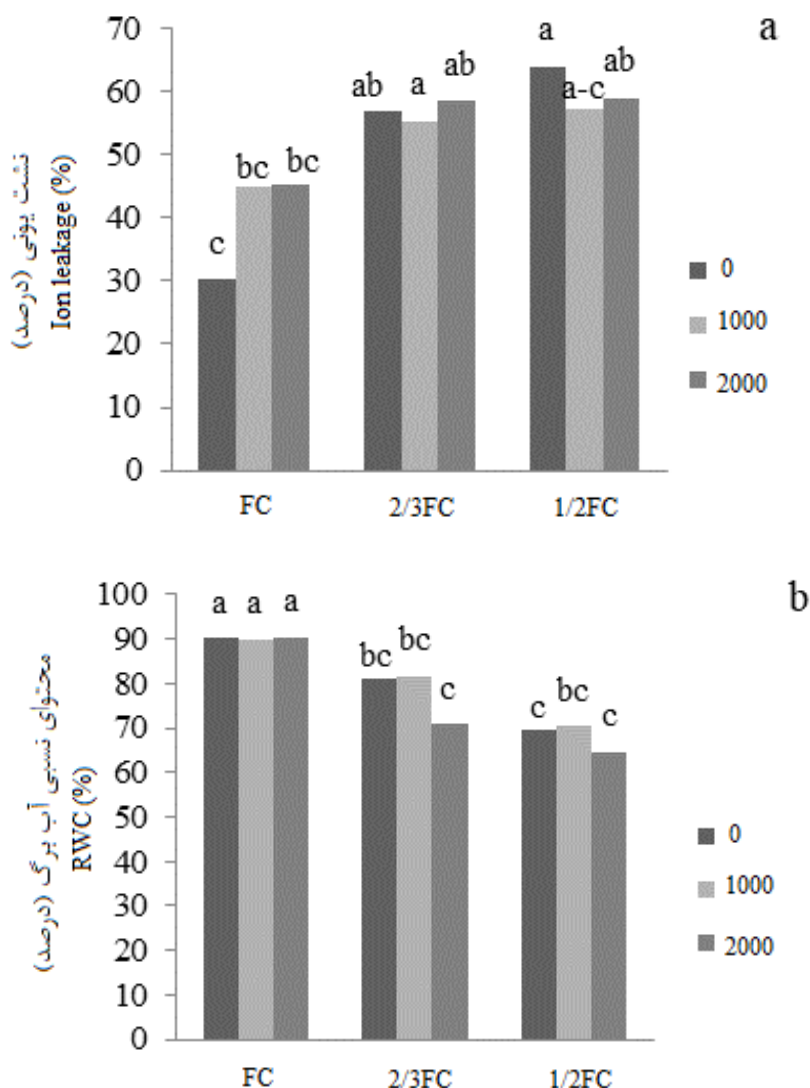
شکل ۱: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر وزن تر شاخساره. ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف در هر ستون متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند

Fig. 1: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on shoot fresh weight. 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test



شکل ۲: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر وزن تر و خشک ریشه. ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد در صفت وزن تر و خشک ریشه به صورت جداگانه بر اساس آزمون LSD می باشند

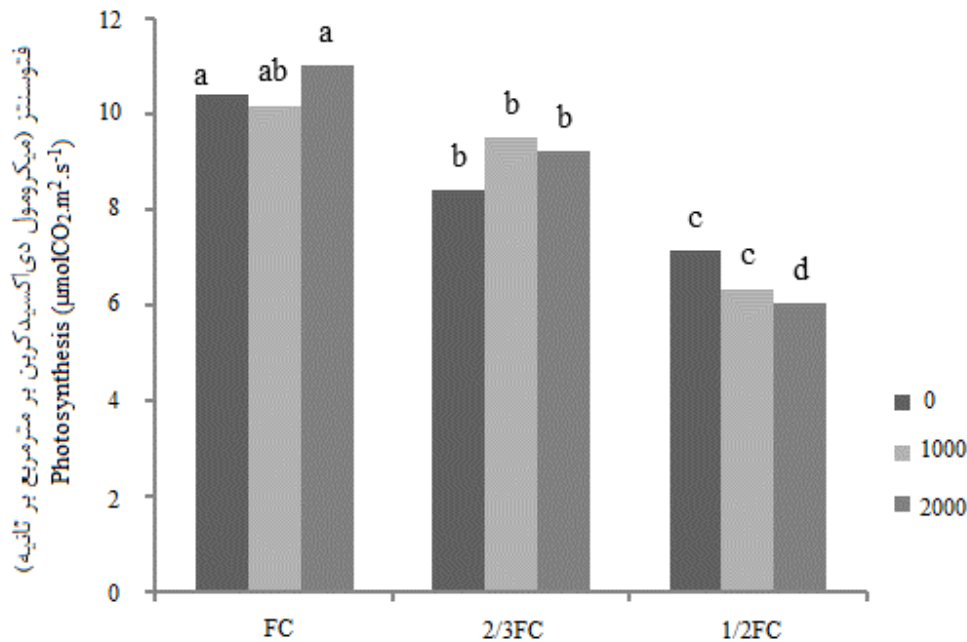
Fig. 2: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on root fresh and dry weight. 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% on root fresh and dry weight trait individually based on the LSD test



