

اثر هیومیک اسید بر کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

مریم حقیقی^{۱*} و حجت‌اله نجفی^۲

۱- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۹)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار شامل میزان آبیاری ۱۰۰ (D1)، ۵۰ (D2) و ۲۵ (D3) درصد آب مورد نیاز گیاه بر حسب ظرفیت مزرعه به روش وزنی همراه با سه مقدار هیومیک اسید صفر (H1)، ۵۰۰ (H2) و ۱۰۰۰ (H3) میلی‌گرم در لیتر در شرایط گلخانه طراحی و اجرا شد. تنش خشکی باعث کاهش شاخص‌های اندازه‌گیری شده مانند محتوای کلروفیل، وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک ریشه و تعداد میوه در بوته و هیومیک‌اسید باعث بهبود محتوای نسبی آب بافت، محتوای کلروفیل و وزن تر و خشک شاخساره شد. همچنین تیمار D2H3 باعث بهبود فاکتورهای اندازه‌گیری شده مانند محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب بافت، وزن تر شاخساره و ریشه و تیمار D3H2 موجب بهبود بعضی از شاخص‌های اندازه‌گیری مانند محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب بافت، وزن تر و خشک ریشه شد. محتوای کلروفیل، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۳۸ درصد در تیمار D3H2 افزایش یافت. اجزای عملکرد شامل تعداد میوه در بوته، وزن تر و خشک میوه تحت تأثیر تیمارهای هیومیک اسید و ظرفیت زراعی قرار نگرفتند. به‌طور کلی، اعمال ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در شرایط تنش خشکی متوسط و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در شرایط تنش شدید مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت زراعی، کلروفیل، محتوای نسبی آب، مواد آلی.

مقدمه

سال جزء نواحی تحت تنش می‌باشد. در اثر تنش خشکی سه تغییر مهم در روابط آبی گیاه اتفاق می‌افتد که شامل تغییرات اسمزی، کاهش تورژسانس و کاهش خاصیت ارتجاعی دیواره سلولی است (Chowdhury et al., 2017). این تغییرات باعث کاهش آب در گیاه می‌شود و کمبود آب از طریق تأثیر بر میزان باز بودن روزنه‌ها، فعالیت گیاه

افزایش جمعیت جهان و روند کاهش منابع آب، بررسی راهکارهای افزایش تحمل گیاهان به شرایط نامناسب محیطی را ضروری ساخته است. تنش خشکی یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد محصولات باغبانی و زراعی جهان و از جمله ایران است. ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در

گردید و بیشترین میزان کلروفیل در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (Said-Al Ahl & Hussein, 2010). با کاربرد هیومیک اسید روی گیاهچه‌های فلفل (*Capsicum annuum* L.) و بادمجان (*Solanum melongena* L.) قطر ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ریشه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (Padem et al., 1999). در گزارشی Tehranifar و Ameri (۲۰۱۲) بیان کردند که افزودن غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با باعث افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل برگ‌های توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* L.) می‌شود. هیومیک اسید ظرفیت آب خاک را افزایش داده و در نتیجه مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش می‌دهد (Albayrak & Camas, 2005; Salman et al., 2005). مواد هیومیک اسید قابلیت نگهداری رطوبت را بالا می‌برند. این مواد دارای گروه اسید کربوکسیلیک هستند و در چمن بنت‌گراس (*Agrostis palustris* L.) با تولید مداوم کربوهیدرات باعث می‌شوند که با شرایط خشکی سازگاری پیدا کنند (Adam, 2005).

یکی از راه‌های جلوگیری از تنش خشکی داشتن سیستم ریشه گسترده است. گیاه با افزایش ریشه‌دهی می‌تواند آب و مواد غذایی بیشتری از خاک جذب کند (Adam, 2005). مواد هیومیک اسید با گسترش سیستم ریشه می‌توانند در کاهش تنش خشکی کاربرد زیادی داشته باشند. مکانیسم دیگر در افزایش مقاومت به تنش خشکی تحت تأثیر هیومیک اسید، با کم‌کردن روزنه‌های باز و کاهش تعرق و افزایش جذب آب از طریق ریشه است. مولکول‌های هیومیک اسید با مواد ریزمغذی خاک پیوند تشکیل می‌دهند و شبکه‌ای را ایجاد می‌کنند که مجموعاً قادرند حجم نسبتاً زیادی آب را در خود ذخیره نمایند. هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد، این

را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاهان در مقابل تنش خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی در تمام اندام‌های خود پاسخ می‌دهند. صرف‌نظر از چگونگی مکانیسم مقاومت گیاهان به تنش خشکی، عوامل مختلف محیطی در شرایط خشکی، احتمالاً کاربرد هیومیک اسید نیز در تعدیل اثرات، مؤثر باشد (Chowdhury et al., 2017).

