اثر روش‌های کاربرد و منابع مختلف آهن بر پارامترهای رویشی و مقدار رنگیزه‌های گیاه گوجه‌فرنگی در سیستم هیدروپونیک

سید معین موسوی نژاد*[۱]، احمد استاجی[۲]، حمیدرضا روستا[۳]
[۱*] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی دانشگاه تهران
[۲] دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان
[۳] استاد گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان
*نویسنده مسئول: moeinmsv@yahoo.com

چکیده

به‌منظور تعیین بهترین روش کاربرد و نوع کود آهن بر فرآیند فتوسنتز و رشد گیاه گوجه‌فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش کاربرد کود (اضافه کردن به محیط ریشه و محلول‌پاشی) و نوع کود آهن (FeSO4، Fe-DTPA، Fe-EDTA و Fe-EDDHA با ۳ تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که ارتفاع، وزن تر و وزن خشک گیاه تحت تأثیر روش کاربرد و نوع کود آهن قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار پارامترهای مذکور به ترتیب در تیمار Fe-EDTA در محیط ریشه و محلول‌پاشی FeSO4 بدست آمد. با توجه به تأثیر معنی‌دار کودهای مذکور و روش کاربرد، حداکثر محتوای کلروفیل (a، b و کل) در تیمار Fe-EDTA از طریق ریشه و بیشترین مقدار کارتنوئید در تیمار FeSO4 در هر دو روش کاربرد ریشه‌ای و برگی بدست آمد. لذا با توجه به نتایج این آزمایش، در محلول غذایی با pH خنثی، کودهای آهن Fe-EDTA در روش کاربرد ریشه‌ای بیشترین تأثیر را نسبت به سایر منابع آهن بر رشد رویشی گوجه‌فرنگی داشتند.

***کلمات کلیدی:* تغذیه برگی، منابع آهن، محلول‌پاشی، هیدروپونیک ، *Lycopercycon esculentum* .**

مقدمه

امروزه با توجه به محدودیت کمی و کیفی منابع آب و خاک و لزوم تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد کشور، اتخاذ سیاست‌های جدید در این زمینه ضروری است. بر همین اساس در سال‌های گذشته توجه ویژه‌ای به تولید محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل‌شده به‌ویژه نظام‌های کشت بدون خاک معطوف شده است. لذا به‌منظور تولید محصول باکیفیت بالا در این‌گونه سیستم‌های کشت نیاز به اجرای یک سیستم مدیریتی قوی به‌ویژه در زمینه تغذیه می‌باشد (Roosta and Mohsenian, 2012).

آهن یکی از عناصر ضروری و حیاتی برای تمام موجودات زنده محسوب می‌شود و یکی از عناصری می‌باشد که در بسیاری از فرایندهای متابولیکی، نظیر فتوسنتز و تنفس نقش دارد (Marschner, 1995). دسترسی گیاه به آهن یکی از عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد و با توجه به این‌که عنصر آهن در بافت خاک به‌وفور یافت می شود ولی به دلیل حلالیت پایین، گیاه قادر به جذب این عنصر از خاک نیست (Welch *et al.*, 1991). در پژوهش‌های انجام گرفته برای تعیین بهترین منبع جهت جلوگیری از اختلالات کمبود آهن در گیاهان نتایج متناقضی بدست آمده است. به‌طوری‌که در یک تحقیق کاربرد منابع مختلف آهن روی گیاه فلفل نشان داد که پارامترهای رویشی، غلظت عناصر و پارامترهای فتوسنتزی تحت تأثیر منابع مختلف آهن قرار گرفت و تیمار کودی $FeSO_4$ به‌عنوان منبع کود آهن مناسب برای محلول‌پاشی بر روی گیاه فلفل مدنظر گرفته شد (Roosta and Mohsenian, 2012).

روش کاربرد عناصر غذایی نیز می‌تواند بر خصوصیات رشدی گیاه مؤثر باشد به‌طوری‌که در پژوهشی کاربرد کود آهن به دو روش محلول‌پاشی و اضافه کردن به محلول غذایی تحت شرایط کمبود آهن روی گیاه توت‌فرنگی نشان داد

که گیاهانی که در کود آهن به محلول غذایی آن‌ها اضافه گردید از رشد بهتر و میوه‌ی باکیفیت بهتر برخوردار بودند (Pestana et al., 2001). لذا با توجه به افزایش روزافزون استفاده از سیستم‌های کشت بدون خاک و اجرای شیوه‌های مدیریتی دقیق در گلخانه به‌منظور افزایش کیفیت و کمیت محصولات، آزمایشی با هدف تعیین بهترین روش کاربرد و نوع کود آهن بر خصوصیات رشدی گیاه گوجه‌فرنگی در سیستم آب‌کشت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