شکل ۳: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر نشت یونی (a) و محتوای نسبی آب برگ (b). ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند

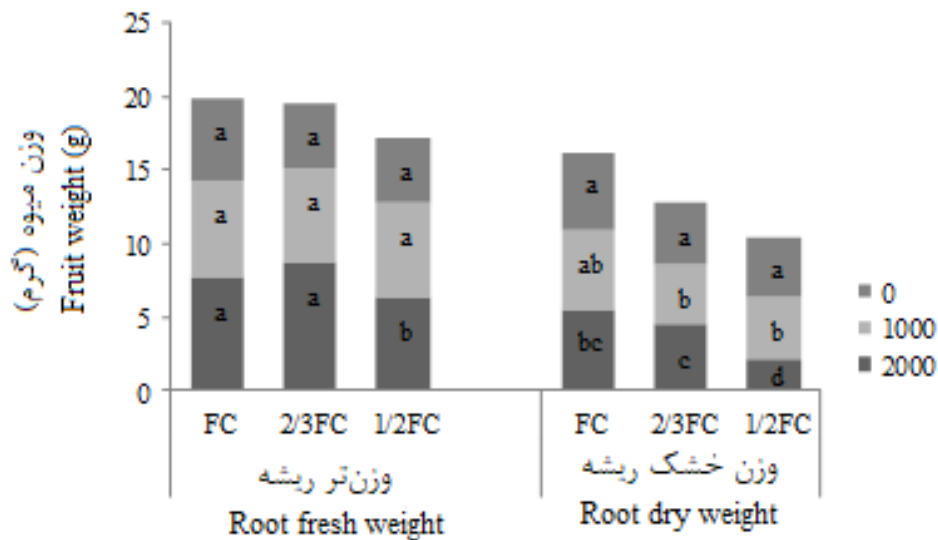
Fig. 3: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on Ion leakage (a) and RWC (b). 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test





