

تأثیر تغذیه منگنز و روی بر عملکرد میوه و غلظت عناصر غذایی در گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و در کشت هیدروپونیک

ابوالفضل توسلی*، احمد قنبری و احمد احمدیان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۲۹)

چکیده

در این تحقیق که به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و در چهار تکرار اجرا شد، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* Mill.) رقم Hamra به صورت هیدروپونیک کشت شده و اثر تغذیه منگنز و روی بر آن بررسی گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: شاهد (عدم کاربرد روی و منگنز)، کاربرد منگنز با غلظت معادل محلول هوگلند (۴/۰۶ mg/l)، مصرف روی با غلظت معادل محلول هوگلند (۴/۴۲ mg/l)، کاربرد منگنز با غلظت نصف محلول هوگلند (۲/۰۳ mg/l) + کاربرد روی با غلظت نصف محلول هوگلند (۲/۲۱ mg/l) و کاربرد همراه با هم منگنز و روی هر کدام با غلظت معادل محلول کامل هوگلند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین عملکرد میوه تازه و درصد ماده خشک میوه و برگ و همچنین بیشترین غلظت منگنز و روی از کاربرد غلظت معادل هوگلند این عناصر به تنهایی و همراه با یکدیگر حاصل شد. علاوه بر این، مقدار پروتئین خام و نیز غلظت نیتروژن و فسفر در میوه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر تغذیه روی و منگنز قرار گرفت. اما این تیمارها نتوانستند اثر معنی‌داری بر اندازه میوه گوجه‌فرنگی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: عناصر کم‌مصرف، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، کشت هیدروپونیک، عملکرد میوه

مقدمه

صورت گیرد، از هدف‌های اصلی متخصصان سبزی‌کاری، بالا بردن مقدار محصول در واحد سطح می‌باشد. یکی از عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد، به ویژه در محیط‌های کنترل شده، تغذیه گیاهان با عناصر کم‌مصرف است. روی و منگنز از عناصر مهم در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه هستند که می‌توانند به طور مستقیم و غیر مستقیم سبب افزایش عملکرد محصولات شوند (۵). در آزمایشی نشان داده شد که مقدار ماده خشک و عملکرد گوجه‌فرنگی با تغذیه برگی آهن و منگنز به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و بیشترین عملکرد در گیاهانی

تولید محصولات گلخانه‌ای در ایران نیز به تبع شرایط جهانی، مورد توجه قرار گرفته است. گلخانه‌ها با داشتن قابلیت‌هایی نظیر کنترل بهتر عوامل مؤثر بر تولید و امکان استفاده از ارتفاع به جای سطح، شرایط مناسبی را برای افزایش تولید در واحد سطح فراهم آورده‌اند. تلفیق کشت‌های گلخانه‌ای با فناوری‌های جدید نظیر کشت بدون خاک (هیدروپونیک) امکان کنترل هرچه بهتر تغذیه گیاهان را فراهم آورده است. از آنجایی که افزایش مقدار تولید باید بدون زیاد کردن سطح زیر کشت

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل و عضو گروه تولیدات گیاهی دانشکده فنی و مهندسی تربت حیدریه

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tavassoli_abolfazl@yahoo.com

جدول ۱. غلظت عناصر غذایی در محلول غذایی گوجه‌فرنگی (محلول هوگلند)

محلول پایه	فرمول شیمیایی	مقدار	واحد
نترات کلسیم	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	۱۱۸۱	گرم در ۱۰۰ لیتر آب
نترات پتاسیم	KNO ₃	۵۰۵/۵	گرم در ۱۰۰ لیتر آب
آمونیم دی هیدروژن فسفات	NH ₄ (H ₂ PO ₄)	۱۱۵/۰	گرم در ۱۰۰ لیتر آب
سولفات منیزیم	MgSO ₄ .7H ₂ O	۴۳۹	گرم در ۱۰۰ لیتر آب
اسید بوریک	H ₃ BO ₃	۲/۸۶	گرم در لیتر
کلرید منگنز	MnCl ₂ .4H ₂ O	۱/۸۱	گرم در لیتر
سولفات روی	ZnSO ₄ .7H ₂ O	۰/۲۲	گرم در لیتر
سولفات مس	CuSO ₄ .5H ₂ O	۰/۰۸	گرم در لیتر
اسید مولیبدیک	H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	۰/۰۲	گرم در لیتر
کلات آهن		۲	میلی لیتر در لیتر

