

اثر اسید هومیک بر برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک توت‌فرنگی

رقم سلوا در شرایط گلخانه

نفیسه دولتیان^{۱*}، امیر لکزیان^۱، امیر فتوت^۱ و علی تهرانی فر^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۶)

چکیده

افزایش عملکرد گیاهان گلخانه‌ای به علت محدودیت‌های فراوان در استفاده از منابع آب و خاک اهمیت دارد. به‌منظور بررسی تأثیر اسید هومیک بر برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک توت‌فرنگی رقم سلوا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل نوع اسید هومیک (اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی کمپوست، اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی کمپوست به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری)، سه غلظت اسید هومیک (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو روش مصرف (برگ‌پاشی و محلول غذایی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد محصول، کلروفیل و مواد جامد محلول از تیمار برگ‌پاشی با غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده، بیشترین نشت یونی از تیمار برگ‌پاشی با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و مصرف در محلول غذایی به دست آمد. در مجموع، مصرف ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی کمپوست به صورت برگ‌پاشی در بیشتر صفات مورد مطالعه موفق‌تر عمل کرد.

واژه‌های کلیدی: برگ‌پاشی، ورمی کمپوست، کشت گلخانه‌ای، ایندول استیک اسید

مقدمه

می‌کنند، به کم‌آبی و تنش‌های محیطی حساس است. چنانچه دما، رطوبت، خاک و نور در محیط گلخانه به خوبی کنترل شود، می‌توان به مدت ۹ ماه از بوته‌های توت‌فرنگی محصول برداشت کرد. مس در بخش‌های هوایی گیاهان تیمار شده در ارتباط بود. مواد هومیک شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از تجزیه باقی مانده گیاهان و حیوانات حاصل می‌شوند (۲۳). ترکیبات هوموسی مواد آلی دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسید هومیک و اسید فولویک بوده که از منابع

امروزه، با افزایش دانش بشر در زمینه علوم کشاورزی و با توجه به محدودیت‌های فراوان در استفاده از منابع آب و خاک و لزوم حفظ محیط‌زیست از آلودگی‌های کودهای شیمیایی، گرایش به سمت تولیدات گلخانه‌ای محصولات کشاورزی افزایش یافته است. توت‌فرنگی از جمله گیاهانی است که امکان پرورش اقتصادی آن در گلخانه وجود دارد. از آنجا که ریشه‌های توت‌فرنگی در سطح خاک و تا عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری رشد

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: paria_dolatiyan@yahoo.com

مزرعه و گلخانه سبب افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها شد. نتایج به دست آمده از بررسی تأثیر برگ‌پاشی و کوددهی غلظت‌های مختلف اسید هومیک بر کیفیت، رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داد که مقدار مواد جامد محلول نسبت به شاهد افزایش یافت (۴۱). هدف از اجرای آزمایش حاضر، بررسی اثر انواع، غلظت و روش‌های مختلف مصرف اسید هومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی و شناخت مؤثرترین غلظت و روش مصرفی اسید هومیک در پاسخ به این صفات بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر اسید هومیک بر برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک توت‌فرنگی رقم سلوا، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۱، انجام شد.

فاکتورها شامل سه نوع اسید هومیک [اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست (EHA)، اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید (EHA(IAA) و اسید هومیک تجاری (CHA)] و سه غلظت اسید هومیک (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو روش مصرف (برگ‌پاشی و محلول غذایی) طی یک دوره ۵۰ روزه و هر ۱۰ روز یکبار، اعمال شد. با توجه به اثر معنی‌دار غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک تجاری بر جذب عناصر و برخی صفات رویشی و زایشی توت‌فرنگی رقم سلوا (۳۳)، غلظت‌های مورد آزمایش انتخاب شد تا تأثیر این غلظت‌ها بر سایر صفات نیز بررسی شود. در این آزمایش، توت‌فرنگی رقم سلوا استفاده شد که تیپ رشدی چهار فصل است. ارقام چهار فصله بسیار قوی‌الرشد و خزننده بوده و از اواخر اردیبهشت تا اواخر تابستان و گاهی اوایل پاییز میوه می‌دهند. میوه‌ها ریز و به تعداد زیادتری در هر بوته تولید می‌شوند.

مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت و لیگنیت اکسید شده در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت هستند (۱۰). اسید هومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ دالتون و اسید فولویک با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ دالتون به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس‌های نامحلول و کمپلکس‌های محلول با فلزات می‌گردند (۲۱). از مزایای مهم اسید هومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد که سبب افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی می‌شود (۲۱). از اسید هومیک به عنوان کود آلی دوست‌دار طبیعت نام برده شده است (۲۹). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرهای مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (۲۹).

تحقیقات زیادی، افزایش رشد محصولات کشاورزی، از جمله گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی و خیار، در محیط کشت‌هایی که حاوی اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست است را نشان می‌دهند (۱۱). گوتیرز-میسلی و همکاران (۱۷) گزارش کردند که افزودن اسید هومیک سبب افزایش ارتفاع و قطر ساقه گوجه‌فرنگی شد؛ ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ‌ها و عملکرد نداشت و اثرهای مثبت اسید هومیک فقط در برداشت اول ظاهر شد. در آزمایشی، مقدار ۱۰۰۰ میلی‌گرم اسید هومیک بر کیلوگرم خاک سبب افزایش عناصر پر مصرف و کم مصرف در اندام‌های گیاهان گوجه‌فرنگی شد (۳۵). در مطالعه دیگری، کاربرد اسید هومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل در شرایط گلخانه شد (۳۶). همچنین، اسید هومیک با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد گیاه می‌شود (۲۵). شודان (۴۰) دریافت که محلول‌پاشی برگ‌های گندم با اسید هومیک و فولویک در

تهیه اسید هومیک عصاره‌گیری شده و تجاری

به منظور تهیه اسید هومیک از ورمی کمپوست کود گاوی به روش اسید و باز، ورمی کمپوست در هیدروکسید پتاسیم ۰/۱ نرمال با نسبت ۱:۱۰ وزنی- حجمی به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق هضم شد. سپس، قسمت عمده پسماندهای هضم نشده از ورمی کمپوست از حالت محلول توسط سانتریفوژ در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از فیلتراسیون خلأ از کاغذ فیلتر شیشه‌ای جدا شد. مایع رویی فیلتر شده تا pH=۲ به وسیله اسید سولفوریک ۶ نرمال اسیدی شد و ۲۴ ساعت در یک اتاق سرد در تاریکی به منظور فولوکوله شدن اسید هومیک نگه داشته شد. سپس، رسوب اسید هومیک توسط سانتریفوژ در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه جمع‌آوری و سپس سه مرتبه با آب مقطر شسته شده تا باقی مانده اسید سولفوریک حذف شود. سپس، به صورت خشک فریز و به صورت پودر قهوه‌ای آسیاب شد (۳۷). اسید هومیکی که به این روش استخراج شد دارای pH=۷/۵۸، هدایت الکتریکی برابر ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر، ۰/۱۸٪ نیتروژن، ۰/۰۹٪ فسفر و ۰/۲۳٪ پتاسیم بود. اسید هومیک تجاری نیز از شرکت مرک تهیه شد.