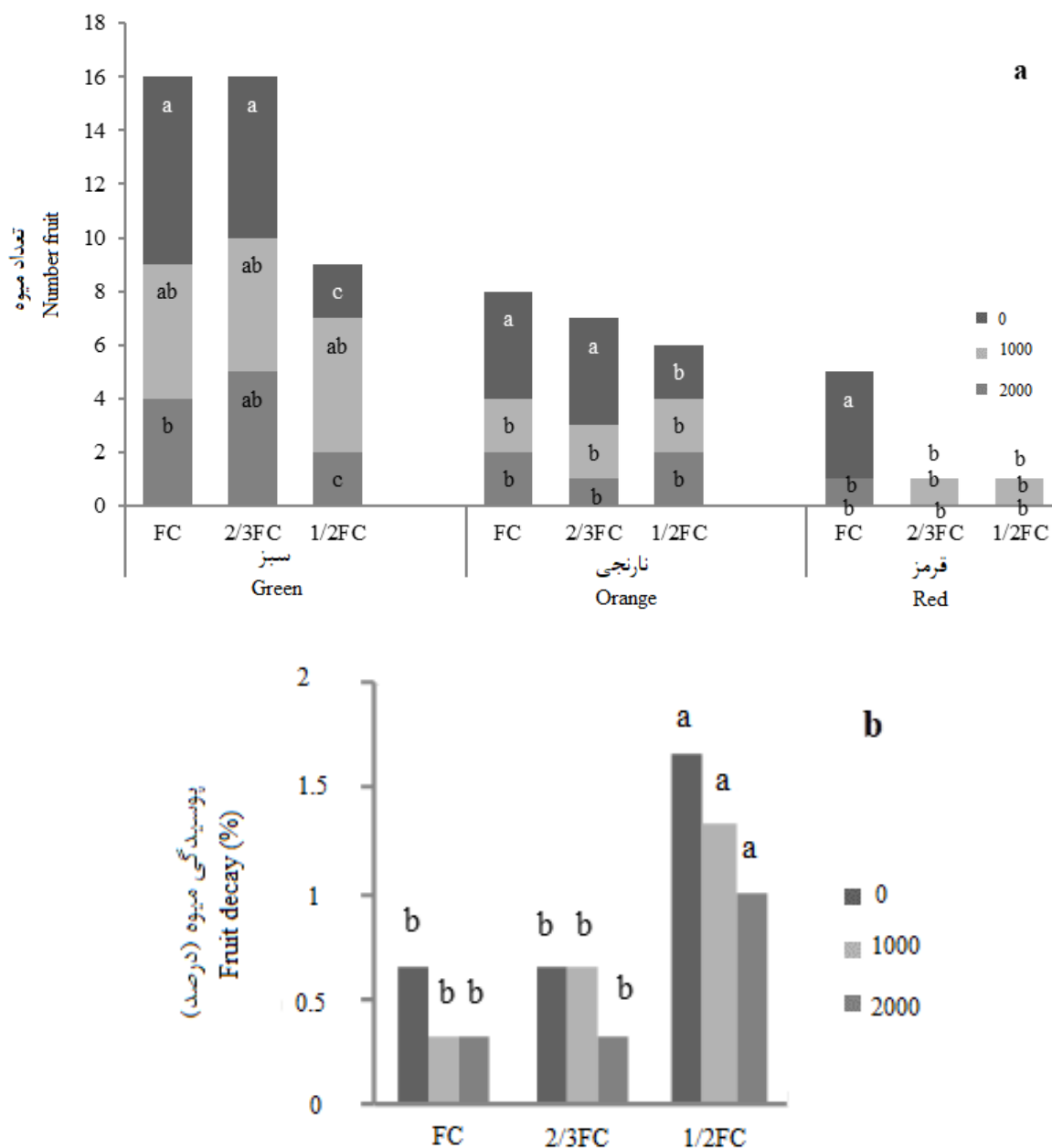
شکل ۴: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر فتوسنتز. ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند

Fig. 4: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on photosynthesis. 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg / L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test



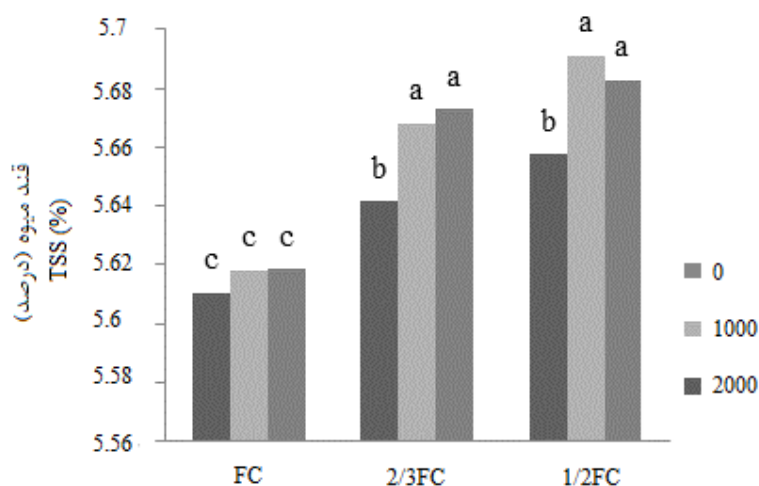
شکل ۵: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر وزن تر و خشک میوه. ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد در صفت وزن تر و خشک میوه به صورت جداگانه بر اساس آزمون LSD می باشند

Fig. 5: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on fruit fresh and dry weight. 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% on fruit fresh and dry weight trait individually based on the LSD test



شکل ۶: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر تعداد میوه (a) و پوسیدگی میوه (b). ۰: شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند

Fig. 6: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on number fruit (a) and fruit decay (b). 0: control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test



شکل ۷: اثر متقابل کم آبیاری و سطوح مختلف هیومیک اسید بر قند میوه. شاهد، ۱۰۰۰: ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید، ۲۰۰۰: ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید. تیمارهایی که در یک حرف متفاوت هستند دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشند

Fig. 7: Effect interaction of low irrigation and different levels of humic acid on TSS. 0: Control, 1000: 1000 mg/L humic acid, 2000: 2000 mg/L Humic Acid. The treatments were different in one letter in each column have a significant difference of 5% based on the LSD test

#### بحث

و ریشه کاهش یافته است اما وزن خشک میوه تغییر معنی داری نداشت که دلیل احتمالی آن توانایی تنظیم اسمزی میوه گوجه فرنگی اثبات شده در تحقیق حقیقی و بهبودیان (۱۳۹۰) است. با کاربرد ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm هیومیک اسید حتی در حضور تنش وزن خشک ریشه تغییر معنی داری نداشت (شکل ۲). وزن خشک میوه در تنش و حضور ۱۰۰۰ ppm هیومیک اسید و وزن تر میوه در حضور ۲۰۰۰ ppm هیومیک اسید تفاوت معنی داری با شاهد نداشت (شکل ۵). ماده آلی هیومیک اسید باعث افزایش ماده خشک گیاه گوجه فرنگی می شود (همان *تارانجان و گری*، ۱۹۸۸). هم چنین استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش وزن تر گوجه فرنگی شده است (*رادپور* و همکاران، ۲۰۰۷). نتیجه اثر کود آلی هیومیک در محیط ریشه لوبیا چشم بلبلی نشان داد، وزن خشک برگ، ساقه و وزن خشک کل گیاه افزایش پیدا کرده است (*آسترایی و ایوانی*، ۲۰۰۸). با کاربرد هیومیک اسید از اثرات تنش خشکی کاسته می شود. هیومیک اسید با بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ایجاد فضای بیش تر برای نفوذ آب با اصلاح خاک و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول های آب برای ممانعت از تبخیر آب، سبب افزایش محتوای نسبی در شرایط تنش خشکی می گردد (*رهبریان و همکاران*، ۱۳۸۸). با افزایش میزان محتوای نسبی برگ ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم می شود و امکان اتساع دیواره سلولی را فراهم می سازد و در نهایت باعث

در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با مکانیسم های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابدگی و ممانعت از کاهش شدید رشد می باشند، ولی در شرایط تنش شدید (۵۰ درصد کاهش آبیاری) به دلیل کاهش آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول ها منجر به کاهش رشد رویشی گیاه می شود (رحیمی زاده و همکاران، ۱۳۸۹). وزن تر شاخساره در غلظت صفر و ۱۰۰۰ ppm هیومیک اسید با کاهش آبیاری کاهش یافت. کم ترین کاهش وزن تر شاخساره در تیمار ۲/۳FC × ۲۰۰۰ ppm هیومیک اسید به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد دیده شد (شکل ۱). در تیمار کم آبیاری، وزن میوه و ساقه کاهش یافت. زقبه و همکاران (۲۰۰۳) افزایش ریزش گل ها در تیمار کم آبیاری نسبت به شاهد و کاهش تعداد میوه در این تیمار را مشاهده کردند. هم چنین براساس گزارش کاترجی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۳) دلیل کاهش میوه در تیمار کم آبیاری، افزایش سقط گل همراه با کاهش پتانسیل آب برگ در مرحله رشد زایشی گیاه است و کاهش پتانسیل آب باعث کاهش گذارسانی در این مرحله و نهایتاً سقط گل و کاهش میوه می شود. کاهش میزان آب آبیاری و به دنبال آن کاهش محتوای آب برگ باعث کاهش یکی از فاکتورهای لازم برای رشد گیاه و در نتیجه کاهش وزن میوه و ساقه شده است. از آنجایی که محتوای آب نیز کاهش یافته است نشان دهنده اثر کاهش آب آبیاری بر محتوای آب قسمت های مختلف گیاه است و اگرچه وزن خشک نیز در ساقه

