مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریز مغذی و هورمون سیتوکنین بر عملکرد و برخی صفات کیفی ریحان ایتالیایی (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط کشت هیدروپونیک

روما کلهر منفرد[۱]، محمد نبی ایلکایی[۲*]، فرزاد پاک‌نژاد[۳]

۱-دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۳-استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در بخش کشاورزی، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان به منظور بهبود تغذیه گیاهی و به حداقل رساندن هزینه‌های تولید می‌باشد و کشت هیدروپونیک، به دلیل عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی برای خاک، روشی مناسب برای تولید گیاهان دارویی است. بدین منظور پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ای واقع در نظر آباد کرج بر ریحان ایتالیایی در کشت هیدروپونیک (آبکشت) اجرا شد. عامل‌های این آزمایش شامل محلول‌پاشی اسید هیومیک در سه سطح (عدم مصرف، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سه سطح (صفر، نانو کلات آهن و نانو کلات روی) و محلول‌پاشی هورمون سیتوکنین در دو سطح (صفر و ۱۰۰ میکرومولار) بود. مطابق نتایج، با افزایش غلظت اسید هیومیک عملکرد و صفات کیفی ریحان افزایش یافت و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی و همچنین هورمون سیتوکنین سبب افزایش عملکرد ریحان نسبت به شاهد شد. اثرات متقابل سه گانه اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نانو کلات روی در سیتوکینین منجر به افزایش ۳۹/۹۹ درصد و همچنین برهمکنش اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نانو کلات آهن در سیتوکینین سبب افزایش ۱۱۵/۳۴ درصدی وزن خشک گیاه نسبت به شاهد شد.

واژه های کلیدی: رطوبت نسبی برگ، کاروتنوئید، کلروفیل، محلول‌پاشی آهن، محلول‌پاشی روی

* نگارنده مسئول (mohammad.ilkaei@kiau.ac.ir)

مقدمه

امروزه کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی سبب افزایش آلودگی‌های زیست محیطی شده است. اسید هیومیک دارای مزایای مختلفی از جمله افزایش رشد و ریشه‌دهی گیاهان، حفظ و افزایش سلامت گیاه و افزایش کارایی تولید عملکرد، بهبود جذب عناصر مغذی توسط گیاهان است. اسید هیومیک دارای گوگرد، ازت، فسفر با درصدهای مختلف و برخی از فلزات مانند کلسیم، منیزیم، مس و روی می‌باشد. کود اسید هیومیک مخلوطی از چند ترکیب است که به طور کلی خواص شیمیایی شبیه به هم دارند و اثرات مختلفی را بر خاک و رشد گیاهان دارد (Kaya *et al*., 2017; Safaee *et al*., 2016) Elansary *et al* (2020) گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک به دلیل وجود عناصر ریزمغذی در افزایش عملکرد، ارتفاع بوته و رطوبت نسبی برگ گیاه نعناع موثر بود. این محققین بیان داشتند که استفاده از اسید هیومیک برای افزایش بهره‌وری و کیفیت گیاهان دارویی و کمک به تحمل تنش‌های محیطی بسیار کاربردی است.

کودهای آلی از جمله اسید هیومیک، به دلیل فراهمی متعادل عناصر غذایی برای گیاه، از جمله ریزمغذی‌ها، موجب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده و سبب افزایش رشد، عملکرد و کیفیت گیاه می‌شود (Han *et al*., 2016) .

عناصر ریزمغذی، مانند روی و آهن، در رشد و نمو گیاهان بسیار پر اهمیت هستند و در فرآیندهای فیزیولوژیکی، مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل نقش به سزایی دارند و کمبود آن‌ها در گیاهان موجب عدم توازن بین عناصرغذایی شده و باعث کاهش عملکرد محصولات خواهد شد (Dimkpa & Bindraban, 2016; Di Iorio *et al* Qureshi *et al*., 2018) (2019) اظهار داشتند که کاربرد توأم اسید هیومیک و محلول‌پاشی آهن موجب افزایش رشد و عملکرد میوه خیار شد، اما کاربرد اسید هیومیک نسبت به محلول‌پاشی آهن، در افزایش عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی خیار موثرتر بوده است.

هورمون‌ها ترکیبات آلی هستند که به طور طبیعی در گیاهان ساخته می‌شوند. هورمون

سیتوکنین از جمله هورمون‌های مهم برای رشد گیاه و گسترش اندام هوایی گیاهان است. این هورمون به عنوان تنظیم کننده رشد نقش مهمی در رشد گیاهان، به ویژه در تکثیر و تقسیم سلولی گیاه دارد و در فرآیندهایی مانند افزایش اندازه سلول، شاخه‌دهی در گیاه، توسعه برگ و افزایش سطح برگ موثر بوده و سبب بهبود کمیت و کیفیت گیاه می‌شود (Ren *et al*., 2019). میزان کلروفیل و رطوبت نسبی برگ به دلیل نقش آن در فتوسنتز گیاه، یکی از ارکان مهم در رشد و عملکرد گیاه است. طبق گزارشات Shehata & Nosir (2019)، کاربرد هورمون سیتوکنین موجب افزایش عملکرد، محتوای کلروفیل، ارتفاع گیاه و سایر صفات کیفی ریحان شد.

