تأثیر محلول‌پاشی برگی اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill.) تحت تنش کم‌آبیاری

شیلان اصلانی[۱]، طاهر برزگر*[۲]، جعفر نیکبخت[۳]

[۱ و ۲] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

[۳] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی و سطوح مختلف اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال ۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح (۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و محلول‌پاشی برگی اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد که تیمار کم‌آبیاری بطور معنی‌داری رشد، عملکرد و محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد. کاربرد برگی اسید هیومیک رشد، عملکرد و کیفیت میوه را بهبود بخشید. بیشترین سطح برگ، ارتفاع بوته، محتوای نسبی آب برگ، تعداد میوه، وزن میوه و عملکرد بوته (۲/۵۹ کیلوگرم) با محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. تیمار کم‌آبیاری میزان کارآیی مصرف آب، مقدار فنل میوه، مواد جامد محلول کل، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین ث و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه را افزایش داد. بیشترین مقدار لیکوپن (۴۲/۱ میلی‌گرم برگرم وزن تر) و اسید قابل تیتراسیون (۱/۵۵ درصد) به ترتیب در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک حاصل شد. بیشترین میزان کارآیی مصرف آب (۱۹/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب) در سطح اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد. تیمار کم‌آبیاری ۸۰ درصد با کاهش ۱۰/۱ درصدی عملکرد باعث ذخیره ۲۰ درصدی آب در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گردید. با توجه به نتایج، کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک جهت بهبود عملکرد و کیفیت میوه در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، لیکوپن، مواد جامد محلول، وزن میوه، ویتامین ث

مقدمه

گوجه فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill. متعلق به خانواده Solanaceae، دارای میوه‌هایی با اندازه کوچک و سرشار از ویتامین‌های K،A،C و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند لیکوپن می‌باشد که از اهمیت دارویی و غذایی بالایی برخوردار است (Majd *et al.*, 2011). تنش کم‌آبی به‌شدت در سراسر دنیا در حال افزایش است و یکی ازمسائل چالش برانگیز در تولید محصولات کشاورزی به‌شمار

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: tbarzegar@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

می‌آید که عملکرد و سطح زیر کشت محصولات را با محدودیت مواجه می‌نماید (Roy *et al*., 2006). صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری مورد نیاز برای گوجه‌فرنگی که بیشترین سطح تولید را در بین سبزیجات در دنیا دارد، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. گیاه گوجه‌فرنگی به تنش خشکی حساس می‌باشد و در نتیجه با اعمال تنش، رشد رویشی و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Del Amor and Del Amor., 2007). در پژوهشی Patane و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که عملکرد میوه گوجه‌فرنگی با تنش کم‌آبیاری دارای همبستگی منفی و با کیفیت میوه همبستگی مثبت دارد یعنی با اعمال کم‌آبیاری از عملکرد میوه کاسته شده و بر کیفیت آن افزوده شد. مطالعات نشان داد که محتوای کلروفیل با افزایش تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی به علت تخریب آنزیمی کاهش یافت (Florina *et al*., 2013). تنظیم سطح برگ در عکس‌العمل به تنش آبی یک عامل مهم در از دست رفتن آب گیاه است، یک همبستگی مثبتی بین محتوای نسبی آب و سطح برگ در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است که در تنش کم‌آبی با کاهش سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافت (Jurekova *et al*., 2011). همچنین اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد میوه، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل در گیاه گوجه فرنگی گردید (اسماعیل‌پور و اکبری ،۱۳۹۲). اعمال تنش کم‌آبی باعث افزایش ماده خشک و محتوای مواد جامد محلول و ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی گردید اما بر اسیدیته میوه تأثیر معنی‌داری نداشت (نورجو و همکاران،۱۳۸۰).

گیاهان با تغییر در متابولیسم سلولی و القاء مکانیسم‌های دفاعی به تنش خشکی پاسخ داده یا با آن سازگاری می‌یابند (Bohnert and Jensen, 1996). تنش خشکی با تغییر در متابولیسم گیاهان بر تعادل هورمونی تأثیر داشته و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن را که محصول اجتناب ناپذیر متابولیسم طبیعی سلول می‌باشد به دنبال خواهد داشت (Shi *et al*., 2007). گونه‌های فعال اکسیژن موجب به‌هم زدن متابولیسم طبیعی سلول از طریق آسیب اکسیداتیو به لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک می‌شود. گیاهان در مقابله با تنش خشکی مکانیسم‌های حفاظتی متفاوتی را در پیش می‌گیرند و مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند (Zhen *et al*., 2012). مکانیسم های آنزیمی شامل فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، گلوتاتیونردوکتاز و غیره می‌باشد (Mittler, 2002). در بین مکانیسم دفاعی غیرآنزیمی، تجمع اسمولیت‌هایی مانند پرولین (Nayyar and Walia, 2003) و ترکیبات آبدوستی مانند اسید آسکوربیک و ترکیبات چربی دوست همانند توکوفرول‌ها و کارتنوئیدها قابلیت از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن را دارند (Jain *et al*., 2001).

بهبود عملکرد در نواحی خشک و نیمه‌خشک یکی از اهداف مهم در کشاورزی است (Nawaz *et al*., 2012). تغذیه مناسب گیاهان و تکمیل عناصر مورد نیاز از طریق خاک یا محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه را تا حدی بهبود بخشد و اثر تنش‌های غیر زیستی از جمله تنش خشکی را کاهش دهد (Grattan and Grieve, 1999). امروزه با توجه به ملاحظات زیست محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج پیدا کرده است. اسید هیومیک یکی از این ترکیبات است که تحمل گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهد. استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام هوایی و افزایش تولید محصولات زراعی و باغی می‌شود، که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس می‌باشد (Harper *et al*., 2000). کاربرد برگی و خاکی اسید هیومیک با غلظت ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر در گیاه فلفل با افزایش میانگین وزن میوه، عملکرد کل را افزایش داد (Karakurt *et al*., 2009). کاربرد برگی اسید هیومیک با غلظت سه گرم در لیتر منجر به افزایش رشد گیاه، میوه بستن و بهبود تولید میوه خیار گردید (El-Nemr *et al*., 2012). نتایج تحقیقات نشان داد که تیمار ۲۰ میلی‌لیتر در لیتر اسید هیومیک بر رشد رویشی، تعداد گل و میوه گوجه‌فرنگی تأثیر مثبت داشته و عملکرد را افزایش داد (Yildirim, 2007).