مواد هیومیک بخش اصلی مواد آلی تشکیل‌دهنده خاک هستند که شامل هیومیک اسید و فولیک اسید می‌باشند. هیومیک اسید نقش‌های مستقیم و غیرمستقیمی در گیاه دارد که وابسته به غلظت آن می‌باشند (Ferrara et al., 2007). هیومیک اسید حاصلخیزی خاک را بهبود بخشیده، قابلیت دسترسی عناصر را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد می‌شود. در آزمایشی با کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر از هیومیک اسید در کشت گلدانی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) مشاهده شد که نیتروژن در برگ‌های گیاه نسبت به گیاهان رشد کرده در محیط بدون مواد هیومیکی به‌میزان ۴/۱ درصد بیشتر بود. این افزایش به بهبود نفوذپذیری غشاء در حضور هیومیک اسید نسبت به مواد معدنی نسبت داده می‌شود. همچنین، با افزایش غلظت هیومیک اسید در محیط‌های آبکشت نسبت ریشه به ساقه گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است (Lue & Bohme, 2001). هیومیک اسید به همراه عناصر پر مصرف وزن خشک شاخساره و ریشه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را افزایش داد (Haghighi et al., 2011). نتایج یک آزمایش نشان داد که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار در وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.)

تأثیر بیشتر خواهد بود. همچنین، مولکول‌های هیومیک اسید با مولکول‌های آب پیوند تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. یکی از مهم‌ترین نقش‌های هیومیک اسید در خاک کمک به افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌باشد. آب مهم‌ترین ترکیب جذبی گیاه از خاک می‌باشد که ترکیبات هیومیکی باعث بهبود ساختار خاک و جذب راحت‌تر آب و همچنین افزایش میزان نگهداری آب در ناحیه ریشه می‌شوند. این ترکیبات باعث تثبیت دمای خاک و کاهش میزان تبخیر آب می‌گردند (Hartz & Bottoms, 2010)، همچنین، می‌توانند باعث کاهش استفاده آب و مقاومت بیشتر به خشکی و نیز باعث کاهش نیاز به دیگر کودها، افزایش زهکشی و افزایش عملکرد شوند (Mayhew, 2004). محلول‌پاشی هیومیک اسید با بستن روزنه و کاهش تعرق مقاومت گیاه آفتابگردان را به تنش خشکی افزایش می‌دهد. مشاهده شده است که محلول‌پاشی هیومیک اسید، عملکرد گیاهان تحت تنش خشکی را تا ۹۷ درصد نسبت به گیاهان تنش دیده بدون کاربرد این ماده افزایش می‌دهد. همچنین این محققین مشاهده کردند که برگ‌های گیاهان تحت تنش زرد شده‌اند. اما پس از محلول‌پاشی کردن این گیاهان با هومیک اسید زردی کاهش یافته که گواه ساخت کلروفیل توسط برگ‌های زرد و پژمرده بوده است (Teileb & Mourad, 2019). لذا هدف از این آزمایش بررسی اثر کاربرد غلظت‌های مختلف هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی بر برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی، شاخص‌های رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی بود.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی رقم فالکاتو

آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار شامل میزان آبیاری ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت مزرعه به روش وزنی همراه با سه میزان هیومیک اسید صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در گلخانه تحقیقاتی بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. تیمارها شامل کم آبیاری (D) و هیومیک اسید (H) و به‌صورت ترکیب‌های تیماری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر (D_1H_1)؛ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_1H_2)؛ ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_1H_3)؛ ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر (D_2H_1)؛ ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_2H_2)؛ ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_2H_3)؛ ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید صفر میلی‌گرم در لیتر (D_3H_1)؛ ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_3H_2) و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (D_3H_3) اعمال شدند.

بذرهای گوجه‌فرنگی در سینی‌های نشاء حاوی محیط کشت کوکوپیت کشت شد. نشاهای گوجه‌فرنگی در مرحله شش برگی به گلدان‌های سه کیلوگرمی با محیط کشت پرلیت و پیت (جدول ۱) با نسبت ۱:۱ در گلخانه‌ای با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و با نسبت طول دوره روشنایی به تاریکی ۱۶ به ۸ ساعت منتقل شد. محلول غذایی با استفاده از کودهای تجاری همراه با آب آبیاری به‌طور یکسان به گیاهان داده می‌شد. ترکیب محلول غذایی در جدول ۲ در نظر گرفته شد.

جدول ۱- خصوصیات محیط کشت

ظرفیت تبادل کاتیونی	نگهداری رطوبت درصد	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مربع)	اسیدیته	
خنثی	۳۷۴	۰/۳۲	۶/۳	پرلیت
۱۲۹/۳	۷۱۲	۱/۵۳	۵/۳۱	پیت

جدول ۲- ترکیب محلول غذایی بر حسب میلی گرم در لیتر

مولیبدن	بر	روی	منگنز	آهن	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	
۰/۰۵	۰/۶	۰/۳	۰/۸	۲/۸	۵۰	۱۲۰	۱۲۰	۵۰	۷۰	پرلیت

در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده و پس از سرد شدن، هدایت الکتریکی آنها اندازه گیری شد (Sairam & Srivastava, 2001).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{MSI} = 1 - (\text{EC}_1 / \text{EC}_2) \times 100$$

EC_1 هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه و EC_2 هدایت الکتریکی اندازه گیری شده در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه.