آبکشت (هیدروپونیک) یکی از روش‌های نوین در کشاورزی است و استفاده از این سیستم دارای مزایای فراوانی از جمله عدم استفاده از خاک، صرفه‌جویی در هزینه‌های مصرفی به دلیل مکانیزه شدن بیشتر کارها، کمتر بودن بیماری‌های خاکزی به علت ضدعفونی بودن بسترهای کشت و صرفه‌جویی در مصرف آب و مواد غذایی می‌باشد (Ahmad *et al*., 2012). کشت گیاهان دارویی به دلیل توسعه اقتصادی و همچنین کاربردهای گوناگون در زمینه‌های مختلف، از دیرباز مورد توجه کشاورزان بوده است. ریحان گیاهی سرشار از مواد مغذی و خواص دارویی فراوان خصوصا برای دستگاه گوارش است و یکی از بهترین واریته‌ی ریحان، ریحان ایتالیایی (*Ocimum basilicum* L.) می‌باشد که برگ‌هایی لطیف، معطر و سبز تیره دارد. این واریته نسبت به سایر واریته‌های ریحان برگ‌های بزرگ‌تری دارد. ریحان گیاهی پراهمیت است، به طوری که علاوه بر مصرف تازه آن، کاربرد دارویی فراوانی نیز دارد و در صنایع غذایی نیز کاربرد گوناگونی دارد (Barbosa *et al*., 2014; Lal *et al*., 2016). بنابراین با توجه به اهمیت گیاه ریحان ایتالیایی و نقش مهم اسید هیومیک و عناصر ریزمغذی و هورمون سیتوکینین در بهبود تغذیه گیاهان، این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و برخی صفات کیفی ریحان ایتالیایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ای واقع در نظر آباد کرج بر گیاه ریحان ایتالیایی (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک (آبکشت) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی اسید هیومیک در سه سطح (عدم مصرف یا شاهد، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سه سطح (صفر، نانوکلات آهن، نانو کلات روی) و محلول‌پاشی هورمون سیتوکنین در دو سطح (صفر و ۱۰۰ میکرومولار). در این پژوهش به مقدار ۱ گرم نانو کلات آهن و ۰/۵ گرم نانو کلات روی به کار برده شد و از هورمون سیتوکنین نوع 6-BAP استفاده شد. محلول‌پاشی در طی دو مرحله اجرا شد. ابتدا نشاها داخل سینی نشاء کشت شدند و پس از سه هفته، گیاهچه‌های سه برگی در گلدان‌هایی (با ارتفاع ۱۵ سانتی متر و قطر ۱۲ سانتی‌متر) کاشته شدند. گیاهان با محلول یک دوم هوگلند به طور مرتب هر روز (روزی یکبار) آبیاری شدند. زه‌آب گلدان‌ها به منظور تعیین هدایت الکتریکی جمع‌آوری و در صورت نیاز، آبشویی با آب صورت گرفت. نمونه‌برداری از بوته‌های ریحان پس از دو ماه انجام شد. در طی دوره رشد گیاهان، میانگین حداقل و حداکثر دمای گلخانه ثبت گردید و به ترتیب ۱۶ و ۳۱ درجه سانتی‌گراد بود و دامنه رطوبت نسبی گلخانه بین ۶۵-۶۰ درصد ثبت شد. مرحله اول و دوم محلول‌پاشی به ترتیب دو هفته و چهار هفته بعد از استقرار نشاها داخل گلدان‌ها، به وسیله سم‌پاش دستی انجام شد. گیاهان شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، قطر ساقه، رطوبت نسبی برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b، محتوای کل کلروفیل و کارتنوئید) اندازه‌گیری شدند. ارتفاع گیاه با استفاده از خط کش مدرج اندازه-گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک گیاهان از ترازوی دیجیتال استفاده شد و سپس به واحد گرم بر مترمربع محاسبه گردید. گیاهان بلافاصله پس از برداشت توزین و وزن تر یادداشت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، گیاهان به مدت دو هفته در دمای اتاق

(۲۵ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و سپس توزین شدند. قطر ساقه نیز با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد.

میزان محتوای رطوبت نسبی از طریق رابطه زیر محاسبه گردید.

رابطه (۱):

$$RWC=\frac{FW-DW}{SW-DW}\times 100$$

که در رابطه فوق FW= وزن‌تر برگ، DW= وزن خشک برگ، SW= وزن اشباع برگ است (Ferrat & Loval, 1999).

محتوای کلروفیل و کارتنوئید به روش Arnoun (1967) اندازه‌گیری شد. در این روش بعد از عصاره‌گیری از برگ میزان نور جذب شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر برای محاسبه غلظت کلروفیل a و b و در طول موج ۴۷۰ برای غلظت کارتنوئید یادداشت شد سپس توسط فرمول‌های زیر محتوای کلروفیل محاسبه شد.