اندازه‌گیری صفات

جهت اندازه‌گیری عملکرد کلی، میوه‌های تشکیل شده روی هر بوته هفته‌ای دو بار پس از رسیدن جمع‌آوری شده و به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و یادداشت برداری شدند. به منظور سنجش کلروفیل، از روش هیل و همکاران (۱۹) استفاده شده و مقدار کلروفیل بر اساس فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شد:

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/ml}) = (12.5 \text{ OD } 663) - (2.55 \text{ OD } 645) \quad [1]$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/ml}) = (18.29 \text{ OD } 645) - (2.58 \text{ OD } 663) \quad [2]$$

$$\text{Chl total } (\text{g/ml}) = \text{Chl a} + \text{Chl b} \quad [3]$$

میزان نفوذپذیری غشا با استفاده از نشت یونی بر اساس روش لوتس و همکاران (۲۲) و بر مبنای درصد محاسبه شد. از هر بوته، ۵ میوه اولیه برای بررسی مواد جامد محلول انتخاب شد. میزان مواد جامد محلول میوه‌ها پس از آگیری با استفاده از رفاکتومتر دستی (ایران، ۵۵۳۲۰) اندازه‌گیری شد. در انتها، ریشه‌ها توزین شده و پس از هواخشک شدن، وزن آنها تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک بر صفات

مورد مطالعه

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین تیمارهای مختلف نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک بر توت‌فرنگی رقم سلوا از نظر عملکرد، کلروفیل، نشت یونی، مواد جامد محلول و وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد.

بررسی اثرهای اصلی نوع اسید هومیک نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به دست آمد و بین تیمارهای اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). همچنین،

آماده سازی نمونه‌ها

نشاهای توت‌فرنگی در گلدان‌های دو کیلوگرمی که به وسیله هیپوکلرید سدیم ضدعفونی شده بودند در بستر آبکشت (۴۰٪ کوکوپیت و ۶۰٪ پرلیت) کشت شدند. بعد از کشت، جهت یکسان سازی نشاها، کلیه برگ‌ها، بجز برگ‌های انتهایی، چیده شدند. آبیاری گلدان‌ها ۳ بار در هر روز به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول غذایی هوگلند و به صورت آبیاری قطره‌ای انجام شد. جهت جلوگیری از شور شدن، گلدان‌ها هر ماه یکبار به وسیله آب مقطر شستشو داده شدند. دمای گلخانه طی دوره آزمایش، (۲±۲۲) و (۲±۱۸) درجه سلسیوس در روز و شب بود.

جدول ۱. اثر نوع اسید هومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی

نوع اسید هومیک	عملکرد (گرم)	کلروفیل ($\mu\text{g/ml}$)	نشت یونی (%)	مواد جامد محلول	وزن خشک ریشه (گرم)
EHA	۱۵۶/۳a	۳/۴۴۲a	۱۶/۹۳b	۴/۵۵۶a	۸/۲۰۴b
CHA	۱۲۵/۸b	۳/۱۷۱b	۲۰/۰۳a	۴/۰۸۳b	۸/۸۱۸b
EHA (IAA)	۱۳۱/۷b	۲/۹۷۴b	۲۱/۷۲a	۴/۱۱۱b	۹/۳۸۲a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۲. اثر غلظت اسید هومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی

غلظت اسید هومیک	عملکرد (گرم)	کلروفیل ($\mu\text{g/ml}$)	نشت یونی (%)	مواد جامد محلول	وزن خشک ریشه (گرم)
صفر میلی‌گرم در لیتر	۷۱/۱۸b	۲/۱۹۶c	۲۳/۸۳a	۳/۹۱۷b	۵/۹۲۸c
۱۵ میلی‌گرم در لیتر	۱۷۶/۳a	۳/۹۳۹a	۱۸/۱۳b	۴/۶۶۷a	۹/۶۰۴b
۳۰ میلی‌گرم در لیتر	۱۶۶/۴a	۳/۴۵۲b	۱۶/۸۵b	۴/۱۶۷b	۱۰/۸۷a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۳. اثر روش مصرف اسید هومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی

روش مصرف	عملکرد (گرم)	کلروفیل ($\mu\text{g/ml}$)	نشت یونی (%)	مواد جامد محلول	وزن خشک ریشه (گرم)
برگ‌پاشی	۱۲۷/۴b	۳/۲۲۵a	۱۹/۸۳a	۴/۴۸۱a	۸/۱۸۲b
محلول غذایی	۱۴۸/۵a	۳/۱۶۶a	۱۹/۲۸a	۴/۰۱۹b	۹/۵۸۴a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

تولید و کیفیت میوه گردید. ییلدیریم (۴۱) در مطالعات خود، تأثیر برگ‌پاشی و کوددهی غلظت‌های مختلف اسید هومیک را بر کیفیت، رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که عملکرد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است. همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، اسید هومیک سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت‌گراس شد و در نتیجه تجمع ماده خشک و عملکرد را افزایش داد (۲۵).