با توجه به مطالب فوق، هدف از انجام این پژوهش مطالعه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

اثرات محلول‌پاشی برگی اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی گیلاسی (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill.) تحت تنش کم آبیاری، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان اجرا گردید. آبیاری در دو سطح (۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی و اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. اسید هیومیک مورد استفاده با نام تجاری هیومکس از شرکت Gh biotak آمریکا محتوی ۷۹ درصد اسید هیومیک، ۱۲ درصد اکسید پتاسیم و ۱۲ درصد اسید فولویک بود. جدول یک خصوصیات خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. بذرهای گیاه مورد نظر از۱۰ کیلومتری مریوان در استان کردستان (روستای ولەژیر) تهیه گردید. بذرها در ۲۰ اسفند سال ۱۳۹۵ داخل سینی‌های مخصوص کاشت بذر در بستر حاوی پیت ماس در گلخانه (دمای۳±۲۷ روز و ۳±۲۰ شب با رطوبت نسبی ۶۰-۷۰ درصد) کشت شدند. نشاءها دو ماه بعد کشت در مرحله چهار-پنج برگی به مزرعه انتقال داده شدند. فاصله‌ی ردیف‌ها ۹۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، هر واحد آزمایشی شامل پنج بوته بود. پس از استقرار اولیه گیاهان در مرحله شش هفت برگی اولین مرحله محلول‌پاشی اسید هیومیک صورت گرفت. محلول‌پاشی‌های بعدی هر ۱۰ روز یک بار به تعداد ۹ بار در طول دوره رشد گیاه انجام گرفت. اعمال تیمارهای آبیاری ۲۰ روز بعد از انتقال نشاها پس از اولین محلول‌پاشی صورت گرفت. مقدار آب آبیاری تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زنجان و رابطه یک برآورد گردید.

رابطه (۱) $ET_C = ET_0 \times K_C$

ETc: نیاز آبی گیاه گوجه‌فرنگی (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و Kc ضریب گیاهی گوجه‌فرنگی. نیاز آبی تیمار تنش کم‌آبی بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش آبی (۸۰ درصد)، برآورد و توزیع شد.

صفات مورد ارزیابی: برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (DELAT –T DEVICE LTD, ENGLAND) استفاده شد و میانگین سطح برگ برحسب سانتی‌متر مربع محاسبه گردید. ارتفاع گیاه در اواخر فصل رشد برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

به‌منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد، میوه‌ها پس از برداشت با ترازوی دیجیتال وزن شد. تعداد میوه در هر بوته، متوسط وزن میوه (گرم) و عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار ثبت گردید.

کارآیی مصرف آب با استفاده از رابطه دو محاسبه گردید.

رابطه (۲)

کارآیی مصرف آب = عملکرد (kgh^{-1}) / آب مصرفی (m^3h^{-1})

محتوای نسبی آب برگ (RWC): جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، ابتدا وزن تر دیسک‌های برگی (FW) اندازه‌گیری و سپس به منظور تعیین وزن در حالت اشباع (TW)، به مدت چهار ساعت در شدت نور کم و در دمای اتاق در داخل آب مقطر قرار داده شدند. در پایان به منظور تعیین وزن خشک دیسک‌های برگی (DW)، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ‌ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

رابطه (۳) $(FW-DW)/(TW-DW) \times 100$

کلروفیل: مقادیر کلروفیل a و b با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و روش Arnon (۱۹۶۷) تعیین شدند. در این رابطه‌ها، V حجم محلول سانتریفوژ شده، A جذب نور در طول موج‌های (۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر) و W وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

رس	سیلت	شن	بافت خاک	ماده آلی	پتاسیم	سدیم	کلسیم	نیتروژن	EC	pH
	(٪)			(٪)		($g.kg^{-1}$)		(٪)	($ds.m^{-1}$)	
۳۷	۳۸	۲۵	لوم رسی	۰/۹٤	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/٤۹	۷/٤

رابطه (٤) Chlorophyll a = (12.7× A663 – 2.69×A645) V/1000W

رابطه (٥) Chlorophyll b = (22.9× A645 -4.68 × A663) V/1000W

برای اندازه‌گیری ویتامین ث از هر واحد آزمایشی سه بار در طول فصل برداشت به تعداد پنج میوه رسیده بطور تصادفی انتخاب گردید و محتوای ویتامین ث یا اسید آسکوربیک موجود در میوه با استفاده از روش یدومتریک، بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه شد (جلیلی مرندی،۱۳۹۱). اسیدیته میوه (pH) توسط pH متر مدل (Consort-c863) و مواد جامد محلول کل (TSS) میوه‌ها توسط رفراکتومتر مدل (ATAGO Brixo-32%) اندازه‌گیری شد و مقدار مواد جامد محلول کل به صورت درصد بریکس بیان گردید. اسید قابل تیتراسیون میوه با تیتر کردن به کمک سود ۰/۱ نرمال بر حسب اسید سیتریک مطابق با رابطه (٦) محاسبه شد (جلیلی مرندی، ۱۳۹۱). که در این رابطه V: حجم سود مصرفی برای نمونه می‌باشد.

رابطه (٦) TA0/0 = (V×0/0064×100)/5

محتوای لیکوپن با استفاده از اسپکتروفتومتر به روش Fish و همکاران (۲۰۰۲) اندازه‌گیری شد. ۲/۵ گرم از نمونه درون یک ارلن مایر توزین شد. چهار میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده و به مدت یک دقیقه بر روی یک همزن مغناطیسی همزده شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر حلال (هگزان/استون/اتانول مطلق با نسبت ۱/۱/۲) به آن افزوده شد و به مدت ۱۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی همزده شد. آن‌گاه پس از افزودن ۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت پنج دقیقه دیگر همزده شد. پس از آن ارلن را ثابت قرار داده تا دو لایه از هم تفکیک شوند. از لایه زرد رنگ بالایی که حاوی لیکوپن است با دقت مقداری برداشته و ۱۰ تا ۱۰۰ برابر آن را با هگزان رقیق کرده و جذب آن در ۵۰۲ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر (اسپکتروفتومتر JENWAY مدل UV-6505) خوانده شد. مقدار لیکوپن برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بافت محاسبه شد.

رابطه (۷) Lycopene (mg/g FW)=A503×31.2/g FW

اندازه‌گیری غلظت فنل کل میوه‌ها با استفاده از روش فولین سیکالتو (Folin-Cicalteu) انجام گرفت (Singleton *et al.*, 1965) و برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم بافت بیان گردید. برای این منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های رقیق شده همراه ۲ میلی‌لیتر (W/V %2) در لوله آزمایش ریخته شد و به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین‌سیکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگه‌داری شد و سپس میزان جذب آن در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد. برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های مختلف اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و منحنی بر اساس میزان جذب در غلظت‌های مشخص رسم گردید.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها از روش DPPH استفاده شد. ابتدا محلول ۰/۱ میلی‌مولار از DPPH تهیه شد سپس چهار حجم مختلف از عصاره‌ها (۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ میکرولیتر) به محلول DPPH اضافه شد به طوریکه حجم نهایی یک میلی‌لیتر شد. جذب آن بعد از ۱۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. برای مقایسه جذب نمونه‌ها از محلول DPPH استفاده گردید. محلول DPPH بدون عصاره در این مدت بدون تغییر رنگ باقی می‌ماند ولی رنگ محلول DPPH حاوی عصاره گیاهی به مرور زمان کم شده و مقدار جذب آن در مقایسه با محلول DPPH کاهش می‌یابد. هر چقدر قدرت آنتی‌اکسیدانی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