$Chl.a(mg.L^{-1})=(12.52*A_{663}) - (2.79*A_{647})*D$

$Chl.b(mg.L^{-1})=(21.5*A_{663})-(5.1*A_{647})*D$

$Chl.a+b(mg.L^{-1})=(7.15*A_{663}) + (18.71*A_{647})*D$

$Carotenoids = 100(A_{470}) - 3.27(mg\ Chl.\ a) - 104(mg\ Chl.\ b)/227$

که در آن ChL. *a+b*, ChL. *b*, ChL. *a* به ترتیب محتوای کلروفیل *b*, *a* و مجموع کلروفیل *a+b* و بر حسب میلی‌گرم در لیتر، A: میزان جذب نور توسط عصاره در طول موج‌های مربوطه. D = ضخامت خارجی کوت دستگاه اسپکتروفتومتر بر حسب سانتی‌متر است. داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه شد و مقایسه میانگین نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن با احتمال خطای ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، نشان داد که اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی و هورمون سیتوکینین و اثرات متقابل آن‌ها با اثرات معنی‌دار با احتمال خطای یک درصد، بر ارتفاع بوته همراه بود. با افزایش غلظت اسید هیومیک، ارتفاع گیاه افزایش یافت و کاربرد محلول‌پاشی روی و آهن و همچنین محلول‌پاشی سیتوکینین نیز موجب افزایش

ارتفاع گیاه نسبت به شاهد (عدم مصرف) گردید. بیشترین مقدار ارتفاع گیاه مربوط به اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نانو کلات روی در سیتوکینین به مقدار ۲۹/۳۵ سانتی‌متر و همچنین برهمکنش اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در نانو کلات آهن در سیتوکینین به مقدار ۲۹/۸۳ سانتی‌متر بود و کمترین مقدار این شاخص نیز به تیمار شاهد (۱۰/۱۹ سانتی‌متر) تعلق داشت (جدول ۲). محلول‌پاشی اسید هیومیک و عناصر روی و آهن منجر به افزایش ارتفاع گیاه شد که این امر به دلیل بهبود تغذیه گیاهی و فراهمی موادغذایی مناسب برای گیاه و افزایش دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط گیاه بوده است. اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده شده و ارتفاع بوته نیز افزایش یافت (Dimkpa & Bindraban, 2016). Amer *et al* (2021)، گزارش کردند که اسید هیومیک موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه ریحان شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت. کاربرد سیتوکنین به دلیل افزایش تقسیم سلولی در گیاهان سبب افزایش ارتفاع گیاهان می‌شود. پژوهش‌های اخیر نشان داد که سیتوکینین موجب افزایش رشد و ارتفاع ریحان (Ren *et al*., 2019)، و همچنین گندم (Zaheer *et al*., 2019)، شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد و رطوبت نسبی برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	قطر ساقه	رطوبت نسبی برگ
اسید هیومیک (H)	۲	۱۲۸/۱۱**	۲۴۳/۷۵**	۳۲۹/۶۵**	۱۶/۵۲**	۱۱۷/۹۷**
عناصر ریزمغذی (M)	۲	۱۶۴/۵۹**	۳۲۸/۱۸**	۴۱۶/۵۰**	۱۸/۷۴**	۲۰۱/۳۱**
سیتوکینین (C)	۱	۱۷۵/۴۲**	۳۷۱/۵۲**	۵۵۰/۷۶**	۲۸/۳۵**	۱۷۶/۲۸**
H×M	۴	۱۹۸/۳۱**	۴۸۷/۰۷**	۵۹۴/۲۱**	۴۰/۵۹**	۲۰۳/۴۶**
H×C	۲	۲۰۱/۳۹**	۵۸۲/۵۸**	۴۰۲/۹۶**	۳۴/۱۴**	۳۷۳/۳۵**
M×C	۲	۱۷۶/۲۷**	۶۱۴/۲۹**	۵۶۸/۴۳**	۴۶/۵۹**	۲۵۲/۵۸**
H×M×C	۴	۱۶۵/۴۶**	۴۲۷/۳۶**	۵۱۱/۷۴**	۵۱/۲۰**	۴۱۱/۶۵**
خطا	۳۶	۱۰/۲۴	۱۶/۷۳	۱۲/۵۶	۱۱/۸۳	۱۵/۷۹
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹۱	۱۵/۴۶	۱۰/۱۳	۷/۲۴	۱۷/۴۳

*و** به ترتیب بیانگر معنی‌داری با احتمال خطای پنج درصد و یک درصد است.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات عملکرد و رطوبت نسبی برگ

