مقاله پژوهشی

اثرات اسیدهیومیک و نیتروژن بر ویژگی‌های بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم پاروس

علی‌اکبر شکوهیان[۱]*، ماهرخ رستمی[۲] و فهیمه عظیمی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۱- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی تأثیر غلظت و روش‌های کاربرد اسید هیومیک و مقادیر مختلف کود نیتروژن از منبع اوره بر خصوصیات بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم پاروس طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در محوطه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی محقق اردبیلی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و روش کاربرد اسید هیومیک (برگی و خاکی) در کرت‌های فرعی و غلظت‌های اسید هیومیک (۰، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی فرعی، قرار گرفتند. در این مطالعه عملکرد میوه، میزان پرولین، قندهای محلول، نشاسته، نیتروژن، پروتئین کل، فنل کل و کلروفیل کل برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در همه صفات اندازه‌گیری شده به جز عملکرد میوه، اثرات متقابل سه جانبه کود نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار بودند. بهترین ترکیب تیماری برای صفات نیتروژن و پرولین کاربرد برگی و برای نشاسته کاربرد خاکی همراه با ۲ کیلوگرم اسیدهیومیک و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد. برای قندهای محلول و فنل کل محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم و برای عملکرد میوه و کلروفیل کل ۴ کیلوگرم اسیدهیومیک همراه با نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تأثیر را داشت. به طور کلی کاربرد برگی اسیدهیومیک در مقایسه با خاکی موثرتر بود. کاربرد ۲ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به‌همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ترکیب تیماری مناسب برای توت‌فرنگی رقم پاروس بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم اسیدهیومیک با کود نیتروژن موجب بهبود جذب و افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاه توت‌فرنگی شده است.

کلمات کلیدی: پروتئین، پرولین، عملکرد، فنل، قندهای محلول، نشاسته

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* پست الکترونیک: shokouhiana@yahoo.com

مقدمه

از مشکلات تولید و پرورش توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) وجود شرایط نامناسب چون خشکی، بافت نامناسب خاک، pH و EC بالای خاک و آب می‌باشد (فرانت[1] و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش مواد آلی و تأمین عناصر غذایی خاک نقش مهمی در تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد. کودهای زیستی از طریق افزایش فعالیت باکتری‌های بهبود دهنده رشد گیاه، تأثیر کودهای آلی و شیمیایی را در محصولات کشاورزی بیشتر می‌کنند (سارهان[2] و همکاران، ۲۰۱۱). اسیدهیومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک به‌وجود می‌آید که جهت افزایش تولید محصول و کیفیت آن به‌کار گرفته می‌شود (ناردی[3] و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش شده که کاربرد اسیدهیومیک باعث افزایش پروتئین و قند کل در توت‌فرنگی (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲) می‌شود. دنر[4] و همکاران (۲۰۱۴) طی آزمایشی که روی فلفل تند انجام دادند، دریافتند که کاربرد برگی اسیدهیومیک بر مقدار نشاسته و قند کل مؤثر می‌باشد.

پژوهش‌ها نشان داده است که تیمار با ترکیبات هوموسی، بیان ژن *PAL/TALEC4.3.1.5* را افزایش می‌دهد. بیان این ژن با تجمع فنل در برگ‌ها همراه بوده است (جیانگ[5] و همکاران، ۲۰۱۳). افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان با کاربرد اسیدهیومیک و اسیدفولیک، می‌تواند در نتیجه افزایش تنفس، فتوسنتز و پروتئین کل در اندام‌های گیاه باشد (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه دیگر اسیدهومیک باعث افزایش فتوسنتز، محتوی کلروفیل کل، قندهای کل، قندهای احیا کننده و غیراحیاکننده در نارنگی شده است (عباس[6] و همکاران، ۲۰۱۳). در ریشه‌های ذرت فعالیت آنزیم‌های اینورتاز (Invertase enzyme) و ساکارزسنتاز (Sucrose synthase enzyme) در اثر تیمار با ترکیبات هوموسی تحریک می‌شود (کنلاس[7] و همکاران، ۲۰۰۲). کاربرد روش‌های مختلف مصرف اسیدهیومیک (محلول‌پاشی یا خاکی) روی فلفل به‌طور معنی‌داری محتوی قند کل و احیاکننده را افزایش داده است (کاراکورت[8] و همکاران، ۲۰۰۹). پژوهشی که توسط فرانت و همکاران (۲۰۰۸) روی خربزه انجام شد، نشان داد که میزان جذب نیتروژن به‌طور قابل ملاحظه‌ای با افزایش مقادیر کود نیتروژن افزایش یافت. فنل کل با اینکه با افزایش سطوح نیتروژن تغییر معنی‌داری نداشت ولی کمترین مقدار آن در بالاترین سطح نیتروژن (۱۶۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

حقیقی[9] و همکاران (۲۰۱۲) دلیل افزایش محتوی کلروفیل کل برگ را تسریع جذب نیتروژن، بهبود متابولیسم آن و تولید پروتئین‌های محافظت‌کننده در اثر مصرف اسید هیومیک بیان کردند. همچنین ال‌قمری[10] و همکاران (۲۰۰۹) افزایش مقدار پروتئین کل به‌وسیله اسید هیومیک را افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه، بهبود جذب و انتقال نیتروژن توسط گیاه بیان کردند.

