

## اثر سطوح مختلف آهن و بُر روی مقدار عناصر و عملکرد توت فرنگی رقم سلوا

تکنم سادات تقوی<sup>۱</sup>، مصباح بابالار<sup>۲</sup>، علی عبادی<sup>۳</sup>، حسن ابراهیم زاده<sup>۴</sup> و محمد علی عسگری<sup>۵</sup>  
۱، ۲، ۳، ۵، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیاران و مربی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
۴، استاد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۹/۴

### خلاصه

اثر سه سطح آهن و بُر بر عملکرد و غلظت بعضی از عناصر برگ، ریشه و میوه توت فرنگی روز خشتی، رقم سلوا (*Fragaria × ananassa* Duch. 'Selva') بررسی شد. گیاهان آزمایشی در بستر کشت مخلوط پیت خزه و پرلیت کاشته شدند و با محلولهای غذایی کامل با سه غلظت مختلف آهن و بُر آبیاری شدند. غلظت آهن و بُر در محلولهای غذایی بترتیب ۵ میلی گرم آهن و ۰/۷۵ میلی گرم بُر، ۱۰ میلی گرم آهن و ۱/۵ میلی گرم بُر، ۲۰ میلی گرم آهن و ۳ میلی گرم بُر در لیتر به همراه مقدار کافی از سایر عناصر ضروری گیاه (pH=۵/۸) بود. نتایج نشان داد سطوح مختلف آهن و بُر تأثیری روی عملکرد گیاهان نداشتند، اما افزایش آهن و بُر سبب افزایش نیتروژن کل، پتاسیم و بُر برگها و کاهش مقدار نیترات، فسفر، کلسیم، منیزیم و آهن برگها شدند. مقدار نیترات، نیتروژن کل، فسفر و منیزیم میوه ها افزایش یافت. همچنین افزایش سطح آهن و بُر موجب افزایش مقدار نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم در ریشه شد. از آنجائیکه در این تحقیق افزایش مقدار آهن و بُر در محلول غذایی سبب افزایش عملکرد نشد، بنابراین سطح اول و دوم آهن و بُر (۵ یا ۱۰ میلی گرم آهن و ۰/۷۵ یا ۱/۵ میلی گرم بُر در لیتر) که مقدار نیترات میوه در آن کمتر و مقدار سایر عناصر در آن در حد متوسط قرار دارد بر سایر تیمارها برتری نشان دادند.

### واژه‌های کلیدی: توت فرنگی، محلول غذایی، آهن، بُر، عناصر

#### مقدمه

عنصر آهن یکی از عناصر ضروری برای گیاه است و نقش اساسی در کلروپلاست دارد. بر اثر کمبود آهن فعالیت چندین سیستم آنزیمی و ترکیبات گیاهی مانند کاتالاز، سیتوکروم اکسیداز و فردوکسین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. مقدار آهن موجود در خاک زیاد است ولی گیاهان فقط آهن دو ظرفیتی محلول در خاک را جذب می‌کنند، که در مقایسه با کل آهن خاک ناچیز است. شرایط محیطی خاک بر میزان جذب آهن توسط گیاه تأثیر می‌گذارد، به همین دلیل کنترل جذب آهن توسط گیاه مشکل است. کمبود آهن هم در خاکهای اسیدی و هم در خاکهای قلیایی ایجاد می‌شود. غلظت زیاد

عناصری مثل فسفر، روی و مس نیز روی جذب آهن تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل آهن نقش مهمی در رشد و توازن عناصر غذایی گیاه دارد (۱۶).

بُر نیز از جمله عناصر کم مصرف است که در دیواره‌های سلولی و در تکامل آوند چوبی نقش مهمی دارد و برای اتصال بین ترکیبات پکتینی، پروتئینها و دیواره سلول لازم است (۵). بُر نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدراتها و RNA دارد و از تجمع مواد فنلی (که مانع سنتز اکسین می‌شوند) جلوگیری می‌کند. کمبود بُر سبب از بین رفتن مریستم انتهایی می‌شود. تغییر در متابولیسم اکسین در مریستم انتهایی، لیگنینی شدن و تجمع فنل و قند نیز از جمله عوارض دیگر کمبود بُر است. از

طرف دیگر زیادی بر سبب مسمومیت گیاه می‌شود. بنابراین مشخص کردن محدوده مناسبی از غلظت این عنصر که نه کمبود و نه سمیت آن به وجود آید ضرورت دارد. بر در گیاهان نسبتاً بی‌تحرك است و براون و همکاران (۲۰۰۲) عقیده دارند که جذب بر یک پدیده فعال است. بر در آوند آبکش حرکت نمی‌کند و از برگ به قسمت‌های دیگر گیاه توزیع نمی‌شود، بنابراین برگ محل تجمع بر در گیاه است. زیادی بر سبب نكروزه شدن لبه برگ و بین رگبرگها می‌شود. بلات (۱۹۸۲) و لیتن (۱۹۹۵) دریافتند که در توت فرنگی بسته به رقم، ۶۵ تا ۹۰ درصد بر در برگها تجمع می‌یابد و افزایش عرضه بر به گیاه فقط روی غلظت بر در برگ تاثیر دارد و روی بافتهای دیگر گیاه تاثیری ندارد.