عصاره‌ها بیشتر باشد کاهش رنگ نیز بیشتر خواهد بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد جاروب‌کنندگی DPPH (Radical Scavenging Activity (RSA با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$RSA\% = 100 (Ac - As) / Ac$$ رابطه(۸)

AS: عدد جذب نمونه حاوی عصاره AC: عدد جذب کنترل

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS v9 (SAS Institute, 2000) و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن و نرم افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج

محتوای کلروفیل a و b: تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری کلروفیل a را کاهش داد در حالیکه بر روی کلروفیل b تأثیر معنی‌داری نداشت. کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، باعث کاهش کلروفیل a از ۰/۸۹ به ۰/۷۱ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه شد (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش محتوای کلروفیل a و b شد. کمترین مقدار کلروفیل a (۰/٤٨٤ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه) و کلروفیل b (۰/۰۷۵ میلی‌گرم برگرم بافت تازه) در گیاهان شاهد به‌دست آمد و بین غلظت‌های اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همچنین اثرات متقابل تیمار آبیاری و کاربرد اسید هیومیک بر محتوای کلروفیل a و b تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج حاصل با نتایج Misra و Sriccastatva (۲۰۰۰) در گیاه نعناع مطابقت دارد که گزارش نمودند اثر تنش کم‌آبی تشکیل پلاستیدهای جدید و محتوای کلروفیل a و b کاهش و نسبت کلروفیل a به b نیز تغییر یافت. دوام سطح برگ و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش می‌باشد (Pessarakli, 2010). کاهش کلروفیل a در اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول می‌باشد. این رادیکال‌ها سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند (Sheteawi and Tawfik, 2007). اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود (Nardi *et al.*, 2002). اثرات محرک اسید هیومیک بر افزایش غلظت کلروفیل در برگ، ممکن است به دلیل مقدار pH کم، و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک برای آزاد کردن مواد مغذی بیشتری از ذخایر غیر قابل دسترس باشد (Ferrara and Brunetti, 2010). اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل‌های a و b و کاروتنوییدها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت‌تر کند (Delfine *et al.*, 2005).

سطح برگ: با کاهش حجم آبیاری، سطح برگ کاهش یافت و کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش سطح برگ شد (جدول ۲ و ۳). با توجه به نتایج اثرات متقابل، بیشترین میزان سطح برگ (۵۹/۳۰ سانتی‌مترمربع) با محلول‌پاشی اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار سطح برگ (٤۹/۱۲ سانتی‌مترمربع) در تیمار اسید هیومیک صفر (شاهد) در شرایط تنش کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ٤). در شرایط تنش کم‌آبی به علت کاهش آب قابل دسترس در ناحیه فعال ریشه، فرآیندهای فعال فیزیولوژیکی مرتبط با رشد دچار اختلال شده و در نتیجه طول بوته و سطح برگ کاهش می‌یابد (Mirabad *et al.*, 2013). احتمالاً کودهای آلی با بهبود خواص فیریکی خاک و افزایش دسترسی مواد غذایی، شرایط مناسبی را برای رشد و توسعه ریشه فراهم کرده و باعث افزایش تعداد شاخه فرعی، تعداد گره و طول بوته شده و به تبع آن تعداد برگ در بوته و سطح برگ افزایش پیدا کرده است. این افزایش در سطح برگ احتمالاً در نتیجه نقش نیتروژن بر ساختار مولکول‌های پروتئین است (Awad, 2004). در خیار کاربرد مواد هیومیکی سطح برگ را افزایش داد (Boogar, 2014).

ارتفاع بوته: اثرات متقابل تیمار آبیاری و کاربرد اسید هیومیک بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۰۱ سانتی‌متر) در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی

سطوح آبیاری (ETc%)	ارتفاع بوته (cm)	سطح‌برگ (cm^2)	کلروفیل a ($mg.g\ FW^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.g\ FW^{-1}$)	محتوای‌نسبی‌آب برگ (٪)	کارایی مصرف آب ($kg.m^{-3}$)
۱۰۰	۹۰/ ٤١٦a	٥٤/ ٣٦a	۰/۸۹٥ a	۰/۳۲۳ a	۸۰/۳٥ a	۱٥/۲۸ b
۸۰	۷۹/٥٦b	٤۹/٤۹ b	۰/۷۱۰ b	۰/۲٤۱a	۷۳/۷۸ b	۱٦/۸۱ a

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی

اسید هیومیک ($mg.l^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	سطح‌برگ (cm^2)	کلروفیل a ($mg.g\ FW^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.g\ FW^{-1}$)	محتوای‌نسبی‌آب برگ (٪)	کارایی مصرف آب ($kg.m^{-3}$)
۰	٦۷/٤١d	٤٥/٤۹ c	۰/٤۸ b	۰/۰۷٥ b	٦۷/۱۷ d	۱۱/۷۹ d
۱۰۰	۸۸/۸۳ b	٥۳/٥٤ b	۰/۸۳ a	۰/۳۱۷ a	۷۹/٤ b	۱۷/۷۳ b
۲۰۰	۹۷/۰۸ a	٥٦/۳ a	۰/۹٤۸ a	۰/٤٤۸ a	۸۳۸/۲٥ a	۱۸/۷۱ a
۳۰۰	۸٦/٦۳ c	٥۲/۳۸ b	۰/۹٤۳ a	۰/۲۹۰ a	۷۸/٤ c	۱٥/۹٥ c

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار آبیاری با اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی

تیمارهای آزمایشی		ارتفاع بوته (cm)	سطح‌برگ (cm^2)	محتوای نسبی آب برگ (٪)
سطوح آبیاری (ETc%)	اسید هیومیک ($mg.l^{-1}$)			
۱۰۰	۰	۷٥±۰/۷٥	۷٥±۰/۲۰	۷۰/۷۳±۰/۱٥
	۱۰۰	۹٤/۳±۰/۳۳	٥٥/۳±۰/٦۳	۸۳/۱±۰/٥۸
	۲۰۰	۱۰۱±۱	٥۹/۳±۰/۹۸	۸٦/۲±۰/۰۱۳
	۳۰۰	۹۹/۳±۰/۰۸۸	٥٤±۰/۲٦	۸۱±۰/۱۹
۸۰	۰	٥۹/۸±۱/۳	٤۹/۱±۰/۸۱	٦۳/٦±۰/۳٥
	۱۰۰	۸۳/۳±۰/۸۸	٥۱/۷±۰/۲۱	۷٥/۸±۰/۲٥
	۲۰۰	۹۳/۱±۰/۰۹۲	٥۳/۳±۰/٥۸	۷۹/۹±۰/۳۱
	۳۰۰	۸۱/۹±۰/۹۹	٥۰/۷±۰/۱٥	۷٥/۷۸±۰/۲٥

مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

کمترین ارتفاع بوته (۵۹/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار اسیدهیومیک صفر (شاهد) در شرایط تنش کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ٤). کمبود آب سبب کاهش فشار آماس می‌گردد و از آنجایی که توسعه و رشد سلول وابسته به فشار آماس می‌باشد، نمو سلول کاهش و اندازه کوچک‌تر می‌گردد و در نتیجه ارتفاع بوته کاهش می‌یابد به گونه‌ای که افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها و در نتیجه رشد گیاه مستلزم آبیاری مناسب می‌باشد (Seyfi and Rashidi, 2007). اسید هیومیک می‌تواند به عنوان یک هورمون تنظیم کننده رشد استفاده شود زیرا موجب افزایش هورمون‌های اکسین، جیبرلین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

و سایتوکنین می‌شود که با افزایش این هورمون‌ها طول ساقه افزایش یافته و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Muscolo *et al*., 2007). اثر مثبت اسید هیومیک در افزایش ارتفاع بوته در فلفل و بادمجان نیز گزارش شده است (Padem *et al*., 1997).

محتوای نسبی آب برگ: با کاهش سطح آبیاری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت، بطوریکه اثرات متقابل نشان می‌دهد بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۸٦/۲ درصد) در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین محتوای نسبی آب برگ (٦۳/٦ درصد) در تیمار صفر اسید هیومیک (شاهد) در شرایط تنش کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ٤). نتایج این مطالعه با نتایج حقیقی و مظفریان (۱۳۹۳) در گوجه فرنگی تطابق دارد که گزارش نمودند با کاهش میزان آبیاری، محتوای نسبی آب برگ بافت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بسیاری از محققان معتقدند که کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش کم‌آبی در ارتباط با کاهش میزان رطوبت خاک می‌باشد که این شرایط سبب بسته شدن روزنه‌ها شده تا از اتلاف بیشتر آب جلوگیری شود. کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای نسبی آب برگ شناخته شده‌اند (Tarumingkeng and Coto, 2003). مواد هیومیکی با افزایش نفوذپذیری غشای سلولی ریشه، توانایی جذب آب و مواد غذایی را در ریشه افزایش داده و در نتیجه، محتوای نسبی آب برگ را در شرایط تنش کم‌آبی افزایش می‌دهند و اثرات سوء تنش را تعدیل می‌بخشند (Aggag *et al*., 2015).

عملکرد و اجزای عملکرد: کاربرد اسید هیومیک تحت تیمارهای آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت. بیشترین میزان عملکرد بوته (۲/۵۹ کیلوگرم)، تعداد میوه (۱۸٤/۳۸)، متوسط وزن میوه (۱۵/۳۳گرم) و عملکرد کل در سطح اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار عملکرد بوته (۱/۳۳ کیلوگرم)، تعداد میوه (۱۲۵/٦۷)، متوسط وزن میوه (۱۰/٦٦ گرم) و عملکرد کل در تیمار صفر اسید هیومیک (شاهد) در شرایط کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۵). نتایج حاصل از این آزمایش در افزایش عملکرد با یافته‌های Salman وهمکاران (۲۰۰۵) در هندوانه، Kaya و همکاران در لوبیا (۲۰۰۵) مطابقت دارد. هر گیاهی جهت تولید میوه بیشتر و رشد مناسب آنها و به عبارتی دستیابی به عملکرد بالا، نیازمند رشد رویشی مناسب و داشتن ذخایر غذایی کافی است. این رشد مناسب در صورت جذب بهینه و کافی آب و عناصر غذایی توسط ریشه‌ها میسر خواهد شد (Turhan and Eris, 2005). برای انجام فتوسنتز (توسعه سطح برگ) و تبادلات گازی، باز بودن روزنه‌ها ضروری است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته، دی اکسیدکربن کمتری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد، کاهش فتوسنتز منجر به کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد شد (Reddy *et al*., 2004)، با توجه به نتایج حاصل، بیشترین سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در شرایط کاربرد اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تحت آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شده است که درنتیجه منجر به تولید بیشترین محصول در این شرایط گردید. از آنجا که بیش از ۹۲ درصد از وزن میوه گوجه‌فرنگی را آب تشکیل می‌دهد لذا وزن میوه‌ها در گوجه‌فرنگی تابعی از مقدار آب موجود در آن است، بنابراین با محدود شدن جریان آب به سمت میوه، اندازه و وزن آن کاهش خواهد یافت (Hohjo *et al*., 2001). بهبود رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی با کاربرد مواد هیومیکی ممکن است به علت افزایش تراوایی سلول و جذب عناصرغذایی، همچنین شبه هورمونی مواد هیومیکی مربوط باشد (Yildirim., 2007).

کارآیی مصرف آب: تیمار کم آبیاری باعث بهبود کارآیی مصرف آب گردید. تیمار کم آبیاری ۸۰ درصد باعث افزایش ۹/۱ درصدی کارآیی مصرف آب گردید (جدول ۲). کاربرد اسید هیومیک تحت تیمارهای آبیاری تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب داشت. بیشترین میزان کارایی مصرف آب (۱۹/۵۸ کیلوگرم بر متر مکعب) در سطح اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار آبیاری با اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

تیمار های آزمایشی		عملکرد تک بوته (kg)	میوه در تعداد بوته	وزن متوسط میوه (g)	عملکرد کل ($ton.h^{-1}$)	کارایی مصرف آب
سطح آبیاری (ETc٪)	اسیدهیومیک ($mg.l^{-1}$)					
۱۰۰	۰	۱/۷٦±۰/۰۲۸	۱٤٦/٦±۱/۷۳	۱۲±۰	٦۵/۱۸±۰/۷۷	۱۲/۱۱±۰/۲٤
	۱۰۰	۲/٤۵±۰/۰۳۱	۱٦۹/۳±٤/۰۹	۱۳/۳۳±۰/۳۳	۹۰/۸۸±۱/۱۵	۱٦/۸۹±۰/۳۷
	۲۰۰	۲/۵۹±۰/۰۳٤	۱۸٤/۳±٦/٦۷	۱۵/۳۳±۰/۳۳	۹٦/۰٦±۱/۲۷	۱۷/۸۵±۰/٤۱
	۳۰۰	۲/۰۷٦±۰/۰۵۲	۱۵٦±٦/۳۸	۱۳/۳۳±۰/۳۳	۷٦/۹۱±۱/۹٤	۱٤/۲۹±۰/٦۲
۸۰	۰	۱/۳۳±۰/۰٦۰	۱۲۵/٦±۹/۸۷	۱۰/٦٦±۰/۳۳	٤۹/٤±۲/۲۳	۱۱/٤۷±۰/۸۹
	۱۰۰	۱/۹٤±۰/۰۳۲	۱٦۲±۲/٦۷	۱۲±۰	۷۹/۹۹±۱/۱۹	۱۸/۵۸±۰/٤۷
	۲۰۰	۲/۲۷±۰/۰۵۰	۱٦۲/٦±۳/٦۰	۱٤±۰	۸٤/۳۲±۱/۸٦	۱۹/۵۸±۰/۷۵
	۳۰۰	۱/۵۱± ۰/۰۲۰	۱٤٦/۵± ۷/۹۷	۱۰/۳۳±۰/۳۳	۵٦/۸±۰/۷۵	۱۷/٦±۰/۳

مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

کمترین میزان کارایی مصرف آب (۱۱/٤۷ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار صفر اسید هیومیک (شاهد) در شرایط کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ٤). نتایج تحقیق شرایعی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که کاهش میزان آبیاری در گوجه‌فرنگی ابتدا کارایی مصرف آب را افزایش داده ولی کاهش بیشتر آب باعث کم شدن کارآیی مصرف آب شده است. با کم شدن میزان آب مصرفی تولید محصول کاهش یافته اما این کاهش عملکرد نسبت به کاهش آب کمتر بود. افزایش کارایی مصرف آب در گندم (Abbate *et al.*, 2004) و گوجه فرنگی (Subramanian *et al.*, 2006) در شرایط تنش کم‌آبی به علت کاهش تعرق در مقایسه با شرایط شاهد (ظرفیت زراعی) گزارش شده است. افزایش کارآیی مصرف آب در تیمار کم‌آبیاری ۸۰ درصد در مقایسه با آبیاری100 درصد را می‌توان چنین بیان کرد که با کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب در تیمار کم‌آبیاری ۸۰ درصد، عملکرد محصول فقط ۱۰/۱ درصد کاهش داشته است در نتیجه تولید محصول بیشتر در شرایط تیمار کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به میزان آب مصرف شده دلیل افزایش کارآیی مصرف آب می‌باشد.

مواد جامد محلول کل و اسیدیته میوه: با اعمال تنش کم‌آبیاری، مقدار مواد جامد محلول کل میوه افزایش یافت و مقدار مواد جامد محلول از ٤/٦٤ درصد بریکس در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۵/۲ درصد بریکس در تیمار آبیاری ۸۰ درصد رسید (جدول ٦). اسید هیومیک همچنین باعث افزایش مقدار مواد جامد محلول شد به‌طوریکه بیشترین میزان موادجامد محلول (۵/۱۸ درصد بریکس) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و کمترین مقدار (٤/۷ درصد بریکس) در تیمار فاقد اسید هیومیک (شاهد) به‌دست آمد (جدول۷). تیمارهای آبیاری و اسید هیومیک بر اسیدیته میوه تأثیر معنی‌داری نداشت (جداول ٦ و ۷). مقادیر مواد جامد محلول به عنوان درصدی از وزن تر، ارتباط بسیار نزدیکی با مقادیر قند کل نشان می‌دهد و به عنوان یک مشخصه‌ی کیفی مهم در نظر گرفته می‌شود (Long *et al.*, 2006). با افزایش تنش خشکی، اندازه میوه و درصد آب میوه در گوجه‌فرنگی کاهش یافت و این امر منجر به افزایش محتوای ماده خشک میوه و در نتیجه افزایش مواد جامد محلول میوه گردید (Barbagallo *et al.*, 2013). مواد جامد محلول میوه فلفل در پاسخ به تیمار اسید هیومیک افزایش یافت و بیشترین مقدار آن از بالاترین سطح تیمار اسید هیومیک به دست آمد (Karakurt *et al.*, 2009).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی

سطوح آبیاری (ETc٪)	اسیدیته	مواد جامد محلول کل (٪Brix)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	ویتامین ث ($mg.100ml^{-1}$)	فنل کل ($mg.100gFW^{-1}$)	آنتی‌اکسیدان میوه (٪)	لیکوپن ($mg.gFW^{-1}$)
۱۰۰	۳/۹٤ a	٤/٦٤ b	۱/۱۲ b	٦۲/۰۳ b	۲/۲۱ b	۲۷/۳٦ b	۳۰/۲ a
۸۰	۳/۹۸ a	۵/۲ a	۱/۳۲ a	٦٦/۱۵ a	۲/۵۹ a	۳۷/٤۱ a	۲۳/۸ b

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف هیوومییک اسید بر صفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی

اسید هیومیک ($mg.l^{-1}$)	اسیدیته	موادجامدمحلول کل (%Brix)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	ویتامین ث ($mg.100\ ml^{-1}$)	فنل کل ($mg.100\ g\ FW^{-1}$)	فعالیت آنتی-اکسیدانی (٪)	لیکوپن ($mg.g^{-1}$)
۰	۳/۹۹ a	٤/۷۰ b	۱/۱۰ d	۵٤/۰٦ d	۲/۱ c	۲۲/۸۳ d	۱۹/۷٤ d
۱۰۰	۳/۹۷ a	٤/۸۸ b	۱/۳٦ a	٦۷/۳۳ b	۲/۵۲ a	۳۲/۰٦ c	۳۰/۷ b
۲۰۰	۳/۹۲ a	۵/۱۸ a	۱/۲۰ c	۷۲/۳ a	۲/۵۹ a	۳٤/۸٦ b	۳۷/٦ a
۳۰۰	۳/۹۷ a	٤/۹۱ b	۱/۲٤ b	٦۲/٦۱ c	۲/۳۹ b	۳۹/۸ a	۲۲/۳ c

میانگین‌های صفات که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

اسید قابل تیتراسیون: بر اساس نتایج، تیمار کم‌آبیاری منجر به افزایش اسید قابل تیتراسیون گردید. با توجه به نتایج اثرات متقابل، بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون (۱/۵۵درصد) در سطح اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط تیمار کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار اسید قابل تیتراسیون (۰/۹٤درصد) در تیمار صفر اسید هیومیک (شاهد) و آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۸). اسیدها جزء ترکیبات مهم در ایجاد طعم میوه‌ها محسوب می‌شوند. گزارش شده است که در تیمار کم‌آبیاری، اسید قابل تیتراسیون میوه گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Sobeih *et al* .,2004). تنش کم‌آبی منجر به افزایش اسید کل در توت‌فرنگی شد (Bordonoba and Terry, 2010). در پژوهشی در گیاه گوجه فرنگی نشان داده شد که اسید هیومیک با افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، ورود پتاسیم را تسهیل نمود و افزایش پتاسیم باعث افزایش اسید قابل تیتراسیون گردید (Wang *et al.*, 2009) همچنین این احتمال نیز وجود دارد که، به منظور حفظ نسبت C: N در گیاهان تیمار شده با کودهای آلی، مواد کربنی اضافی ممکن است برای تولید اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید مالیک که مسئول اسیدیته میوه هستند استفاده شوند (Toor *et al*., 2006).