کاشت بذرها و محلول دهی

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی روی گیاه گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان انجام شد. گیاهان در بستر هیدروپونیک با محیط کشت پرلایت کشت شدند و بعد از مرحله ۴ برگی به سطل‌های ۵ لیتری حاوی محلول غذایی منتقل شدند. محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه گیاهان حاوی ۵ میلی‌مولار $Ca(NO_3)_2.4H_2O$، ۰/۲ میلی‌مولار KH_2PO_4، ۰/۲ میلی‌مولار K_2SO_4، ۰/۳ میلی‌مولار $MgSO_4.7H_2O$ و ۰/۱ میلی‌مولار NaCl بود. ریزمغذی‌ها عبارت بودند از ۷ میکرومولار $MnSO_4.H_2O$، ۰/۷ میکرومولار $ZnCl_2$، ۰/۸ میکرومولار $CuSO4.5H_2O$، ۲ میکرومولار H_3BO_3، و ۰/۸ میکرومولار $Na_2MoO_4.2H_2O$ جهت تأمین آهن از ۴ منبع متفاوت سولفات آهن[1]، دی‌اتیلن تری‌آمین پنتااستیک اسید[2]، اتیلن دی‌آمین تترااستیک اسید[3] و اتیلن دی‌آمین بیس هیدروکسی فنالاتیک اسید[4] به دو روش اضافه کردن به محلول غذایی (به میزان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و محلول‌پاشی گیاه (بسته به مقدار آهن موجود در داخل کودهای موجود، به میزان ۰/۷۴ گرم در لیتر سولفات آهن، ۶Fe-EDDHA درصد آهن به مقدار ۴/۴ گرم در لیتر و ۲ گرم در لیتر Fe-DTPA و Fe-EDTA) صورت گرفت. محلول گلدان‌ها هر هفته یک‌بار تعویض شد و محلول‌پاشی همزمان با تعویض محلول صورت می‌گرفت.

در پایان آزمایش، پارامترهای رویشی نظیر ارتفاع وزن تر و وزن خشک ریشه و اندام هوایی، اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و وزن خشک، گیاه از گلدان بیرون آورده شد و به دو قسمت بخش هوایی و ریشه تقسیم شد و وزن تر ریشه و ساقه با ترازوی دقیق توزین گردید سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک ریشه و ساقه اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه Chlorophyll Fluorimeter (مدل Pocket PEA، کمپانی Hansatech ساخت کشور انگلستان) استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامتر Fv/Fm و PI ثبت نمود. روش کار بدین‌صورت بود که از هر گلدان دو برگ بالغ و دو برگ جوان از گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت میزان فلورسانس کلروفیل ثبت گردید. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید ابتدا ۰/۲۵ گرم برگ تازه را خرد و آن را در یک هاون چینی سرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده تا به‌صورت توده یکنواختی درآید سپس مخلوط حاصل در لوله‌های فالکون ۲۰ میلی‌لیتر ریخته شده و به مدت ۱۰ دقیقه با دور (3500 rpm) سانتریفیوژ گردید. میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV/VIS T80 ساخت کشور چین) در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶/۶ و ۶۶۳/۶ نانومتر قرائت گردید (Porra *et al.*, 2002). آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون توکی محاسبه گردید.

[1] iron(II) sulphate ($FeSO_4$)
[2] Iron(II) Diethylene Triamine Pentaacetic Acid (Fe-DTPA)
[3] Iron(II) Ethylenediaminetetraacetic Acid (Fe-EDTA)
[4] Ethylenediamine di-2-hydroxyphenyl acetate ferric (Fe-EDDHA)

نتایج و بحث

پارامترهای رویشی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که روش تیمار و نوع کود آهن و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات رویشی نظیر وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید، به‌طوری‌که مقایسه میانگین بین تیمارها حاکی از آن است که حداکثر و حداقل وزن تر شاخساره و ریشه، وزن خشک شاخساره و ریشه به ترتیب در تیمار کاربرد Fe-EDTA به محیط ریشه و محلول‌پاشی $FeSO_4$ بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای رویشی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر روش‌های کاربرد منابع مختلف آهن

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
روش کاربرد (M)	۱	۴۲۰ **	۷۸۵ *	۳۵۲/۷ **	۸۸۱/۹ *	۵/۷۳ *
منبع آهن (F)	۳	۱۹۹ **	۷۸۱ **	۳۶۵/۵ **	۶۷۸/۲ **	۲۱/۸۷ **
M×F	۳	۸۶/۸ **	۲۷۸/۸ **	۱۳۳/۵ **	۱۷۴/۷ **	۳/۴۴ **
خطا	۱۶	۲۰/۸۷	۶۰/۹	۹/۳۲	۴۶/۹	۰/۷۸
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۴۶	۷/۸	۱۶/۳۹	۱۲/۸۶	۱۴/۸۲