در سال‌های اخیر توجه بیشتر دانشمندان علوم گیاهی و کشاورزان افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. با توجه به پایین آمدن سطح مواد آلی در خاک (لوولند و وب[11] ، ۲۰۰۳) و این‌که اسید هیومیک علاوه بر کاهش مصرف کود ازت باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (ساروهان و همکاران، ۲۰۱۱)، ضرورت تأکید به اهمیت مواد هومیک و ارزش آن به‌عنوان یکی از اجزای مغذی خاک روزبه‌روز محسوس‌تر می‌شود. لذا هدف از این مطالعه تعیین نقش اسیدهیومیک و روش‌های کاربرد آن در افزایش جذب و بالا بردن کارایی کودهای نیتروژنه و همچنین تأثیر آن‌ها بر خواص بیوشیمیایی توت‌فرنگی بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بصورت مزرعه‌ای طی یک سال زراعی (۱۳۹۴- ۱۳۹۳) در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. در این بررسی ابتدا آنالیز

1. Ferrante
2. Sarhan
3. Nardi
4. Denre
5. Jiang
6. Abbas
7. Canellas
8. Karakurt
9. Haghighi
10. El-Ghamry
11. Loveland and Webb

خاک و کود جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱). در اوایل شهریور ماه آماده‌سازی زمین انجام شد و کودهای پایه به مقدار ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب فسفر و پتاس به همراه چهل تن در هکتار کود دامی محاسبه و به خاک داده شدند.

سپس پشته‌هایی به ابعاد ۱/۵×۱ متر تهیه و ردیف‌هایی به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم‌دیگر در روی آن ایجاد کرده و نشاهای توت‌فرنگی رقم پاروس (Paros) از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زریبار مریوان تهیه و به اردبیل منتقل شدند و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اواخر آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در ۱/۵ مترمربع کشت گردیدند. به‌منظور حفظ رطوبت و کیفیت بهتر محصول از مالچ پلاستیکی سیاه استفاده شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با کاربرد تیمارهای برگی و خاکی اسید هیومیک هر کدام با چهار سطح (شاهد، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) و تیمار کود ازت با سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، با سه تکرار و در مجموع با ۷۲ واحد آزمایش اجرا شد. در این مطالعه سطوح ازت در کرت‌های اصلی، روش کاربرد اسید هیومیک در کرت‌های فرعی و غلظت‌های اسید هیومیک در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. نصف سطوح نیتروژن از منبع اوره $CO(NH_2)_2$ با ۴۶ درصد در موقع کاشت و ۲۵ درصد در اول اردیبهشت و ۲۵ درصد باقیمانده در اول خرداد به‌صورت سرک داده شد. اسیدهیومیک با نام هیومستر تاپ (Humsters Top) از شرکت گلسنگ کویر یزد تهیه گردید. استفاده از روش‌های برگی و خاکی اسیدهیومیک با شروع فصل رشد (اواسط فروردین) آغاز و بعد از آن هر ۱۵ روز یک‌بار (جمعاً چهار بار) تکرار شد. پودر اسیدهیومیک برای هر واحد آزمایشی محاسبه و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد. در روش خاکی پودر اندازه‌گیری شده با آب دیونیزه حل و در جوی‌های حاوی آب آبیاری اضافه گردید. در روش برگی بعد از آبیاری کرت‌ها، پودر مورد نظر با مقدار معینی از آب دیونیزه حل و با محلول‌پاش دستی روی بوته‌ها به اندازه مساوی محلول‌پاشی شد. ضمنا بر روی گیاهان شاهد فقط محلول‌پاشی آب دیونیزه اعمال گردید. بعد از یک‌ماه از آخرین دوره تیمارها (اوایل تیرماه) شاخص‌های عملکرد در بوته (از شروع تا پایان محصول‌دهی) و بیوشیمیایی مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱-نتایج آزمون تجزیه خاک و کود دامی مورد استفاده

مشخصات	شوری	اسیدیته گل‌اشباع	آهک	کربن آلی	ازت کل	شن	رس	سیلت	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	مس	منگنز
	mmos/cm		%						ppm					
کود دامی	۲۱/۳	۷/۸۵	۸/۲۴	۱۱/۱۵	۱/۱	۰	۰	۰	۱۲۶	۲۳۷۷۵	۵۸/۷	۵۷/۰۶	۲/۸	۴۶/۰۶
خاک	۲/۱۸	۷/۴۲	۱۴/۱۳	۴/۱۳	۰/۱۳	۴۸	۱۴	۳۸	۱۵/۲۶	۸۲۲	۸/۷۷	۱/۱۱۲	۱/۱۴	۷/۳۹۸

جدول ۲-نتایج آزمون تجزیه آب آبیاری مورد استفاده

Ec (mmhos/cm)	کل املاح حل شده (mg/l)	کلر (mg/l)	بر (mg/l)	بی‌کربنات (mg/l)
۲/۸۵	۱۰۲۶	۷۸	۱/۲۳	۴۵۲

برای محاسبه عملکرد کل میوه، میوه‌ها به‌صورت روزانه وقتی کاملا قرمز بودند، برداشت شدند. میانگین عملکرد کل میوه پس از توزین تمام میوه‌های برداشت شده از هر کرت و تقسیم بر تعداد بوته در کرت بر حسب گرم در بوته محاسبه شد.