ویتامین ث: با اعمال تنش کم‌آبیاری، مقدار ویتامین ث میوه افزایش یافت. مقدار ویتامین ث از ٦۲/۰۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ٦٦/۱۵ میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه در تیمار کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی رسید (جدول ٦). اسید هیومیک همچنین باعث افزایش مقدار ویتامین ث شد به‌طوریکه بیشترین میزان ویتامین ث (۷۲/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و کمترین (۵٤/۰٦ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه) در تیمار فاقد اسید هیومیک (شاهد) به‌دست آمد (جدول۷). اثرات متقابل آبیاری در اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر مقدار ویتامین ث نداشت.

سلول‌های گیاهی برای حفاظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو، مجهز به یک سیستم جاروب کننده رادیکال‌های آزاد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار آبیاری با اسیدهیومیک بر شاخص‌های کیفی گیاه گوجه‌فرنگی

تیمارهای آزمایشی	اسید قابل تیتراسیون (٪)		لیکوپن ($mg.g\ FW^{-1}$)
سطوح آبیاری (ETc%)	اسید هیومیک ($mg.l^{-1}$)		
	۰ (شاهد)	۰/۰,۹٤٦۹٤٦/±۰/۰۰۰۵	۲۵/۱۳۹±۰/۱٤٤
۱۰۰	۱۰۰	۱/۱٦±۰/۰۰۸	۳۲/۹۲۳±۰/۰٦٦
	۲۰۰	۱/۲۱۳±۰/۰۰۳	٤۲/۱۲۱±۰/۰۹۳۲
	۳۰۰	۱/۱۵٦±۰/۰۰۳	۲۰/۸۸±۰/۰۳٤
	۰ (شاهد)	۱/۱۹۳±۰/۰۰۳	۱۹/۵۷۸±۰/۱۲٦
۸۰	۱۰۰	۱/۳۳±۰/۰۰۵۷	۲۸/٤۷±۰/۰٦٦
	۲۰۰	۱/۵۵±۰/۰۰۳	۳۱/۰۵±۰/۱۹۸
	۳۰۰	۱/۲۵±۰/۰۰۳	۱۸/٦±۰/۱۸۸

مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می‌باشد.

می‌باشند، که از این میان می‌توان به اسید آسکوربیک اشاره نمود. اسید آسکوربیک، مولکول محلول در آب و کوچک است که به صورت سوبسترای اولیه در چرخه سم‌زدایی آنزیمی پراکسید هیدروژن عمل می‌کند (Beltagi, 2008). اسید آسکوربیک از آنتی‌اکسیدان‌های بسیار قوی می‌باشد که با احیای رادیکال‌های آزاد موجب بازدارندگی آنها می‌شود. اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان مهم گیاهی می‌تواند با انواع مختلف اکسیژن‌های فعال ترکیب شود و از بسیاری آسیب‌های ناشی از افزایش انواع مختلف اکسیژن‌های فعال بکاهد (Smirnoff and Wheeler, 2000). مقدار ویتامین ث موجود در گوجه‌فرنگی به چند عامل، از جمله رقم، تغذیه گیاه، هدف تولید بستگی دارد، که با کاربرد اسید هیومیک به عنوان عامل تغذیه‌ای مقدار ویتامین ث افزایش یافت (Olsson *et al.*, 2006). در گیاهان گوجه فرنگی رشد یافته در سیستم آئروپونیک، با افزایش پتانسیل اسمزی محلول غذایی محتوای ویتامین ث میوه افزایش نشان داد (Albu-yaron *et al.*,1993). در کلم بروکلی تحت تنش کم‌آبی، مقدار اسید آسکوربیک افزایش یافت (Cogo *et al.*, 2011). محلول‌پاشی برگی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک منجر به افزایش مقدار ویتامین ث میوه فلفل نسبت به شاهد (بدون محلول‌پاشی) شد (دلشاد و همکاران،۱۳۹۲).

لیکوپن: بر اساس نتایج، تنش کم‌آبیاری منجر به کاهش محتوای لیکوپن میوه گردید. با توجه به نتایج اثرات متقابل، بیشترین میزان لیکوپن میوه (٤۲/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر میوه) در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در شرایط آبیاری شاهد ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار لیکوپن میوه (۱۸/٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر میوه) در تیمار اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط کم‌آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول۸). لیکوپن اصلی‌ترین کاروتنوئید در گوجه‌فرنگی و رنگ قرمز میوه به‌علت وجود این ترکیب است که یک آنتی‌اکسیدان قوی است که باعث از بین رفتن رادیکال‌های آزاد می‌شود (Hedges and Lister, 2005). به‌نظر می‌رسد عوامل فیزیولوژیکی، ژنتیکی و بیوشیمیایی در تجمع کاروتنوییدها در بافت‌های گیاهی دخیل باشند، علاوه بر این فاکتورها، عوامل رشدی مانند نور، دما و حاصلخیزی می‌تواند مؤثر باشد (Kopsell and Kopsell, 2006). نتایج تحقیقات نشان داد که اعمال کودهای آلی باعث افزایش کارتنوئید کل در گیاه می‌شود (Pant *et al.*, 2009).

فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: با اعمال تنش کم‌آبیاری مقدار فنل و آنتی‌اکسیدان میوه افزایش یافت. به‌طوریکه کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، باعث افزایش فنل میوه و آنتی‌اکسیدان به‌ترتیب از ۲/۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰گرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

بافت تازه و ۲۷/۳٦ درصد به ۲/۵۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت تازه و ۳۷/٤۱ درصد شد (جدول ٦). اسید هیومیک باعث افزایش مقدار فنل و آنتی‌اکسیدان شد که بیشترین فنل میوه و آنتی‌اکسیدان در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و کمترین میزان فنل و آنتی‌اکسیدان در تیمار فاقد اسید هیومیک (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۷).

در گیاهان، افزایش سنتز فنل یک واکنش مشترک به تنش است. افزایش مقدار این ترکیبات احتمالاً به‌دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی آنها در برابر ROSهاست. بسیاری از ترکیبات فنلی از پالاینده‌های بسیار کارآمد پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسیل هستند و به‌همین دلیل می‌توانند متوقف کننده زنجیره پراکسیداسیون لیپید و باعث ثبات غشاها باشند (Choi *et al.*, 2002). نتایج تحقیقات نشان داد که استفاده از کودهای آلی، میزان قند و کربن در گیاه افزایش می‌دهد، لذا قند اضافی که در گیاه تولید می‌شود، در ساختمان متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره استفاده می‌شود که در نهایت باعث افزایش میزان این ترکیبات در گیاه می‌گردد (Toor *et al.*, 2006).