مشاهده شد که دو بار با روی، منگنز، آهن و مس تغذیه برگ‌ها شده بودند (۱۱). در آزمایشی دیگر تأثیر عناصر کم مصرف آهن و منگنز بر کمیت و کیفیت گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفته و مشاهده شد محلول‌پاشی آهن و منگنز وزن میوه، زودرسی و عملکرد میوه را افزایش می‌دهد (۱۰). بوس و تری‌پاتی (۹) نیز در تغذیه برگ‌ها عناصر کم مصرف منگنز، روی و آهن گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای نشان دادند که کاربرد این عناصر سبب افزایش میانگین وزن میوه و افزایش عملکرد میوه می‌شود.

دستیابی به بیشترین عملکرد گیاهان در محیط‌های هیدروپونیک منوط به تغذیه متعادل و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به مقدار کافی است. با توجه به کمبود اطلاعات درباره بهترین غلظت روی و منگنز در محلول غذایی گوجه‌فرنگی در ایران، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد نسبت‌های مختلف روی و منگنز بر عملکرد میوه و غلظت عناصر در گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رقم Hamra برای یافتن بهترین کیفیت و بیشترین عملکرد این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار در محیط کشت پرلیت انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی

عبارت بودند از: شاهد (عدم کاربرد روی و منگنز)، کاربرد منگنز با غلظت معادل محلول هوگلند (۴/۰۶ mg/l)، مصرف روی با غلظت معادل محلول هوگلند (۴/۴۲ mg/l)، کاربرد منگنز با غلظت نصف محلول هوگلند (۲/۰۳ mg/l) + کاربرد روی با غلظت نصف محلول هوگلند (۲/۲۱ mg/l) و کاربرد همراه با هم منگنز و روی هر کدام با غلظت معادل محلول کامل هوگلند. تیمارها در چهار تکرار و با دو گلدان برای هر واحد آزمایشی مورد مطالعه قرار گرفتند. بذور گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (رقم Hamra) در اواسط اسفند ۱۳۸۶ در بستر پرلیت که برای همه تیمارها یکسان در نظر گرفته شده بود کاشته شدند. از زمان کاشت بذر تا مرحله سبز شدن، رطوبت مورد نیاز برای جوانه زدن از طریق آبیاری با آب شهری تأمین شد. میانگین دمای شبانه گلخانه ۱۵±۲ سلسیوس و میانگین دمای روزانه آن ۲۵±۲ درجه سلسیوس بود و رطوبت گلخانه بین ۶۵-۸۰ درصد نوسان داشت. پس از سبز شدن نیز عمل محلول‌دهی و اعمال تیمارها انجام گرفت. محلول‌های غذایی مطابق فرمول هوگلند (۱۳) در ظرفی ۱۰۰ لیتری آماده و به وسیله پمپ و سیستم آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاهان قرار داده می‌شدند (جدول ۱). صفاتی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند عبارت بودند از:

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد میوه تازه، ماده خشک میوه، برگ و قطر میوه گوجه‌فرنگی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییر
قطر میوه	ماده خشک برگ	ماده خشک میوه	عملکرد میوه تازه		
۰/۰۷۳ ^{n.s}	۰/۰۱۶ ^{n.s}	۰/۰۱۱ ^{n.s}	۰/۱ ^{n.s}	۳	تکرار
۱۷/۰۶ ^{n.s}	۹/۵۲*	۲/۰۱*	۳۰/۷۳*	۴	تیمار
۱/۲۶	۱/۰۳	۰/۰۵۷	۱/۴۱	۱۲	اشتباه آزمایشی
۱۰/۹۳	۶/۸۱	۱۱/۷۵	۸/۴۲	-	ضریب تغییرات