تیمارها			ارتفاع گیاه (cm)	وزن تر اندام هوایی (g/m^2)	وزن خشک اندام هوایی (g/m^2)	قطر ساقه (mm)	رطوبت نسبی برگ (%)
اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	عناصر ریزمغذی (گرم)	سیتوکینین (میکرومولار)					
۱۰۰۰	روی	۱۰۰	۲۹/۳۵^{a}	۷۹۴/۲۷^{a}	۳۸۲/۲۵^{a}	۱/۲۶^{a}	۷۴/۱۳^{a}
		شاهد	۲۶/۶۲^{b}	۶۲۴/۵۶^{b}	۳۱۰/۳۱^{b}	۱/۱۷^{b}	۶۵/۵۹^{b}
	آهن	۱۰۰	۲۹/۸۳^{a}	۸۱۳/۳۴^{a}	۴۱۲/۸۵^{a}	۱/۱۴^{b}	۶۴/۷۰^{b}
		شاهد	۲۶/۳۳^{b}	۶۳۳/۵۹^{b}	۳۱۸/۶۷^{b}	۱/۰۷^{c}	۵۶/۲۸^{c}
	شاهد	۱۰۰	۲۶/۴۸^{b}	۶۱۵/۸۰^{b}	۳۲۱/۹۴^{b}	۱/۰۳^{c}	۵۳/۷۶^{c}
		شاهد	۲۲/۶۲^{c}	۵۶۷/۴۳^{c}	۲۹۵/۲۵^{c}	۱/۰۵^{c}	۵۲/۶۱^{c}
۵۰۰	روی	۱۰۰	۲۵/۹۲^{b}	۶۲۸/۶۶^{b}	۳۱۵/۰۶^{b}	۱/۱۵^{b}	۶۱/۳۳^{b}
		شاهد	۲۲/۱۳^{c}	۵۸۶/۲۵^{c}	۲۸۳/۱۸^{c}	۱/۱۳^{b}	۶۳/۴۶^{b}
	آهن	۱۰۰	۲۵/۶۲^{b}	۵۷۹/۶۱^{c}	۲۷۱/۷۳^{c}	۱/۰۵^{c}	۶۴/۵۵^{b}
		شاهد	۲۱/۹۴^{c}	۵۳۳/۹۷^{d}	۲۷۴/۴۹^{c}	۱/۰۲^{c}	۶۱/۱۸^{b}
	شاهد	۱۰۰	۲۱/۵۷^{c}	۵۲۴/۴۸^{d}	۲۶۹/۹۶^{c}	۱/۰۶^{c}	۶۶/۰۵^{b}
		شاهد	۱۸/۰۶^{d}	۴۶۴/۳۳^{e}	۲۲۶/۸۹^{d}	۰/۹۱^{d}	۵۵/۹۷^{c}
	روی	۱۰۰	۱۸/۱۳^{d}	۴۶۵/۲۱^{e}	۲۳۸/۴۱^{d}	۱/۰۷^{c}	۵۳/۴۶^{c}
		شاهد	۱۴/۵۶^{e}	۴۴۵/۶۶^{e}	۲۲۵/۹۶^{d}	۰/۷۹^{d}	۴۲/۳۳^{d}
شاهد	آهن	۱۰۰	۱۷/۸۴^{d}	۴۷۵/۶۳^{e}	۲۳۴/۷۶^{d}	۰/۸۵^{d}	۵۰/۵۶^{d}
		شاهد	۱۴/۴۳^{e}	۴۵۹/۴۸^{e}	۲۱۵/۸۱^{e}	۰/۸۷^{d}	۵۱/۸۲^{d}
	شاهد	۱۰۰	۱۴/۵۹^{e}	۴۰۰/۹۴^{f}	۲۱۰/۶۰^{e}	۰/۷۴^{e}	۴۹/۱۰^{d}
		شاهد	۱۰/۱۹^{g}	۳۶۲/۵۱^{g}	۱۹۱/۷۲^{f}	۰/۶۱^{f}	۴۵/۹۸^{e}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد).

وزن تر و وزن خشک اندام هوایی

اثرات محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی و هورمون سیتوکینین و اثرات متقابل آن‌ها با اثر معنی‌دار با احتمال خطای یک درصد، بر وزن تر و وزن خشک اندام هوایی ریحان ایتالیایی همراه شد. با افزایش غلظت اسید هیومیک، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی نیز افزایش یافت. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و هورمون سیتوکینین نیز موجب افزایش وزن تر و وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد (عدم مصرف) شد. بیشترین مقدار وزن‌تر اندام هوایی (۷۹۴/۲۷ گرم در مترمربع)، مربوط به برهمکنش اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در سیتوکینین و اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات آهن در سیتوکینین (۸۱۳/۵۹ گرم در مترمربع) بود و کمترین مقدار این شاخص نیز به تیمار شاهد (۳۶۲/۵۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت. همچنین بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی (۳۸۲/۲۵ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در

سیتوکینین و تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات آهن در سیتوکینین (۴۱۲/۸۵ گرم در مترمربع) بود و کمترین مقدار این شاخص (۱۹۱/۷۲ گرم در متر مربع)، به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۲). اسید هیومیک به دلیل تاثیر مواد شبه هورمونی و بهبود متابولیسم سلولی در افزایش جذب نیتروژن نقش مهمی دارد، به‌طوری که با تاثیر بر نفوذپذیری غشای سلولی، جذب عناصر غذایی را افزایش داده، شرایط رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشیده و از طرف دیگر باعث افزایش ظرفیت تبادل عناصرغذایی شده که این امر موجب افزایش سریع تقسیم سلولی و رشد گیاهان می‌شود (Safaee *et al*., 2016; Chandra *et al*., 2019). در همین راستا Adiloglu (2020)، گزارش کرد که محلول‌پاشی آهن منجر به افزایش عملکرد بیوماس ریحان نسبت به شاهد شده است.