مطالعات بسیاری به اثر اسید هیومیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی اشاره دارد، که اسید هیومیک با افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه بندی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی و از طریق فعالیت شبه هورمونی می‌تواند سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گردد (Khan *et al.*, 2013). همچنین اسید هیومیک عموماً مانند تنظیم کننده‌های رشد اکسین و سایتوکنین عمل می‌کند و سبب بهبود تحمل به تنش‌های مختلف، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و در نهایت افزایش کیفیت گیاه می‌شود (Zhang and Schmidt, 2000).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه باعث کاهش رشد و عملکرد و اجزای عملکرد میوه گردید. کاربرد برگی اسید هیومیک رشد و عملکرد میوه را بهبود بخشید. با توجه به نتایج اثرات متقابل، حداکثر رشد و عملکرد میوه در گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. تنش کم‌آبیاری میزان مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه را افزایش داد. اسیدیته میوه تحت تأثیر تیمار آبیاری و اسید هیومیک قرار نگرفت. بین سطوح اسید هیومیک، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تأثیر را بر افزایش مواد جامد محلول، ویتامین ث و فنل کل داشت و حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد. بیشترین مقدار لیکوپن در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد. کارآیی مصرف آب در شرایط کم‌آبیاری افزایش یافت و بیشترین میزان آن در گیاهان تیمار شده با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در شرایط کم‌آبیاری به‌دست آمد که بیانگر آن است که با کاهش ۲۰ درصدی حجم آب مصرفی، مقدار عملکرد کاهش کمتری داشته اشت. با توجه به کشت گسترده گوجه فرنگی در مناطق نیمه خشک، به منظور مدیریت آبیاری و صرفه جویی در مصرف آب و بهبود کیفیت میوه، کاربرد اسید هیومیک پیشنهاد می‌شود.

منابع

اسماعیل‌پور، ب. و اکبری، م. (۱۳۹۲) ارزیابی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و کیفیت پس ازبرداشت دو رقم گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط آب و هوایی میاندوآب. نشریه بوم‌شناسی کشاورز ۵: ۱۸۷-۱۷۸.

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۹۱) فیزیولوژی پس از برداشت. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه ۵٤۰-۵۳۹.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

حقیقی، م. و مظفریان، م. (۱۳۹۳) اثر آبیاری یک‌طرفه بر تغییر شاخص‌های تنش خشکی، تغذیه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فتوسنتزی گوجه‌فرنگی رقم " فالکاتو". نشریه علوم باغبانی ۲۸: ۵۷۵-۵٦٦.

شرایعی، پ.، سبحانی، ع. و رحیمیان، م. ع. (۱۳۸۵) تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر کارآیی مصرف آب و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی رقم پتو ارلی سی اچ. تحقیقات مهندسی کشاورزی ۲۷: ۷۵-۸٦.

دلشاد، م.، برزگر، ط.، کاشی، ع. و حق بین، ک. (۱۳۹۲) مطالعه اثر محل نگهداری میوه روی ساقه بر خصوصیات کمی و کیفی میوه در دو توده خربزه ایرانی تحت شرایط عادی و تنش کم‌آبی، مجله علوم باغبانی ایران ٤٤: ١٦٩-١٧٨.

نورجو، ا.، زمردی، ش. و امامی، ع. (۱۳۸۰) بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در زراعت گوجه فرنگی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب،کرمان، ایران.

Abbate, P. E., Dardanellib, J. L., Cantareroc, M. G., Maturanoc, M., Melchiorid, R. J. M. and Sueroa, E. E. (2004) Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. Crop Science 44: 474–483.

Aggag, A. M., Alzoheiry, A. M. and Abdallah, A. E. (2015) Effect of kaolin and fulvic acid anti-transpirants on tomato plants grown under different water regimes. Alexandria Sciene Exchange Journal 36: 2-15.

Albu-Yaron, A., Feigine, A. A. and Rylski, I. (1993) The quality of tomato for canning as affected by comined chloride, nitrat and osmotic potential of the nutrient solution. Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum) 43: 201-210.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23:112-121.

Awad, M. M. (2004) Effect of nitrogen fertilization, farmyard manure and bio-fertilizers on yield and yield components of some sunflower hybrids in north delta region. PhD Thesis, Tanta University, Egypt.

Barbagallo, R. N., Di Silvestro, I. and Patane, C. (2013) Yield, physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. Brigade as affected by water stress in Mediterranean climate. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 1449-1457.

Bordonaba, J. G. and Terry, L. A. (2010) Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria*× *ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. Food Chemistry 122: 1020-1026.

Beltagi, M. S. (2008) Exogenous ascorbic acid (Vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. African Journal of Plant Science 2: 118-123.

Bohnert, H. J. and Jensen, R. G. (1996) Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends in Biotechnology 14: 89-97.

Boogar, A. R., Shirmohammadi, E. and Geikloo, A. (2014) Effect of humic acid application on qualitative characteristic and micronutrient status in *Petunia hybrid* L. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 3: 15-19.

Choi, C. W., Kim, S. C., Hwang, S. S., Choi, B. K., Ahn, H. J., Lee, M. Y. and Kim, S. K. (2002) Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant science 163: 1161-1168.

Cogo, S. L., Chaves, F. C., Schirmer, M. A., Zambiazi, R. C., Nora, L., Silva, J. A. and Rombaldi, C. V. (2011) Low soil water content during growth contributes to preservation of green colour and bioactive compounds of cold-stored broccoli (*Brassica oleraceae* L.) florets. Postharvest Biology and Technology 60: 158-163.

Del Amor, M. A. and Del Amor, F. M. (2007) Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. Journal of Applied Horticulture 9: 97-100.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.

El-Nemr, M. A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A. M., and Fawzy, Z. F. (2012) Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 630-637.

Ferrara, G. and Brunetti, G. (2010) Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. Spanish Journal of Agricultural Research 8: 817-822.

Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K. (2002) A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. Journal of Food Composition and Analysis 15: 309-317.

Florina, F., Giancarla, V., Cerasela, P. and Sofia, P. (2013) The effect of salt stress on chlorophyll content in several Romanian tomato varieties. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology 17: 363-367.

Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops: a review. Scientia Horticulturae 78: 127-157.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

Harper, S. M., Kerven, G. L., Edwards, D. G. and Ostatek-Boczynski, Z. (2000) Characterisation of fulvic and humic acids from leaves of Eucalyptus camaldulensis and from decomposed hay. Soil Biology and Biochemistry 32: 1331-1336.

Hedges, L. J. and Lister, C. E. (2005) Nutritional attributes of tomatoes. New Zealand Institute for Crop and Food Research, New Zealand, 93.

Hohjo, M., Ganda, M., Maruo, T., Shinohara, Y., Ito, T., Maloupa, E. and Gerasopoulos, G. (2001) Effects of NaCl application on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Horticulturae 548: 469-476.

Jain, M., Mathur, G., Koul, S. and Sarin, N. (2001) Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Plant Cell Reports 20: 463-468.

Jurekova, Z., Nemeth-Molnar, K. and Paganova, V. (2011) Physiological responses of six tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to water stress. Journal of Horticulture and Forestry 3: 294-300.

Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., and Padem, H. (2009) The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science 59: 233-237.

Kaya, M., Atak, M., Khawar, K. M., Ciftci, C. Y. and Ozcan, S. (2005) Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). International Journal of Agriculture and Biology 7: 875-878.

Khan, A., Khan, M. Z., Hussain, F., Akhtar, M. E., Gurmani, A. R., and Khan, S. (2013) Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* l). Journal of the Chemical Society of Pakistan 35: 206-211.

Kopsell, D. A. and Kopsell, D. E. (2006) Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. Trends in Plant Science 11: 499-507.

Long, R. L., Walsh, K. B., Midmore, D. J. and Rogers, G. (2006) Irrigation scheduling to increase muskmelon fruit biomass and soluble solids concentration. HortScience 41: 367-369.

Majd, A., Poor, M. F. S. and Mirzaei, M. (2011) Study effects of some plant growth regulators on somatic embryogenesis and its histological stages in tomato (*Lycopersicum esculentum* L. var. Y). Journal of Plant Science and Research 20: 49-56.

Mirabad, A. A., Lotfi, M. and Roozban, M. R. (2013) Impact of water-deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 6: 605.

Misra, A. and Srivastava, N. K. (2000) Influence of water stress on Japanes mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7: 51-58.

Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science *7*: 405-410.

Muscolo, A., Sidari, M., Francioso, O., Tugnoli, V. and Nardi, S. (2007) The auxin-like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. Journal of Chemical Ecology 33: 115-129.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Nawaz, F., Ahmad, R., Waraich, E. A., Naeem, M. S. and Shabbir, R. N. (2012) Nutrient uptake, physiological responses, and yield attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.) exposed to early and late drought stress. Journal of Plant Nutrition 35: 961-974.

Nayyar, H. and Walia, D. P. (2003) Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Biologia Plantarum 46: 275-279.

Olsson, M. E., Andersson, C. S., Oredsson, S., Berglund, R. H. and Gustavsson, K. E. (2006) Antioxidant levels and inhibition of cancer cell proliferation in vitro by extracts from organically and conventionally cultivated strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 1248-1255.

Padem, H., Ocal, A. and Alan, R. (1997) Effect of humic acid added to foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. Acta Horticulturae 491: 241-246.

Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., Talcott, S. T. and Krenek, K. A. (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. *Bonsai, Chinensis group*) grown under vermicompost and chemical fertiliser. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2383-2392.

Patane, C., Tringali, S. and Sortino, O. (2011) Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae 129: 590-596.

Pessarakli, M. (2010) Handbook of plant and crop stress. CRc press. Marcel Dekker Inc. New York.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.

Roy, R., Purty, R. S., Agrawal, V. and Gupta, S. C. (2006) Transformation of tomato cultivar 'Pusa Ruby'with bspA gene from Populus tremula for drought tolerance. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 84: 56-68.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

Salman S. R., Abou-Hussein S. D., Abdel-Mawgoud A. M. R. and El- Nemr M. A. (2005) Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. Journal of Applied Sciences Research 1: 51-58.

Seyfi, K. and Rashidi, M. (2007) Effect of drip irrigation and plastic mulch on crop yield and yield components of cantaloupe. International Journal of Agricultuer and Biological 2: 247-249.

Sheteawi, S. A. and Tawfik, K. M. (2007) Interation effect of some biofertilizers and irrigation water regime on mung bean (*Vigna radiate*) growth and yield. Applied Sciences Reseach 3: 251-262.

Shi, Q., Ding, F., Wang, X. and Wei, M. (2007) Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 45: 542-550.

Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-158.

Smirnoff, N. and Wheeler, G. L. (2000) Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology 35: 291-314.

Sobeih, W. Y., Dodd, I. C., Bacon, M. A., Grierson, D. and 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 of Experimental Botany 55: 2353-2363.

Subramanian, K. S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P. (2006) Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Science Hortculturae 107: 245–253.

Tarumingkeng, R. C. and Coto, Z. (2003) Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy PPs 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institute Ppertanian Bogor).

Toor, R. K., Savage, G. P. and Heeb, A. (2006) Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. Journal of Food Composition and Analysis 19: 20-27.

Turhan, E. and Eris, A. (2005) Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition 27: 1653-1665.

Wang, Y. T., Liu, R. L., Huang, S. W. and Jin, J. Y. (2009) Effects of potassium application on flavor compounds of cherry tomato fruits. Journal of Plant Nutrition 32: 1451-1468.

Yildirim, E. (2007) Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 57: 182-186.

Zhang, X. and Schmidt, R. E. (2000) Hormone containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bent grass subjected to drought. Crop Science 40: 1344-1349.

Zhen, A., Bie, Z. L., Huang, Y., Liu, Z. X. and Fan, M. L. (2012) Effects of 5-aminolevulinic acid on the H_2O_2-content and antioxidative enzyme gene expression in NaCl-treated cucumber seedlings. Biologia Plantarum 56: 566-570.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]

Effect of foliar application of humic acid on growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill) under irrigation deficit stress

Shilan Aslani[1], Taher Barzegar[*2], Jaefar Nikbakht[3]

[1, 2] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan,
[3] Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan.
(Received: 27/05/2017, Accepted: 17/12/2017)

Abstract

In order to study the effect of water deficit stress and foliar spray of humic acid (HA) on growth, yield and fruit quality of tomato **(***Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill**)**, an experiment was carried out in a split plot based on randomized complete block design with three replications in Research field of University of Zanjan in 2016. Treatments consisted arrangement of two irrigation levels (starting irrigation at 100 and 80% ETc) and 4 levels of HA (0, 100, 200 and 300 $mg.l^{-1}$). The results showed that irrigation deficit significantly decreased growth, yield and leaf relative water content. Foliar application of humic acid improved growth, yield and fruit quality. The highest leaf area, plant length, relative water content, fruit number per plant, fruit weight and yield per plant (59/2 kg) were found with foliar spray of 200 $mg.l^{-1}$ HA under irrigation 100% ETc. Irrigation deficit significantly increased water use efficiency, total phenol, total soluble solid content, titratable acidity (TA), vitamin C and antioxidants activity. The highest content of lycopene (41.1 $mg.g\ FW^{-1}$) and TA (1.55%) was found under irrigation 100 and 80% ETc treatments, respectively with application of 200 $mg.l^{-1}$ HA. The maximum value of water use efficiency (19.51 $kg.m^{-3}$) was obtained in 200 $mg.l^{-1}$ HA under irrigation deficit treatment. Deficit irrigation 80% ETc with reducing 10.1% of fruit yield saved 20% of water as compared to 100% ETc treatment. According to the results, fpliar application of 200 $mg.l^{-1}$ HA under normal and irrigation deficit can be proposed to improve yield and fruit quality of tomato.

Key Words: Antioxidant activity, Fruit weight, Lycopene, Total soluble solids, Vitamin C

Corresponding author, Email: tbarzegar@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-24]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.3.1]