استخراج پرولین از جوانترین برگ‌ها با استفاده از روش بیتز (بیتز[1] و همکاران، ۱۹۷۳) صورت گرفت و پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی (روشناور) نمونه‌ها، با دقت جدا و مقدار جذب آن‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شدند. برای اندازه‌گیری قندهای محلول، ۰/۱ گرم از نمونه برگ خشک شده در آون را آسیاب کرده و پس از آماده‌سازی

1. Bates

محلول‌ها به روش شلیگل (شلیگل[1]، ۱۹۸۶)، نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شدند. برای اندازه‌گیری فنل کل برگ ۰/۱ گرم از هر نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد عصاره‌گیری و عصاره حاصل به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد. سپس به محلول حاصل ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد، ۰/۵ میلی‌لیتر فولین ۵۰ درصد و یک میلی‌لیتر کربنات‌سدیم پنج درصد اضافه شد. شدت جذب با دستگاه اسپکتوفتومتر طول موج ۷۲۵ نانومتر پس از یک ساعت نگهداری در تاریکی خوانده شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات فنلی از منحنی استاندارد گالیک اسید استفاده شد (سولند و لایما[2]، ۱۹۹۹). همچنین نشاسته برگ با روش مک‌کریدی[3] و همکاران (۱۹۵۰)، کلروفیل کل برگ به روش آرنون[4] (۱۹۴۹) و نیتروژن و پروتئین کل برگ با استفاده از روش کجلدال (طباطبائی، ۱۳۹۲) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. برای نرمال‌کردن داده‌ها از نرم‌افزار Minitab و برای تبدیل داده‌ها از تبدیل جذری استفاده شد. نمودارها با Execl رسم گردید.

نتایج و بحث

عملکرد میوه

نتایج نشان داد که بین سطوح نیتروژن و اسید هیومیک اثرات متقابل معنی‌داری از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۳). بیشترین عملکرد با ۱۰۴/۴۳ گرم در بوته در سطح نیتروژن ۱۰۰ و اسید هیومیک ۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین عملکرد نیز با ۳۱/۴۹ گرم در بوته در سطح نیتروژن ۱۵۰ و اسید هیومیک ۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). این نتایج با گزارش‌های ارائه شده توسط امینی‌فرد[5] و همکاران (۲۰۱۰)، عباس و همکاران (۲۰۱۳) و امان و راب[6] (۲۰۱۳) به‌ترتیب روی گیاهان بادمجان، نارنگی و گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. اسید هیومیک و نیتروژن افزایش عملکرد گیاه را از طریق اثرات فیزیولوژیکی مثبت از جمله اثر روی متابولیسم سلول‌های گیاهسبب می شوند (سور[7] و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین ساروهان و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش در صفات عملکرد را وابسته به بهبود رشد رویشی بیان کردند. اسیدهیومیک، محلول‌پاشی شده به صورت مستقیم، با افزایش فعالیت‌های آنزیمی ATPآز، افزایش پمپ پروتونی غشاء و نفوذپذیری غشای سلولی نسبت به جذب یون‌ها از سطح برگ و افزایش کلروفیل (با افزایش جذب آهن از طریق ویژگی کلاته‌کنندگی) باعث افزایش فتوسنتز (از طریق افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو[8] در اثر اسیدفولیک) شده، همچنین افزایش تنفس و جذب اکسیژن و فسفات، افزایش سنتز پروتئین و کاهش جذب عناصر سمی از طریق خاصیت کلاته‌کنندگی، رشد و تولیدات گیاه را به‌شدت افزایش می‌دهد (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۹).

پرولین

نتایج نشان داد میزان پرولین بوته‌های توت‌فرنگی تحت تأثیر برهم‌کنش معنی‌دار اثرات سه‌گانه کود نیتروژن، کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بود (جدول ۳). بالاترین میزان پرولین برگ با میانگین ۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر در تیمارهای ۲ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به‌صورت محلول‌پاشی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده شد. در کاربرد اسیدهیومیک به‌صورت خاکی نیز مصرف ۲ کیلوگرم در هکتار به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیشترین میزان پرولین را نشان داد (شکل ۲). ال-بسیونی[9] و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد اسیدهیومیک و نیکوتیانامید از نظر آماری به‌طور معنی‌داری باعث افزایش محتوی پروتئین و پرولین، در گندم شده است.

پرولین به‌عنوان ترکیب ذخیره‌ای نیتروژن آلی، طی بازسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سایرام و تیاقی[10]، ۲۰۰۴). افزایش مقدار این ماده در اثر برهم‌کنش نیتروژن و اسیدهیومیک می‌تواند به علت افزایش انحلال و آزادسازی عناصر غذایی توسط مواد هیومیکی و جذب

1. Sheligl
2. Soland and Laima
3. McCready
4. Arnon
5. Aminifard
6. Aman and Rab
7. Sure
8. Rubisco
9. El- Bassiouny
10. Sairam and Tyagi