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ، نمونه برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی صورت گرفت و وزن تر نمونه ها بلافاصله در آزمایشگاه با ترازوی دقیق اندازه گیری شد. سپس تمامی نمونه ها در آب مقطر قرار داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی گراد در یخچال قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ ها اندازه گیری و برگ ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند و وزن خشک هر کدام ثبت شد. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دقیق در رابطه زیر مقدار نسبی آب بافت به دست می آید (Ritchie & Nguyen, 1990):

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{RWC} = (W_i - W_d) / (W_f - W_d) \times 100$$

W_i وزن اولیه برگ گیاه، W_f وزن گیاه پس از قرار گرفتن در دمای چهار درجه سانتی گراد پس از ۲۴ ساعت، W_d وزن خشک گیاه پس از قرار گرفتن

هدایت الکتریکی (EC) محلول غذایی یک میکروزیمنس بر سانتی متر بود. هیومیک اسید همراه با آبیاری در چهار مرحله شامل زمان رشد رویشی، مشاهده اولین گل، اولین میوه تشکیل شده و تشکیل اولین میوه قرمز به محیط کشت اضافه شد. هیومیک اسید مورد استفاده سیاه رنگ، با اسیدیته ۹-۱۰ و حلالیت در آب بیشتر از ۹۸ درصد و شامل ۳۰ درصد نیتروژن و ۱۲ درصد P_2O_5 و K_2O بود.

برای اندازه گیری میزان کلروفیل برگ پس از گذشت یک ماه از اعمال تیمارها در مرحله رشد زایشی، تعداد پنج برگ مشابه میانی از هر گیاه انتخاب و با استفاده از دستگاه SPAD-502, Minolta Corp اندازه گیری شد. پس از گذشت یک ماه برای تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی از هر گلدان دو برگ جوان توسعه یافته انتخاب و سپس در یک پلاستیک قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس ۰/۱ گرم برگ را وزن کرده و داخل دو سری لوله های آزمایش حاوی ۱۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت. سپس یک سری از نمونه ها در دستگاه بن ماری در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفته و پس از این زمان هدایت الکتریکی نمونه ها به کمک دستگاه EC متر (مدل Jenway) اندازه گیری شد. سری دوم از لوله آزمایش را نیز به مدت ۳۰ دقیقه

در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد پس از ۲۴ ساعت.

قطر میوه به‌وسیله کولیس دیجیتالی به‌صورت یک روز در میان از میوه تازه تشکیل شده اندازه‌گیری و ثبت شد. ۵۰ روز پس از تشکیل اولین گل، همه میوه‌ها پس از شمارش و تعیین مرحله فیزیولوژیک سبز، سبز بالغ و یا قرمز رسیده وزن شده و میزان مواد جامد محلول میوه به‌وسیله دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل ATC-1Atago, Japan) اندازه‌گیری شد و وجود عارضه پوسیدگی گلگاه آنها ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک، ابتدا ریشه از محل طوقه از قسمت شاخساره جدا شد و وزن تر ریشه و شاخساره به‌طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس، نمونه‌های ریشه و شاخساره به‌طور جداگانه درون پاکت قرار گرفتند و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای توزین وزن خشک نمونه‌ها استفاده شد. پس از برداشت میوه‌ها به‌وسیله ترازوی دقیق وزن تر میوه توزین شد و برای اندازه‌گیری وزن خشک، میوه‌ها در کاغذهای آلومینومی قرار گرفته و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن، وزن خشک اندازه‌گیری شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Statistix-8 تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج

محتوای کلروفیل با کاهش ظرفیت زراعی مزرعه به ۵۰ و ۲۵ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). هیومیک‌اسید تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل نداشت ولی با افزایش غلظت

هیومیک اسید افزایش جزئی در محتوای کلروفیل مشاهده شد به‌طوری‌که کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید نسبت به تیمار شاهد ۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد، کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل نسبت به تیمار بدون اعمال هیومیک اسید شد. به‌طوری‌که نسبت به این تیمار ۷ درصد و نسبت به تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید ۹/۱۹ درصد افزایش داشت. در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، هر دو مقدار هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل نسبت به شاهد شد. ولی بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین، بیشترین محتوای کلروفیل در این دو تیمار (۲۵ درصد ظرفیت زراعی همراه با هیومیک اسید ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مشاهده شد (جدول ۳).

با کاهش میزان آب آبیاری محتوای نسبی آب بافت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). محتوای نسبی آب بافت با کاربرد هیومیک اسید افزایش یافت و بیشترین محتوای نسبی آب بافت در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس اثرات متقابل تیمارها در ظرفیت زراعی ۵۰ و ۱۰۰ درصد، هیومیک اسید تأثیر مثبتی بر محتوای نسبی آب بافت نداشت ولی در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب بافت شد. بیشترین محتوای نسبی آب بافت در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۳).

شاخص پایداری غشا سلول با افزایش میزان آبیاری اعمال شده توسط تیمارها افزایش یافت. هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشا سلول نداشت (جدول ۳).

هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید جامد محلول میوه نداشت ولی افزایش جزیی با مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر هیومیک اسید بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و ریشه گوجه‌فرنگی تحت سطوح مختلف آبیاری

رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	هیومیک اسید (میلی‌گرم در لیتر)	محتوای کلروفیل (درصد)	محتوای نسبی آب بافت (درصد)	شاخص پایداری غشا سلول (درصد)	مواد جامد محلول (درصد)	وزن تر ریشه (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)
اثرات ساده							
۱۰۰	۳۶/۷۶ ^a	۸۲/۱۳ ^a	۴۳/۷۲ ^b	۵/۶۴ ^a	۱۳/۴۰ ^a	۵/۵۶ ^a	
۵۰	۳۲/۵۱ ^b	۶۹/۴۹ ^b	۵۵/۸۲ ^a	۵/۶۲ ^a	۱۰/۸۱ ^b	۳/۷۵ ^{ab}	
۲۵	۳۲/۸۰ ^b	۶۲/۶۵ ^c	۵۸/۱۶ ^a	۵/۶۲ ^a	۹/۷۷ ^b	۳/۴۸ ^b	
.	۳۲/۳۶ ^a	۶۷/۴۶ ^b	۵۰/۰۴ ^a	۵/۶۲ ^a	۱۲/۰۵ ^a	۵/۲۲ ^a	
۵۰۰	۳۴/۳۸ ^a	۷۰/۸۷ ^b	۵۷/۵۷ ^a	۵/۶۳ ^a	۱۰/۵۸ ^a	۴/۰۴ ^a	
۱۰۰۰	۳۵/۳۲ ^a	۷۳/۹۴ ^a	۵۰/۰۹ ^a	۵/۶۵ ^a	۱۱/۳۴ ^a	۳/۵۳ ^a	
اثرات متقابل (آبیاری × هیومیک اسید)							
.	۳۷/۴۶ ^{ab}	۸۰/۰۱ ^{abc}	۳۰/۱۶ ^c	۵/۶۸ ^a	۱۴/۵۰ ^a	۷/۶۵ ^a	
۱۰۰	۳۴/۲۰ ^{ab}	۸۱/۷۷ ^{ab}	۵۶/۹۴ ^{ab}	۵/۶۱ ^a	۱۱/۰۰ ^{abc}	۴/۳۱ ^b	
۱۰۰۰	۳۴/۰۳ ^{ab}	۸۴/۶۲ ^a	۴۴/۰۵ ^{bc}	۵/۶۷ ^a	۱۴/۷۰ ^a	۴/۱۰ ^b	
.	۳۱/۹۶ ^b	۷۰/۲۳ ^{abc}	۶۴/۸۳ ^a	۵/۶۱ ^a	۷/۹۰ ^c	۴/۳۵ ^b	
۵۰	۳۱/۲۰ ^b	۶۷/۹۳ ^{abc}	۵۵/۲۷ ^{ab}	۵/۶۱ ^a	۱۳/۴۰ ^{ab}	۲/۸۷ ^b	
۱۰۰۰	۳۴/۳۶ ^{ab}	۷۰/۳۳ ^{bc}	۴۷/۳۷ ^{abc}	۵/۵۹ ^a	۱۱/۳۳ ^{abc}	۴/۰۲ ^b	
.	۳۰/۱۶ ^b	۵۲/۱۶ ^d	۵۵/۱۳ ^{ab}	۵/۶۵ ^a	۷/۹۵ ^{bc}	۳/۰۵ ^b	
۲۵	۳۷/۷۶ ^a	۶۲/۹۲ ^c	۶۰/۵۲ ^{ab}	۵/۶۱ ^a	۱۳/۳۶ ^{ab}	۴/۹۴ ^{ab}	
۱۰۰۰	۳۷/۵۶ ^a	۶۶/۸۹ ^{bc}	۵۸/۸۵ ^{ab}	۴/۶۱ ^a	۸/۰۰ ^c	۲/۴۶ ^b	

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش وزن تر ریشه نسبت به تیمار تنش بدون اعمال هیومیک اسید شد (جدول ۳). وزن خشک ریشه نیز به‌طور معنی‌داری با کاهش ظرفیت زراعی مزرعه کاهش یافت و کمترین وزن خشک ریشه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (۳/۴۸ گرم در بوته) مشاهده شد. وزن تر و خشک ریشه و شاخساره تحت تأثیر تیمارهای هیومیک اسید قرار نرفت (جدول ۳). در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد اعمال هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن خشک ریشه نسبت به

با کاهش رطوبت از ظرفیت زراعی وزن تر ریشه به‌طور معنی‌داری تیمارها کاهش یافت و بیشترین وزن تر ریشه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۱۳/۴۰ گرم) و کمترین در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (۹/۷۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، بیشترین وزن تر ریشه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در تیمار ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تیمار ۵۰۰

تیمار بدون اعمال هیومیک اسید نداشت. اما در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به دلیل وجود هیومیک اسید باعث افزایش ۳۸ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بدون هیومیک اسید شد (جدول ۳). هیومیک اسید باعث بهبود برخی از صفات و کاهش اثرات تنش خشکی حاصل از ظرفیت زراعی شد. به‌طوری‌که هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش ۲۰، ۴۰ و ۳۸ درصدی محتوای کلروفیل، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد شد. در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد، اضافه‌کردن ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش ۷ درصدی محتوای کلروفیل و ۲۲ درصدی وزن تر شاخساره شد (جدول ۳).

