نقش منابع مختلف کود آهن بر پارامترهای رشد و نموی توت فرنگی مزرعه‌ای

عبدالرحمن ملکی[۱]، محمد جواد نظری دلجو*[۲] و موسی ارشد[۲]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

[۲] به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

*نویسنده مسئول nazarideljou@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی نقش منابع مختلف آهن بر پارامترهای رشد و نموی و عملکرد توت فرنگی، آزمایشی در مزرعه‌ای تحقیقاتی واقع در شهرستان سقز (استان کردستان) طی سال زراعی ۱۳۹۹ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور منبع (Fe-EDTA ، Fe- EDHSA، Fe-EDDHA، Fe-Nanochltaed و Fe-Sulphate) و غلظت‌های مختلف آهن در سه تکرار اجرا شد. در طول آزمایش و پس از برداشت صفات رشد و نموی شامل طول، حجم و وزن خشک ریشه، سطح و وزن خشک برگ، عملکرد و ویتامین ث میوه، اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر منابع مختلف کود آهن، غلظت و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفتند. نتایج مقایسات میانگین صفات نشان داد بیشترین طول ریشه (۱۵/۹۸ سانتی متر)، حجم ریشه (۱۱/۶۳ سانتی متر مکعب)، وزن خشک ریشه (۸/۶۲ گرم)، سطح برگ (۷۰۰ سانتی متر مکعب)، وزن خشک برگ (۱۵/۹۸ گرم) و عملکرد تک بوته (۶۷/۹۰ گرم در بوته) در منبع Fe-EDHSA در مقایسه با سایر تیمارها به دست آمد. همچنین بیشترین محتوای ویتامین ث میوه در منبع نانوکلات آهن مشاهده گردید. بر اساس نتایج آزمایش، منابع کودهای کلاته آهن با پایداری مختلف نقش مهمی در دسترسی توت‌فرنگی به آهن و در نتیجه کمیت و کیفیت آن دارند.

واژه‌های کلیدی: خاک آهکی، زیست‌توده، عملکرد میوه، کودهای کلاته آهن، کیفیت.

مقدمه

توت فرنگی یکی از مهمترین منابع با ارزش و سرشار از ترکیبات مهم آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی، اسیدهای آلی، مواد معدنی، ویتامین ث و آنتوسیانین می‌باشد (Mandave *et al*., 2014). کیفیت میوه توت‌فرنگی بخصوص بیوسنتز ترکیبات مذکور به عوامل متعددی از قبیل ژنوتیپ، مراحل رشدی و نموی و به‌ویژه تغذیه عناصر معدنی بستگی دارد. کمبود عناصر غذایی سبب تولید پایین و کاهش کیفیت محصول و بیش بود عناصر غذایی نیز مشکلاتی از قبیل سمیت در محلول غذایی را باعث می‌شود (Barker and Pilbeam, 2015). بنابراین تغذیه بهینه و دسترسی گیاه به عناصر غذایی ضروری علاوه بر بهبود رشد و نمو، نقش مؤثری بر رشد جوانه‌های گل، تعداد گل، تعداد مادگی، کیفیت مادگی، پرچم‌ها، طول عمر تخمک، تشکیل میوه و طولانی شدن دوره میوه‌دهی دارد (Eshghi and Tafazoili, 2007). استفاده از ترکیبات نانو با خصوصیات مطلوب مانند غلظت مؤثر، قابلیت حل‌پذیری مناسب، ثبات و تأثیرگذاری بالا و رهایش کنترل شده را دارند، سبب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌شوند. بخش وسیعی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران به دلیل آهکی بودن و pH قلیایی، دچار کمبود عناصر ریزمغذی، بویژه آهن هستند. محلول‌پاشی یا تغذیه برگی یکی از راه‌های مؤثر در تأمین عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاهان است که علاوه بر کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک باعث کاهش آلودگی آب و خاک می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده کاربرد کود آهن می‌تواند بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه مثل عملکرد ماده خشک، درصد و اسانس، درصد عناصر در اندام‌های هوایی و میزان