قطر ساقه

اثرات محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریز مغذی و سیتوکنین و اثرات متقابل دو گانه تیمارها با احتمال خطای یک درصد بر قطر ساقه معنی‌دار شد. اثرات متقابل سه گانه تیمارها (اسید هیومیک × عناصر ریزمغذی × سیتوکینین) با اثر معنی‌داری در احتمال خطای پنج درصد بر قطر ساقه همراه شد (جدول ۱). افزایش اسید هیومیک موجب افزایش قطر ساقه گیاه شد، همچنین محلول-پاشی روی و آهن نیز افزایش قطر ساقه نسبت به شاهد (عدم مصرف) را در پی داشت. بیشترین مقدار قطر ساقه به تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در سیتوکینین (۱/۲۶ سانتی‌متر) بود و کمترین مقدار این شاخص (۰/۶۱ سانتی‌متر) نیز به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۲). محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن و روی) و همچنین عناصر پر مصرف موجود در اسید هیومیک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، شرایط رشد را برای گیاه ریحان ایتالیایی فراهم نمود و تعامل بین اسید هیومیک و فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیک گیاه، باعث افزایش قطر ساقه ریحان ایتالیایی شد (Abdellatif *et al*., 2017). Al-Taey et al (2019)، اعلام

کردند که کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش عملکرد و قطر ساقه در بروکلی نسبت به شاهد شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

رطوبت نسبی برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر آن است که اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی و سیتوکینین و اثرات متقابل دو گانه تیمارها با احتمال خطای یک درصد بر رطوبت نسبی برگ معنی‌دار شد. اثرات متقابل متقابل سه گانه اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی در هورمون سیتوکینین، دارای اثر معنی‌داری با احتمال خطای پنج درصد بر رطوبت نسبی برگ همراه شد (جدول ۱). افزایش غلظت اسید هیومیک موجب افزایش رطوبت نسبی برگ شد و محلول‌پاشی روی و آهن نیز باعث افزایش این شاخص نسبت به شاهد گردید. بیشترین مقدار رطوبت نسبی برگ به اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در سیتوکینین (۷۴/۱۳ درصد) و کمترین مقدار این شاخص (۴۵/۹۸ درصد)، مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲). تاثیر اسید هیومیک بر رطوبت نسبی برگ را می‌توان از طریق اثر مثبت آن بر افزایش جذب آب توسط گیاه توجیه کرد. با افزایش میزان محتوای آب نسبی برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم شده و در نتیجه امکان اتساع دیواره سلولی میسر شده و در نهایت باعث افزایش انعطاف‌پذیری غشاء سلول می‌شود تا زمینه رشد سلول فراهم شود. (Amer *et al*., 2021). کاربرد عناصر روی و آهن نیز به دلیل بهبود تغذیه گیاهی موجب افزایش رطوبت نسبی برگ شد (Qureshi *et al*., 2018). آزمایش(2018) Mohammadi *et al* نتایج مشابهی را نشان دادند، آن‌ها بیان کردند که کاربرد کود آهن و روی به طور قابل توجهی باعث بهبود رطوبت نسبی برگ در نعناع فلفلی شد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

اثرات محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی، سیتوکینین و اثرات متقابل آن‌ها با اثر معنی‌دار با احتمال خطای یک درصد، بر رنگیزه‌های فتوسنتزی ریحان ایتالیایی همراه بود (جدول ۳). با افزایش غلظت اسید هیومیک، رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز افزایش

یافت. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (روی و آهن) و کاربرد سیتوکینین نیز موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به شاهد (عدم مصرف) شد. بیشترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b مربوط به تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در سیتوکینین به ترتیب با مقادیر (۱۵/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و (۸/۲۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و همچنین اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات آهن در سیتوکینین به ترتیب (۱۵/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و (۸/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بوده و کمترین مقادیر این شاخص‌ها نیز مربوط به شاهد (۶/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و (۲/۷۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود، همچنین بیشترین مقدار کلروفیل کل و کاروتنوئید مربوط به اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات روی در سیتوکینین به ترتیب (۲۴/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و (۱۰/۷۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و همچنین برهمکنش اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نانو کلات آهن در سیتوکینین (۲۵/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) و (۱۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود و کمترین مقادیر نیز مربوط به تیمار شاهد به ترتیب ۲۵/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۳/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر حاصل شد (جدول ۴).