بیشترین وزن تر و خشک شاخساره در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد هر چند که اثر معنی‌داری در شاخص وزن خشک شاخساره مشاهده نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد بیشترین وزن تر شاخساره در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدون اعمال هیومیک اسید مشاهده شد. به‌طوری‌که سایر تیمارهای هیومیک اسید نتوانستند شرایط تنش را جبران کنند. ولی در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد، تیمار هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۶۳/۴۳ گرم در بوته) باعث افزایش ۲۲/۳۹ درصد وزن تر شاخساره نسبت به تیمار بدون اعمال هیومیک اسید (۴۹/۲۶ گرم در بوته) شد. در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد هر دو تیمار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار وزن تر شاخساره شدند و تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی تعداد میوه در بوته کاهش یافت و کمترین تعداد میوه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی

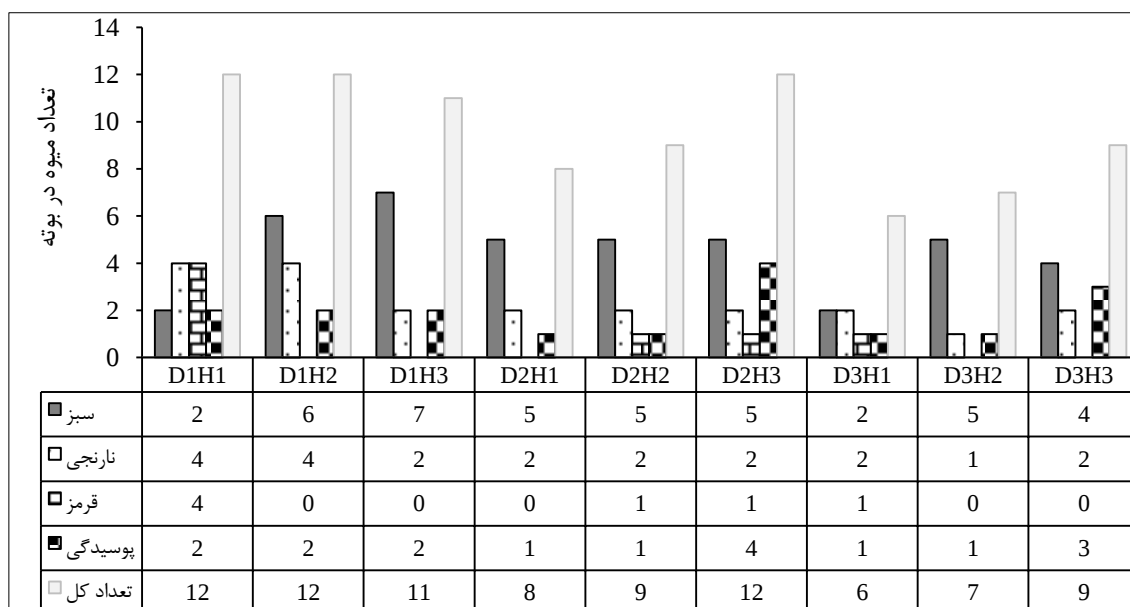
تشکیل شد (جدول ۴). در بررسی اثر متقابل دور آبیاری و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید مشاهده شد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن تر میوه نداشتند. اگرچه، بیشترین (۷۸/۴۶ گرم در بوته) و کمترین (۱۶/۰۵ گرم در بوته) وزن تر میوه به ترتیب در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم و تیمار ظرفیت زراعی ۲۵ درصد بدون اعمال هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۴). وزن خشک میوه نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت. اما مشاهده شد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک میوه به‌طور جزیی کاهش یافت. در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش اثرات تنش شد و وزن خشک میوه را نسبت به تیمار تنش بدون اعمال هیومیک اسید به‌مقدار جزیی افزایش داد. بیشترین وزن خشک میوه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون اعمال هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۴). با کاهش ظرفیت زراعی مزرعه تعداد کل میوه در بوته کاهش یافت. به‌طوری‌که در تیمار ظرفیت زراعی ۲۵ درصد بدون هیومیک اسید تعداد میوه‌ها نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون اعمال هیومیک اسید نصف شد. تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تعداد بیشتری از میوه‌ها سبز و نارنجی بودند، در حالی‌که در تیمار شاهد، تعداد بیشتری از میوه‌ها قرمز و نارنجی بود. در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد بیشترین تعداد میوه در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید تشکیل شد که نسبت به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون اعمال هیومیک اسید ۳۳ درصد افزایش داشت و ۳۳ درصد میوه‌های تشکیل شده دارای پوسیدگی گلگاه بود. در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، تیمار هیومیک اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میوه بیشتری تولید کرد اما ۶۶ درصد آنها دارای پوسیدگی گلگاه بود (شکل ۱).

