Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۳، صفحه ۵۱۱-۵۰۱ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.122016.2330
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.501.95.3.1576.1578

بررسی اثرهای کلات و نانوکلات آهن روی برخی صفات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه کاسنی (*Cichoirium intybus* L.) در سیستم هواکشت

زهرا موحدی[1*] و احمد معینی[2]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

پست الکترونیک: Zahra_movahedi_312@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

چکیده

گیاه کاسنی (*Cichoirium intybus* L.) یک گیاه دارویی است که مهمترین استفاده‌های آن از طریق تولید برگ و ریشه می‌باشد. در این پژوهش اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن و کلات آهن بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی کاسنی در سیستم هواکشت بررسی شده است. این سیستم روش بسیار مناسبی برای بررسی تأثیر عناصر غذایی و نیز بهبود رشد و نمو در گیاهان مختلف در شرایط کنترل شده محسوب می‌شود. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی با آب (شاهد)، کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بود. محلول‌پاشی در سه مرحله شامل ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت روی برگ و ریشه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار انجام شد و پس از شش ماه صفات مورد نظر بررسی گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف برای صفات ارتفاع کل گیاه، طول ریشه، تعداد و سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان آهن در ریشه و اندام هوایی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از غلظت ۱/۵ گرم نانو کلات آهن، بیشترین ارتفاع کل گیاه (۱۷۳/۵cm)، طول ریشه (۱۳۹/۷cm)، وزن خشک اندام‌های هوایی (۸۶/۱g)، وزن خشک ریشه (۶۵/۲g)، سطح برگ (۳۴۴۸/۵mm^2)، کلروفیل a (۲/۴۳mg/g)، کلروفیل b (۱/۲۷mg/g) و کاروتنوئید (۱/۲۵mg/g) را داشته است. کمترین ارتفاع کل گیاه (۱۲۱/۵cm)، طول ریشه (۹۲/۳cm)، وزن خشک اندام‌های هوایی (۵۰/۱g)، وزن خشک ریشه (۱۵/۱g)، سطح برگ (۲۲۵۹/۶mm^2) کلروفیل a (۱/۴۶mg/g)، کلروفیل b (۰/۸۵mg/g) و کاروتنوئید (۰/۷۶mg/g) در تیمار شاهد مشاهده شد. در مجموع نتایج این آزمایش اثر مثبت محلول‌پاشی کلات آهن را نشان داد که غلظت ۱/۵ گرم نانو کلات آهن برای صفات مورد مطالعه بیشترین تأثیر را داشت.

واژه‌های کلیدی: کشت بدون خاک، گیاهان دارویی، عناصر ریزمغذی، محلول‌پاشی.

مقدمه

کاسنی (*Cichoirium intybus* L.) یک گیاه دارویی مهم از راسته گل استکانی (Campanulales) و متعلق به تیره گل ستاره‌ای Asteraceae می‌باشد (Azadbakht, 2013). کاسنی گیاهی علفی، دگرگشن، دارای ارتفاعی بین ۰/۵-۱/۵ متر است. کاسنی در نواحی مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

متفاوت بوده و می تواند به‌صورت یک‌ساله، دو ساله یا چندساله باشد. از پودر ریشه خشک کاسنی به‌عنوان مقوی روده، ملین ملایم و محرک اشتها و برای بیماران مبتلا به تنبلی و خستگی کبد به صورت دم‌کرده استفاده می‌شود (Zargari, 1997). این گیاه توسط مصریان باستان به‌منظور استفاده دارویی، غذایی و همچنین برای تغذیه دام استفاده می‌شده است (Alloush *et al.*, 2003).

هواکشت، نوع پیشرفته ای از هیدروپونیک بوده که ریشه‌های گیاهان در یک محیط بسته قرار داشته و با محلول غذایی کاملاً پودر شده، تغذیه می‌شوند (Christie & Nichols, 2004).

در سیستم هواکشت محلول غذایی به‌طور مستقیم به ریشه‌های گیاه داده می‌شود، بنابراین محیط واسطه‌ای که تحویل محلول غذایی را دچار وقفه سازد یا آن را به باکتری آلوده سازد، وجود ندارد. همچنین رشد بیشتر گیاهان در سیستم هواکشت، تا ۳ برابر سریع‌تر از سایر سیستم‌های آبکشت است. (Hayden, 2006؛ Hayden *et al.*, 2004). سیستم هواکشت در گیاهان می‌تواند راهکاری برای افزایش تولید و بهبود کیفیت باشد. از سال ۲۰۰۰ به بعد، طرح استفاده از سیستم هواکشت برای تولید گیاهان دارویی ریشه‌ای مطرح و از این سیستم استفاده شده است، به‌طوری که از آن برای تولید گیاهان دارویی بابا آدم، اکیناسه، گزنه دوپایه، زنجبیل و سنبل‌الطیب استفاده شده است (Pagilarulo *et al.*, 2005؛ Tabatabaei, 2008؛ Hayden, 2006).