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد میوه	کلروفیل کل	ازت	پرولین	قندهای محلول	پروتئین کل	نشاسته	فنل کل
بلوک	۲	۳۹۲/۱۴۷^{ns}	۰/۰۵۷^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۱۸^{ns}	۳/۳۵**	۰/۲۴۷^{ns}	۰/۰۱۴۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۱^{ns}
کود نیتروژن	۲	۳۷۸۶/۸۶۴**	۰/۹۳۷**	۱/۹۶۹**	۰/۰۰۶۲^{ns}	۰/۰۹۵^{ns}	۷۶/۹۷**	۰/۰۷۰۹^{ns}	۰/۰۵۹**
اشتباه اصلی	۴	۲۷۴/۴۹۵^{ns}	۰/۰۴۳^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۴۱**	۰/۰۲۷۶^{ns}	۰/۲۴۸^{ns}	۰/۰۳۶۶**	۰/۰۰۰۰۰۹^{ns}
روش کاربرد	۱	۱۷۵۸/۸۳۸*	۰/۰۳۶^{ns}	۰/۰۶۴**	۰/۰۰۱۹۲^{ns}	۰/۰۰۲۳۱^{ns}	۲/۴۹۸**	۰/۰۱۴۸^{ns}	۰/۰۰۰۱۰۷^{ns}
نیتروژن × روش کاربرد	۲	۸۴۱/۳۹۳^{ns}	۰/۰۷۴^{ns}	۰/۸۲۲**	۰/۰۲۰۴*	۰/۱۲۳^{ns}	۳۲/۰۹۶**	۰/۰۰۸۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱۷۲^{ns}
اشتباه فرعی	۶	۳۲۴/۷۲۱^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲۱۳^{ns}	۰/۰۵۳^{ns}	۰/۰۸۷^{ns}	۰/۰۰۶۴۹^{ns}	۰/۰۰۰۱۶**
اسید هیومیک	۳	۲۷۸۱/۳۶۲**	۰/۸**	۰/۶۷۱**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۲۱۰*	۲۶/۲۴۵**	۰/۰۰۸۱^{ns}	۰/۰۴۰۷**
نیتروژن × اسید هیومیک	۶	۴۳۸۹/۲**	۰/۲۵۱**	۰/۲۳۷**	۰/۰۱۶۹**	۰/۴۱۷**	۹/۲۷۱**	۰/۰۵۳۹**	۰/۰۰۰۱۲۶**
روش کاربرد × اسید هیومیک	۳	۷۳۷/۸۶۵^{ns}	۰/۲۰۸**	۰/۸۹۸**	۰/۰۱۴۹*	۰/۲۰۲*	۳۵/۱۱۸**	۰/۰۱۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۷۳^{ns}
اثر متقابل سه جانبه	۶	۴۷۵/۶۹۲^{ns}	۰/۰۹۹*	۰/۳۰۱**	۰/۰۲۰۷**	۰/۱۸۰**	۱۱/۷۳۵**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۰۱۰۳**
اشتباه فرعی فرعی	۳۶	۳۱۴/۱۵۲	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۵۵	۰/۰۵۲۹	۰/۱۹۹	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۷/۶	۷/۵	۴/۴	۲۴/۲۳	۱۸/۲۲	۴/۵	۲۰/۳۴	۱/۰۵

^{ns}، * و **: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد می‌باشند

بیشتر نیترات توسط ریشه‌های گیاه باشد (مالیک و اعظم[1]، ۱۹۸۵).

قندهای محلول

میزان قندهای محلول توت‌فرنگی نیز علاوه بر اثرات اصلی و اثرات دوگانه، تحت تأثیر برهمکنش نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری قرار گرفتند (جدول۳). مصرف نیتروژن و اسیدهیومیک موجب افزایش میزان قندهای محلول برگ شد. مصرف برگی اسیدهیومیک نتیجه بهتری در مقایسه با مصرف این ماده در خاک داشت.

محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم در هکتار به همراه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن با میانگین ۵۶/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بالاترین میزان قندهای محلول را به خود اختصاص داد. مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نیز بالاترین مقدار این صفت را در روش کاربرد خاکی به خود اختصاص داد (شکل ۳). مطالعات نشان داده که کاربرد اسیدهیومیک و کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار کربوهیدرات و پلی‌ساکارید گندم شده است که علت آن افزایش کارایی فتوسنتز در پاسخ به تیمار اسیدهیومیک گزارش شده است (ال-باسیونگ و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش در قندها ممکن است مربوط به تشکیل مقدار حداکثری فرم‌های مختلف کربوهیدرات‌ها در بین بافت‌های برگ باشد که سپس به قندهای ویژه مانند گلوکز و ساکارز تبدیل می‌شوند (عباس و همکاران، ۲۰۱۳).

نیتروژن و پروتئین کل

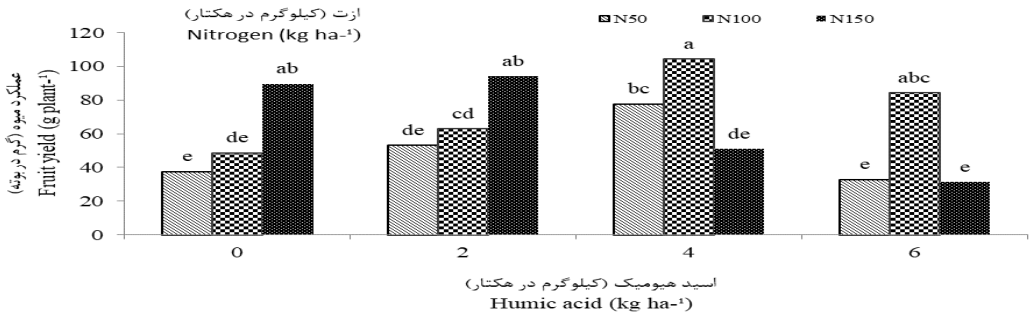
مقادیر نیتروژن و پروتئین کل برگ از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثرات متقابل سه جانبه تیمارها قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها (شکل‌های ۴ و ۵) نشانگر این است که بیشترین مقادیر نیتروژن و پروتئین کل متعلق به سطح نیتروژن ۱۵۰ و محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم اسیدهیومیک در هکتار می‌باشد. کمترین مقادیر نیتروژن در سطح نیتروژن ۵۰ کیلوگرم در هکتار و بدون کاربرد اسیدهیومیک به‌دست آمد.