جدول ۳-تجزیه واریانس رنگیزه‌های فتوسنتزی

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
اسید هیومیک (H)	۲	۴۷/۵۶**	۳۹/۱۶**	۴۳/۲۱**	۳۷/۴۹**
عناصر ریزمغذی (M)	۲	۶۱/۸۳**	۴۶/۲۹**	۳۳/۱۸**	۲۹/۱۰**
سیتوکینین (C)	۱	۴۹/۵۵**	۵۳/۱۲**	۵۱/۷۳**	۴۳/۵۵**
H×M	۴	۵۳/۲۴**	۷۴/۹۳**	۹۵/۶۸**	۶۲/۲۳**
H×C	۲	۸۱/۲۵**	۹۹/۲۵**	۵۸/۱۱**	۸۴/۷۹**
M×C	۲	۸۹/۳۱**	۷۶/۲۴**	۶۷/۳۹**	۷۳/۶۷**
H×M×C	۴	۸۷/۵۶**	۷۳/۵۰**	۹۵/۶۷**	۶۹/۲۴**
خطا	۳۶	۱۱/۲۸	۱۳/۴۶	۱۰/۷۲	۱۶/۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۴۲	۱۱/۵۶	۹/۶۸	۱۲/۰۳

** بیانگر معنی‌داری با احتمال خطای یک درصد است.

میزان کلروفیل در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی گیاهان است و کارتنوئیدها به عنوان رنگدانه‌های گیاهی یا ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات ضروری دستگاه فتوسنتزی عمل می‌کنند. به نظر می‌رسد کاربرد توأم اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی و سیتوکینین منجر به افزایش سریع عناصرغذایی از جمله نیتروژن توسط گیاه شده است. کاربرد سیتوکینین موجب رشد کلروپلاست و در نتیجه تشدید رنگ سبز برگ‌ها می‌شود (Ren *et al*., 2019). محلول‌پاشی اسید هیومیک و عناصر ریزمغذی (آهن و روی) اثر مثبتی بر کلروفیل و کاروتنوئید ریحان ایتالیایی داشت که می‌توان گفت اسید هیومیک دارای عناصر پرمصرف و کم مصرف مانند نیتروژن و آهن است که در ساختار کلروفیل گیاه نقش مهمی ایفا می‌کنند. همچنین اسید هیومیک با هورمون‌های رشد فراوان، شرایط مناسب رشد گیاه ریحان ایتالیایی را فراهم می‌کند. اسید هیومیک نقش موثری در افزایش نفوذپذیری غشای سلولی دارد و سبب نفوذ بیشتر عناصرغذایی از جمله منیزیم و نیتروژن به درون سلول شده که در نتیجه آن، افزایش کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه صورت می‌گیرد (Liu *et al*., 2018; Asri *et al*., 2015). اثر مثبت اسید هیومیک بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش مقدار کلروفیل تایید شده است و نتایج مشابهی با این پژوهش را Kaya et al (2017) و همکاران (۲۰۱۷)، در رابطه با افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه ذرت با تیمار اسید هیومیک گزارش کردند. همچنین Asri *et al* (2015) اظهار داشتند که اسید هیومیک موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گوجه‌فرنگی را در پی داشت. نتایج پژوهش دیگری بر روی مرزه نشان داد که کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش کلروفیل *a* کلروفیل *b* و کلروفیل کل شده است، این پژوهشگران نشان دادند که افزایش کلروفیل موجب افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش رشد و عملکرد مرزه را در پی داشته است (Hoseinian *et al*., 2019).