تولید گیاهان دارویی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف بهبود یابد که از آن جمله می‌توان به عناصر ریزمغذی اشاره کرد. گیاهان در بین همه ریزمغذی‌ها بیشترین نیاز را به آهن دارند و این عنصر سومین ماده غذایی محدودکننده رشد و نمو گیاهان است (Zuo & Zhang, 2011). آهن در فرایندهای متابولیکی از قبیل سنتز، تنفس و فتوسنتز نقش مهمی دارد. علاوه‌براین، بسیاری از مسیرهای متابولیکی توسط آهن فعال شده و در ساخت گروهی از آنزیم‌ها شرکت می کند. در گیاهان این عنصر نقش بسیار مهمی در مسیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دارد، ازجمله در ساخت کلروفیل نقش داشته و برای حفظ ساختار و کارکرد کلروپلاست‌ها ضروریست (Schmidt, 1993). از آنجایی که یکی از مشکلات مصرف آهن، مشکل حلالیت است، محلول‌پاشی این عنصر به‌ویژه در سیستم‌های بدون خاک بسیار مؤثرتر و باصرفه‌تر می‌باشد. وقتی سلول‌های گیاه مواد مغذی را جذب می‌کنند فوراً با اسیدهای آلی ازجمله اسید سیتریک، اسید مالونیک، اسید هیومیک و آمینواسید به شکل کلات شده در می‌آیند. کلات مانع ایجاد فعل و انفعال داخلی بین مواد مغذی با یکدیگر می‌شود. ترکیب‌های کلاته آهن بهترین راهکار برای برطرف کردن کلروز آهن است و می‌تواند شدیدترین مشکلات تغذیه ای گیاهان را برطرف نماید (Jeong & Guerinot, 2009؛ Cesco *et al.*, 2010).

یکی از پیشرفت‌های اخیر در حوزه شیمی، امکان تولید ذرات نانو است که در قسمت‌های مختلف ازجمله در کشاورزی می‌تواند کاربرد داشته باشد (Johnson, 2006). یکی از این کاربردها در حوزه کشاورزی، نانوکودها می باشد که به‌دلیل آزادسازی کنترل شده نانوکودها در رشد گیاهان تأثیر بسزایی دارد (Chinnamuthu & Murugesa Boopathi, 2009).

تأثیر کلات آهن و نانو آهن بر شاخص های رشد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیداتیو در ریحان نشان داده است که تیمار گیاهان با نانو آهن، طول اندام هوایی، طول ریشه و میزان مجموع کلروفیل‌های a و b را افزایش داده است (Peyvandi *et al.*, 2011). همچنین، محلول‌پاشی با نانو کود کلات آهن موجب بهبود رشد، نمو و عملکرد محصول گیاه دارویی اسفرزه شده است (Aghazadeh-Khalkhali *et al.*, 2015). مصرف نانو کود آهن در گل‌محمدی نیز باعث افزایش اسانس در این گیاه شده است (Layeghhaghighi *et al.*, 2015). Nasiri و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول پاشی بابونه با سولفات آهن و روی می تواند منجر به بهبود عملکرد گل،

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش غلظت برخی از عناصر غذایی و رفع کمبود آنها در گیاه گردد.

با توجه به اهمیت گیاه کاسنی و اینکه تاکنون اثر آهن در این گیاه در سیستم هواکشت بررسی نشده است، در این پژوهش، اثرهای کلات و نانوکلات آهن بر رشد و نمو گیاهان کشت شده در سیستم هواکشت بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکود آهن و کلات آهن بر رشد گیاه کاسنی در سیستم هواکشت، ابتدا بذرهای گیاه دارویی کاسنی (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) در مخازن سیستم هواکشت کشت شدند. کلات آهن (Fe-EDDHA) و نانوکلات آهن از شرکت خضرا تهیه شده و به‌ترتیب دارای ۶٪ و ۹٪ آهن بودند. این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۹۷-۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر) بودند. محلول‌پاشی در سه نوبت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز پس از کشت بذرها در سیستم هواکشت روی برگ و ریشه ها انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار (هر تکرار از یک گیاهچه تشکیل می شد) انجام شد. نمک‌های مورد استفاده بر پایه محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) بود که غلظت عناصر مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