اثرات مثبت و معنی‌دار اسیدهیومیک و نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر روی نیتروژن و پروتئین کل برگ توت‌فرنگی توسط وانگ و لین[2] (۲۰۰۲)، عامری و تهرانی‌فر[3] (۲۰۱۲) و شکوهیان و رستمی (۱۳۹۷)، گزارش شده است که با نتایج حاضر مطابقت دارند. امان و راب (۲۰۱۳) گزارش کردند که نیتروژن به دلیل اینکه در

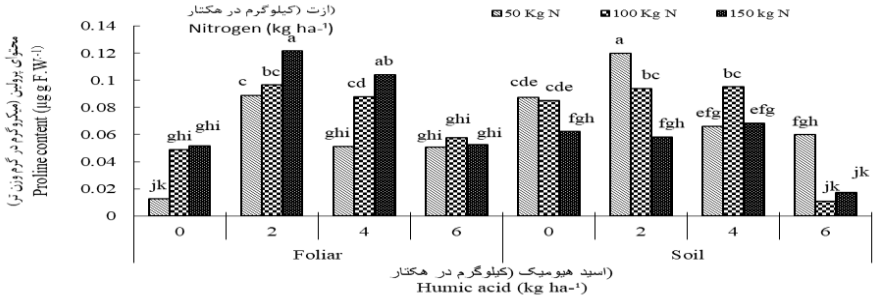
1. Malik and Azam

2. Wang and Lin

3. Ameri and Tehranifar



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن و اسیدهیومیک بر عملکرد میوه (گرم در بوته) توت‌فرنگی. حروف متفاوت بیان‌کننده است. LSD معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر پرولین برگ توت‌فرنگی. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

تشکیل DNA و RNA مشارکت داشته و تاثیری که در فتوسنتز دارد، تقسیم سلولی را افزایش و باعث بهبود خصوصیات رشدی می‌شود. سنتز پروتئین‌ها یکی از عوامل اصلی در رشد سلول‌ها محسوب می‌گردد. نیتروژن در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزور فعال-کننده و یا ساختمانی دارد. بنابراین نیتروژن در ساخت و تخریب پروتئین‌های گیاهی ایفای نقش می‌کند (براون[1] و همکاران، ۱۹۹۳).

فنل کل

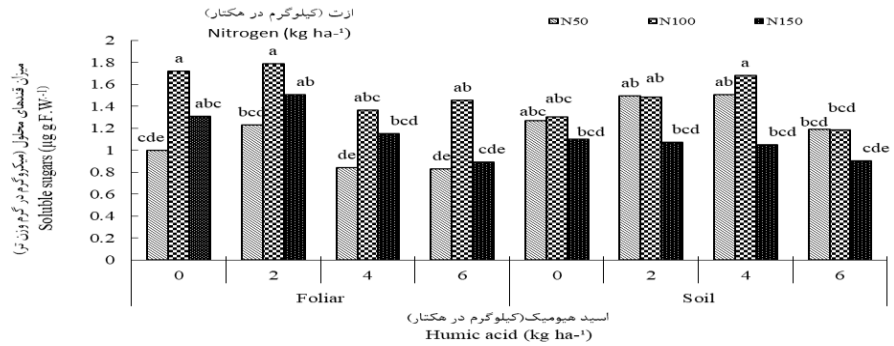
تاثیر برهم‌کنش نیتروژن با روش کاربرد در غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر میزان فنل کل توت‌فرنگی معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان فنل کل از مصرف ۲ کیلوگرم اسید هیومیک به همراه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو روش استفاده حاصل شد (شکل ۶). فنل جزء متابولیت‌های ثانویه است که در جریان ساخت فنیل‌پروپانوئید تولید می‌شود (سینگ[2] و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش ترکیبات فنلی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد، از آنجا که هیدرات‌های کربن اسکلت مورد نیاز برای ساخت ترکیبات فنلی شناخته شده‌اند لذا افزایش در مقدار آنها به عنوان سوبسترا برای ترکیبات فنلی می‌باشد (نگوین[3] و همکاران، ۲۰۱۰) که با این آزمایش هم‌خوانی دارد.

نشاسته

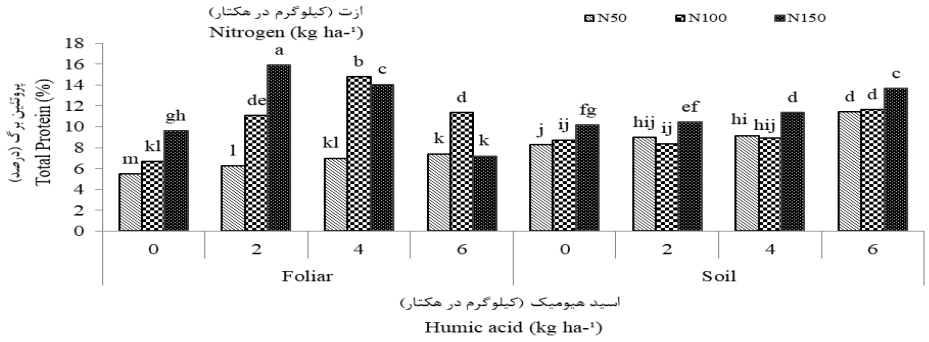
میزان نشاسته برگ توت‌فرنگی نیز تحت تأثیر برهم‌کنش نیتروژن با روش کاربرد در غلظت‌های مختلف اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که در روش خاکی، مصرف ۲ کیلوگرم اسیدهیومیک به همراه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم، بالاترین میزان نشاسته را داشتند (شکل ۷). بر اساس گزارش بوهمه[4] و همکاران (۲۰۰۵) هومات‌ها، مقادیر قندها، اسیدهای آمینه و تجمع نیترات را