جدول ۴- اثر هیومیک اسید بر برخی از شاخص‌های رشد و میوه گوجه‌فرنگی تحت سطوح مختلف

آبیاری

ظرفیت زراعی (درصد)	هیومیک اسید (میلی گرم در لیتر)	وزن تر شاخساره (گرم در بوته)	وزن خشک شاخساره (گرم در بوته)	تعداد میوه در بوته	وزن تر میوه (گرم در بوته)	وزن خشک میوه (گرم در بوته)	پوسیدگی میوه (درصد)
اثرات ساده							
۱۰۰	۶۱/۲۰ ^a	۹/۰۴ ^a	۱۲ ^a	۴۲/۶۶ ^a	۲/۸۵ ^a	۰/۶۶ ^a	
۵۰	۵۳/۶۶ ^{ab}	۸/۵۷ ^a	۱۰ ^{ab}	۴۴/۴۸ ^a	۲/۲۰ ^a	۰/۷۷ ^a	
۲۵	۴۸/۶۸ ^b	۸/۰۷ ^a	۷ ^b	۲۲/۶۶ ^b	۱/۳۷ ^a	۰/۵۵ ^a	
	۵۷/۰۱ ^a	۸/۲۵ ^a	۹ ^a	۲۸/۰۴ ^a	۲/۰۸ ^a	۰/۴۴ ^a	
۵۰۰	۵۰/۱۳ ^a	۸/۵۳ ^a	۹ ^a	۴۹/۰۱ ^a	۲/۸۵ ^a	۰/۵۵ ^a	
۱۰۰۰	۵۶/۴۱ ^a	۸/۸۹ ^a	۱۱ ^a	۳۲/۷۵ ^a	۱/۸۴ ^a	۰/۹۹ ^a	
اثرات متقابل (آبیاری × هیومیک اسید)							
	۷۹/۰۰ ^a	۸/۶۲ ^a	۱۲ ^a	۴۴/۴۸ ^{ab}	۳/۹۶ ^{ab}	۰/۶۶ ^a	
۱۰۰	۴۸/۰۹ ^{bc}	۱۰/۴۵ ^a	۱۲ ^a	۴۲/۹۶ ^{ab}	۲/۵۲ ^{ab}	۰/۶۶ ^a	
	۵۵/۷۰ ^{bc}	۸/۶۷ ^a	۱۱ ^a	۴۰/۵۳ ^{ab}	۲/۱۰ ^{ab}	۰/۶۶ ^a	
	۴۹/۲۶ ^{bc}	۸/۸۷ ^a	۸ ^a	۲۳/۶۰ ^b	۱/۴۳ ^{ab}	۰/۳۳ ^a	
۵۰	۴۸/۳۰ ^{bc}	۷/۲۷ ^a	۹ ^a	۷۸/۴۶ ^a	۴/۳۴ ^a	۰/۶۶ ^a	
	۶۳/۴۳ ^{ab}	۹/۵۸ ^a	۱۲ ^a	۳۱/۴۰ ^{ab}	۱/۸۵ ^{ab}	۱/۳۳ ^a	
	۴۲/۷۶ ^c	۷/۹۰ ^a	۶ ^a	۱۶/۰۵ ^b	۰/۸۵ ^b	۰/۳۳ ^a	
۲۵	۵۳/۲۰ ^{bc}	۷/۸۷ ^a	۷ ^a	۲۵/۶۲ ^{ab}	۱/۷۰ ^{ab}	۰/۳۳ ^a	
	۵۰/۱۱ ^{bc}	۸/۴۴ ^a	۹ ^a	۲۶/۳۳ ^{ab}	۱/۵۸ ^{ab}	۱/۰۰ ^a	

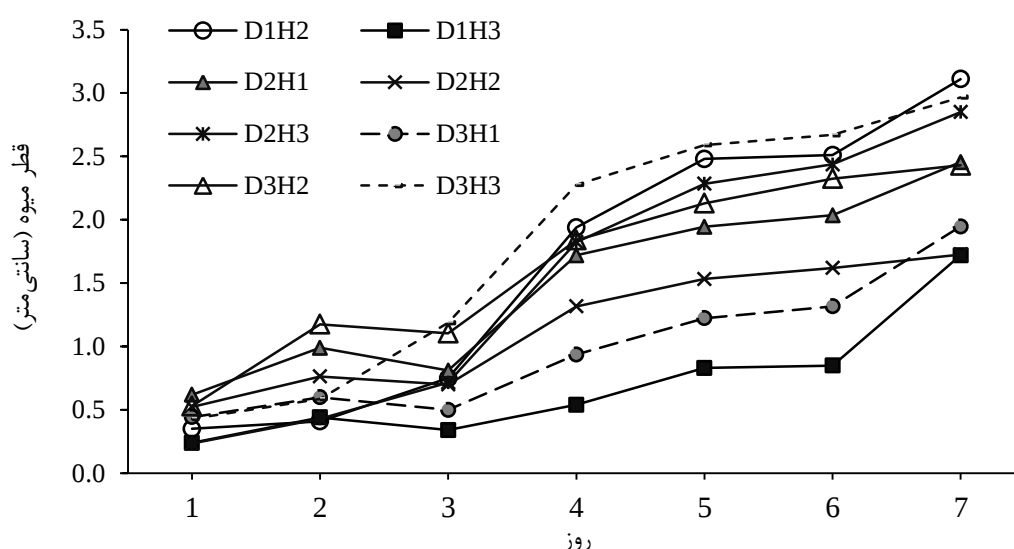
میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- تعداد میوه سالم یا دارای عارضه پوسیدگی در مراحل فیزیولوژیک رشد تحت تیمارهای مختلف ظرفیت زراعی و هیومیک اسید

اسید نسبت به تیمار تنش بدون اعمال هیومیک اسید بیشتر بود و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید نسبت به تیمار شاهد بدون هیومیک اسید روند رشد و قطر نهایی بیشتری داشت (شکل ۲).