* و n.s: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های عملکرد میوه تازه، ماده خشک میوه، برگ و قطر میوه گوجه‌فرنگی

قطر میوه (mm)	ماده خشک برگ (%)	ماده خشک میوه (%)	عملکرد میوه تازه (g/plant)	تیمار
۵۱/۶ ^a	۱۵/۴ ^c	۵/۲ ^c	۲۴۷۹/۱ ^d	بدون مصرف روی و منگنز
۵۳/۸ ^a	۱۸/۲ ^a	۶/۹ ^a	۳۱۰۶/۳ ^c	مصرف کامل منگنز
۵۵/۱ ^a	۱۵/۷ ^c	۵/۳ ^c	۲۹۹۴/۷ ^c	مصرف کامل روی
۵۵/۴ ^a	۱۷/۰ ^b	۵/۹ ^b	۳۴۱۲/۸ ^b	مصرف منگنز با غلظت نصف هوگلند +مصرف روی با غلظت نصف هوگلند
۵۶/۳ ^a	۱۷/۷ ^{ab}	۶/۱ ^b	۳۵۲۱/۴ ^a	مصرف کامل منگنز + مصرف کامل روی

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ هستند.

نتایج و بحث

عملکرد میوه تازه گوجه‌فرنگی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تغذیه روی و منگنز اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد میوه تازه داشت. بیشترین عملکرد میوه از تیمار مصرف کامل سولفات منگنز همراه با مصرف کامل سولفات روی و کمترین مقدار آن از تیمار عدم کاربرد روی و منگنز حاصل شد (جدول ۳). احتمالاً افزایش تحمل به خشکی گوجه‌فرنگی با تغذیه روی و منگنز و افزایش شدت فتوسنتز گیاه در اثر کاربرد منگنز سبب افزایش عملکرد میوه تازه گوجه‌فرنگی شده است (۵). نتایج پژوهش‌های سایر محققان نیز حاکی از افزایش عملکرد فلفل (۱۰) و گوجه‌فرنگی (۱۰ و ۱۱) در اثر کاربرد عناصر کم-مصرف، به ویژه روی و منگنز، است.

۱- عملکرد میوه تازه که از مجموع وزن میوه در هر بوته بر حسب گرم بر بوته به دست آمد، ۲- درصد ماده خشک میوه و برگ که از تفاضل وزن تر و خشک میوه و برگ محاسبه شد، ۳- اندازه یا قطر میوه و ۴- غلظت پروتئین خام و عناصر میوه نظیر نیتروژن، فسفر، منگنز و روی. پروتئین خام و نیتروژن با استفاده از روش کجلدال (۶) و فسفر با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی (۳) تعیین شد. برای اندازه‌گیری منگنز و روی نیز از روش هضم سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک استفاده شد. پس از تهیه عصاره، غلظت منگنز و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل Aventa, ver.1.31 GBC اندازه‌گیری شد (۳). در نهایت، داده‌های به دست آمده از آزمایش با نرم افزار MSTAT-C تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

جدول ۴. تجزیه واریانس غلظت پروتئین خام و عناصر مختلف در میوه گوجه‌فرنگی

منبع تغییر	درج آزادی	میانگین مربعات			
		پروتئین خام	نیتروژن	فسفر	منگنز
تکرار	۳	۲/۸۴ n.s	۰/۳۹ n.s	۰/۲۱ n.s	۸/۰۵ n.s
تیمار	۴	۱۵۳/۱۷*	۲۱/۹۴ *	۹/۴۹*	۱۵/۷۴ n.s
اشتباه آزمایشی	۱۲	۳۷/۲۴	۱۰/۰۶	۲/۸۶	۷۴/۹۲
ضریب تغییرات	-	۱۴/۰۳	۱۰/۲۶	۲۴/۱۸	۱۶/۷۳