1. Brown

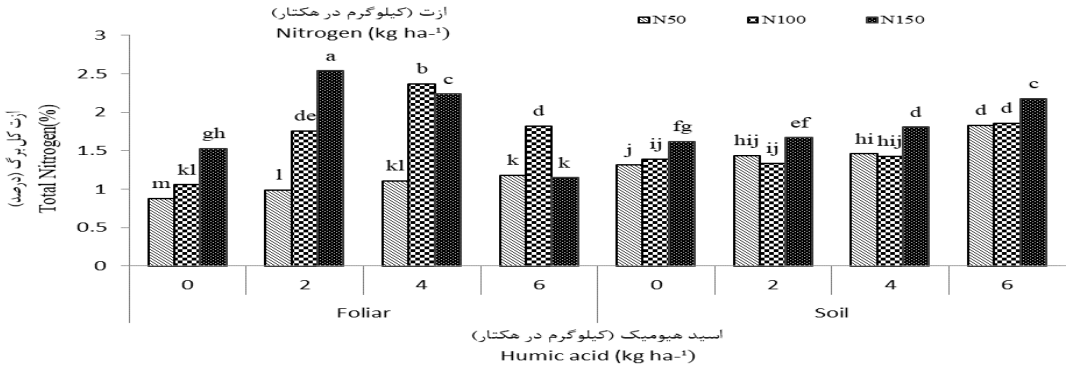
2. Singh
5. Nguyen
1. Boehme



شکل ۳-مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر قندهای محلول برگ توت‌فرنگی. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.



شکل ۴-مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش‌کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر پروتئین‌کل (درصد) برگ توت‌فرنگی رقم پاروس. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.



۵- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر ازت برگ (درصد) توت‌فرنگی رقم پاروس. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

تحت تأثیر قرار می‌دهند. کاراکورت و همکاران (۲۰۰۹) با کاربرد روش‌های محلول‌پاشی و خاکی اسیدهیومیک روی فلفل گزارش داده‌اند که محتوی قند کل و احیاکننده به‌طور معنی‌داری در پاسخ به هر دو تیمار افزایش داشته است که با نتیجه به‌دست آمده از آزمایش ما همخوانی دارد. در پژوهش حاضر، افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ با کاربرد اسیدهیومیک، احتمالاً به نقش شبه‌هورمونی اسیدهیومیک و در نتیجه، توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای و نیز نقش اسیدهیومیک در افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مربوط باشد که با افزایش

جذب عناصر غذایی ضروری، باعث افزایش سطح ویژه برگ و کلروفیل و در نتیجه، افزایش فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و افزایش سنتز کربوهیدرات‌ها منجمله نشاسته برگ شده است (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۹).

کلروفیل کل

نتایج نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه تیمارها بر صفت کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). طبق مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۸) بیشترین مقدار کلروفیل کل با ۳/۰۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در سطوح نیتروژن ۱۰۰ و محلول‌پاشی ۴ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به‌دست آمد. کمترین مقدار کلروفیل کل با ۱/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در سطوح نیتروژن ۱۵۰ و کاربرد خاکی ۶ کیلوگرم اسیدهیومیک در هکتار مشاهده شد. گزارش‌های زیادی در مورد تأثیرات مثبت اسیدهیومیک و نیتروژن و اثرات ترکیبی آن‌ها روی محتوی کلروفیل گیاهان مختلف از جمله: توت‌فرنگی (وانگ و لین، ۲۰۰۲؛ خلیق و شکوهیان، ۱۳۹۸)، بادمجان (امینی‌فرد و همکاران، ۲۰۱۰)، بادام‌زمینی (بوگر[1] و همکاران، ۲۰۱۴)، سیر (زینالی و مرادی[2]، ۲۰۱۵)، وجود دارند که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارند. اثر افزایشی کود نیتروژن روی محتوی کلروفیل ممکن است به‌دلیل حضور نیتروژن در ساختمان مولکول کلروفیل باشد (امینی‌فرد و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین افزایش محتوی کلروفیل کل برگ ممکن است وابسته به تسریع جذب نیتروژن و نیترات، افزایش متابولیسم نیتروژن و تولید پروتئین به‌وسیله اسیدهیومیک باشد (حقیقی و همکاران، ۲۰۱۲). فرارا و برونیتی[3] (۲۰۱۰) معتقدند که اسیدهیومیک در مواردی ضمن افزایش سنتز کلروفیل، فرایند تجزیه آن را نیز به به‌تأخیر می‌اندازد.