2. Hemantaranjan and Gray  
3. Radpour  
4. Astarai and Ivani

1. Katerji

صورت می‌گیرد (کاترجی و همکاران، 1993). از طرفی به دلیل شرایط کمبود آب، تبدیل نشاسته به قند بیش‌تر صورت گرفته و مقدار قند و مواد جامد محلول افزایش یافت (یانگ<sup>۳</sup> و همکاران، 1993). باوجود این موارد وزن خشک کل میوه در تیمار کم آبیاری نسبت به شاهد کم‌تر بود که دلیل آن را می‌توان به کوچک‌تر بودن میوه‌های بوته‌های کم آبیاری نسبت به شاهد دانست. اثر کود آلی هیومیک بر روی برنج باعث افزایش مواد فتوسنتزی و بالا رفتن درصد قند و مواد جامد محلول شده است (نری<sup>۴</sup> و همکاران، 2002). تیمارهای کاربرد خاکی هیومی فولین تأثیر معنی‌داری بر صفات رشد رویشی و زایشی گیاه خیار گلخانه‌ای داشتند و بیش‌ترین میزان سبزی‌نگی، تعداد شاخه جانبی، وزن‌تر شاخساره، عملکرد کل میوه، درصد وزن NPK خشک میوه و مواد جامد محلول در گیاه را ایجاد کردند (فهیمی و همکاران، ۱۳۹۵). کاراکات<sup>۵</sup> و همکاران (2009) اثر هیومیک اسید را بر عملکرد و کیفیت میوه‌های فلفل به صورت تیمار برگی بررسی کردند و دریافتند کاهش میزان قند میوه‌ها با کاربرد هیومیک اسید افزایش یافت. تعداد کل میوه بدون در نظر گرفتن میوه‌های دارای عارضه پوسیدگی گلگاه در شاهد بیش‌تر از تیمار کم آبیاری بود. در مرحله نارنجی و قرمز تعداد میوه فقط در تیمار 1/2FC و صفر هیومیک اسید کاهش یافت (شکل ۶a). نورمن و همکاران (2006) اثر هیومیک اسید بر روی توت‌فرنگی و فلفل دلمه‌ای را بررسی کردند، نتایج نشان داد که این تیمار باعث افزایش قابل‌توجهی در تعداد میوه می‌گردد. تولید رنگ با تغییرات اتیلن و تنفس همبستگی دارد و در فلفل افزایش میزان اتیلن داخلی هم‌زمان با افزایش رنگ دیده شد (گروس<sup>۶</sup> و همکاران، 1986). اتیلن درونی تنها دلیل بر افزایش رنگ میوه‌ها و افزایش سرعت رسیدگی میوه‌ها نمی‌باشد (ویلاویسنسیو<sup>۷</sup> و همکاران، 2001). پژوهش ثابت کرده است که غلظت آبسزیک اسید (ABA) در فلفل هنگام تنش آبی افزایش می‌یابد و اهمیت نقش ABA در افزایش رنگ و رسیدگی فلفل را نشان می‌دهد (سرانو<sup>۸</sup> و همکاران، 1995) لذا افزایش ABA در تیمار کم آبیاری و نقش آن در افزایش رنگ در گوجه‌فرنگی نیز محتمل است. اما از آنجایی‌که میزان ABA اندازه‌گیری نشد نمی‌توان این مطلب را به‌طور قطع بیان نمود. کاهش میزان آب آبیاری در تیمار کم آبیاری باعث افزایش عارضه پوسیدگی گلگاه شد. تعداد میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه در کم آبیاری حدوداً ۲ برابر شاهد بود. میزان آن در