* و n.s: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و غیرمعنی‌دار

ماده خشک میوه و برگ

ماده خشک میوه و برگ به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) تحت تأثیر تیمارهای مختلف عناصر کم‌مصرف قرار گرفت (جدول ۲). نتایج آزمایش نشان داد که ماده خشک میوه و برگ گوجه‌فرنگی در اثر تغذیه با روی و منگنز افزایش یافت. با توجه به جدول ۳، با افزایش غلظت منگنز در محلول غذایی، مقدار ماده خشک میوه و برگ نیز زیاد شد به طوری که بالاترین درصد ماده خشک میوه و برگ از مصرف کامل (معادل محلول کامل هوگلند) منگنز به تنهایی و همراه با روی حاصل شد. با کاهش غلظت منگنز در محلول غذایی از درصد ماده خشک میوه و برگ کاسته شده است به طوری که در تیمار شاهد (بدون مصرف روی و منگنز) کمترین درصد ماده خشک میوه و برگ به دست آمده است. با توجه به نقش منگنز در افزایش غلظت کلروفیل در اندام‌های سبز گیاه و در نتیجه، افزایش مقدار فتوسنتز و تولید مواد هیدروکربنی، کاهش غلظت منگنز محلول غذایی منجر به کاهش تولید مواد هیدروکربنی شده که نتیجه آن کاهش درصد ماده خشک میوه و برگ می‌باشد. سایر محققان نیز گزارش نمودند که کمبود منگنز در گوجه‌فرنگی سبب کاهش مقدار فتوسنتز و در نتیجه کاهش زیست توده گیاهی خواهد شد (۹ و ۱۱).

قطر (اندازه) میوه

اندازه میوه تحت تأثیر تغذیه روی و منگنز قرار نگرفت (جدول ۲).

به طور کلی این جزء از عملکرد از پایداری بیشتری برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغذیه عناصر کم‌مصرف قرار می‌گیرد (۱۴).

غلظت نیتروژن در میوه

تغذیه روی و منگنز اثر معنی‌داری (در سطح احتمال ۵٪) بر غلظت نیتروژن میوه داشت (جدول ۴). بیشترین غلظت نیتروژن میوه از مصرف کامل روی و نیز مصرف کامل روی همراه با مصرف کامل منگنز به دست آمد. با کاهش غلظت روی در محلول غذایی از غلظت نیتروژن میوه کاسته شد. در تیمار عدم کاربرد روی و منگنز، کمترین غلظت نیتروژن میوه حاصل شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد علت افزایش غلظت نیتروژن در شرایط مصرف سولفات روی به دلیل تأثیر غیر مستقیم روی در افزایش جذب نیتروژن باشد. روی از عناصر مهمی است که در متابولیسم نیتروژن گیاه شرکت نموده و کمبود آن باعث اختلال در تولید پروتئین می‌شود (۵). محققان متعددی نقش مثبت روی در سوخت و ساز نیتروژن را گزارش کرده‌اند (۱ و ۲).

غلظت پروتئین خام میوه

تأثیر مصرف روی و منگنز بر غلظت پروتئین خام میوه نیز معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) بود (جدول ۴). تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت پروتئین خام میوه روندی مشابه با تأثیر آنها بر غلظت نیتروژن داشت. به طوری که با افزایش غلظت روی محلول غذایی، غلظت پروتئین خام بافت میوه افزوده شده

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های غلظت پروتئین خام و درصد عناصر مختلف در میوه گوجه‌فرنگی