مقایسه میانگین نوع تیمار اسید هومیک نشان داد که بیشترین کلروفیل از تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به دست آمد و اختلاف معنی‌داری بین تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری وجود نداشت (جدول ۱). از نظر غلظت، بیشترین کلروفیل برگ به تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم

بیشترین عملکرد از تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۲). بررسی روش‌های مصرف اسید هومیک نشان داد که استفاده از اسید هومیک در محلول غذایی می‌تواند مؤثرتر عمل کند (جدول ۳). در یک آزمایش مزرعه‌ای، با بررسی اثر ترکیب هومیک استخراج شده از لیگنیت اکسید شده بر عملکرد گوجه‌فرنگی، پنبه و انگور مشخص شد که اسید هومیک، متوسط عملکرد گوجه‌فرنگی و پنبه را به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و همچنین در ارقام مختلف انگور افزایش عملکرد از ۳ تا ۷۰ درصد نسبت به شاهد گزارش شد (۱۳). عبدال موگود و همکاران (۷) نسبت‌های مختلف اسید هومیک را روی گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که سطح هورمون‌های داخلی با تیمار اسید هومیک افزایش یافته، که منجر به بهبود

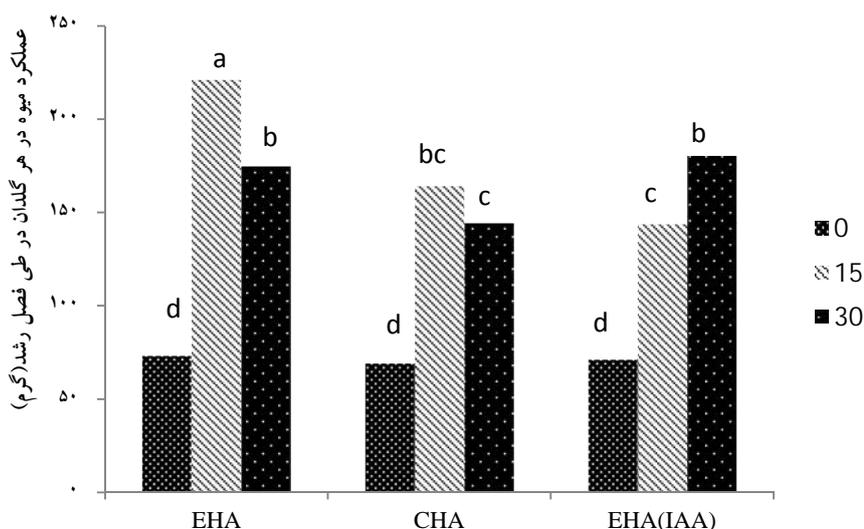
در لیتر تعلق داشت (جدول ۲). در تیمارهای روش مصرف اسید هومیک، اگرچه بین دو تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی میزان کلروفیل در تیمار مصرف به صورت برگ‌پاشی بیشتر از تیمار مصرف در محلول غذایی بود (جدول ۳). راوسان و شنیتزر (۲۸) طی تحقیقات خود پی بردند که کاربرد اسید هومیک در محلول غذایی هوگلند سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز توسط خیار شد که افزایش جذب آهن و منگنز را می‌توان دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل برگ دانست. این محققین بیان کردند که مواد هومیک با افزایش مساحت سطحی ریشه و تارهای کشنده و با دارا بودن سطوح فعال، سبب افزایش نفوذپذیری غشا و جذب عناصر می‌شوند. همچنین، فعالیت هورمون مانند این مواد و کمپلکس شدن با یون‌های فلزی؛ انتقال مواد مغذی در طول بوته، حلالیت و فراهمی عناصر را افزایش می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین اثر نوع اسید هومیک (جدول ۱) نشان داد که تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید به دست آمد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تأثیر غلظت مصرف اسید هومیک بر وزن خشک ریشه نشان داد که با افزایش غلظت، وزن خشک ریشه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. به صورتی که کمترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار غلظت صفر و بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۲). همچنین، با توجه به جدول ۳، بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار روش مصرف در محلول غذایی می‌باشد. برخی از محققین از جمله ابوعلی و میدی (۸) و ناردی و همکاران (۲۵) نشان دادند که مواد هومیک ریشه‌دهی را به دلیل فعالیت‌های اکسین مانند افزایش می‌دهد. همچنین، بعضی از محققین، اسید هومیک را عامل افزایش اکسین دانسته‌اند (۲ و ۸). اکسین‌ها گروهی از هورمون‌های گیاهی هستند که باعث تولید ریشه و آثار دیگر می‌گردند (۴). افزایش تراوایی غشای سلول، جذب اکسیژن، تنفس، فتوسنتز و طول شدن سلول ریشه به وسیله ترکمن و همکاران (۳۶) نیز ذکر شده است.

در لیتر تعلق داشت (جدول ۲). در تیمارهای روش مصرف اسید هومیک، اگرچه بین دو تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی میزان کلروفیل در تیمار مصرف به صورت برگ‌پاشی بیشتر از تیمار مصرف در محلول غذایی بود (جدول ۳). راوسان و شنیتزر (۲۸) طی تحقیقات خود پی بردند که کاربرد اسید هومیک در محلول غذایی هوگلند سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز توسط خیار شد که افزایش جذب آهن و منگنز را می‌توان دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل برگ دانست. این محققین بیان کردند که مواد هومیک با افزایش مساحت سطحی ریشه و تارهای کشنده و با دارا بودن سطوح فعال، سبب افزایش نفوذپذیری غشا و جذب عناصر می‌شوند. همچنین، فعالیت هورمون مانند این مواد و کمپلکس شدن با یون‌های فلزی؛ انتقال مواد مغذی در طول بوته، حلالیت و فراهمی عناصر را افزایش می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین اثر نوع اسید هومیک (جدول ۱) نشان داد که تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید دارای بیشترین نشت یونی بود و با تیمار اسید هومیک تجاری اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین، کمترین نشت یونی مربوط به اسید هومیک عصاره‌گیری شده بود که نشان‌دهنده تأثیر بهتر این تیمار بر کاهش پارگی سلول‌ها بود. با مقایسه میانگین‌های تیمارهای غلظت اسید هومیک (جدول ۲) مشخص شد که بیشترین نشت یون مربوط به تیمار غلظت بدون اسید هومیک بود. نتایج به دست آمده از آزمایش تأثیر نوع مصرف اسید هومیک بر نشت یونی (جدول ۳) نشان می‌دهد که تیمار مصرف به صورت برگ‌پاشی، درصد نشت یونی بیشتری دارد؛ اگرچه از این نظر با تیمار مصرف در محلول غذایی اختلاف معنی‌داری ندارد.