کاهش پایداری غشاء سلول می‌شود (ناگاناندا<sup>۱</sup> و همکاران، 2010). فتوسنتز در تیمارهای 2/3FC و 1/2FC نسبت به FC کاهش داشت (شکل ۴). زقبه و همکاران در سال (2004) گزارش کردند که فتوسنتز گوجه‌فرنگی با تیمارهای آبیاری قطره‌ای، شیاری و آبیاری موضعی یک‌طرفه تغییر نکرد اما در این آزمایش دیده شد که تیمار کم آبیاری در اکثر موارد در شرایط عدم تغییر تشعشع فعال فتوسنتزی باعث کاهش فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای می‌شود. به‌نظر می‌رسد که در شرایط تنش ملایم، کاهش میزان فتوسنتز خالص گیاه در درجه اول، ناشی از بسته‌شدن روزنه‌ها باشد، اما در شرایط محدودیت شدید آبی، اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزوفیلی و تأثیر سوپی که تنش بر غشاء تیلاکوئیدها می‌گذارد، تشدید شود. هیومیک اسید از طریق قدرت کلات کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه قرار دادن آب و مواد غذایی بیش‌تر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر کند به همین دلیل میزان کلروفیل را افزایش می‌دهد (ناسوتی میانداوب و همکاران، ۱۳۸۹). کاربردهای کودهای آلی کلات باعث بهبود ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک ساقه، غلظت N و K برگ، تعداد غلاف و عملکرد غلاف، مواد جامد محلول غلاف، ویتامین C و کل محتوای پروتئین در لوبیا شد (اصلانی و سوری<sup>۲</sup>، 2018). کیفیت میوه‌های تحت تیمار کم آبیاری با میوه‌های تحت تیمار آبیاری کامل برابری کرده و از بعضی جنبه‌ها نیز بهتر بود. میزان مواد جامد محلول در میوه‌های تحت تیمار کم آبیاری افزایش یافت. درصد مواد جامد محلول میوه در تیمار کم آبیاری نسبت به شاهد بیش‌تر بود. به‌طوری‌که در تیمار کم آبیاری، ۶/۶۲ درصد و در شاهد ۴/۶۴ درصد بود (جدول ۴). بنابراین افزایش میزان مواد جامد محلول هم‌زمان با کاهش محتوای آب میوه در تیمار کم آبیاری دارای فواید دیگری چون افزایش ارزش غذایی یکی دیگر از سبزیجات میوه‌ای این خانواده یعنی گوجه‌فرنگی است. افزایش مواد جامد محلول در گوجه‌فرنگی به چند دلیل احتمالی است اول این‌که با توجه به این‌که میانگین تعداد میوه در تیمار کم آبیاری کم‌تر از شاهد بود به‌نظر می‌رسد باعث افزایش توزیع و تجمع کربوهیدرات در مقدار کم‌تر میوه نسبت به شاهد باشد یا به عبارتی غلظت مواد جامد محلول در شاهد به دلیل آب بیش‌تر، کم‌تر می‌شود و دوم این‌که به دلیل پایین‌بودن پتانسیل آب و محتوای آب میوه در تیمار کم آبیاری تخلیه مواد اسمیلاته از میوه کم‌تر از شاهد

3. Young  
4. Neri  
5. Karakurt  
6. Gross  
7. Villavicencio  
8. Serrano

1. Nagananda  
2. Aslani and Sour

### نتایج کلی

با توجه به نتایج ذکرشده اگرچه در تیمار کاهش آبیاری، عملکرد (وزن تر) در پایان آزمایش کم تر از شاهد بود اما باعث افزایش رنگ، میزان مواد جامد محلول، کاهش محتوای آب میوه می شود و کاهش محتوای آب میوه دلیل اصلی کاهش عملکرد می باشد که می تواند مناسب صنایع فرآوری و رب سازی باشد. از طرفی تیمار 2/3FC در بسیاری از صفات نتایج مشابه تیمار FC داشت و تیمار ۱۰۰ ppm هیومیک اسید باعث بهبود برخی صفات شد لذا در آزمایشات مزرعای کاهش آبیاری در حضور هیومیک اسید خصوصاً در مرحله رویشی قابل پیشنهاد است زیرا کاهش وزن تر شاخساره بیش تر از خصوصیات میوه تحت تأثیر کاهش آبیاری قرار گرفت اگرچه بررسی درصد کاهش کمتری در میزان آبیاری در آزمایشات آینده قابل پیشنهاد است.

تیمار کم آبیاری ۱/۲ حدود ۴/۵۵ درصد و در شاهد ۲/۷۷ درصد بود (جدول ۴). تعداد میوه با عارضه پوسیدگی گلگاه در تیمار 1/2FC در کلیه غلظت های هیومیک اسید افزایش یافت و در سایر تیمارها کم تر بود (شکل ۶b). میزان ۲/۷۷ درصد پوسیدگی گلگاه در تیمار شاهد نشان دهنده حساسیت این رقم به این عارضه است و افزایش آن به ۴/۵۵ درصد در تیمار کم آبیاری (جدول ۴) احتمالاً به خاطر کاهش غلظت کلسیم تحت تأثیر شرایط کمبود آب است (آدامو هوا، ۱۹۹۲). مقدار پوسیدگی گلگاه در گوجه فرنگی کم تر از فلفل است و بیان کننده حساس تر بودن فلفل نسبت به گوجه فرنگی به کمبود آب و ایجاد پوسیدگی گلگاه است (دورجی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