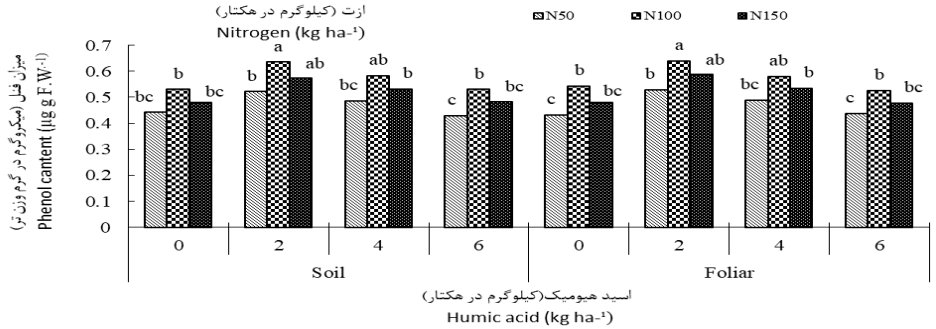
نتیجه‌گیری کلی

کاربرد توأم اسیدهیومیک با کود نیتروژن موجب بهبود جذب و افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاه توت فرنگی شد، به‌طوری که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با مقادیر بیشتر و کمتر از آن نتیجه بهتری را به‌دنبال داشت. همچنین مشاهده شد که کاربرد برگی اسیدهیومیک در مقایسه با خاکی می‌تواند موثرتر باشد. کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ترکیب تیماری مناسب برای توت‌فرنگی رقم پاروس بود. چون این ترکیب تیماری نسبت به شاهد افزایش حدود ۳ برابری عملکرد را به دنبال داشت. مسلما هزینه‌های حاصل از تیمارهای مذکور (۴ کیلوگرم اسیدهیومیک و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و هزینه محلول‌پاشی در هر هکتار) با توجه به قیمت روز نهاده‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد مبلغ قابل توجهی نخواهد بود (حدود ۵ میلیون تومان در هر هکتار. در مقابل، درآمد حاصل از افزایش تولید (حدود ۳ برابر نسبت به شاهد) در شرایط آب و خاک مورد آزمایش (خاک آهکی و املاح بالای آب، به‌مراتب بیشتر خواهد بود. براساس این نتایج کاربرد اسیدهیومیک در محصول توت فرنگی در شرایط مشابه این بررسی از مزیت بالای اقتصادی برخوردار بوده و قابل توصیه می‌باشد.

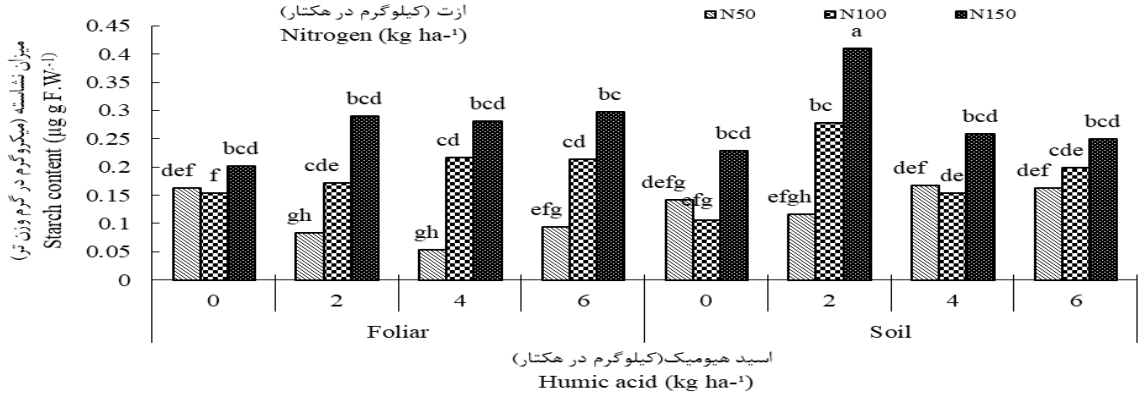
سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی این پژوهش تقدیر و تشکر می‌نمایند.

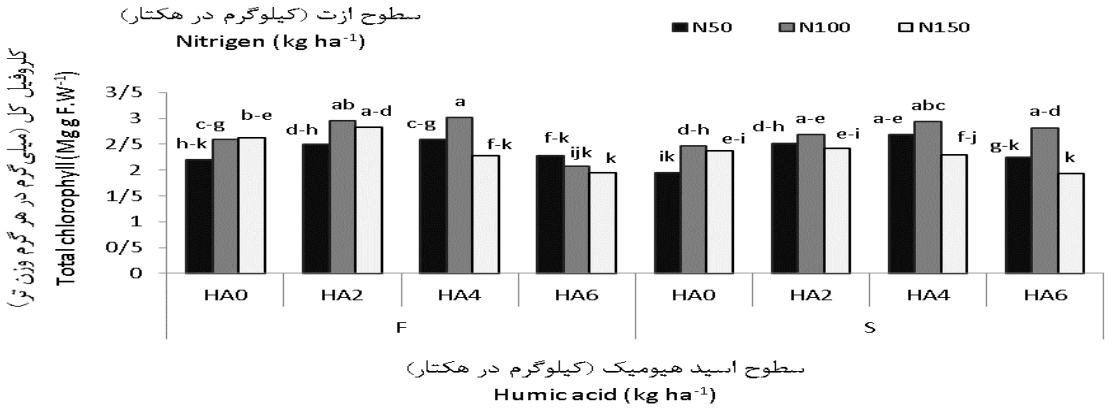
1. Boogar
2. Zeinali and Moradi
3. Ferrara and Brunetti



شکل ۶ - مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر فنل کل برگ توت‌فرنگی. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر نشاسته برگ توت‌فرنگی. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن، روش کاربرد و غلظت‌های مختلف اسیدهیومیک بر کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) برگ توت‌فرنگی رقم پاروس. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD است.