در بررسی اثر اصلی نوع مصرف اسید هومیک بر مواد جامد محلول، تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست دارای بیشترین مواد جامد محلول نسبت به سایر تیمارها بود (جدول ۱). در میان تیمارهای غلظت، تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم



شکل ۱. اثر نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر عملکرد توت‌فرنگی

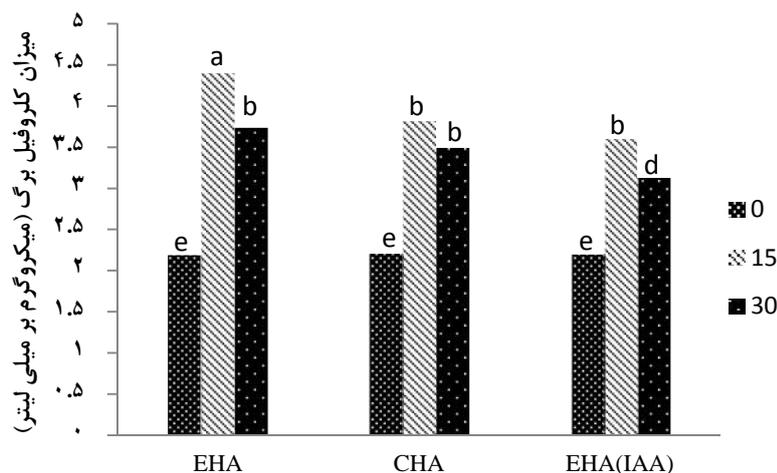
توت‌فرنگی شد، که این افزایش فسفر می‌تواند عملکرد توت‌فرنگی را افزایش دهد.

نتایج سنجش کلروفیل برگ نیز نشان از افزایش کلروفیل با افزودن اسید هومیک دارد. بیشترین میزان کلروفیل مربوط به تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده بود که با سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری (p = ۰/۰۵) نشان داد (شکل ۲). این یافته‌ها با نتایج سایر محققین در خصوص تأثیر اسید هومیک بر رشد گیاهان مطابقت دارد، به طوری که تحقیقات نشان داده که در گیاه بنت‌گراس کشت شده در محلول هوگلند، با افزودن اسید هومیک عصاره‌گیری شده از لیگنیت، سرعت فتوسنتز و زیست‌توده ریشه به طور معنی‌داری با افزایش غلظت اسید هومیک افزایش یافت (۳۱). رهی و همکاران (۳) اعلام نمودند که تأثیرپذیری کلروفیل a، b و کل از غلظت‌های مختلف اسید هومیک مبین مؤثر بودن این کود است. ژانگ و همکاران (۴۴) اثر اسید هومیک بر صنوبر را مطالعه نمودند. نتایج آنها نشان داد که افزایش آب و استفاده از اسید هومیک سبب افزایش میزان کلروفیل در غلظت‌های مختلف شده است. اوزدامار اونلو و همکاران (۲۶) تأثیر برگ‌پاشی و مصرف در خاک غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌لیتر در لیتر اسید هومیک را بر خیار در شرایط گلخانه

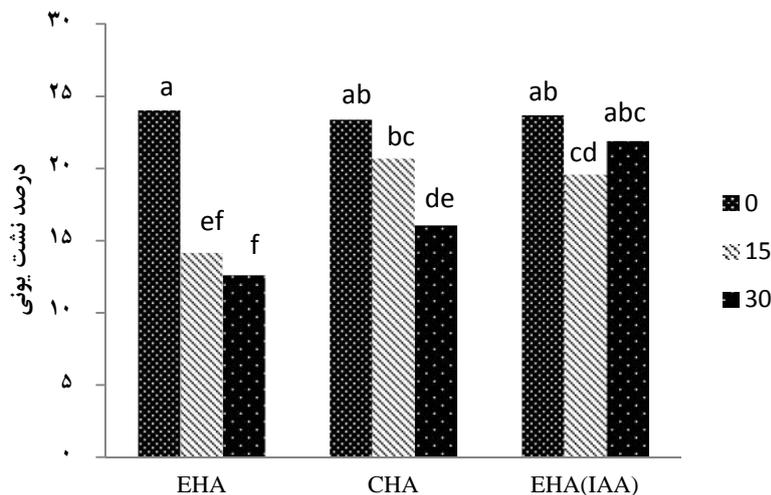
اثر متقابل نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر صفات مورد مطالعه

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اثر متقابل نوع و غلظت اسید هومیک بر توت‌فرنگی رقم سلوا از نظر عملکرد، کلروفیل، نشت یونی، مواد جامد محلول و وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ دارد.

بنا بر نتایج به دست آمده از شکل ۱، مقایسه تیمارهای مختلف اثر متقابل نوع و غلظت مصرف اسید هومیک نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار مصرف ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست است. اثرهای متقابل بین گرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها می‌توانند مقادیر قابل توجهی هورمون‌های رشد اسید هومیک تولید کنند که به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی عمل می‌کنند (۱۲). در ارتباط با اثرهای مفید ترکیبات هومیک بر بهبود رشد گیاهان گزارش شده که غلظت‌های کم اسید هومیک، رشد گیاهان را به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۶ و ۳۸). پیلانال و کاپلن (۲۷) اعلام کردند که استفاده از اسید هومیک به صورت کودآبیاری در طیف ۲۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ میلی‌لیتر بر هکتار در ماه سبب افزایش فسفر در



شکل ۲. اثر نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر کلروفیل



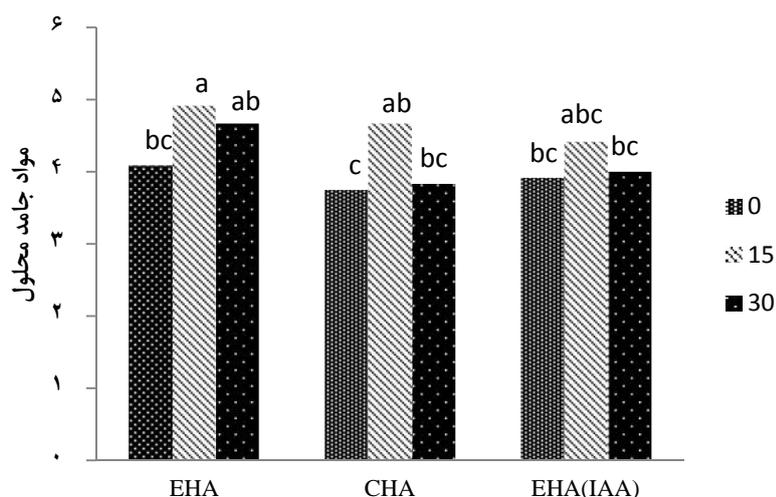
شکل ۳. اثر نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر درصد نشت یونی

غلظت‌های مختلف (۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اسید هومیک با منشأ لئوناردیت بر نشت یونی گیاه ژبررا بررسی شد، نتایج نشان داد که اسید هومیک توانست به طور معنی‌داری نفوذپذیری غشا را حفظ کند و از نشت یونی از غشای یاخته‌ای جلوگیری کند (۶).