### منابع

- حقیقی، م. و بهبودیان، ح. ۱۳۹۰. تغییرات پتانسیل آب و خاصیت تنظیم اسمزی گیاه گوجه فرنگی تحت تیمار خشک شدن موضعی ریشه (PRD). مجله به زراعی کشاورزی، ۱۳ (۱): ۱-۸.
- رحیمی زاده، م.، کاشانی، ع.، زارع فیض آبادی، ا.، مدنی، ح. و سلطانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳ (۱): ۵۷-۷۲.
- رهبریان، پ.، افشارمنش، غ. و شیرزادی، م. ح. ۱۳۸۸. اثر کم آبیاری و کود دامی بر محتوای نسبی آب و پایداری غشاء سلولی در بادرنشبی (*Draco cephalummol davica*). اکولوژی گیاه، ۲ (۱): ۱۳-۱۹.
- فهمیمی، ف.، سوری، م. ک. و یعقوبی، ف. ۱۳۹۵. بررسی رشد و نمو خیار گلخانه ای تحت تاثیر کاربرد برگی کودهای بیومین و هیومی فولین در مقایسه با کاربرد خاکی آن ها و کود NPK. علوم و فنون کشت های گلخانه ای. ۲۵ (۷): ۱۴۳-۱۵۱.
- ناسوتی میان دو آب، ر.، سماوات، س. و تهرانی، م. م. ۱۳۸۹. خواص کود اسید هیومیک بر گیاه و خاک. کشاورزی و غذا، ۱۰۱: ۵۳-۵۵.
- Alizadeh, A. 2005. Water, Soil and Plant Relationship (Fifth edition). Imam Reza University Press, 254 pp.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R., El-Greadly, N. H. M., Helmy, Y. I. and Singer, S. M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based Fertilizer and NPK Fertilization. Journal of Applied Sciences Research, 3 (2): 169-174.
- Adam, P. and Ho, L. C. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom end rot in relation to salinity. Journal of Horticultural Science, 67: 827-839.
- Albayrak, S. and Camas, N. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Journal of Agronomy, 4 (2): 130-133.
- Astaraei, A. R. and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 3: 352-356.
- Aslani, M. and Souri, M. K. 2018. Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil. Advances in Horticultural Science, 32 (2): 265-272.
- Cornic, G. and Fresneau, C. 2002. Photosynthetic carbon reduction and carbon oxidation cycles are the main electron sinks for Photosystem II activity during a mild drought. Annals of Botany, 89: 887-894.
- De Capdeville, G., Maffia, L. A., Finger, F. L. and Batista, U. G. 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. Scientia Horticulturae, 103 (3): 329-338.
- Dorji, K., Behboudian, M. H. and Zeghbe, J. A. 2005. Water relation growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. Scientia Horticulturae, 104: 137-149.
- Goldhamer, D. A., Salinas, C., Sirsosto, C., Day, K. R., Soler, M. and Mariana, M. 2002. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on late harvest peach tree performance. Acta Horticulturae, 592: 343-350.
- Gross, K., Watada, A. E., Kang, M. S., Kim, S. D. and Lee, S. W. 1986. Biochemical change associate with the ripening of hot pepper fruit. Plant Physiology, 66: 31-36.