جدول ۴- مقایسه میانگین رنگیزه‌های فتوسنتزی

تیمارها			ارتفاع گیاه (cm)	وزن تر اندام هوایی (g/m^2)	وزن خشک اندام هوایی (g/m^2)	قطر ساقه (mm)
اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	عناصر ریزمغذی (گرم)	سیتوکینین (میکرومولار)				
۱۰۰۰	آهن	روی	۱۵/۹۵^{a}	۸/۲۴^{a}	۲۴/۸۳^{a}	۱/۲۶^{a}
		شاهد	۱۳/۸۱^{b}	۶/۹۵^{b}	۲۲/۷۵^{b}	۱/۱۷^{b}
	شاهد	روی	۱۵/۷۹^{a}	۸/۴۳^{a}	۲۵/۱۶^{a}	۱/۱۴^{a}
		شاهد	۱۳/۶۸^{b}	۷/۱۱^{b}	۲۲/۹۸^{b}	۱/۰۷^{b}
۵۰۰	آهن	روی	۱۳/۴۶^{b}	۷/۰۴^{b}	۲۱/۱۳^{b}	۱/۰۳^{c}
		شاهد	۱۱/۰۴^{c}	۵/۵۳^{c}	۱۶/۶۵^{c}	۱/۰۵^{d}
	شاهد	روی	۱۳/۵۹^{b}	۵/۶۴^{c}	۱۹/۰۸^{b}	۱/۱۵^{d}
		شاهد	۱۰/۷۹^{c}	۴/۲۱^{d}	۱۶/۵۹^{c}	۱/۱۳^{e}
شاهد	آهن	روی	۱۳/۵۵^{b}	۵/۴۹^{c}	۱۹/۱۱^{c}	۱/۰۵^{d}
		شاهد	۱۰/۶۸^{c}	۴/۲۶^{d}	۱۵/۹۸^{c}	۱/۰۲^{e}
	شاهد	روی	۱۰/۷۶^{c}	۴/۱۹^{d}	۱۵/۳۶^{c}	۱/۰۶^{e}
		شاهد	۸/۷۸^{d}	۳/۲۵^{e}	۱۳/۶۱^{d}	۰/۹۱^{f}
	آهن	روی	۸/۹۱^{d}	۴/۳۲^{d}	۱۲/۵۷^{d}	۱/۰۷^{g}
		شاهد	۷/۵۱^{e}	۳/۱۷^{e}	۱۱/۰۲^{d}	۰/۷۹^{h}
	شاهد	روی	۷/۶۴^{e}	۳/۲۰^{e}	۱۰/۹۱^{d}	۰/۸۵^{h}
		شاهد	۷/۴۲^{e}	۳/۱۳^{e}	۱۰/۴۳^{e}	۰/۸۷^{h}
	شاهد	روی	۷/۳۸^{e}	۳/۰۹^{e}	۱۰/۳۶^{e}	۰/۷۴^{h}
		شاهد	۶/۵۳^{f}	۲/۷۶^{f}	۹/۲۸^{f}	۰/۶۱^{i}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که محلول‌پاشی اسید هیومیک، عناصر ریزمغذی و هورمون سیتوکینین، موجب افزایش عملکرد، رطوبت نسبی برگ و رنگیزه‌ی فتوسنتزی ریحان ایتالیایی شد. تیمار اثرات متقابل اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر× نانو کلات آهن× هورمون سیتوکینین و همچنین تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر× نانو کلات روی× هورمون سیتوکینین موجب بهبود رشد و صفات کیفی مورد مطالعه در این پژوهش نسبت به شاهد شد که به نظر می‌رسد با افزایش غلظت اسید هیومیک و همچنین با کاربرد عناصر ریزمغذی (آهن و روی) و هورمون سیتوکینین دسترسی گیاه به موادغذایی و هورمون‌های رشد افزایش یافت و با افزایش میزان کلروفیل و رطوبت نسبی برگ، کیفیت برگ ریحان نیز ارتقا یافت.

منابع

Abdellatif, I.M.Y., Y.Y. Abdel-Ati., Y.T. Abdel-Mageed, M.A.M .Hassan. 2017. Effect of humic acid on growth and productivity of tomato plants under heat stress. Journal of Horticultural Research 25 (2): 59-66.

Adiloglu, S. 2020. Relation of Chelated Iron (EDDHA-Fe) Applications with Iron Accumulation and Some Plant Nutrient Elements in Basil (*Ocimum basilicum* L.). Pol. Journal. Environ. Stud 30 (4): 1-9.

Ahmad, I., T. Ahmad, A. Gulfam, and M. Saleem. 2012. Growth and flowering of gerbera as influenced by various horticultural substrates. Pakistan Journal of Botany. 44 (12): 291-299.

Amer, A., M. Ghoneim, T. Shoala, and H.I. Mohamed. 2021. Comparative studies of eco-friendly compounds like humic acid, salicylic, and glycyrrhizic acids and their nanocomposites on French basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Grand verde). Environmental Science and Pollution Research https://doi.org/ 10.1007/ s11356-021-14022-1.

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

Asri, F., R. Demirtas, and Ari, N. 2015. Changes in fruit yield, quality and nutrient concentrations in response to soil humic acid applications in processing tomato. Bulgarian Journal of Agricultural Science 21(3): 585-591.

Al-Taey, D. K. A., M.J.H. Al-Shareefi, A.K. Mijwel, A.R. Al-Tawaha, and A.R. Al-Tawaha. 2019. The beneficial effects of bio-fertilizers combinations and humic acid on growth, yield parameters and nitrogen content of broccoli grown under drip irrigation system. Bulgarian Journal of Agricultural Science 25: 959–966.

Barbosa, L.N., F.C. Alves, B.F. Andrade, M. Albano, I.G. Castilho, V.L. Rall, N.B. Athavde, N.L. Delbem, R.O. Roça, and A.J. Fernandes. 2014. Effects of *Ocimum basilicum* Linn essential oil and sodium hexameta phosphate on the shelf life of fresh chicken sausage. Journal of Food Prot 77: 981–986.

Chandra, M.S., R.K. Naresh, N. Lavanya, N. Varsha, S.W. Chand, and P. Chandana. 2019. Production and potential of ancient liquid organics

and P. acutifolius during water deficit. Crop Science. 39: 467-474.

Han, S.H., A. Young, J. Hwang, and B. Bae Park. 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. Forest Science and Technology. 12(3): 137-143.

Hosseinian, S.H., N.A. Ebrahimipak, A. Yusefi, A. and Egdernezhad. 2019. Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of Satureja hortensis. Journal of Water and Soil Conservation. 26(1): 219-232.