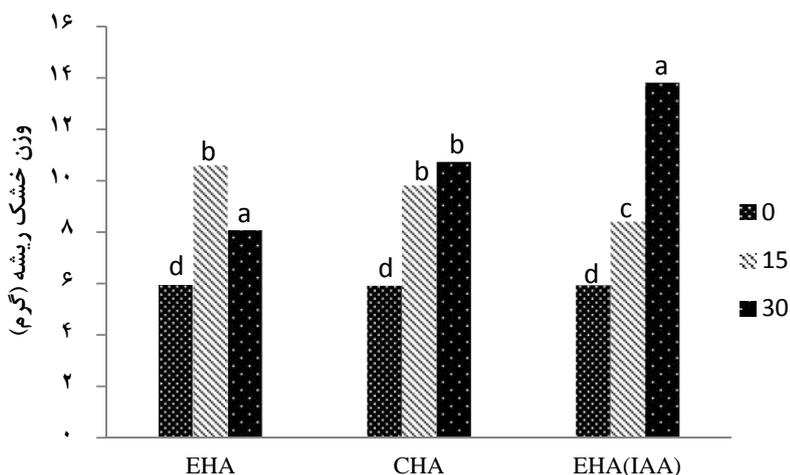
بنا بر نتایج به دست آمده از شکل ۴، اثر متقابل نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر میزان مواد جامد محلول نیز معنی‌دار بوده است. بیشترین مقدار مواد جامد محلول از تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به

آزمایش کردند. نتایج نشان داد اگرچه کلروفیل در کلیه تیمارها نسبت به شاهد بهبود پیدا کرد، ولی تیمار غلظت ۲۰ میلی‌لیتر در لیتر و مصرف به هر دو روش برگ‌پاشی و مصرف در خاک، میزان کلروفیل بیشتری نشان داد.

نتایج به دست آمده از شکل ۳ که نشان دهنده اثر متقابل نوع و غلظت اسید هومیک است، نشان می‌دهد که بیشترین درصد نشت یونی از تیمارهای غلظت صفر اسید هومیک و کمترین درصد نشت یونی از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به دست آمد. در آزمایشی، اثر



شکل ۴. اثر نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر میزان مواد جامد محلول



شکل ۵. اثر نوع و غلظت مصرف اسید هومیک بر وزن خشک ریشه

گوجه‌فرنگی، بیشترین مقدار قند از این تیمار به دست آمد که مطابق نتایج این آزمایش است (۳۴).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن خشک ریشه (شکل ۵) نشان می‌دهد که اثر متقابل نوع و غلظت اسید هومیک تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ بر وزن خشک ریشه دارد. بیشترین وزن خشک ریشه توت‌فرنگی از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و کمترین وزن خشک ریشه از تیمار غلظت صفر اسید هومیک تجاری و عصاره‌گیری شده به

دست آمد که با تیمارهای ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده، ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک تجاری و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید اختلاف معنی‌دار نداشت. اثر غلظت‌های مختلف اسید هومیک بر مواد جامد محلول کاهوی رقم Lollo rossa معنی‌دار بود؛ اما در رقم Javelina این تیمارها تأثیرگذار نبودند. با وجود معنی‌دار نبودن، با افزایش غلظت اسید هومیک، مقدار مواد جامد محلول در هر دو رقم افزایش یافت (۵). در بررسی تأثیر اسید هومیک تجاری بر رشد

جدول ۴. اثر نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی

وزن خشک ریشه (گرم)	مواد جامد محلول	نشت یونی (%)	کلروفیل (µg/ml)	عملکرد (گرم)	روش مصرف	غلظت	نوع اسید هومیک
۶/۰۶۶de	۴/۱۶۷b-e	۲۴/۰۲b	۲/۱۸۲e	۷۶/۲۴e	برگ‌پاشی	۰	EHA
۵/۸۱۳e	۴/۰۰۰b-e	۲۴/۰۳b	۲/۱۹۴e	۷۰/۳۶e	محلول غذایی	۰	
۱۲/۵۶۰b	۵/۵۰۰a	۱۴/۷۵cd	۴/۵۸۱a	۲۴۶/۴۰a	برگ‌پاشی	۱۵	
۸/۶۲۹c	۴/۳۳۳a-e	۱۳/۵۵d	۴/۲۲۱a	۱۹۵/۹۰b	محلول غذایی	۱۵	
۸/۴۳۹c	۴/۶۶۷a-d	۱۱/۷۷d	۴/۲۱۷a	۱۹۳/۲۰b	برگ‌پاشی	۳۰	CHA
۷/۸۱۹cde	۴/۶۶۷a-d	۱۳/۴۲d	۳/۲۵۶bcd	۱۵۵/۹۰cd	محلول غذایی	۳۰	
۵/۷۸۹e	۴/۱۶۷b-e	۲۳/۶۵b	۲/۱۳۷e	۷۰/۳۲e	برگ‌پاشی	۰	
۶/۰۴۴de	۳/۳۳۳e	۲۳/۰۹b	۲/۲۷۱e	۶۷/۸۱e	محلول غذایی	۰	
۷/۸۲۸cd	۴/۳۳۳a-e	۱۸/۲۳c	۳/۱۲۷cd	۱۴۸/۶۰cd	برگ‌پاشی	۱۵	EHA (IAA)
۱۱/۷۹۰b	۵/۰۰۰abc	۲۳/۱۱b	۴/۵۰۷a	۱۷۹/۵۰bc	محلول غذایی	۱۵	
۵/۹۵۲de	۴/۰۰۰b-e	۱۸/۵۰c	۳/۶۹۸b	۴۶/۲۳e	برگ‌پاشی	۳۰	
۱۵/۵۰۰a	۳/۶۶۷de	۱۳/۶۲d	۳/۲۸۷bcd	۲۴۲/۳۰a	محلول غذایی	۳۰	
۵/۹۲۷de	۴/۱۶۷b-e	۲۳/۸۳b	۲/۱۵۹e	۷۳/۲۸e	برگ‌پاشی	۰	EHA (IAA)
۵/۹۲۸de	۳/۶۶۷de	۲۳/۵۶b	۲/۲۳۲e	۶۹/۰۸e	محلول غذایی	۰	
۷/۹۰۲cd	۵/۱۶۷ab	۱۳/۳۷d	۳/۶۱۹bc	۱۳۸/۴۰d	برگ‌پاشی	۱۵	
۸/۹۱۴c	۳/۶۶۷de	۲۵/۷۸b	۳/۵۷۷bc	۱۴۸/۹۰cd	محلول غذایی	۱۵	
۱۱/۷۰۰b	۴/۱۶۷b-e	۳۰/۴۲a	۳/۳۰۶bcd	۱۵۴/۲۰cd	برگ‌پاشی	۳۰	EHA (IAA)
۱۵/۹۲۰a	۳/۸۳۳cde	۱۳/۳۸d	۲/۹۵۰d	۲۰۶/۴۰b	محلول غذایی	۳۰	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