سیستم هواکشت مورد استفاده در این تحقیق شامل مخزن قرارگیری بذرها (این مخزن برای انتقال بذرها در داخل آنها مورد استفاده قرار گرفت)، نازل ها (نازل ها به گونه‌ای بود که محلول غذایی را به‌صورت کاملاً پودر شده و قابل جذب برای گیاه درمی‌آورد)، مخزن محلول غذایی، پمپ‌های اسپری‌کننده محلول غذایی و جمع‌آوری بازیافت محلول غذایی و سیستم کنترل بود (برای این منظور یک تابلو برق طراحی شد که در آن از زمان‌سنج‌های دیجیتالی استفاده شد). از یک زمان‌سنج به‌منظور تنظیم زمان اسپری کردن محلول غذایی و از زمان‌سنج دیگر برای تنظیم زمان تخلیه مازاد محلول غذایی استفاده شد (شکل ۱). این آزمایش در شرایط گلخانه شیشه‌ای با دمای حدود ۲۵°C روز و ۲۰°C شب و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی با استفاده از منبع نوری لامپ های بخار سدیم اجرا شد.

بعد از ۶ ماه در زمان شروع گلدهی گیاهان، صفات ارتفاع کل گیاه (ساقه + ریشه)، طول ریشه، تعداد برگ در هر گیاه، سطح هر برگ، وزن تر و وزن خشک قسمت هوایی، وزن تر و خشک ریشه و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در هر گیاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری آهن در ریشه و اندام هوایی، ابتدا عصاره آن تهیه گردید، آنگاه برای این منظور ۰/۵ گرم از نمونه خشک‌شده و آسیاب‌شده در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد؛ سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه شده و توسط آب‌مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شده و بعد توسط دستگاه جذب اتمی میزان آهن اندازه‌گیری شد. نتایج آزمون Kolmogorove-Smirnov نرمال بودن خطاهای آزمایشی صفات مورد بررسی را نشان داد، ازاین‌رو محاسبات آماری متعارف برای تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ver.14) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) در این آزمایش اثر تیمارهای مختلف بر همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و نتایج برحسب صفت و به‌شرح ذیل ارائه می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- نمای کلی سیستم هواکشت مورد استفاده؛

الف) مخزن سیستم هواکشت، ب) نازل‌های سیستم هواکشت، ج) سیستم کنترل، د) سیستم فیلتراسیون و پمپ‌ها

جدول ۱- غلظت محلول‌های مورد استفاده در سیستم هواکشت ($mg\ l^{-1}$)

عنصر	غلظت ($mg\ l^{-1}$)	عنصر	غلظت ($mg\ l^{-1}$)
K	۲۰۰	Fe	۱
N	۱۹۰	Mn	۰/۵
Ca	۱۵۰	B	۰/۵
S	۷۰	Zn	۰/۱۵
Mg	۴۵	Cu	۰/۱
P	۳۵	Mo	۰/۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد برگ

اثر تیمارهای مختلف بر تعداد برگ تولید شده در هر گیاه، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای کلات و نانوکلات آهن با شاهد نشان داد. بیشترین تعداد برگ (۵۸) با استفاده از ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن و کمترین تعداد برگ (۴۴/۳) توسط شاهد بدست آمد (جدول ۳).

سطح برگ

بررسی اثر تیمارهای مختلف بر میزان سطح برگ تولیدی در هر گیاه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کلات و نانوکلات آهن با تیمار شاهد وجود دارد و بیشترین سطح برگ (۳۴۴۸/۵mm) با استفاده از ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن و کمترین سطح برگ (۲۲۵۹/۶mm) توسط شاهد بدست آمد (جدول ۳).

ارتفاع گیاه

تایج حاصل از بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن بر ارتفاع گیاه کاسنی نشان داد که تیمار آهن در مقایسه با شاهد ارتفاع گیاه را به‌طور چشمگیری افزایش داد، به‌طوری که با استفاده از ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن بیشترین ارتفاع (۱۷۳/۵cm) بدست آمد و شاهد کمترین ارتفاع (۱۲۱/۵cm) را تولید کرد (جدول ۳).

طول ریشه

غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن، طول ریشه کاسنی را به‌طور قابل توجهی افزایش دادند، در بین تیمارها غلظت ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن، بیشترین طول ریشه در هر گیاه (۱۳۹/۷cm) و شاهد کمترین طول ریشه (۹۲/۳cm) را داشت (جدول ۳).

وزن تر و وزن خشک ریشه

نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن بر وزن تر و وزن خشک ریشه به‌ترتیب در جدول ۳ آورده شده است. براساس این نتایج، بیشترین وزن تر ریشه در هر گیاه (۲۶۰/۲g) مربوط به ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن و کمترین وزن تر ریشه (۷۵/۳g) مربوط به شاهد بود. در مورد وزن خشک ریشه نیز نتایج مشابهی بدست آمد.

وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی

مقایسه میانگین (جدول ۳) اثرهای غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی نشان داد که بیشترین وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی (به‌ترتیب، ۴۳۰/۶g و ۸۶/۱g) مربوط به تیمار ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن بود. در مورد وزن خشک نیز تیمار شاهد کمترین میانگین را بخود اختصاص داد.

کلروفیل a، b و کاروتنوئید

اثر تیمارهای مختلف بر میزان کلروفیل‌های a، b و نیز کاروتنوئید در هر گیاه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین کاربرد کلات و نانوکلات آهن با تیمار شاهد وجود داشته است و بیشترین میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید (به‌ترتیب، ۲۳/۴mg/g، ۱۲/۷ و ۱۲/۵) در ۱/۵ گرم از نانوکلات آهن بدست آمد (جدول ۳).

میزان آهن در ریشه و اندام هوایی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳)، کلات آهن و نانوکلات آهن میزان آهن در ریشه و اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش دادند و با افزایش غلظت کلات آهن و نانوکلات آهن این میزان افزایش داشته است. از بین کلات آهن و نانوکلات آهن نیز نانوکلات آهن تأثیر بیشتری داشته است، به‌طوری که بیشترین میزان آهن در ریشه و اندام هوایی در غلظت ۱/۵ گرم نانوکلات آهن بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن بر صفات فیزیومورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد برگ	سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	میزان آهن در ریشه	میزان آهن در اندام هوایی
تیمار	۶	۷۱/۴	۵۷۲۷۹۸/۶۸	۲۷/۵۸	۶/۱	۱۰/۷۶	۱۹۳۶/۷۴	۲۰۲۴/۳۴
خطا	۲۸	۹/۶*	۸۲۱۶/۷*	۳/۱۷*	۰/۶۸*	۰/۱۰۵*	۱۵/۲۹*	۱۰/۳۵*
ضریب تغییرات	-	۶/۱	۳/۵	۳/۶	۷/۶	۳/۵	۴/۱	۳/۵

*: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

ادامه جدول ۲- ...

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع کل	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
تیمار	۳	۱۱۶۹/۴	۸۴۲/۱	۱۶۰۹۷/۱	۷۴۴/۵	۱۰۶۷۷/۵	۴۵۸/۵
خطا	۱۲	۲۳/۸*	۳۲/۰۸*	۲۷/۴۸*	۱۲/۱۷*	۹۵/۷۵*	۱۶/۶*
ضریب تغییرات	-	۵/۸	۸/۴	۳/۲	۱۰/۳۹	۳/۱	۶/۵

*: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلات و نانوکلات آهن بر صفات فیزیومورفولوژیک گیاه کاسنی در سیستم هواکشت

تیمار	کاروتنوئید (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	سطح برگ (mm^2)	تعداد برگ
شاهد	۰/۷۶ ± ۰/۰۲۴d	۱/۴۶ ± ۰/۰۱۵f	۰/۸۵ ± ۰/۰۱۳e	۲۲۵۹/۶ ± ۱۴/۳۳f	۴۴/۳ ± ۱/۲۳e
۰/۵ گرم کلات آهن	۰/۸۵۹ ± ۰/۰۲۲c	۱/۶۲۸ ± ۰/۰۳۲d	۱/۰۹۰ ± ۰/۰۱۷d	۲۴۵۴/۶ ± ۱۵/۳۷e	۴۹ ± ۱/۱۵cd
۱ گرم کلات آهن	۰/۸۶۱ ± ۰/۰۳۸c	۱/۹۱۷ ± ۰/۰۳۷c	۱/۱۱ ± ۰/۰۲۶c	۲۶۵۹/۲ ±۱۰/۶۶d	۵۰ ± ۱/۵۲bc
۱/۵ گرم کلات آهن	۱/۱۶۸ ± ۰/۰۶۱b	۲/۱۸ ± ۰/۰۲۲b	۱/۲۶ ± ۰/۰۱۹a	۳۱۶۵/۴ ± ۱۷/۲۹b	۵۵/۳ ± ۰/۸۸ab
۰/۵ گرم نانوکلات آهن	۰/۸۶۱ ± ۰/۰۵۵c	۱/۸۴۷ ± ۰/۲۸c	۱/۱۳ ± ۰/۰۱۵c	۲۳۵۴/۱ ± ۱۰/۸۵e	۴۶/۶ ± ۱/۲۶d
۱ گرم نانوکلات آهن	۱/۰۱۸ ± ۰/۰۳۱b	۲/۰۸ ± ۰/۰۳۲b	۱/۱۹ ± ۰/۰۴b	۲۹۵۵/۲ ± ۹/۹۷c	۵۳/۲ ± ۱/۲۵ab
۱/۵ گرم نانوکلات آهن	۱/۲۵ ± ۰/۰۴۳a	۲/۴۳ ± ۰/۰۴۵a	۱/۲۷ ± ۰/۰۱۸a	۳۴۴۸/۵ ± ۱۲/۶۸a	۵۸ ± ۳/۲۵a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳- ...

تیمار	ارتفاع کل گیاه (cm)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (mg)	وزن خشک ریشه (mg)	وزن تر اندام‌های هوایی (mg)
شاهد	۱۲۱/۵ ± ۰/۷۶e	۹۲/۳ ± ۱/۲f	۷۵/۳ ± ۱/۴۵f	۱۵/۱ ± ۰/۲۹d	۲۶۰/۱ ± ۴/۸e
۰/۵ گرم کلات آهن	۱۲۷/۶ ± ۰/۹۳d	۹۶/۶ ± ۱/۶۱e	۱۰۸/۵ ± ۴/۱۳d	۲۱/۶ ± ۰/۹۶c	۲۶۸/۴ ± ۰/۵۵e
۱ گرم کلات آهن	۱۴۳/۴ ± ۱/۲۷c	۱۱۲/۱ ± ۱/۵۲c	۱۸۲/۷ ± ۲/۳۱c	۳۸/۵ ± ۰/۴۲b	۲۸۵/۵ ± ۲/۶۹d
۱/۵ گرم کلات آهن	۱۶۵/۶ ± ۰/۸۴b	۱۰۲/۱ ± ۱/۸۱d	۲۱۱/۳ ± ۰/۴۶b	۴۰/۳۲ ± ۲/۱۳b	۳۴۱/۷ ± ۵/۵۷b
۰/۵ گرم نانوکلات آهن	۱۲۹/۲ ± ۰/۵۵d	۱۱۵/۸ ± ۰/۷۲c	۸۲/۷ ± ۱/۳۱e	۱۵/۲۵ ± ۰/۵۸d	۲۸۱/۵ ± ۲/۳۹d
۱ گرم نانوکلات آهن	۱۴۶/۶ ± ۱/۳۷c	۱۲۵/۶ ± ۰/۷۵b	۲۱۷/۳ ±۱/۷b	۴۱/۳۲ ± ۰/۳۳b	۳۲۶/۷ ± ۲/۵۷c
۱/۵ گرم نانوکلات آهن	۱۷۳/۵ ± ۱/۶۴a	۱۳۹/۷ ± ۰/۵۲a	۲۶۰/۲ ± ۲/۱۶a	۶۵/۹ ± ۰/۵۱a	۴۳۰/۶ ±۹/۵۷a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

ادامه جدول ۳- ...