کمبود بر در توت فرنگی سبب کاهش جوانه زنی دانه گرده و رشد لوله گرده و نمو میوه می‌شود. در گیاهان با کمبود بر دانه‌های گرده می‌ترکند و رشد لوله گرده کاهش می‌یابد و گاهی سوختگی نوک برگ نیز اتفاق می‌افتد. مقدار بحرانی کمبود بر برای توت فرنگی بسیار پایین است و در اغلب رقمها کمبود در کمتر از ۱۸ پی پی ام<sup>۱</sup> بر در برگ ظاهر می‌شود. در بعضی از رقمها کمبود در ۲ تا ۵ پی پی ام ظاهر می‌شود. محدوده باریکی بین کمبود و سمیت بر در توت فرنگی وجود دارد. سمیت بر سبب کاهش رشد گیاه، اندازه میوه، عملکرد و تولید ساقه رونده می‌شود (۱۸). گزارشهای متفاوتی درباره مقدار بر برگهای توت فرنگی در شرایط سمیت بر وجود دارد. بلات (۱۹۸۲) معتقد است مقدار بر ۶۰ پی پی ام در برگ سبب ایجاد مسمومیت و توقف رشد شده ولی سبب کاهش عملکرد نمی‌شود. اما بورمن (۱۹۷۴) بیان می‌کند که مقدار بر برگ بیشتر از ۵۰ پی پی ام سبب کاهش عملکرد میوه می‌شود. هیدون (۱۹۸۱) گزارش کرد که وقتی غلظت بر در برگهای قدیمی تر بیشتر از ۱۲۰ پی پی ام باشد، سمیت بر پیش می‌آید. لیتن (۱۹۹۵) غلظت ۶۰ پی پی ام را حد بحرانی غلظت بر در رقم السانتا<sup>۲</sup> می‌داند و نتیجه گرفت که این رقم نیاز کمی به بر دارد و به همین دلیل ۵ میکرومول بر در لیتر محلول غذایی برای آن کافی است. وی

همچنین نشان داد که غلظت بر در برگ مرتباً با گذشت زمان افزایش می‌یابد و هر چه غلظت بر محلول غذایی بیشتر باشد، مقدار بر برگها سریعتر افزایش می‌یابد. به طور کلی غلظتی از بر که باعث مسمومیت توت فرنگی می‌شود بسته به رقم و شرایط محیطی تفاوت دارد.

می و پریتس (۱۹۹۳) تغییرات غلظت فسفر، بر و روی برگ توت فرنگی رقم ارلی گلو<sup>۳</sup> را بررسی کردند و نشان دادند که غلظت فسفر بین ۰/۲۲ تا ۰/۳۳ درصد و غلظت بر و روی بترتیب بین ۲۷ تا ۶۰ و ۱۸ تا ۳۲ پی پی ام متغیر است و نشان دادند که مقدار فسفر برگ با افزایش میزان بر خاک کاهش می‌یابد. مقدار بر و روی برگ با افزایش بر و روی در محلول غذایی افزایش نمی‌یابد. بین پتاسیم، فسفر، کلسیم، منگنز، مس، و روی برگ و میوه همبستگی مثبتی وجود دارد اما بین مقدار منیزیم، آهن و بر برگ و میوه همبستگی وجود ندارد. در pH مساوی ۵/۵، بین مقدار فسفر، منگنز، آهن، مس، بر و روی برگ و میوه همبستگی مثبتی وجود دارد، اما بین کلسیم و منیزیم برگ و میوه همبستگی وجود ندارد. عملکرد در این pH تحت تاثیر مصرف فسفر و بر است اما تحت تاثیر اثر متقابل آنها قرار نمی‌گیرد. دما و مقدار آهن خاک بر فسفر و روی گیاه تاثیر می‌گذارد. فسفر می‌تواند با بر اثر متقابل داشته باشد. بر برای طولی شدن نوک ریشه لازم است و روی جذب فسفر تاثیر می‌گذارد و فسفر هم می‌تواند روی جذب بر تاثیر بگذارد (۲۳). افزایش فسفر سبب کاهش جذب بر می‌شود. نلسون و اتون (۱۹۸۳) نتوانستند اثری از بر (بین ۰/۱ تا ۱/۲۵ پی پی ام) روی افزایش عملکرد بیابند، اما در بررسی می و پریتز (۱۹۹۳) افزایش بر سبب افزایش عملکرد توت فرنگی شد.

ریگس و همکاران (۱۹۸۷) دریافتند که مصرف بر در خاک بر خلاف مصرف بر در توت فرنگی‌هایی که با محلول غذایی تغذیه می‌شوند، تاثیری در افزایش بر گیاه ندارد. مقدار بر برگ نیز همبستگی خوبی با مقدار بر میوه ندارد. به همین دلیل هیچ همبستگی بین بر خاک، برگ و میوه دیده نشده اما مقدار بر در میوه رسیده (۱۷ تا ۲۲ پی پی ام) خیلی کمتر از مقدار بر برگ (۵۴ تا ۷۳ پی پی ام) بود.