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر روش‌های کاربرد منابع مختلف آهن بر خصوصیات رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

روش کاربرد	منابع آهن	ارتفاع	تعداد برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه
اضافه کردن محلول غذایی	Fe-EDDHA	۸۹/۲ b	۱۰۸/۲ b	۶۳/۳ b	۱۶/۵۲ bc	۴/۶۲ cd
	Fe-EDTA	۹۸/۵ a	۱۳۰ a	۹۴ a	۴۰/۷۹ a	۸/۴ a
	Fe-DTPA	۸۲/۸ bc	۹۱/۹ c	۶۵/۰ b	۱۵/۸۸ bc	۴/۹ c
	$FeSO_4$	۸۰/۷ c	۹۳/۹ c	۵۸/۱ b	۱۶/۶۷ bc	۵/۱ c
محلول‌پاشی	Fe-EDDHA	۷۹/۷ c	۹۱/۷ c	۵۵/۷ b	۱۳/۶ cd	۲/۲۳ ed
	Fe-EDTA	۸۱/۹ bc	۱۰۲ bc	۶۷/۳ b	۱۹/۴۴ b	۷/۴ ab
	Fe-DTPA	۸۴/۷ bc	۹۵/۰ bc	۵۵/۷ b	۱۵/۶۳ bcd	۶/۰۲ bc
	$FeSO_4$	۷۱/۷ d	۸۹/۳ c	۵۵/۵ b	۱۰/۵۲ d	۲/۵ e

ستون‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری وجود ندارد

آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد که در صورت کمبود این عنصر سنتز کلروفیل مختل شده و برگ‌های گیاه کلروزه شده و در نهایت منجر به زوال برگ می‌گردد و این امر سبب می‌شود که سطح فتوسنتز کننده گیاه کاهش یابد (Pich *et al.*, 1994). همچنین کمبود آهن مانع از تشکیل برگ‌های جدید شده و رشد گیاه متوقف می‌گردد (Briat *et al.*, 2007). در پژوهشی دیگر تیمار آهن موجب افزایش رشد گیاه و افزایش کیفیت گل رز نسب به تیمار شاهد گردید که این امر را به افزایش مقدار سایتوکنین و جیبرلین تحت تأثیر کود آهن نسبت دادند. (abadfarooghi et al,. 1994) بیشترین تعداد شاخه، قطر ساقه، وزن تر و وزن خشک گیاه فلفل در سیستم آکواپونیک تحت تأثیر منابع مختلف آهن در تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن بدست آمد (Roosta and Mohsenian, 2012).

روش کاربرد نیز می‌تواند بر خصوصیات رشدی مؤثر باشد و تحقیقات زیادی مبنی بر روش‌های مختلف کاربرد کود ها گزارش گردید به‌طوری‌که با کاربرد کود نانو کلات آهن، سولفات آهن، Fe-EDTA و Fe-EDDHA به دو روش محلول‌پاشی و اضافه کردن به محیط کشت (خاک) گیاه اسپاتی‌فیلوم، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین نوع کود و روش کاربرد وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع و وزن خشک گیاه در تیمار کودی Fe-EDDHA به محیط خاکی بدست آمد. (mohammadipoor et al., 2013)

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثرات ساده و متقابل منابع مختلف آهن و روش تیمار بر مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئیدهای گیاه گوجه‌فرنگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که جدول مقایسه میانگین بین تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین و کمترین میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل در تیمار کاربرد Fe-EDTA به همراه محلول غذایی (ریشه) و محلول‌پاشی سولفات آهن بدست آمد. کلروفیل a و b و کارتنوئید تحت تأثیر تغذیه گیاه قرار گرفته و تغذیه مناسب سبب بهبود محتوای این رنگیزه‌ها می‌گردد (Roosta and Mohsenian, 2012). به‌طوری‌که کمبود آهن سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای در مقدار کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید گیاه نخود گردید (Iturbe-Ormaetxe *et al.*, 1995).کاربرد کود آهن تحت شرایط کمبود آهن سبب افزایش میزان کلروفیل برگ‌های جوان و بالغ گیاه نخود و عدس گردید (Mahmoudi *et al.*, 2005).