تیمار	وزن خشک اندام‌های هوایی (mg)	میزان آهن در ریشه (mg/kg)	میزان آهن در اندام‌های هوایی (mg/kg)
شاهد	۵۰/۱ ± ۱/۰۳d	۴۵/۴ ± ۱/۷۲۳۴g	۵۰/۸ ± ۱/۳۲۱۴g
۰/۵ گرم کلات آهن	۵۶/۳ ± ۱/۴۵c	۸۶/۰۶ ± ۱/۸۱۱f	۷۲/۹۳ ± ۲/۲۹۶۲f
۱ گرم کلات آهن	۵۶/۷ ± ۱/۵۳c	۱۰۳/۳ ± ۳/۴۹۷۷d	۹۲/۲ ± ۲/۶۹d
۱/۵ گرم کلات آهن	۷۳/۵ ± ۱/۲۶b	۱۱۶/۶ ± ۲/۵۸۱۱b	۱۲۱/۱۳ ± ۱/۳۷b
۰/۵ گرم نانوکلات آهن	۵۷/۷ ± ۲/۰۱c	۹۱/۵ ± ۱/۴۳۳۳e	۸۳/۳ ± ۱/۱۹e
۱ گرم نانوکلات آهن	۵۸/۵ ± ۱/۲۶c	۱۰۶/۸ ± ۲/۷۶۸۸c	۹۹/۱ ± ۲/۸۴c
۱/۵ گرم نانوکلات آهن	۸۶/۱ ± ۱/۹۴a	۱۲۰/۵ ± ۱/۴۳۵۸a	۱۲۳/۸ ±۵/۷۲۹a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی عنصر آهن بر گیاه دارویی کاسنی می‌تواند سبب بهبود پارامترهای مورفولوژیکی این گیاه شود که این نتایج با نتایج سایر محققان نیز مطابقت دارد. نتایج مطالعه‌ای روی انگور نشان داد که کاربرد کود آهن تعداد برگ را در این گیاه افزایش داده است (Yogeesha, 2005). اثر مثبت و معنی‌دار استفاده از نانوکلات آهن در افزایش سطح برگ در سایر گیاهان ازجمله اسفناج (Ladan Moghadam *et al*., 2012)، همیشه بهار (Pirzad *et al*., 2013) و نعناع فلفلی (Heidari *et al*., 2008) نیز مشاهده شده است. به‌طوری که با مصرف کود آهن، فعالیت سیستم فتوسنتزی گیاه افزایش یافته که در نهایت منجر به افزایش سرعت رشد گیاه و نیز افزایش تعداد و سطح برگ گیاه می‌شود (Borlina *et al*., 2001). تأثیر مثبت کاربرد نانوکلات آهن بر ارتفاع گیاه در سایر گیاهان شامل گوجه فرنگی (Houimli *et al*., 2015) و آویشن دنایی (Sharafaldin Shirazi & Fazeli, 2015) نیز گزارش شده است. به‌دلیل نقش آهن در تشکیل کلروفیل، کمبود و یا غیرفعال شدن آهن می‌تواند منجر به کاهش رشد کلی گیاه شود (Anderson & Parkpian, 1984). افزایش ارتفاع با استفاده از کود آهن را می‌توان به تأثیر این عنصر در فتوسنتز نسبت داد که سبب افزایش سنتز کلروفیل در برگ‌ها و در نتیجه بهبود فتوسنتز و نیز افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به نقاط مختلف گیاه ازجمله ساقه می‌شود که در نهایت منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Marschner, 1995). در تحقیقاتی روی گیاهان گشنیز (Singh & Jat, 2002)، اسفرزه (Aghazadeh-Khalkhali *et al*., 2015)، شوید (Jafari *et al*., 2014)، علف لیمو (Singh *et al*., 2003) و آنیسون (Pirzad *et al*., 2013) استفاده از کود آهن سبب افزایش وزن تر و وزن خشک در اندام‌های هوایی و ریشه شده است. تأثیر مثبت عناصر کم مصرف ازجمله آهن به‌دلیل افزایش غلظت کلروفیل است و مصرف کود آهن با افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه سبب توسعه پوشش سبز گیاهی و افزایش شاخه‌ها و برگ‌ها می‌شود (Peyvandi *et al*., 2011). آهن سبب افزایش سطح و تعداد برگ شده، در نتیجه موجب افزایش وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی می‌شود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که یک رابطه خطی معنی‌داری بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد، به‌طوری که با مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش جذب کربن و در نتیجه میزان ماده خشک تولید شده در گیاه شده است (Amaliotis *et al*., 2002). بررسی اثر غلظت کود آهن در نخود نشان داده است که با افزایش غلظت آهن، میزان کلروفیل در این گیاه افزایش یافته است (Nenova, 2006). اثر مثبت آهن بر پارامترهای رشد ازجمله مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در گندم نیز گزارش شده است (Ghafari & Razmjoo, 2013). آهن عنصری ضروری برای ساخت کلروفیل بوده و کمبود آن منجر به کاهش میزان کلروفیل شده، در نتیجه باعث زرد شدن و نکروزه شدن گیاه می‌شود (Vigani *et al*., 2013). کود آهن بیشترین تأثیر را روی برگ‌ها و میزان کلروفیل آنها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام گیاهی برای عمل فتوسنتز داشت. به‌طوری که با افزایش تعداد و سطح برگ، گیاه می‌تواند از نور بیشتری برای فتوسنتز و در نتیجه سنتز مواد غذایی استفاده نماید. در این آزمایش بهترین نتایج با استفاده از ۱/۵ گرم در لیتر نانوکود آهن بدست آمد. به‌نحوی که نانو کود آهن تأثیر بیشتری در مقایسه با کلات معمولی آهن روی صفات مورد مطالعه داشت. این اثر مثبت می‌تواند به دلیل افزایش تحریک‌پذیری، حلالیت و واکنش‌پذیری و نیز اندازه کوچکتر نانوکلات آهن نسبت به کلات معمولی باشد (Mazaherinia *et al*., 2010).

به عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که طبق نتایج این تحقیق مقادیر کمی از کودهای آهن تهیه شده با فناوری نانو نسبت به کودهای کلاته رایج می‌تواند منجر به افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه کاسنی شود. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که به خوبی می‌توان از سیستم هواکشت برای بررسی اثرهای عنصر آهن به فرم‌های مختلف در گیاه کاسنی استفاده نمود. همچنین این پژوهش نشان داد که سیستم هواکشت، سیستم بسیار خوبی برای بهبود عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه کاسنی است. به‌طور کلی این سیستم مزایای متعددی برای بررسی نقش عناصر غذایی در گیاهان و نیز بهبود عملکرد آنها دارد. با توجه به مجموعه مزایای این روش کشت، امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی، تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد کشت بدون خاک برای تولید بعضی از گیاهان زراعی و دارویی با ارزش اقتصادی بالا در حال انجام است. این پژوهش برای اولین مرتبه تولید گیاه کاسنی را در سیستم هواکشت و نیز تأثیر نانوکلات آهن روی عملکرد آن بررسی کرده است. با توجه به نتایج حاصل و نیز مزایای متعدد این سیستم، به خوبی می‌توان از آن در مطالعات بررسی اثر کودهای مختلف روی رشد و نمو ریشه استفاده کرد، به‌دلیل اینکه به راحتی می‌توان تمام مراحل رشد و نمو ریشه‌ها و تأثیر مستقیم کودها روی آنها را در یک محیط کنترل شده رصد نمود.

منابع مورد استفاده

- Aghazadeh-Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V. and Naghdi Badi, H., 2015. Mucilage and seed yield of Psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. Journal of Medicinal Plants, 4(56): 23-34.
- Alloush, G.A., Belesky, D.P. and Clapham, W.M., 2003. Forage chicory: a plant resource for nutrient-rich sites. Journal of Agronomy and Crop Science, 189(2): 96-104.
- Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. and Karapetsas, N., 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. Acta Horticulturae, 567: 447-450.
- Anderson, W. and Parkpian, B., 1984. Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. Plant Nutrition, 7: 223-233.
- Azadbakht, M., 2013. Medicinal Plant Systematics. Arjmand Publication Press, 297p.
- Borlina, M.N., Bovi, O.M., Granja, N.P. and Carmello, Q.A., 2001. Essential oil production and quality of *Mentha qravensis* L. in nutrient solution. Acta Horticulturae, 548: 181-188.
- Cesco, S., Neumann, G., Tomasi, N., Pinton, R. and Weisskopf, L., 2010. Release of plant-borne flavonoids into the rhizosphere and their role in plant nutrition. Plant and Soil, 329: 1-25.
- Chinnamuthu, C.R. and Murugesa Boopathi, P., 2009. Nanotechnology and agroecosystem. Madras Agricultural Journal, 96: 17-31.
- Christie, C.B. and Nichols, M.A., 2004. Aeroponics: a production system and resear tool. Acta Horticulturae, 648: 185-190.
- Ghafari, H. and Razmjoo, J., 2013. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of Wheat. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(11): 2997-3003.
- Hayden, A., 2006. Aeroponic and hydroponic system for medicinal herb, rhizome and root crope. Hort Science, 41(3): 536-538.
- Hayden, A.L., Brigham, L.A. and Giacomelli, G.A., 2004. Aeroponic cultivation of ginger (*Zingiberoffîcinale*) rhizomes. Acta Horticulturae, 659: 397-402.
- Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H. and Dadpoor, M.R., 2008. The effects of application microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 24(1): 1-9.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. College of Agriculture, University of California, 31p.
- Houimli, I.M., Jdidi, H., Boujelben, F. and Denden, M., 2015. Improvement of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) productivity in calcareous soil by iron foliar application. International Journal of Advanced Research, 3(9): 1118-1123.
- Jafari, F., Golehin, A. and Shafiei, S., 2014. The effects of nitrogen and foliar application of iron amino chelate on yield and growth indices of dill (*Anethum graveolans* L.) medical plant. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 5(17): 1-12.
- Jeong, J. and Guerinot, M.L., 2009. Homing in on iron homeostasis in plants. Trends in Plant Science, 14: 280-285.
- Johnson, A., 2006. Agriculture and Nanotechnology. Website: http://tahan. Com /Charlie/ nanosociety.
- Ladan Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N. and Keshavarz, N., 2012. Effect of different levels of fertilizer nano iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.): varamin 88 and viroflay. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(12): 4813-4818.
- Layeghhaghighi, M., Hassanpour Asil, M. and Abbaszadeh, B., 2015. Effect of nano chelated iron