- Hemantaranjan, A. and Gray, O. K. 1988. Iron and zinc nutrition of corn in a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 2271-22261.
- Horrocks, R. L. 1964. Wax and water vapor permeability of apple cuticle. *Nature*, 203 (4944): 547.
- Kang, S., Hu, X., Goodwin, I. and Jerie, P. 2002. Soil water distribution, water use and yield response to partial rootzone drying under shallow groundwater table condition in the pear orchard. *Scientia Horticulturae*, 92: 277-291.
- Karakurt, Y., Unlu, H. and Padem, H. 2009. The influence of foliar and soil fertilization humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 59 (3): 233-237.
- Katerji, M., Mastorilli, M. and Hamed, A. 1993. Effect of water stress on the different growth stages on pepper yield. *Acta Horticulturae*, 355: 165-171.
- Loveys, B. R., Dry, P. R., Stoll, M. and McCarthy, M. G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulturae*, 537: 187-197.
- Lutts, S., Kinetand, J. M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78: 389-398.
- Nagananda, G. S., Das, A., Bhattacharya, S. and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenumgraecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. *International Journal of Botany*, 6: 394-403.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatici, P., Bonanomi, G. and Zucchini, F. 2002. Foliar application of humic acids on strawberry. *Acta Horticulturae*, 594: 297-302.
- Norman, Q., Clive, A., Edwards, A., Stephen, L. and Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *The European Journal of Soil Biology*, 42: 65-69.
- Padem, H., Ocal, A. and Alan, R. 1997. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. *International Symposium Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates*, 491: 241-246.
- Pena-Mendez, E. M., Havel, J. and Patocka, J. 2005. Humic substances compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of Applied Biomedicine*, 3: 13-24.
- Radpour, S., Sohani, A. and Roostanezhad, M. R. 2007. Effects of organic and inorganic elements on the quantitative characteristics of tomato cultivars Mobil. In: *First Congress of Tomato Processing Technologies*. Mashhad, Iran. 16 February.
- Raeisi, M., Babaie, Z. and Palashi, M. 2014. Effect of chemical fertilizers and bio-stimulators containing amino acid on quality and quantitative and qualitative characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum*) var. Cal.j. *International Journal of Biosciences*, 4 (1): 425-431.
- Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. and Holaday, A. S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111.
- Sabzevari, S. and Khazaei, H. 2009. Effect of solution spraying (foliar) of various amounts of humic acid on growth specifications, performance and components of yield of wheat with Pishtaz cultivar. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 1 (2): 53-63.
- Schmidt, R. E. and Zhang, X. 1998. How humic substances help turfgrass grow. *Golf Course Management*. Pp. 65-68.
- Serrano, M., Martinez-Madrid, M. C., Riquelme, F. and Romojaro, F. 1995. Endogenous level of poly amines and abscisic acid in pepper fruit during growth and ripening. *Plant Physiology*, 95: 73-76.
- Shiferaw, B. and Baker, D. A. 1996. An evaluation of drought screening techniques for *Eragrostis tef*. *Tropical Science*, 36: 74-85.
- Tahi, H. S., Wahbi, C. E. L., Modafar, A., Aganchich, R. and Serra, A. 2008. Changes in antioxidant activities and phenol content in tomato plants subjected to partial root drying and regulated deficit irrigation. *Plant Biosystems*, 142: 550-562.
- Villavicencio, L. E., Blankenship, S. M., Sanders, D. C. and Swallow, W. H. 2001. Ethylene and carbon dioxide concentration in attached fruits of pepper cultivars during ripening. *Scientia Horticulturae*, 91: 24-71.
- Xudan, X. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37 (4): 343-350.
- Young, T. E., Jovic, J. A. and Sullivan, J. G. 1993. Accumulation of the component of total solids in ripening fruit of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118: 268-292.
- Zeghebe, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A. and Clothier, B. E. 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth yield and fruit quality in Pacific Rose apple. *Journal of Sustainable Agriculture*, 30 (2): 125-136.
- Zeghebe, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A. and Clothier, B. E. 2004. Partial rootzone drying is feasible option for irrigation processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, 68: 195-206.
- Zeghebe, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A. and Clothier, B. E. 2003. Water relation, growth and yield of processing tomato under partial rootzone drying. *Journal of Vegetable Crop Production*, 9 (2): 31-40.

## Effect of Deficit Irrigation and Humic Acid on Growth, Yield and Blossom End Rot of Greenhouse Tomatoes

Haghighi<sup>1\*</sup>, M. and Kazemi<sup>2</sup>, E.

### Abstract

In order to investigate the effect of humic acid on growth characteristics of tomato under deficit irrigation conditions, a factorial experiment was conducted in a CRB design with three replications. Factors included irrigation at field capacity (FC), irrigation in half of the field capacity (1/2FC) and irrigation in two-thirds field capacity (2/3FC) and three levels of humic acid (0, 1000 and 2000 mg/L) was applied. The results showed that chlorophyll index, relative water content of leaf, shoot weight, root dry and fresh weight, photosynthesis, total fruit and fruit weight decreased with irrigation reduction. The level of ion leakage, fruit TSS and percentage of fruit rot in low irrigation treatments showed a significant increase compared to control. The lowest shoot loss was observed in the treatment of 2000 ppm  $\times$  2/3FC humic acid at 10% relative to control. Root weights in the 2000 ppm humic acid treatment decreased at all irrigation levels and dry weight without using humic acid decreased in both irrigation treatments. Fresh weight of fruits decreased by 1/2FC and 2000 ppm of humic acid, and the dry weight of fruit was decreased in 1/2FC and all humic acid levels. RWC of leaves decreased with reduction of irrigation in all humic acid treatments compared to FC and ion leakage increased. The number of green fruits decreased by 1/2FC with zero and 2000 ppm humic acid. The number of fruit with the blossom end rot in 1/2FC treatment increased in all humic acid concentrations and was lower in other treatments.

**Keywords:** Drought stress, Photosynthesis, Field capacity, Fruit

---

1 and 2. Associate Professor and BSc Student, Respectively, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

\*: Corresponding author

Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir