تأثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد دو رقم کاهو در کشت هیدروپونیک

صبا میرزاییان دهکردی [1] و شهرام کیانی [2]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاك دانشگاه شهرکرد، ۲- استادیار گروه علوم خاك دانشگاه شهرکرد

چکیده
به منظور بررسی اثر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد کاهو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل تیمار کودی آهن و نوع رقم کاهو در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به صورت کشت هیدروپونیک انجام شد. تیمار کودی شامل ۶ سطح (مصرف جداگانه ۲۰ و ۴۰ میکرومول بر لیتر آهن از سه منبع سکوسترین ۱۳۸ آهن، نانو کود کلات آهن با فرض تأمین بخشی از روی و منگنز و نانو کود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز) بود و رقم کاهو شامل دو رقم تجاری *California* و *Teresa* بود. نتایج نشان داد نانو کود کلاته آهن توانایی تامین آهن مورد نیاز گیاه را مثل کود سکوسترین ۱۳۸ آهن دارد. این کود همچنین توانایی تامین روی و منگنز مورد نیاز گیاه را دارد.

واژههای کلیدی: نانو کود، آهن، عملکرد، کاهو

مقدمه
آهن یکی از عناصر غذایی ضروری اما کم مصرف و کم تحرک گیاهان است که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی حضور دارد. آهن در فرآیندهای فتوسنتزی از قبیل تشکیل کلروفیل و همچنین برای ساخت پروتئینها و تکوین کلروپلاستها در گیاه مهم است (مارشنر، ۱۹۹۵). مصرف متعادل این عنصر سبب افزایش عملکرد و بهبود کیفی گیاهان میگردد. جذب این عنصر به شدت وابسته به اسیدیته میباشد. به طوری که در پهاش اسیدی حداکثر بوده و در پهاش ۵/۶ تا ۵/۷ حداقل است. از طرفی عدم دسترسی گیاه به آهن منجر به زرد شدن برگ‌های جوان و باعث کاهش چشمگیر فتوسنتز و در نتیجه تولید محصول می‌شود. این امر نه تنها بر کشاورزی و اقتصاد تأثیر منفی دارد بلکه به کمبود آهن در بدن انسان که یکی از مشکلات تغذیه‌ای دنیای امروز است منجر خواهد شد (مارشنر، ۱۹۹۵).

هیدروپونیک فناوری کشت گیاهان در محیط بدون خاک و در محلول‌های غذایی می‌باشد. در این روش تمامی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به صورت محلول در اختیار گیاه قرار داده می‌شود. این روش در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه کشورهای دنیا قرار گرفته به طوری که امروزه بخش قابل توجهی از محصولات کشاورزی از قبیل کاهو، گوجه فرنگی، خیار، فلفل، توت فرنگی، انواع گل و گیاهان زینتی و سبزی‌ها با این روش تولید می‌شود. در حال حاضر نیز با توجه به محدودیت اراضی کشاورزی و کمبود آب به ویژه در مناطق خشک توجه ویژه‌ای به هیدروپونیک می‌شود (ارزانی، ۱۳۸۶).

امروز مشکل کمبود منابع غذایی با توجه به افزایش روز افزون جمعیت دنیا در حال پیشرفت می‌باشد. این مشکل در کشورهای در حال توسعه بسیار بیشتر از کشورهای توسعه یافته به چشم می‌خورد. از مهمترین علل این امر حاصلخیز نبودن بسیاری از خاک‌های زیر کشت میباشد. افزایش عملکرد در محصولات کشاورزی راه حل مناسبی برای مقابله با کمبود منابع غذایی به نظر میرسد. در این بین کودهای شیمیایی نقش محوری در افزایش تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند که استفاده از این کودها آلودگی زیست محیطی زیادی را در پی دارد. به نظر میرسد استفاده از نانو کودها برای افزایش باروری، حفظ فعالیتهای بیولوژیک و سلامت اکوسیستم بهترین گزینه موجود است. نانوکودها به منظور تنظیم رهاسازی عناصر غذایی بسته به مقدار نیاز گیاهی ساخته شده و گزارش‌های موجود حاکی از آنست که کارایی آنها در مقایسه با کودهای معمول مورد استفاده در بخش کشاورزی بیشتر است (لو و همکاران، ۲۰۰۶). مهمترین ویژگی این کودها عبارت است از افزایش عملکرد و کیفیت محصول، جلوگیری از ریزش محصول و کاهش ضایعات که در نتیجه افزایش بهرهوری را به همراه دارند (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰؛ مظاهری نیا و همکاران (۱۳۸۸). در این رابطه کوموسا و همکاران (۲۰۰۲) و چوهورا و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند کود کلاته آهن به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد را نسبت به دیگر کودهای آهن افزایش داده است. همچنین جلالی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند کاربرد نانو کود کلاته آهن در کاهو باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به سایر کودهای آهن شده است. رزازی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعات خود نشان دادند استفاده از مقدار ۱۰ کیلوگرم نانو کود کلاته آهن باعث افزایش عملکرد زعفران به طور معنی‌داری گردیده است. پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند که جایگزینی کود آهن تولید شده با فناوری نانو در غلظت مناسب یا غلظت کمتر نسبت به سایر کودها میتواند سبب افزایش رشد کمی و کیفی گیاه ریحان شود. با توجه به موارد فوق هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف نانو کود کلاته آهن و کلات آهن Fe-EDDHA بر عملکرد دو رقم کاهو در کشت هیدروپونیک بود.