Kaya, C., N.A. AKram, M. Ashraf, and O. Sonmez. 2017. Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physicobiochemical attributes. Cereal Research Communications. 46 (1): 67-78.

Lal, R.K., P. Gupta, C.S. Chanotiya, and S. Sarkar. 2018. Traditional plant breeding in *Ocimum* In: Shasany A., Kole C. (eds) The Ocimum Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Springer Nature, Switzerland. 46: 89-98.

panchagavya and kunapajala to improve soil health and crop productivity: A review, Journal of Pharmacogn. Phytochemical. 8(6):702-713.

Conselvan, G.B., D. Pizzeghello, O. Francioso, M. Di Foggia, S. Nardi, and P. Carletti. 2017. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. Plant Soil 420:119–134.

Dimkpa, C.O. and Bindraban, P.S. 2016. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. Agronomy for Sustainable Development 36 (1): 1-26.

Di Iorio, E., C. Colombo, R. Angelico, R. Terzano, C. Porfido, F. Valentinuzzi, Y. Pii, T. Mimmo, and S. Cesco. 2019. "Iron oxide- humic acid coprecipitates as iron source for cucumber plants," journal of plant nutrition and soil science. 182 (6) 959–966.

Elansary, H.O., A.M. Eman, D.O. El-Ansary, and A.M. Mattar. 2020. Effects of Water Stress and Modern Biostimulants on Growth and Quality Characteristics of Mint. Journal of Agronomy. 10 (6): 2-16.

Ferrat I.L. and C.J. Loval. 1999. Relation between relative water content, nitrogen pools, and growth of P. vulgaris

spraying of compost tea and acid humic on growth indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 9(3): 805-820.

Shehata, A.M. and S.E.W. Nosir. 2019. Response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to spraying seaweed extract grown under stress. The future Journal of Biology 2:16-28.

Singh, A., N.B. Singh, S. Afzal, T. Singh, and I. Husain. 2018. Zinc oxide nanoparticles: A review of their biological synthesis, antimicrobial activity, uptake, translocation and biotransformation in plants. Journal of Materials Science. 53(1):185–201.

Zaheer, M.S., M.A.S. Raza, M.F. Saleem, K.O. Erinle, R. Iqbal, and S. Ahmad. 2019. Effect of rhizobacteria and cytokinins application on wheat growth and yield under normal vs drought conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 50(20): 2521-2533.

Liu, L., W. Xia, H. Li, H. Zeng, B. Wei, S. Han, and C. Yin. 2018. Salinity inhibits rice seed germination by reducing α-amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. Frontiers in Plant Science. 9: 258- 275.

Qureshi, A., D.K. Singh, and S. Dwivedi. 2018. Nano-fertilizers: a novel way for enhancing nutrient use efficiency and crop productivity. International Journal Curr. Microbiol. App. Science 7(2): 3325-3335.

Ren, B., J. Hu, J. Zhang, S. Dong, P. Liu, and B. Zhao. 2019. Spraying exogenous synthetic cytokinin 6-benzyladenine following the waterlogging improves grain growth of waterlogged maize in the field. Journal of Agronomy and Crop Science. doi:10.1111/jac.12355.

Safaee, M., A. Rahimi, B. Torabi, and A. Khoram. 2016. Effect of vermi-compost fertilizer application and foliar

Effect of foliar application of humic acid micronutrients and cytokinin on yield and some quality traits of Italian basil (*Ocimum basilicum* L.) under hydroponic cultivations

R. Kalhor Monfared[1], M.N. Ilkaei[2*], F. Paknejad[3]

1–Ph.D Student of Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2–Associate professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
3–Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Abstract

One of the most important applications of nanotechnology in agriculture is the use of Nano fertilizers to feed plants to improve plant nutrition and minimize the costs of environmental protection, and hydroponic cultivation, due to the lack of environmental pollution to the soil, is a suitable method. To produce agricultural products. For this purpose, a factorial study was conducted in the form of a complete randomized design with three replications in a greenhouse located in Nazarabad, Karaj, on Italian basil as hydroponic cultivation. The treatments of this experiment include foliar application of humic acid at three levels (no consumption control as control, 500, 1000 $mg.l^{-1}$), foliar application of micronutrients at three levels (0, iron Nano chelate and zinc Nano chelate) and solution Spray of cytokinin hormone was at two levels (0 and 100 μM). The results showed that after increasing in humic acid concentration, the yield and quality traits of Italian basil increased and foliar application of micronutrients (iron and zinc) as well as cytokinin hormone increased the traits studied compared to the control. Humic acid 1000 $mg.l^{-1}$ × Nano-chelate on × cytokinin leads to an increase of 39.99% and also the interaction of humic acid 1000 mg/l iron Nano-chelate × cytokinin gained to 115.34% increase in plant dry weight ratio Witnessed.

Keywords: Relative Water Content (RWC), Carotenoids, Chlorophyll, Iron foliar, Zinc foliar

* Corresponding author (mohammad.ilkaei@kiau.ac.ir)