تیما	پروتئین خام (%)	نیترژن (%)	فسفر (%)	منگنز (mg/g)	روی (mg/g)
بدون مصرف روی و منگنز	۲۶/۲ ^d	۴/۲ ^d	۱/۵ ^a	۲۰۰ ^c	۴۵/۴ ^c
مصرف کامل منگنز	۳۰/۶ ^c	۴/۹ ^c	۱/۱ ^b	۲۵۱ ^a	۴۷/۸ ^{bc}
مصرف کامل روی	۴۵/۶ ^a	۷/۳ ^a	۰/۷ ^c	۲۰۹ ^c	۶۳/۴ ^a
مصرف منگنز با غلظت نصف هوگلند + مصرف روی با غلظت نصف هوگلند	۳۸/۱ ^b	۶/۱ ^b	۰/۹ ^{bc}	۲۳۰ ^b	۵۱/۹ ^b
مصرف کامل منگنز + مصرف کامل روی	۴۳/۱ ^a	۶/۹ ^a	۰/۶ ^c	۲۴۶ ^a	۵۹/۲ ^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ هستند.

می‌شود (۵). باربن و همکاران (۸) در تحقیقی به منظور بررسی اثرات متقابل روی و فسفر در سیب زمینی نشان دادند که در اثر کاربرد روی و منگنز از غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه گیاه به شدت کاسته شده که این امر به دلیل اثر متقابل روی با فسفر است.

غلظت منگنز و روی در میوه

غلظت منگنز و روی میوه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف این عناصر در محلول غذایی قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین غلظت منگنز و روی از مصرف کامل هر یک از این عناصر به دست آمد و بین این تیمارها با تیمار مصرف کامل منگنز به همراه روی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). با مصرف کودهای سولفات منگنز و سولفات روی غلظت این عناصر در میوه افزایش یافت که نشان‌دهنده کمبود این عناصر در محلول غذایی است. عابدی قشلاقی و تفضلی (۴) در آزمایشی با گوجه‌فرنگی نشان دادند که کاربرد عناصر کم‌مصرف سبب افزایش غلظت این عناصر در گیاه می‌شود. گونش و همکاران (۱۲) نیز در بررسی اثر روی بر کاهش سمیت بور در گوجه‌فرنگی نتایج مشابه با این آزمایش به دست آوردند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تغذیه روی و منگنز توانست سبب افزایش عملکرد کمی گوجه‌فرنگی شود که این

و در تیمار مصرف کامل این عنصر، بیشترین مقدار پروتئین خام حاصل شد. کمترین مقدار پروتئین خام در بافت میوه از تیمار بدون مصرف روی و منگنز به دست آمد (جدول ۵). با توجه به افزایش غلظت نیترژن بافت میوه، بالا بودن غلظت پروتئین خام تحت تیمار مصرف کامل روی را می‌توان به تأثیر غیر مستقیم این عنصر در افزایش جذب نیترژن نسبت داد (۵). در همین رابطه، عبدالهادی (۷) در بررسی اثر کاربرد روی بر رشد و جذب عناصر غذایی جو گزارش کردند که با کاربرد روی، غلظت نیترژن دانه جو افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف روی) نشان می‌دهد. ورما و باگات (۱۶) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد روی سبب افزایش جذب نیترژن در ریشه، اندام هوایی و دانه گندم می‌شود.

غلظت فسفر در میوه

غلظت فسفر میوه نیز به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) تحت تأثیر کاربرد تغذیه روی و منگنز قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین غلظت فسفر میوه از تیمار عدم مصرف روی و منگنز حاصل شد و بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین غلظت فسفر میوه نیز از تیمار مصرف کامل روی و منگنز به دست آمد (جدول ۵). علت کاهش فسفر میوه در اثر مصرف روی و منگنز ممکن است به سبب اثر متقابل فسفر با این عناصر باشد به طوری که حضور این عناصر مانع جذب فسفر

کامل هر یک از این عناصر به تنهایی و همراه با یکدیگر حاصل شد، که این امر می‌تواند نشانگر مصرف تجملی (لوکس) این عناصر از محلول غذایی توسط گوجه‌فرنگی باشد. با توجه به نتایج این آزمایش، پیش‌بینی می‌شود که با افزایش غلظت روی و منگنز در محلول غذایی گوجه‌فرنگی رقم Hamra به حدود بیشتر از محلول هوگلند، افزایش عملکرد کمی، کیفی و غلظت برخی عناصر ضروری در میوه حاصل می‌شود.