مواد و روشها
این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل تیمار کودی آهن و نوع رقم در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد روی گیاه کاهو به صورت هیدروپونیک انجام شد. تیمار کودی آهن شامل ۶ سطح بود که عبارتند از: ۱- مصرف آهن از منبع سکوسترین ۱۳۸ آهن (FeEDDHA) به مقدار ۲۰ میکرومول بر لیتر (عرف معمول)، ۲- مصرف آهن از منبع

سکوسترین ۱۳۸ آهن به مقدار ۴۰ میکرومول بر لیتر، ۳- مصرف آهن از منبع نانو کود کلاته آهن به مقدار ۲۰ میکرومول بر لیتر (با توجه به نقش این تیمار در تامین احتمالی بخشی از روی و منگنز مورد نیاز گیاه، مابقی نیاز گیاه به این دو عنصر از منابع سولفات روی و سولفات منگنز تامین شد)، ۴- مصرف آهن از منبع نانو کود کلاته آهن به مقدار ۲۰ میکرومول بر لیتر (در این تیمار با فرض عدم نقش نانو کود کلاته آهن در تامین منگنز و روی، کل روی و منگنز مورد نیاز از منابع سولفات روی و سولفات منگنز تامین شد)، ۵- مصرف آهن از منبع نانو کود کلاته آهن به مقدار ۴۰ میکرومول بر لیتر (تامین روی و منگنز مورد نیاز گیاه مشابه تیمار سوم بود)، ۶- مصرف آهن از منبع نانو کود کلاته آهن به مقدار ۴۰ میکرومول بر لیتر (تامین روی و منگنز مورد نیاز گیاه مشابه تیمار چهارم بود). لازم به ذکر است که میزان روی و منگنز در تمامی تیمارهای آزمایشی یکسان بود. همچنین ارقام کاهوی مورد استفاده نیز شامل دو رقم تجاری *Teresa* و *California* بود. فرمولاسیون عناصر غذایی مورد استفاده برای تهیه محلول غذایی بدین صورت بود. غلظت نیترات، آمونیوم، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در محلول غذایی به ترتیب برابر با ۰/۱۹، ۱/۲۵، ۰/۲، ۰/۱۱، ۵/۴، ۰/۱ و ۲/۱ میلی‌مولار بود. همچنین غلظت عناصر کم مصرف برای مس، بور، منگنز، روی و مولیبدن به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۳۰، ۰/۵، ۰/۴ و ۵/۰ میکرومولار بود (دکرای و همکاران، ۲۰۰۳).

پس از تهیه نشای کاهو، نشاها به ظروف حاوی محلول غذایی انتقال داده شدند و مراقبت‌های معمول در گلخانه صورت گرفت. در فاصله زمانی قبل از برداشت، شدت رنگ کاهو (یکی از شاخصهای کیفی مهم) در ۱۰ برگ از قسمت‌های مختلف بوته در هر تیمار با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج اندازه‌گیری شد. پس از گذشت ۸ هفته، بوته‌ها برداشت شده و قسمت هوایی (شاخساره) و ریشه گیاه از یکدیگر جدا شدند. بدنبال آن وزن تر نمونه‌ها توسط ترازوی رقومی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شده و سپس وزن خشک نمونه‌ها و درصد ماده خشک آنها اندازه‌گیری و محاسبه شد. در نهایت نتایج حاصله توسط نرم افزار آماری (SAS) تجزیه و تحلیل و برای مقایسه و کلاس‌بندی میانگینها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰۵/۰ استفاده شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، نوع رقم کاهو بر وزن تر کاهو (عملکرد)، وزن خشک ریشه و شاخص میزان کلروفیل برگ اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد آماری داشته است. درحالی که غلظت و منبع آهن مورد استفاده تنها اثر معنیداری بر وزن تر کاهو در سطح ۱ درصد آماری داشته است. همچنین بر همکنش رقم کاهو با غلظت آهن و منبع آن بر تمامی شاخصهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های مورد بررسی