جدول ۳- تجزیه واریانس پارامترهای رویشی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر روش‌های کاربرد منابع مختلف آهن

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
روش کاربرد (M)	۱	۲/۱۶ **	۰/۶۷ **	۱/۹۷ **	۰/۴۶ *
منبع آهن (F)	۳	۰/۸۸ **	۰/۱۷ **	۰/۹۳ **	۰/۲۸ **
M×F	۳	۰/۱۶ **	۰/۲۶ **	۱/۰۱ **	۱/۲۷ **
خطا	۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۴۵	۷/۰۴	۱۲/۰۲	۴/۷۶

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر روش‌های کاربرد منابع مختلف آهن بر خصوصیات رویشی گیاه گوجه‌فرنگی

روش کاربرد	منابع آهن	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید
اضافه کردن محلول غذایی	Fe-EDDHA	۱/۹۴ a	۰/۸۱ a	۲/۳۷ b	۰/۲۲ a
	Fe-EDTA	۲/۰۳ a	۰/۸۱ a	۲/۸۱ a	۰/۲۳ a
	Fe-DTPA	۱/۳۹ b	۰/۷۲ a	۲/۰۸ b	۰/۲ b
	$FeSO_4$	۰/۹۷ cd	۰/۵۷ c	۱/۵۲ b	۰/۱۷ c
محلول‌پاشی	Fe-EDDHA	۰/۷۹ d	۰/۵۵ bc	۱/۵۷ bc	۰/۱۳ c
	Fe-EDTA	۱/۲۹ b	۰/۵۹ b	۱/۹۸ bc	۰/۱۶ c
	Fe-DTPA	۱/۱۶ cb	۰/۴۶ cd	۱/۶۹ bc	۰/۱۳ d
	$FeSO_4$	۰/۶ e	۰/۳۷ d	۰/۵ d	۰/۱۳ d

ستون‌های دارای حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری وجود ندارد

منابع

Abad Farooqi, A.H., Shukla, Y.N., Sharma, S. and Bansal, R.P. 1994. Relationship between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascene* Mill. Plant Growth Regulation 14: 109-113.

Briat, J. F., Curie, C. and Gaymard, F. 2007. Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology. 10(3): 276–282.

Iturbe-Ormaetxe, I., Moran, J. F., Arrese-Igor, C., Gogorcena, Y., Klucas, R. V. and Becana, M. 1995. Activated oxygen and antioxidant defences in iron-deficient pea plants. Plant Cell and Environment 18: 421–429.

Mahmoudi, H., Ksouri, R., Gharsalli, M. and Lacha, M. 2005. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*). Journal of Plant Physiology 162: 1237-1245.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. (2th ed). Academic Press, New York. 31. Marzouk, H

Mohamadipoor, R., Sedaghathoor, S. and Khomami, A. M. 2013. Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of Spathyphyllum illusion. European Journal of Experimental Biology 3(1): 232-240.

Pestana, M, Correia, P. J., Saavedra, T., Gama, F. and Abadía, A. 2012. Amarilis de Varennes Development and recovery of iron deficiency by iron resupply to roots or leaves of strawberry plants. Plant Physiology and Biochemistry 53: 1-5.

Pich, A., Scholz, G. and Stephan, U. W. 1994. Iron-dependent changes of heavy metals, nicotianamine, and citrate in different plant organs and in xylem exudate of two tomato genotypes. Nicotianamine as possible copper translocator. Plant and Soil 165(2): 189-196.

Roosta, H. R. and Mohsenian, Y. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. Scientia Horticulturae 146: 182–191.

Effect of Application Methods and Different Fe Sources on the Growth and Photosynthetic Pigment of Tomato in Hydroponic System

Moein moosavi[1]*, Ahmad Estaji[2], Hamidreza Roosta[3]
[1*] MSc student, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran
[2] PhD. student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Iran
[3] Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University of Rafsanjan, Iran
*Corresponding Author: moeinmsv@yahoo.com

Abstract

Regarding the role of application methods and Fe sources on the absorption of this element and the process of photosynthesis and plant growth, the experiment was carried out as factorial to determine the best methods of application and iron fertilizer for growth and physiological characteristics of tomato in hydroponic system with 3 replications. The results indicated that plant height, dry and fresh weight affected by application methods and iron fertilizer, so the maximum and minimum plant height, and dry and fresh weight were obtained in application of Fe-EDTA to nutrient solution and foliar application of FeSO4, respectively. According to significant effect of the fertilizer and methods of use, the maximum chlorophyll content (a, b and total) were found with Fe-EDTA in nutrition solution and the highest carotenoids were found in FeSO4 in both methods of application, respectively. According to the results, at the neutral pH of nutrient solution as occurred in this experiment, application of Fe-EDTA in nutrition solution is suitable than other source of iron fertilizer for tomato growth.

***Keywords*: Fe-EDTA, Foliar application, Hydroponic, Iron, *Lycopercycon esculentum*.**