رنگدانه‌های فتوسنتزی مؤثر باشد. محققین با ارزیابی اثرات کمبود آهن روی کیفیت میوه‌ی توت فرنگی نشان دادند که کاربرد صفر و ۲/۵ میکرومول آهن کلات در محلول هوگلند روی رقم سلوا، باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در مقدار TSS و اسیدآلی میوه نشد. اگرچه تیمار آهن ۲/۵ میکرومول، میزان TSS و اسید آلی بیشتری را نشان داد. این آزمایش نشان داد که کمبود آهن باعث کاهش فنول‌ها و آنتوسیانین‌ها و ویتامین ث شد (Pestana *et al*., 2010). با توجه به کاهش قابلیت جذب آهن در بیشتر خاک‌های (آهکی) ایران و از طرفی به دلیل نقش مهم این عنصر در متابولیسم گیاه آزمایشی بر مبنای مقایسه منابع مختلف کود آهن بر توت‌فرنگی با هدف تعیین بهترین منبع آهن برای توت فرنگی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرایط مزرعه‌ای واقع در شهرستان سقز با طول جغرافیایی ۴۴ درجه ۱۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ و ۱۵ دقیقه با ارتفاع ۱۵۶۰ متر از سطح دریا با بلندترین نقطه ۱۴۵۵ اجرا شد، نشاءهای توت‌فرنگی از مرکز تحقیقات توت‌فرنگی استان کردستان تهیه و بعد از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل به محل مورد نظر انتقال داده شد. بررسی‌های صفات رشد و نموی، عملکرد و محتوای ویتامین ث میوه در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده‌ی کشاورزی انجام گرفت. در این تحقیق منابع مختلف کود آهن شامل کلات‌های Fe-EDTA، کلات آهن Fe-EDHSA، کلات آهن Fe-EDDHA و نانوکلات آهن (خضرا) و همچنین منبع غیرکلاته سولفات آهن در دو غلظت صفر (شاهد) و ۱۹/۵ میلی‌گرم آهن در هر بوته بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. زمین مورد نظر در فصل پاییز شخم نسبتا عمقی زده شد و تا اواخر بهمن ماه به همان صورت رها شد. روش کاشت در کرت‌هایی حاوی ۷ ردیف کاشت به طول ۵ متر، به‌صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ردیف ۸۰ سانتی متر و روی ردیف ۴۰ سانتیمتر بود. (تراکم بوته ۳۱۰۰۰ در هکتار در نظر گرفته شد). فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱/۹۰ متر و فاصله بلوک‌ها ۲/۵ متر تعیین شد. آبیاری به صورت قطره ای و با استفاده از نوار تیپ انجام گرفت. در این مطالعه صفات طول، حجم و وزن خشک ریشه، سطح و وزن خشک برگ، عملکرد تک بوته و ویتامین ث میوه فرنگی اندازه گیری شدند.

تجزیه و تجلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS.9.2 و مقایسات میانگین‌ها تیمارها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده ها اثرات اصلی منابع کود آهن و غلظت کود آهن و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال یک درصد بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول۱).

طول و حجم ریشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، طول ریشه تحت منابع مختلف کودی افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر داشت. بیشترین طول ریشه توت‌فرنگی با ۱۵/۹۸ سانتی‌متر مربوط به بوته‌های تیمار شده توسط کلات آهن EDDHA بود که نسبت به غلظت صفر افزایش ۳۱/۴۷ درصدی نشان داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد، تحت منابع مختلف کود آهن حجم ریشه افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر داشت. بیشترین مقدار حجم ریشه گیاه توت‌فرنگی مربوط به تیمار کودی کلات آهن EDDHA با۱۱/۶۳۰سانتی‌متر مکعب بود که دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بود (جدول ۳). کاهش رشد طولی