منبع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر کاهو	وزن تر ریشه	وزن خشک کاهو	وزن خشک ریشه	درصد ماده خشک کاهو	درصد ماده خشک ریشه	شاخص میزان کلروفیل برگ
رقم کاهو	۱	۲۶۸۹۶**	۰۱/۰ ^{ns}	۳۶۱/۳ ^{ns}	۲۵/۵**	۱۱/۹ ^{ns}	۰۱۱/۰ ^{ns}	۹۶/۷۴۵**
غلظت آهن و منبع آن	۵	۲۳۲۴۰**	۷۸/۱ ^{ns}	۴۵/۱۴۴ ^{ns}	۸۷/۰ ^{ns}	۱۳/۱۵ ^{ns}	۱۵/۰ ^{ns}	۱۹/۶۰ ^{ns}
غلظت آهن و منبع آن× رقم کاهو	۵	۳۳۳۰ ^{ns}	۲/۲۷ ^{ns}	۵۶/۱۴۵ ^{ns}	۲۹/۰ ^{ns}	۹۶/۳ ^{ns}	۶۳/۰ ^{ns}	۶۰/۸۳ ^{ns}
اشتباه آزمایش	۲۴	۱۴/۱۹۳۷ ^{ns}	۴۰/۰ ^{ns}	۴۷/۹۷ ^{ns}	۴۷/۰ ^{ns}	۴۱/۱۵۱ ^{ns}	۵۹/۰ ^{ns}	۸۲/۳۷ ^{ns}

.به ترتیب معنیدار در سطح احتمال ۱% و بدون اختلاف معنیدار ns و **

نتایج حاصله از مقایسه میانگین نشان داد وزن تر کاهو در رقم *Teresa* به طور معنیداری در سطح ۵ درصد آماری بیشتر از وزن تر کاهو در رقم *California* بود. همچنین وزن خشک ریشه و شاخص میزان کلروفیل برگ در رقم *California* به طور معنیداری در سطح ۵ درصد آماری بیشتر از رقم Teresa بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن تر کاهو، وزن خشک ریشه و شاخص میزان کلروفیل در ارقام کاهو

رقم کاهو	وزن تر کاهو	وزن خشک ریشه	شاخص میزان کلروفیل برگ
Teresa	A۵/۳۹۱	B۵۱/۳	B ۷۲/۱۲
California	B ۸/۳۳۶	A ۲۸/۴	A ۸۳/۲۱

.(LSD ازمون) در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از لحاظ اماری با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

نتایج مقایسه میانگین غلظت آهن و منبع آن بر وزن تر کاهو نشان داد کاربرد آهن با غلظت ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع سکوسترین ۱۳۸ آهن منجر به افزایش معنیدار وزن تر کاهو در مقایسه با سایر تیمارها (به استثنای تیمار کاربرد آهن با غلظت ۲۰

میکرومول بر لیتر از منبع سکوسترین ۱۳۸ و کاربرد آهن با غلظت ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع نانو کود کلات آهن) شده است. بر اساس نتایج حاصله کاربرد آهن با غلظتهای ۲۰ و ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع نانو کود کلات آهن با فرض تأمین بخشی از روی و منگنز منجر به افزایش معنیدار وزن تر کاهو نسبت به تیمارهای کاربرد آهن با غلظتهای ۲۰ و ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع نانوکود کلاته آهن با فرض عدم تأمین بخشی از روی و منگنز در سطح آماری ۵ درصد شده است. در هر دو تیماری که آهن با غلظتهای ۲۰ و ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع نانو کود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز استفاده شده بود وزن تر کاهو در مقایسه با بقیه تیمارها کاهش معنیداری داشته است. نتایج نشان داد که بالاترین وزن تر کاهو با کاربرد آهن با غلظت ۴۰ میکرومول بر لیتر از منبع سکوسترین ۱۳۸ آهن و کمترین وزن تر کاهو با کاربرد آهن با غلظت ۲۰ میکرومول بر لیتر از منبع نانو کود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز بدست آمده است (جدول ۳). نتایج حاصله نشان داد که نانو کود کلاته آهن در تأمین بخشی از روی و منگنز مورد نیاز کاهو مؤثر بوده، این درحالی است که استفاده از آهن از منبع نانو کود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز کمترین وزن تر کاهو را باعث شده است. این امر به دلیل ایجاد سمیت روی و منگنز برای گیاه می‌باشد (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست آمده کاربرد آهن از منبع نانو کود کلاته آهن با هر دو فرض (تأمین بخشی از روی و منگنز و عدم تأمین روی و منگنز) باعث کاهش وزن تر کاهو نسبت به سکوسترین ۱۳۸ شده است. این امر مخالف نتایج به دست آمده از آزمایشات کوموسا و همکاران (۲۰۰۲)، چوهورا و همکاران (۲۰۰۷)، پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) و جلالی و همکاران (۱۳۹۲) بوده است. بر اساس نتایج این پژوهش نانو کود کلاته آهن به عنوان منبع آهن در تأمین آهن مورد نیاز گیاه مؤثر عمل کرده و در تأمین بخشی از روی و منگنز نیز مؤثر بوده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر کاهو تحت تاثیر تیمار سطح کودی آهن