www.SID.ir

Archive of SID

(*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Crop Science, 15(1): 12-23.
- Schmidt, W., 1993. Iron stress-induced redox reactions in bean roots. Physiolgia Plantarum, 89: 448-452.
- Sharafaldin Shirazi, Sh. and Fazeli, F., 2015. Effect of nano iron chelate fertilizer and iron fertilizer on yield and yield components of Daenian thyme (*Thymus daenensis* Celak.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31(2): 374-382.
- Singh, R.K., Singh, R.P. and Singh, R.S., 2003. Effect of iron on herbage and oil yield of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*). Crop Research, 26: 185-187.
- Singh, S. and Jat, N.L., 2002. Effect of phosphorus and zinc fertilization on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Agricultural Research, 23(4): 734-736.
- Tabatabaei, S.J., 2008. Effects of cultivation systems on the growth, and essential oil content and composition of valerian. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 14(1-2): 54-67.
- Vigani, G., Zocchi, G., Bashir, K., Philippar, K. and Briat, J.F., 2013. Signals from chloroplasts and mitochondria for iron homeostasis regulation. Trends in Plant Science, 18: 305-311.
- Yogeesha, L., 2005. Effect of iron on yield and quality of Grape (*Vitis vinifera* L.) in calcareous vertisol. Thesis Submitted to the University of Agricultural Science, Dharwad, India.
- Zargari, A, 1997. Medicinal Plants (Vol. 1). Tehran University Publications, 970p.
- Zuo, Y. and Zhang, F., 2011. Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. Plant and Soil, 339: 83-95.

on essential oil percentage and essential oil compounds of *Rosa damascene* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(1): 138-147.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, 672p.
- Mazaherinia, S., Astaraei, A., Fotovat, A. and Monshi, A., 2010. Effect of iron oxides (ordinary and nano) and municipal solid waste compost (MSWC) coated sulfur on Wheat (*Triticum aestivum* L.) plant iron concentration and growth. Iranian Journal Field Crops Research, 8(5): 855-861.
- Nasiri, Y., Zehtab Salmasi, S., Nasrullah Zadeh, S., Ghassemi Gholezani, K., Najafi, N. and Javanmard, A., 2012. Evaluation of foliar spray of ferrous sulfate and zinc sulfate on yield and nutrients concentration of aerial parts in German Chamomile. Journal of Agricultural Science Sustainable Production, 23(3):105-115.
- Nenova, V., 2006. Effect of iron supply on growth and photosystem II efficiency of pea plants. General and Applied Plant Physiology, 32: 81-90.
- Pagilarulo, C.L., Hayden, A.L. and Giacomelli, G.A., 2005. Potential for greenhouse aeroponic cultivation of *Urtica dioica*. Acta Horticulturae, 659: 61-69.
- Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M., 2011. comparison of nano fe chelate with fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *ocimum basilicum.* New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 1(4): 89-98.
- Pirzad, A.R., Tousi, P. and Darvishzadeh, R., 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of iron chelate and nano chelate on some physiological and morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus*L.) in aeroponic system

Z. Movahedi[1*] and A. Moieni[2]

1*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran, E-mail: Zahra_movahedi_312@yahoo.com
2- Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: May 2018 Revised: February 2019 Accepted: March 2019

Abstract

In Chicory (*Cichorium intybus* L.), leaf and root are the most important medicinal organs containing valuable secondary metabolites. In this research, the effect of foliar application of iron chelate and nano chelate fertilizers on morpho-physiological characteristics of chicory was studied in the aeroponic system. This system is a very suitable method for investigating the effect of nutrients and improving growth and development in different plants under controlled conditions. Experimental treatments included water (control), iron chelate (0.5, 1 and 1.5 g l^{-1}) and iron nano chelate (0.5, 1 and 1.5 g l^{-1}) fertilizers foliar application. Foliar spray was carried out at three stages including 20, 40 and 60 days after seed culture in the aeroponic system on leaf and root in a completely randomized design with five replications. After six months, some morphological and physiological traits were evaluated. The results of ANOVA indicated that the effect of different treatments was significant on plant height, root length, number and area of leaves, fresh and dry weight of root and shoot, photosynthetic pigments and iron content of root and shoot. The results of mean comparison showed that using 1.5 g l^{-1} of iron nano chelate resulted in the highest plant height (173.5 cm), root length (139.7 cm), root (65.2 g) and shoot (86.1 g) dry weight, leaf area (3448.5 mm^2), chlorophylls *a* (2.43 mg g^{-1}) and *b* (1.27 mg g^{-1}) and carotenoid (1.25 mg g^{-1}). The control treatment produced the lowest plant height (121.5 cm), root length (92.3 cm), root (15.1 g) and shoot (50.1 g) dry weight, leaf area (2259.6 mm^2), chlorophylls *a* (1.46 mg g^{-1}) and *b* (0.85 mg g^{-1}) and carotenoid (0.76 mg g^{-1}). In general, the results of this experiment showed a positive effect of iron nano chelate (with a concentration of 1.5 g l^{-1}) foliar spray on the traits studied.

Keywords: Soilless culture, medicinal plant, micro element, foliar application.

www.SID.ir