برتری می‌تواند مرتبط با نقش عنصر منگنز در افزایش غلظت کلروفیل اندام‌های سبز گیاه باشد. در نتیجه، افزایش مقدار فتوسنتز و تولید مواد هیدروکربنی (۱۵)، سبب افزایش درصد ماده خشک میوه و برگ می‌شود. علاوه بر این، تغذیه کافی منگنز و به ویژه روی سبب افزایش غلظت پروتئین خام و نیتروژن میوه گیاه شد که این افزایش را می‌توان به نقش روی در افزایش جذب نیتروژن نسبت داد. از طرفی بالاترین غلظت روی و منگنز نیز از کاربرد

منابع مورد استفاده

۱. جوانپور هروی، ر.، م. بابالار، ع. کاشی، م. میرعبدالباقی. و م. ع. عسگری. ۱۳۸۴. اثر چند نوع محلول غذایی و بستر کاشت در سیستم آبکشت بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رقم "حمراء". مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۴): ۹۳۹-۹۴۶.
۲. دلشاد، م.، م. بابالار و ع. کاشی. ۱۳۷۹. اثر شاخص نیتروژن محلول‌های غذایی در تغذیه معدنی ارقام گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۱(۳): ۶۱۳-۶۲۵.
۳. رفیعی، م.، ح. نادیان، ق. نورمحمدی و م. کریمی. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۵: ۲۳۵-۲۴۳.
۴. عابدی قشلاقی، ا. و ع. تفضلی. ۱۳۸۳. تأثیر محلول پاشی سولفات آهن و اسید سیتریک بر خواص کمی و کیفی گوجه‌فرنگی رقم اوربانا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۷۱-۷۹.
۵. ملکوتی، م. ج. و م. همائی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک "مشکلات و راه‌حل‌ها". چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
۶. ولی نژاد، م. ب. مصطفی زاده. و س. ع. م. میر محمدی میدی. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۹: ۱۰۳-۱۱۵.
7. Abd El-Hady, B. A. 2007. Effect of zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. *J. Appl. Sci. Res.*, 3(6): 431-436.
8. Barben, S. A., B. A. Nichols, B. G. Hopkins, V. D. Jolley, J. W. Ellsworth and B. L. Webb. 2007. Phosphorus and zinc interactions interactions in potato. *Western Nutrient Management Conference*, pp. 219-223.
9. Bose, U. S. and S. K. Tripathi. 1996. Effect of micronutrients on growth, yield and quality of tomato cv. Pusa Ruby. *Crop Res.* 12: 61-64.
10. Elabdeen, A. Z. and A. M. Metwally. 1982. Effect of foliar spraying with Mn, Fe, Zn and Cu on the quality of tomato and pepper. *Agr. Res. Rev.* 60: 143-164.
11. El-Lebodi, A., A. M. El-Gala and A. A. Sakr. 1976. Growth and nutritional status of tomato subjected to foliar spray with certain nutrient solution. *Agr. Res. Rev.* 54: 109-127.
12. Gunes, A., M. Alpaslan, Y. Cikili and H. Ozcan. 2000. The Effect of zinc on alleviation of boron toxicity in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* L.). *Turk. J. Agric.*, 24: 505-509.
13. Hogland, D. R. and D. I. Armon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular 347, California Agricultural Experiment Station, University of California, Berkeley, CA.
14. Kanyomeka, L. and B. Shivute. 2005. Influence of pruning on tomato production under controlled environments. *Agricultura Tropica Et Subtropica*, 38: 79-83.
15. Kosesakal, T. and M. Unal. 2009. Role of zinc deficiency in photosynthetic pigments and peroxidase activity of tomato seedlings. *IUFS. J. Biol.* 68(2): 113-120.
16. Verma, T. S. and R. M. Bhagat. 1990. Zinc and nitrogen interaction in wheat grown in limed and unlimed acid Alfisol. *Fertilizer Res.*, 22: 29-35.