منابع

حاتمی، ا.، شکوهیان، ع.ا.، قنبری، ع.ر. و ناصری، ل. ۱۳۹۹. بررسی اثر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌های بادام تحت. علوم باغبانی ایران، ۵۰(۳): ۵۲۳-۵۳۶.

خلیق، ر. و شکوهیان، ع. ۱۳۹۸. تأثیر عصاره ورمی‌کمپوست (چای کمپوست) بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی. مجله کشاورزی بوم شناختی، ۹(۱): ۳۹-۵۱.

رستمی، م. ۱۳۹۷. تأثیر روش‌های کاربرد اسید هیومیک و نسبت‌های ازت بر خصوصیات رویشی، زایشی و پس از برداشت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch.) رقم پاروس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل. ایران.

شکوهیان، ع.ا. و رستمی، م. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر اسید هیومیک و نسبت‌های نیتروژن روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژی برگ و بیوشیمیایی ریشه توت‌فرنگی. مجله کشاورزی بوم شناختی، ۸(۱): ۱۲۴-۱۳۸.

طباطبائی، س. ج. ۱۳۹۲. اصول تغذیه معدنی گیاهان (مفاهیم نظری و عملی) . چاپ اول. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۴۴ ص.

Abbas, T., Ahmad, S., Ashraf, M., Shahid, M.A., Yasin, M., Balal, R.M., Pervez, M.A. and Abbas, S. 2013. Effect of humic and application at different growth stages of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) on the basis of physio-biochemical and reproductive responses. Academia Journal of Biotechnology, 1(1): 14-20.

Aman, S. and Rab, A. 2013. Response of tomato to nitrogen levels with or without humic acid. Sarhad Journal of Agriculture, 29(2): 181-186.

Ameri, A. and Tehranifar, A. 2012. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiology characteristic *Fragaria ananassa* var Camarosa. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 6: 77-79.

Aminifard, M.H., Aroiee, H., Fatemi, H., Ameri, A. and Karimpour, S. 2010. Responses of eggplant (Solanum melongenal L.) to different rates of nitrogen under field conditions. Journal of Central European Agriculture, 11: 453-458.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology, 24(1): 1.

Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39(1): 205-207.

Boehme, M., Schevtschenko, J. and Pinker, I. 2005. Iron supply of cucumbers in substrate culture with humate. Acta Horticulturae, 697: 329.

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(9): 15-19.

Brown, P.H., Cakmak, I. and Zhang, Q. 1993. Form and function of zinc plants. In Zinc in soils and plants. Springer, Dordrecht: 93-106.

Canellas, L.P., Olivares, F.L., Okorokova-Façanha, A.L. and Façanha, A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. Plant physiology, 130(4): 1951-1957.

Denre, M., Bandopadhyay, P.K., Chakravarty, A., Pal, S. and Bhattacharya, A. 2014. Effect of foliar application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent pepper (*Capsicum annuum* L.). African Journal of Plant Science, 8(6): 320-335.

El-Bassiouny, H.S.M., Bakry, B.A., Attia, A.A.E.M. and Abd Allah, M.M. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. Agricultural Sciences, 5: 687-700.

El-Ghamry, A.M., Abd El-Hai, K.M. and Ghoneem, K.M. 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(2): 731-739.

Ferrante, A., Spinardi, A., Maggiore, T., Testoni, A. and Gallina, P.M. 2008. Effect of nitrogen fertilisation levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(4): 707-713.

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(3): 817-822.

Haghighi, M., Kafi, M. and Fang, P. 2012. Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. International Journal of Vegetable Science, 18(2): 182-189.

Jiang, X., Liu, Y., Li, W., Zhao, L., Meng, F., Wang, Y., Tan, H., Yang, H., Wei, C., Wan, X. and Gao, L. 2013. Tissue-specific, development-dependent phenolic compounds accumulation profile and gene expression pattern in tea plant (*Camellia sinensis*). PloS one, 8(4): 62315.

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(3): 233-237.

Loveland, P. and Webb, J. 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. Soil and Tillage research, 70(1): 1-18.

Malik, K.A. and Azam, F. 1985. Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. Environmental and Experimental Botany, 25(3): 245-252.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Analytical chemistry, 22(9): 1156-1158.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34(11) : 1527-1536.

Nguyen, P.M., Kwee, E.M. and Niemeyer, E.D. 2010. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry, 123(4): 1235-1241.

Sairam, R.K. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current science, 86: 407-421.

Sarhan, T.Z., Mohammad, G.H. and Teli, J.A. 2011. Effects of humic acid and bread yeast on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). Journal of Agricultural Science and Technology B, 1: 1091-1096.

Sheligl, H.Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta journal, 47: 51.

Singh, K., Kumar, S., Rani, A., Gulati, A. and Ahuja, P.S. 2009. Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and cinnamate 4-hydroxylase (C4H) and catechins (flavan-3-ols) accumulation in tea. Functional and integrative genomics, 9(1): 125-134.

Soland, S.F. and Laima, S.K. 1999. Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. Plant Agriculture, 1: 1-5.

Sure, S., Arooie, H., Sharifzade, K. and Dalirimoghadam, R. 2012. Responses of productivity and quality of cucumber to application of the two bio-fertilizers (humic acid and nitroxin) in fall planting. Agricultural Journal, 7(6): 401-404.

Zeinali, A. and Moradi, P. 2015. The effects of humic acid and ammonium sulfate foliar spraying and their interaction effects on the qualitative and quantitative yield of native garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Applied Enviromental and Biological Science, 4(12S): 205-211.