ریشه و حجم ریشه دو تغییر مورفولوژیکی ریشه در زمان کمبود آهن است که در بررسی‌های متفاوت کمبود آهن گزارش شده است. در بررسی‌هایی بر توت‌فرنگی، کمبود آهن کاهش رشد طولی ریشه و حجم ریشه را به دنبال داشت (Pestana *et al*., 2012). همچنین محققین گزارش کردند که کمبود منابع مختلف کود آهن باعث کاهش رشد طولی و کاهش حجم ریشه می‌شود (Spinelli *et al*., 2010).

جدول۱، نتایج تجزیه واریانس تاثیر منابع مختلف کود آهن بر برخی پارامترهای رشدونموی توت فرنگی رقم سلوا.

منابع‌تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول ریشه	حجم ریشه	وزن خشک ریشه	سطح برگ	وزن خشک برگ	عملکرد میوه
بلوک	۲	۱۸/۱۲ ns	۱۲/۶۶ ns	۸۹/۱ ns	۸۷۷/۴۵ ns	۸۴/۶۵ ns	۲۳۲/۱۴ ns
منابع کود آهن	۵	۵۷/۱۱۵**	۲۱/۶۶**	۱۲۵/۱۲	۱۲۳۵۴/۷۱ **	۹۶/۸۹**	۵۴۸/۳۲ **
غلظت کود	۱	۳۲/۴۱**	۶/۱۲**	۱۸/۲۲ **	۵۸۹۶/۳۲ **	۶۶/۳۲ **	۱۲۲/۶۸**
منابع کود آهن × غلظت	۵	۸۲/۳۵ **	۳۷/۹۹۵**	۳۲/۹۸ **	۳۲۵۸۴/۸۴ **	۱۲۰/۵۴۷ **	۱۵۶۶/۷۸ **
خطا	۱۸	۱۵/۲۵	۱۲/۲۷۲	۶/۲۵	۴۵۸۷/۱۷	۳۳/۳۳	۲۸۰/۹۵
ضریب تغییرات	(٪)	۱۴/۱۲	۸/۲۲	۸/۱۲	۱۴/۲۱	۹/۱۸	۹/۱۷

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

وزن خشک ریشه

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تحت منابع مختلف کود آهن وزن خشک ریشه توت‌فرنگی افزایش داشت و بیشترین تأثیر تحت تیمار کودی کلات آهن EDDHA (۸/۶۲ گرم) بر وزن خشک ریشه مشاهده شد که به‌طوری‌که این تیمار کودی وزن خشک ریشه را نسبت به غلظت صفر، ۴۱/۶۰ درصد افزایش داد (جدول ۲).

سطح برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد با کاربرد منابع مختلف کود آهن، سطح برگ توت‌فرنگی افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر نشان داد و کاربرد کودی کلات آهن EDDHA بیشترین تأثیر را نسبت به سایر منابع کودی بر سطح برگ داشت و باعث افزایش ۴۲/۹۳ درصدی سطح برگ نسبت به غلظت صفر شد (جدول ۲). در بررسی-های دیگر محققین نیز مصرف کود آهن باعث افزایش سطوح شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد (Federico *et al*., 2007).

وزن خشک برگ

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، تحت هر منابع مختلف کود آهن، وزن خشک برگ افزایش معنی‌داری نسبت به غلظت صفر نشان داد و در بین منابع مختلف بیشترین وزن خشک برگ (۱۵/۹۸ گرم) مربوط به کلات آهن EDDHA بود که نسبت به غلظت صفر افزایش ۳۱/۵۴ درصدی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۲) در این تحقیق وزن خشک برگ تحت منابع مختلف کود آهن افزایش نشان داد. در بررسی‌های دیگر محققین نیز تیمار با منابع