می‌تواند باعث توسعه ریشه ذرت شود و نسبت وزن تازه و خشک ریشه را افزایش دهد. نتایج حاصل از بررسی اثر اسید هومیک بر صنوبر نشان داد که با افزایش آب و استفاده از اسید هومیک، فعالیت و وزن ریشه در غلظت‌های مختلف افزایش یافته است (۴۴).

اثر متقابل نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک بر صفات مورد مطالعه

اثر متقابل سه فاکتور بر عملکرد توت‌فرنگی در جدول ۴ نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ از نظر عملکرد، کلروفیل، نشت یونی، مواد جامد محلول و وزن خشک ریشه است.

بیشترین عملکرد مربوط به تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست و استفاده

دست آمد. تأثیر دو نوع اسید هومیک به ترتیب با منشأ پیت و لئوناردیت در نسبت‌های ۵۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بر رشد و عناصر معدنی گیاهان گوجه‌فرنگی در کشت هیدروپونیک مورد آزمایش قرار گرفت (۹). نتایج نشان داد که اسید هومیک عصاره‌گیری شده از پیت، مخصوصاً در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن تر و خشک ریشه را تحریک کرد و اسید هومیک عصاره‌گیری شده از لئوناردیت تأثیر مثبتی در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر رشد ریشه و ساقه داشته است. رهی و همکاران (۳) نشان دادند که غلظت‌های مختلف اسید هومیک توانست طول و وزن تر و خشک ریشه را افزایش دهد. طبق تحقیق کوردیرو و همکاران (۱۵)، اسید هومیک می‌تواند تأثیر مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته باشد و باعث توسعه ریشه و ریشه‌های جانبی گردد. آنها تأثیر اسید هومیک را روی رشد ریشه ذرت مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که اسید هومیک با غلظت ۳ میلی‌مولار در حضور غلظت‌های کم و زیاد نیترات

به صورت برگ‌پاشی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک تجاری و مصرف در محلول غذایی ندارد. آرانکون و همکاران (۱۲) اعلام کردند که اثرهای مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی به علت فراهمی بیشتر عناصر غذایی نبوده است؛ بلکه تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر هورمون‌ها و تأثیر غیر مستقیم اسید هومیک (با افزایش جمعیت میکروبی) از عوامل مهم در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی بوده است. برای اثبات این فرض، آزمایش دیگری طراحی شد و مقدار کمی اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست به بستر کشت توت‌فرنگی افزوده شد. مشاهده گردید که الگوی رشد با اسید هومیک متفاوت از الگوی رشد با افزودن مواد غذایی است (۱۲). در آزمایشی، تأثیر مصرف اسید هومیک تجاری به تنهایی و با مصرف ایندول استیک اسید بر فلغل در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد و مشاهده گردید که مصرف همزمان دو اسید سبب کاهش تعداد میوه و گل می‌شود. حبیبی و همکاران (۲) نیز افزایش ۲۶/۲۱ درصدی را در عملکرد دانه گندم با اعمال تیمار اسید هومیک نسبت به شاهد نشان دادند.

در بین تیمارهای اثر متقابل نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک از نظر میزان کلروفیل برگ تازه، تیمار ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده و مصرف به صورت برگ‌پاشی دارای بیشترین میزان کلروفیل بود که از این نظر با تیمار ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده و مصرف در محلول غذایی، تیمار ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده و مصرف در محلول غذایی و تیمار ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک تجاری و مصرف در محلول غذایی اختلاف معنی‌داری نداشت. نتایج این پژوهش با نتایج ناردی و همکاران (۲۴) در توافق است که بیان کردند استفاده از اسید هومیک و فولویک، چه به صورت کاربرد در محلول غذایی و چه به صورت اسپری، می‌تواند با افزایش کلروفیل موجب افزایش فتوسنتز و تنفس شود. شاید دلیل افزایش میزان کلروفیل، ویژگی‌های شبه‌سیتوکینینی این مواد باشد که موجب

تأخیر در پیری و کاهش میزان تخریب کلروپلاست‌ها نیز می‌شوند. نتایج پژوهش چن و همکاران (۱۴) روی گیاه چمنی آگروستیس خزنده نشان داد که با استفاده از مواد هومیک، مقدار کلروفیل به دلیل تأمین عناصر کم مصرف، از جمله آهن و روی، بیشتر است. اسید هومیک و اسید استیک با افزایش غلظت آهن و کاهش pH شیره سلولی سبب بهبود کارایی عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز و مواد حاصل از آن می‌شوند. نتایج حاصل از این آزمایش هم نشان داد که با افزایش غلظت اسید هومیک، pH آب میوه کاهش یافت. در این رابطه، تدین و رستگار (۱) گزارش نمودند که برای انتقال آهن از غشاء سلولی، احیای آهن سه ظرفیتی ضروری می‌باشد که خود توسط آنزیم ریداکتاز آهن سه ظرفیتی واقع بر غشاء سلولی فعال می‌گردد. فعالیت این سیستم به pH بستگی دارد و با اندکی افزایش pH، به شدت از فعالیت آن کاسته می‌شود. این فرض به صورت همبستگی منفی معنی‌دار بین pH آپوپلاست برگ و میزان کلروز آهن برگ که به صورت کلروفیل اندازه‌گیری می‌شود تأیید شده است. به طوری که گزارش شده که کاهش pH آپوپلاست برگ توسط محلول پاشی اسید هومیک سبب رفع کلروز ناشی از کمبود آهن و حفظ کلروفیل برگ می‌گردد.