بیشترین قطر میوه در ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد و هیومیک اسید ۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۲).
روند رشد میوه و قطر نهایی میوه در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰۰ میلی گرم هیومیک



شکل ۲- نرخ رشد میوه تحت تأثیر تیمارهای مختلف ظرفیت زراعی و هیومیک اسید

آزمایش مشاهده شد که هیومیک اسید در شرایط تنش باعث افزایش معنی دار محتوای کلروفیل می گردد که مشابه این نتایج در بررسی هیومیک اسید بر شاخص های رشدی انگور (*Vitis vinifera* L.) مشاهده شد (Garajian et al., 2011). همچنین در پژوهشی دیگر، محققین مشاهده کردند که تمام تیمارهای اعمال شده هیومیک اسید باعث افزایش معنی دار شاخص کلروفیل توت فرنگی نسبت به تیمار شاهد شد (Garajian et al., 2011). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که وزن تر گیاه پونه کوهی (*Mentha pulegium* L.) با کاربرد دور آبیاری و ایجاد تنش به طور معنی داری کاهش یافته و با کاربرد هیومیک اسید به طور معنی داری در شرایط تنش خشکی وزن تر افزایش می یابد (Said-Al & Hussein, 2010).

بحث

تمام شاخص های مورد مطالعه در این آزمایش (کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره) تحت تأثیر تیمار خشکی کاهش یافت که با نتایج تحقیقات پیشین مطابقت دارد (Garajian et al., 2011). خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود می آورد و با متوقف نمودن گسترش سلول ها و کاهش فشار آماس می تواند بر وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشته و آنها را کاهش دهد. نتایج تحقیق پژوهشی روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان می دهد که تنش خشکی باعث کاهش مقدار نسبی آب می شود (Sharafzadeh & Zare, 2011) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. از سوی دیگر، در این

تر و خشک ریشه در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد شد که می‌توان علت را افزایش جذب عناصر غذایی توسط هیومیک اسید دانست. در تحقیقی دیگر در بررسی تأثیر تنش خشکی و پتاسیم‌هیومات در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) مشاهده کردند که تنش خشکی تعداد دانه، طول دانه، وزن دانه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. با اعمال پتاسیم‌هیومات مقاومت به تنش خشکی افزایش یافت، اثرات تنش بر عملکرد دانه را کاهش داد و دلیل افزایش شاخص‌های رشدی گیاه را افزایش رشد ریشه اعلام کردند (Rafat et al., 2012). همچنین از این ماده در کاهش اثرات تنش شوری در گیاه ذرت استفاده شده و باعث افزایش وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد بدون هیومیک اسید شده است (Khaled & Fawy, 2011). پژوهشگران علت افزایش رشد گیاهان تحت تأثیر هیومیک اسید را افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به مواد معدنی گزارش کردند (Lue & Bohme, 2001). در این آزمایش همچنین بیشترین قطر میوه در شرایط بدون تنش و با اعمال هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. محققین علت افزایش قطر میوه را کاهش فعالیت IAA اکسیداز توسط هیومیک اسید و افزایش میزان اکسین می‌دانند (Garajian et al., 2011). افزایش جزیی در مواد جامد محلول میوه در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید مشاهده شد که با نتایج محققین دیگر مطابقت (Karakurt et al., 2009) داشت. به‌طوری‌که آنها مشاهده کردند که با کاربرد هیومیک اسید، میزان مواد جامد محلول فلفل افزایش می‌یابد (Karakurt et al., 2009). محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش معنی‌داری میزان مواد جامد محلول در دانه‌های انگور شده است (Ferrara et al., 2007). با کاربرد هیومیک اسید در کشت هندوانه

در بررسی اثر هیومیک اسید (۰، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بر محتوای کلروفیل و میزان نشاسته سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) تحت شرایط تنش خشکی (۲۵ و ۴۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت خاک) مشاهده شد که با افزایش اعمال هیومیک اسید تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار شاخص‌های رشدی و شاخص کلروفیل و نشاسته به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. با اعمال هیومیک اسید ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ظرفیت زراعی ۲۵ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد به‌ترتیب باعث افزایش ۲۰ و ۷ درصدی محتوای کلروفیل شد (Selim et al., 2012). در آزمایش حاضر افزایش میزان کلروفیل می‌تواند به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن و منیزیم و همچنین افزایش اکسیژن در دسترس برای ساخت کلروفیل باشد (Nardi et al., 2002). با کاربرد هیومیک اسید بر گیاهچه‌های فلفل و بادمجان قطر ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ساقه و ریشه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (Padem et al., 1999). با کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید افزایش معنی‌دار در وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه گندم مشاهده شد (Sabzevari & Khazae, 2009). این محققین مشاهده کردند که در تیمار محلول‌پاشی ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش وزن شاخساره می‌شود (Garajian et al., 2011). در بررسی اثر متقابل هیومیک اسید و سطوح مختلف آبیاری در گیاه اکاسیا (*Acacia saligna*) مشاهده شد که تیمارهای هیومیک اسید باعث افزایش وزن تر و خشک شاخساره و ارتفاع گیاه در تنش خشکی شده‌اند (El-Khateeb et al., 2011). در این آزمایش در گیاه گوجه‌فرنگی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش ۳۸ و ۴۰ درصدی وزن

مشاهده شد که بیشترین قند میوه در تیمار شش میلی گرم در لیتر هیومیک اسید می‌باشد، همچنین بیشترین شاخص‌های طول میوه، قطر میوه و وزن میوه در این تیمار مشاهده شد (Salman et al., 2005).