مختلف کود آهن باعث افزایش معنی دار وزن تر و خشک برگ و ریشه در گیاه نعنا فلفلی نسبت به تیمار شاهد شد (Zehtab-Salmasi et al., 2008)، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

عملکرد میوه

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان می‌دهد، تحت تیمارهای کود آهن عملکرد میوه نسبت به غلظت صفر افزایش یافت که این افزایش فقط تحت کاربرد سولفات آهن غیرمعنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد میوه توت‌فرنگی تحت تیمار Fe-EDDHA با ۶۷/۹۰ گرم در بوته بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای کودی نشان داد (جدول ۲). به نظر می رسد تیمار کودی Fe-EDDHA با افزایش طول و حجم و وزن ریشه، و همچنین افزایش سطح و وزن خشک برگ توانسته است به صورت مؤثری از منابع استفاده نموده و عملکرد میوه را افزایش دهد. محققین نشان دادند که استفاده از آهن منجر به افزیش رشد و فعالیت‌های متابولیسمی و افزایش عملکرد توت فرنگی می گردد (Erdal *et al.*, 2006). در بررسی دیگری پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که مصرف سکوسترین آهن به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد گندم به میزان ۲۰ درصد می‌شود (Ghafari and Razmjoo, 2013).

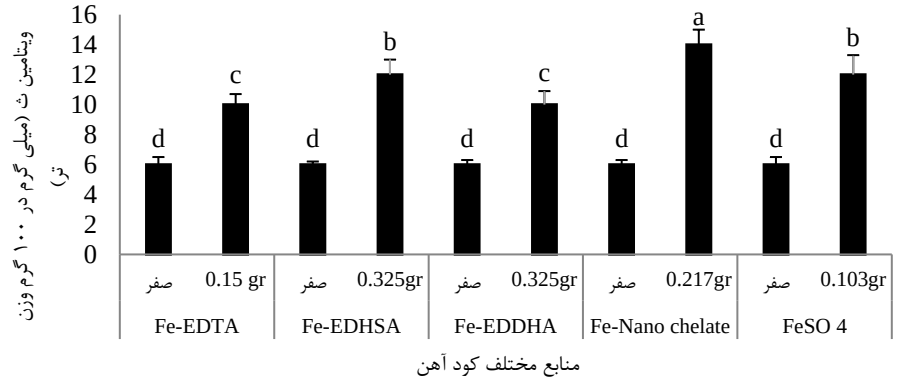
جدول ۲، مقایسه میانگین تیمارهای منبع و غلظت کود آهن از لحاظ اثر بر صفات مورد بررسی در توت فرنگی.

منبع کود آهن	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک ریشه (g)	سطح برگ (cm^2/p)	وزن خشک برگ (g/p)	عملکرد بوته (g/p)
شاهد	۱۰/۴۹d	۸/۱۱c	۵/۰۷c	۴۰۰/۰۰e	۱۰/۹۴e	۴۸/۲۲e
Fe-EDTA	۱۲/۸۹c	۱۰/۷۹b	۶/۴۵bc	۵۰۰/۰۰d	۱۲/۸۹c	۴۳/۰۹c
Fe-EDHSA	۱۴/۶۶b	۱۰/۰۳b	۷/۱۷b	۶۰۰/۰۰b	۱۴/۶۶bc	۶۱/۲۰b
Fe-EDDHA	۱۰/۹۴d	۸/۲۶c	۵/۰۷c	۴۰۰/۰۰e	۱۰/۹۴e	۴۸/۱۰e
Fe-nano chelate	۱۵/۹۸a	۱۱/۶۳۰a	۸/۶۲a	۷۰۰/۰۰a	۱۵/۹۸a	۶۷/۹۰a
$FeSO_4$	۱۴/۹۲b	۱۰/۲۵b	۶/۶۳bc	۵۵۰/۰۰c	۱۴/۹۴b	۴۹/۱۹de