بررسی مقایسه میانگین اثرهای متقابل سه فاکتور نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک بر نشت یونی حاکی از آن است که اگرچه بیشترین نشت یونی در برگ مربوط به تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید است، ولی اسید هومیک در هر دو نوع تجاری و عصاره‌گیری شده سبب کاهش نشت یونی نسبت به عدم مصرف آن شده است (جدول ۴). ژانگ و اروین (۴۳) در مطالعات خود، بهبود فعالیت غشای یاخته‌ای را به فعالیت شبه هورمونی اسید هومیک نسبت دادند که همراه با افزایش غلظت اسید هومیک، افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، کلسیم، با اتصال به فسفولیپیدهای غشا، استحکام و یکپارچگی غشا را حفظ کرده و از نشت یونی جلوگیری می‌کند (۱۸)، که در پژوهش‌های مختلف در مورد اثر اسید هومیک بر جذب

چمن کرپینگ بنت‌گراس نشان داده شد که این گیاهان در تیمار با اسید هومیک، میزان فتوسنتز بیشتر و توده ریشه بیشتری داشتند (۲۰، ۴۲ و ۴۳).

نتیجه‌گیری

به منظور بررسی تأثیر اسید هومیک بر برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک توت‌فرنگی رقم سلوا، آزمایشی شامل سه نوع اسید هومیک (اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست، اسید هومیک عصاره‌گیری شده از ورمی‌کمپوست به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری) و سه غلظت اسید هومیک (صفر، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو روش مصرف (برگ‌پاشی و محلول غذایی) طی یک دوره ۵۰ روزه و هر ۱۰ روز یکبار، اعمال شد.

بررسی اثرهای اصلی نوع اسید هومیک نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به دست آمد و بین تیمارهای اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین عملکرد از تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. بررسی روش‌های مصرف اسید هومیک نشان داد که استفاده از اسید هومیک در محلول غذایی مؤثرتر عمل کرد.

بیشترین کلروفیل از تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به دست آمد و اختلاف معنی‌داری بین تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و اسید هومیک تجاری وجود نداشت. از نظر غلظت، بیشترین کلروفیل برگ به تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر تعلق داشت.

تیمار اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید دارای بیشترین نشت یونی بود و با تیمار اسید هومیک تجاری اختلاف معنی‌داری نداشت. مقایسه میانگین‌های تیمارهای غلظت اسید هومیک مشخص کرد که

کلسیم در شرایط هیدروپونیک تولید گوجه‌فرنگی گزارش شده است (۳۵). سانچز-کانده و اورتگا (۳۰) نیز نتایج مشابهی را در کشت هیدروپونیک فلفل در مورد کلسیم و پتاسیم گزارش نمودند.

اثرهای متقابل سه فاکتور بر مواد جامد محلول در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین مواد جامد محلول مربوط به تیمار غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده و مصرف به صورت برگ‌پاشی می‌باشد. نتایج به دست آمده از آزمایش بررسی تأثیر برگ‌پاشی و کوددهی غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر در لیتر اسید هومیک بر کیفیت گوجه‌فرنگی نشان داد که هر دو روش و غلظت مصرفی سبب افزایش مقدار مواد جامد محلول نسبت به شاهد شد (۴۱). اوزدامار اونلو و همکاران (۲۶) در آزمایشی، تأثیر برگ‌پاشی و مصرف در خاک غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌لیتر در لیتر اسید هومیک را بر خیار در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مواد جامد محلول از تیمار غلظت ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر و مصرف به صورت برگ‌پاشی به دست آمد.

اعمال تیمارهای مختلف نوع، غلظت و روش مصرف اسید هومیک سبب افزایش وزن خشک ریشه گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به وزن ریشه نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید و مصرف در محلول غذایی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هومیک تجاری و مصرف در محلول غذایی نداشت. ترکمن و همکاران (۳۵) نشان دادند که افزایش میزان اسید هومیک به طور معنی‌داری مقادیر عناصر میکرو و ماکرو، از جمله نیتروژن، در ساقه و ریشه را افزایش داد. افزایش نیتروژن از مهمترین عناصر افزایش وزن خشک ریشه و ساقه است. شبیه این نتیجه را راوتان و اشنیتزر (۲۸) با مطالعه ارقام خیار که در محلول هوگلدن دارای اسید هومیک با غلظت ۲۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پرورش دادند به دست آوردند. در تحقیقات مختلف روی

بیشترین نشت یونی مربوط به تیمار غلظت بدون اسید هومیک
 دست آمد. کمترین وزن خشک ریشه مربوط به تیمار غلظت
 صفر و بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار غلظت ۳۰ میلی‌گرم
 در لیتر اسید هومیک به دست آمد
 بیشترین وزن خشک ریشه از تیمار اسید هومیک
 عصاره‌گیری شده به همراه ۱۰ میلی‌گرم ایندول استیک اسید به

منابع مورد استفاده

۱. تدین، م. س و ح. رستگار. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی اسید سولفوریک بر کلروز آهن درخت پرتقال در یک خاک آهکی. مجله علوم خاک و آب، ویژه‌نامه باغبانی، ۱۲: ۲۵-۳۱.
۲. حبیبی، د. د. فتح‌اله طالقانی، م. داودی فرد، ع. پازوکی و ف. چمانی. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تنش شوری بر روی رشد و تغییرات فیتوهورمونی گندم تلقیح شده با باکتری محرک رشد و اسید هومیک. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۳(۴): ۳۵۰-۳۶۷.
۳. رهی، ع. م. داودی فرد، ف. عزیزی و د. حبیبی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیرات مختلف هومیک اسید و مطالعه روند منحنی‌های پاسخ *Dactylis glomerata* در زمینه زراعت و اصلاح نباتات ۸(۳): ۱۵-۲۸.
۴. فهیمی، ح. ۱۳۷۷. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.
۵. کمری شاهملکی، س. غ. پیوست و ج. الفتی. ۱۳۸۹. تأثیر اسید هومیک بر خصوصیات رویشی و جذب عناصر غذایی کاهو در سیستم لایه نازک محلول غذایی. نشریه علوم باغبانی مشهد ۲۴(۲): ۱۴۹-۱۵۳.
۶. نیکبخت، ع. م. کافی، م. بابالار، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم زاده معبود و پ. پ. شیا. ۱۳۸۶. اثر اسید هومیک بر جذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۸(۴): ۲۳۷-۲۴۸.
7. Abdel-Mawgoud, A.M.R., N.H.M. El-Greadly, Y.I. Helmy and S.M. Singer. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and fertilization. J. Appl. Sci. Res. 3: 169-174.
8. Abou-Aly, H.E. and M.A. Mady. 2009. Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. J. Ann. Agric. Sci. 47(1): 1-12.
9. Adani, F., P. Genevini, P. Zaccheo and G. Zocchi. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. J. Plant Nutr. 21(3): 561-575.
10. Albayrak, S. and N. Camas. 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.). J. Agron. 4(2): 130-133. Seba
11. Arancon, N.Q., S. Lee, C.A. Edward, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2003. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 145-153.
12. Arancon, N.Q., S. Lee, C.A. Edward and R. Byrne. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur. J. Soil Biol. 42: 65-69.
13. Brown, P.H., I. Cakmak and Q. Zhang. 1993. Form and function of zinc in plants. PP. 93-106. In: Robson, A.D. (Ed.), Zinc in Soils and Plants, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
14. Chen, Y., C. E. Clapp, H. Magen and V.W. Cline. 1999. Stimulation of plant growth by humic substances: Effects on iron availability. PP. 255-263. In: Ghabbour, E.A. and G. Davies (Eds.), Understanding Humic Substances, Royal Society of Chemistry, Cambridge.
15. Cordeiro, F.C., C.S. Catarina, V. Silveira and S.R. De Souza. 2011. Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays*). Biosci., Biotechnol. Biochem. 75(1): 70-74.
16. Gu, X., X. Wang, Z. Gu, L. Dai and Y. Chen. 2001. Effects of humic acid on speciation and bioavailability to wheat of rare earth elements in soil. Chem. Speci. Bioavail. 13(3): 83-88. Xuenyuan
17. Gutierrez-Miceli, F.A., J. Santiago-Borraz, J.A. Montes-Molina, C.C. Nafate, M. Abud-Archila, M.A. Oliva Llaven, R. Rincón-Rosales and L. Dendooven. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Bioresour. Technol. 98: 2781-2786. Federu
18. Hepler, P.K. 2005. Calcium: A central regulator of plant growth and development. Plant Cell 17: 2142-2155.
19. Hill, J., F. Verheggen, P. Roelvink, H. Fernssen, A. Vankammen and K. Zabel. 1985. Bleomycin resistance: A new dominant selectable marker for plant cell transformation. Plant Mol. Biol. 7: 171-176.
20. Liu, C.R., J. Cooper and D.C. Bowman. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. Hort. Sci. 33: 1023-1025.

21. Liu, C. and R.J. Cooper. 2000. Humic substances influence creeping bentgrass growth. *Golf Course Manage.* pp. 49-53.
22. Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *J. Exp. Bot.* 46: 1843-1852.
23. MacCarthy, P. 2001. The principles of humic substances. *Soil Sci.* 166: 738-751.
24. Nardi, S., D. Pizzeghello, F. Reniero and N. Rascio. 2000. Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 639-645.
25. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 34: 1527-1536.
26. Ozdamar unlu, H., H. Unlu, Y. Karakurt and H. Padem. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. *Sci. Res. Essays* 6(13): 2800-2803.
27. Pilanal, N. and M. Kaplan. 2003. Investigation of effects on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. *J. Plant Nutr.* 26(4): 835-843.
28. Rauthan, B.S. and M. Schnitzer. 1981. Effect of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63: 491-495.
29. Samavat, S. and M. Malakuti. 2005. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality of agriculture productions. *Water Soil Res. Tech.* 463: 1-13.
30. Sanchez-Conde, M.P. and C.B. Ortega. 1968. Effect of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. PP. 745-755. In: *Control de la Fertilizacion de las Plantas Cultivadas*, 2. Col. Evt. Medit. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla, Spain.
31. Sharif, M. 2002. Effect of lignitic cool derived HA on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil. PhD Thesis, NWFP Agricultural University, Peshawar, Pakistan.
32. Siam, H.S., M.R. Abd El-Moez and S.M. El-Ashry. 2008. Responce of lettuce followed by sorghum to application of different types of phosphorus, compost and sulfur. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 2(3): 447- 457.
33. Tehranifar, A. and A. Ameri. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristics of *Fragaria ananassa* var: Camarosa. *J. Biol. Environ. Sci.* 6: 77-79. Ameri
34. Thi Lua, H. and M. Bohme. 2001. The influence of humic acid on tomato in hydroponic system. *Acta Hort.* 548: 451-458.
35. Turkman, O., A. Dursun, M. Turan and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedling under saline soil conditions. *Acta Agric. Scandi., Section B- Plant Soil Sci.* 54(3): 168-174.
36. Turkman, O., S. Demr, S. Ensoy and A. Dursun. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *J. Biol. Sci.* 5(5):565-574.
37. Valdrighi, M.M., A. Pear, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: A comparative study. *Agric. Ecosys. Environ.* 58: 133-144.
38. Vaughan, D. and D. Linehan. 1976. The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. *Plant Soil* 44: 445-449.
39. Vaughan, D. and R.E. Malcolm. 1995. Influence of humic substances on growth and physiological processes. PP. 37-75. In: Vaughan, D. and R.E. Malcolm (Eds.), *Soil Organic Matter and Biological Activity*, Marbus Nijhof (Dr. W. Junk Publ.), Dordrecht.
40. Xudan, X. 1986. The effect of foliar application of soil fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 37: 343-350.
41. Yildirim, E. 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agric. Scandi., Section B- Plant Soil Sci.* 57(2): 182- 186.
42. Zandonadi, D.B., L.P. Canellas and A.R. Facanha. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. *Planta.* 225: 1583-1595.
43. Zhang, X.Z. and E.H. Ervin. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.* 44: 1737-1745.
44. Zhang, J, Z., S. Xing, M. Sang, B. Ma, X. Chu and C. Liu. 2010. Effect of humic acid on poplar physiology and biochemistry properties and growth under different water level. *J. Soil Water Conservation.*