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش تنش خشکی باعث کاهش شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی گردید. اثرات مضر تنش خشکی مانند کاهش وزن تر و خشک ریشه و

شاخساره و محتوای کلروفیل به‌وسیله هیومیک اسید تا حدودی بهبود یافت. امروزه هیومیک اسید به‌علت اثرات زیست‌محیطی کمتر نسبت به مصرف کودهای شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است و نیاز به تحقیقات بیشتری در زمینه اثرات این ماده در گیاهان مختلف می‌باشد. تحقیقات اندکی در مورد اثرات کاهنده تنش خشکی توسط هیومیک اسید موجود است و نیاز به تحقیقات بیشتری در زمینه اثرات این ماده آلی در تنش احساس می‌شود.

References

- Albayrak, S. & 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.
- Chowdhury, J. A., Karim, M. A., Khaliq, Q. A., Ahmed, A. U. & Mondol, A. M. (2017). Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 15(2), 163-175.
- El-Khateeb, M. A., El-Leithy, A. S. & Aljemaa, B. A. (2011). Effect of mycorrhizal fungi inoculation and humic acid on vegetative growth and chemical composition of *Acacia saligna* Labill. Seedlings under different irrigation intervals. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 3(3), 283-289.
- Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P. & Ferrara, E. (2007). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. In Proc. of the World Congress of Vine and Wine (Vol. 165).
- Garajian, M., Eshghi, S. & Tafazoli, A. (2011). Effect of humic acid foliar and soil drench application on vegetative and reproductive growth of strawberry (*Fragaria ananasa* Duch cv. Paros). *2th Symposium on national Agriculture and Sustainable Development*, Mar 2-3, Shiraz, Iran. (In farsi)
- Haghighi, S., Nejad, T. S. & Lack, S. (2011). Calculate the growth dynamics of root and shoot of bean plants. *Journal of American Science*, 7, 19-26.
- Hartz, T. K. & Bottoms, T. G. (2010). Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *Horticulture Science*, 45(6), 906-910.
- Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H. & 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(3), 233-237.
- Khaled, H. & Fawy, H. A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6(1), 21-29.
- Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G. & Tan, D. (2019). Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. *Scientific Reports*, 9(1), 1-9.
- Lua, T. H. & Böhme, M. (2001). Influence of humic acid on the growth of tomato in hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, 548, 451-458.

- Mayhew, L. (2004). Humic substances in biological agriculture. *Review ACRES*, 34(1-2), 80-88.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
- Padem, H., Ocal, A. & Alan, R. (1997). Effect of humic acid added to foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. In: Y. Tuzel, S. W. Burrage, B. J. Bailey, A. R. Smith & O. Tuncay (Eds.), *International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates*. (pp. 242-246). ISHS Acta Horticulture, 491.
- Rafat, N., Yarnia, M. & HassanPanah, D. (2012). Effect of drought stress and potassium humate application on grain yield-related traits of corn (cv. 604). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 580-584.
- Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30(1), 105-111.
- Sabzevari, S. & Khazae, H. R. (2009). The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 1(2), 53-63. (In Farsi)
- Said-Al Ahl, H. A. H. & Hussein, M. S. (2010). Effect of water stress and potassium humate on the productivity of oregano plant using saline and fresh water irrigation. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3(1), 125-141.
- Sairam, R. K. & Srivastava, G. C. (2001). Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186(1), 63-70.
- Salman, S. R., Abou-Hussein, S. D., Abdel-Mawgoud, A. M. R. & 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(1), 51-58.
- Selim, E. M., Shedeed, S. I., Asaad, F. F. & El-Neklawy, A. S. (2012). Interactive effects of humic acid and water stress on chlorophyll and mineral nutrient contents of potato plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(1), 531-537.
- Sharafzadeh, S. & Zare, M. (2011). Effect of drought stress on qualitative and quantitative characteristics of some medicinal plants from Lamiaceae family: a review. *Advances in Environmental Biology*, 5(8), 2058-2062.
- Tehranifar, A. & Ameri, A. (2012). Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristics of *Fragaria* × *ananassa* 'Camarosa'. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 6(16), 77-79.
- Teileb, W. M. K. & Mourad, K. H. (2019). Effect of different levels of humic acid and mineral fertilizers on growth and productivity of sunflower. *Journal of Plant Production Sciences*, 8(1), 11-18.
- Van Dyke, A. (2005). Influence of humic substances on irrigation frequency and phosphate absorption of creeping bent grass putting greens. *Plant Nutrition*, 21, 1-15.