تیمار	وزن تر کاهو
۲۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع سکوسترین ۱۳۸	AB ۵۰/۴۳۴
۴۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع سکوسترین ۱۳۸	A ۸۳/۴۱۵
۲۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع نانوکود کلاته آهن با فرض تأمین بخشی از روی و منگنز	B ۰۰/۳۶۵
۴۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع نانوکود کلاته آهن با فرض تأمین بخشی از روی و منگنز	AB ۳۳/۳۸۷
۲۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع نانوکود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز	C ۵۰/۲۷۴
۴۰ میکرومول بر لیتر آهن از منبع نانوکود کلاته آهن با فرض عدم تأمین روی و منگنز	C ۸۳/۳۰۷

.(LSD آزمون) در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند از لحاظ آماری با هم اختلاف معني‌دار ندارند

منابع

ارزانی، ا. ۱۳۸۶. کشت بدون خاک (هیدروپونیک) تجاری و خانگی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

پیوندی، م. پرنده، ه. و میرزا، م. ۱۳۹۰. مقایسه نانو کلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ریحان، تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی، جلد ۲ (شماره ۵)، صفحات ۸۹ تا ۹۸.

جلالی، م. روستا، ح.ر. و وکیلی شهر بابکی، م. ۱۳۹۲. بررسی اثر نانو کلات آهن ۹%، سولفات آهن و Fe-EDDHA بر برخی شاخص‌های رشد چهار رقم کاهو در سیستم NFT. صفحههای ۱ تا ۱۱. دومین همایش حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست، ۲۴ مردادماه، دانشکده فنی شهید مفتح همدان، همدان.

خلج، ح. رزازی، ع. نظران، م.ح. لبافی حسین آبادی، م.ر. و بهشتی ب. ۱۳۸۹. مقایسه کارایی یک نانو کود آلی کلاته آهن تولید داخل با یک نمونه کود خارجی بر ماندگاری و خصوصیات کیفی خیار گلخانه ای. صفحههای ۱ تا ۶. دومین همایش ملی کاربرد نانو تکنولوژی در کشاورزی، ۱۵-۱۶ مهر ماه، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج.

رزازی، ع.ر. لبافی، م.ر. خلج، ح. احیایی، ع. و نظران، م.ح. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر نانو کود کلاته آهن بر کمیت و کیفیت گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* mill). صفحههای ۱۵۰۵ تا ۱۵۰۸. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، ۲ تا ۴ مردادماه، دانشگاه آزاد اسلامیواحد کرج، کرج.

مظاهری نیا، م. آستارایی، ع. فتوت، ا. و منشی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همرا ه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم. پژوهشهای زراعی ایران، شماره(۵)، صفحات ۸۸۵-۸۶۱.

Chohoura P., Kolota E. and Komosa A. ۲۰۰۷. The effect of different source of iron on nutritional value of greenhouse tomato fruit grown in peat substrate. Vegetable Crops Research Bulletin, ۶۷:۵۵-۶۱.

Komosa A., Kolota E. and Chohura P. ۲۰۰۲. Usefulness of iron chelates for fertilization of greenhouse tomato cultivated in rock wool. Vegetable Croppers, ۵۵:۳۵-۴۰.

Liu X., Feng Z., Zhang S., Zhang J., Xiao Q. and Wang Y. ۲۰۰۶. Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slow or controlled release of fertilizers. Scientia Agriculture Sinica, ۳۹:۱۵۹۸-۱۶۰۴.

Marschner H. ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effect of iron-nano chelate on the yield of two lettuce cultivars in hydroponic. A factorial experiment using completely randomized design was carried out with two factors of iron fertilizers and lettuce cultivars with three replications at Shahrekord University. Iron fertilizers were ۶ levels of ۲۰ and ۴۰ micromole/liter of iron from FeEDDHA, iron-nano chelate without applying of Zn and Mn and iron-nano chelate with application of Zn and Mn in the nutrient solution. The two lettuce cultivars used were California and Teresa. The results showed that iron-nano chelate can supply iron of lettuce cultivars like FeEDDHA. This fertilizer also has the ability to supply Zn and Mn for lettuce in hydroponic.