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

همچنین محتوای ویتامین ث میوه نیز به طورمعناداری تحت تاثیر تیمارها قررا گرفت. همان‌طوری‌که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد بیشترین ویتامین ث میوه در تیمار نانوکود آهن با میزان ۱۴ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه به‌دست آمد؛ که در مقایسه با سایر منابع و شاهد بیشترین مقدار بود. تاثیر مثبت عناصر ضروری بر شاخص‌های کیفیت

مانند محتوای ویتامین ث محصولات به اثبات رسیده است (سونولد و ووخت، ۲۰۱۱). احتمالا تاثیر بیشتر نانوکلات در مقایسه با سایر منابع می‌تواند به‌دلیل ضریب جذب بیشتر این منبع باشد.



شکل ۱- محتوای ویتامین ث میوه توت‌فرنگی تحت تاثیر منابع مختلف آهن.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق بالاترین طول و حجم و وزن ریشه، سطح و وزن خشک برگ و عملکرد میوه در منبع Fe-EDDHA و بیشترین ویتامین ث میوه نیز در منبه نانوکلات آهن به‌دست آمد. بر همین اساس منبع آهن می‌تواند نقش مهمی در کمیت و کیفیت آهن داشته باشد.

منابع

Erdal, I., Kepenek, K., Kizilgoz, I. 2006. Effects of elemental sulphur and sulphur containing waste on the iron nutrition of strawberry plant grown in a calcareous soil, Biology Agriculture Horticulare, 23: 263-272.

Eshghi, S., Tafazoili, E. 2007. Changes in mineral Nutrition levels during floral transition in Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch), International Journal of Agricultural Researchs, 2: 180-184.

Federico A. G., Borraz, J.S., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Archila, M.A., Llaven, M.A.O., Rosales, R. R., Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*), Bioresource, 12(3): 2-12.

Ghafari, H., 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.

Mandave, P.C., Pawar, P.K., Rijekar, P.K., Mantri. N., Kuvalekar, A. A. 2014. Comprehensive evaluation of in vitro antioxidant activity, total phenols and chemical profiles of two commercially important strawberry varieties, Sciences Horticulture, 172: 124-134.

Pestana, M., Gama, F., Saavedra, T., Varennes, A., Correia, P.J. 2012. The root ferric-chelate reductase of *ceratonia siliqu*a (L.) and *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. responddifferently to levels of iron, scientia-Horticulturae, 135: 65–67.

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., Costa, G. 2010. A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production, Scientia horticulturae, 125(3): 263-269.

Zehtab, S. S., Heidari, F., Alyari, H. 2008. Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.), Plant Science Research, 1: 24-28

The role of different iron sources on growth parameters of strawberry

Abdulrahman Maleki[1], Mohammad Javad Nazarideljou*[2] and Musa Arshad[2]
[1] M.Sc. Graduate of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
[2] Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
*Corresponding Author: nazarideljou@yahoo.com

Abstract

To evaluate the role of different iron (Fe) sources on the physiological parameters and yield of strawberry, a field experiment was conducted in Saqqez (Kurdistan province). Various Fe-sources including Fe-EDTA, Fe- EDHSA, Fe-EDDHA, Fe-Nanochelate, Fe-Sulphate and control (with Fe-application) were compered under factorial experiment based on complete randomized block design, with three replicates. Based on the results, all measured traits were affected significantly by different Fe-sources, concentration and their interactions. Accordingly, Fe-EDHSA showed the highest root length (15.98 cm), root volume (11.63 cm3/plant), root dry weight (8.62 g/plant), leaf area (700 cm2/plant), leaf dry weight (15.98 g/plant) and fruit yield (67.90 g/plant). However, the highest fruit vitamin c content, was observed in Fe-nanochelated treatment compared to other Fe-sources. The results of the study led to conclusion that, Fe-source with different stability could significantly affect growth, yield and fruit quality of strawberry.

***Keywords*:** Alkaline soil, Biomass, Fe-Chelates Frit yield, quality