1. ppm (part per milion)

2. Elsanta

3. Earliglow

محلول غذایی A2: ۱۰ میلی گرم آهن و ۱/۵ میلی گرم بُر  
 محلول غذایی A3: ۲۰ میلی گرم آهن و ۳ میلی گرم بُر  
 آهن از منبع کلات آهن (FeEDDHA)<sup>۲</sup> و بُر از منبع  
 بوریک اسید تأمین شد. غلظت سایر عناصر در این محلولها در  
 جدول شماره ۱ آمده است.

برای تهیه محلولهای غذایی ابتدا هر نمک بطور جداگانه با  
 غلظت ۱۰۰۰ برابر در آب حل شده و در ظرفهای جداگانه‌ای  
 بنام محلولهای پایه<sup>۲</sup> در دمای اطاق و تاریکی نگهداری شدند.  
 سپس ۱۵۰ میلی لیتر از هر محلول پایه داخل ظرفهای بزرگ  
 ۱۵۰ لیتری ریخته شد و با آب به حجم رسانده شد و pH آنها با  
 سولفوریک اسید در حد  $0/2 \pm 5/8$  تنظیم شد (۱۱).

گیاهان توت فرنگی هر روز با ۲۵۰ میلی لیتر محلول غذایی  
 (در هر گلدان) توسط سیستم آبیاری قطره‌ای تعبیه شده روی  
 گلدانها آبیاری شدند، بطوریکه بعد از آبیاری مقداری از محلول  
 غذایی از ته گلدان خارج شد.

جدول ۱: غلظت ماکروالمانها و میکروالمانهای موجود در  
 محلولهای غذایی<sup>۱</sup>

غلظت میکروالمانها (میلی گرم در لیتر)	غلظت ماکروالمانها (میلی اکی والان در لیتر)
۰/۰۵ (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> MoO <sub>24</sub> , 6H <sub>2</sub> O	N ۶/۷۵
۵ MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O	PO <sub>4</sub> ۱/۶۵
۰/۲۵ CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O	K ۲/۸
۱ ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	Ca ۳/۱
	Mg ۰/۷۵
	SO <sub>4</sub> ۰/۷۵

۱. نیتروژن از منابع نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم،  
 فسفر از مونوفسفات و دی‌فسفات پتاسیم و منیزیم و گوگرد از منبع  
 سولفات منیزیم تهیه شد.

پس از به میوه نشستن گیاهان، میوه های رسیده بطور  
 منظم برداشت شده و وزن تازه آنها جهت اندازه گیری عملکرد  
 یادداشت شده و مجموع وزن تازه میوه‌ها در طول دوره رشد

از آنجائیکه افزایش عناصر در خاک و محلول غذایی همیشه  
 منجر به افزایش عملکرد، افزایش مقدار عناصر برگ و بهبود  
 کیفیت میوه نمی‌شود (۱۹)، در این آزمایش سعی کردیم که اثر  
 سه غلظت مختلف آهن و بُر محلولهای غذایی را بر عملکرد و  
 مقدار عناصر بافتهای مختلف توت فرنگی بررسی کنیم.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در کرج  
 روی گیاه توت فرنگی انجام گرفت. طرح آزمایشی بلوکهای کامل  
 تصادفی با سه تکرار بود. در هر تکرار ۴۰ گلدان و جمعاً در طرح  
 از ۳۶۰ گیاه استفاده شد. اثر تیمار سطوح مختلف آهن و بُر در  
 سه سطح روی عملکرد و غلظت عناصر ماکروالمان و میکروالمان  
 توت فرنگی رقم سلوا بررسی شد. این آزمایش در دو سال  
 متوالی انجام شد. داده‌های بدست آمده تجزیه مرکب شدند و  
 نتایج ارائه شده است.

گیاهان توت فرنگی پس از آنکه نیاز سرمایی خود را طی  
 کردند، از یک پرورش دهنده توت فرنگی در شهرستان هشتگرد  
 خریداری شدند. سپس ریشه گیاهان در محلول قارچکش  
 بنومیل ۱/۵ در هزار ضدعفونی شد. مخلوطی از ۳۰٪ پیت ماس<sup>۱</sup>  
 و ۷۰٪ پرلیت دانه درشت با هم کاملاً مخلوط و سپس آبیاری  
 شده و ۲۴ ساعت به حال خود رها شد تا پیت ماس کاملاً آب  
 جذب کند. چون پیت ماس و پرلیت برای اولین بار مورد  
 استفاده قرار گرفته بودند، نیازی به ضدعفونی نداشتند. آنگاه  
 توت فرنگی‌ها در گلدانهایی با قطر دهانه ۱۸ سانتی‌متر (و حجم  
 ۲۰۰۰ سانتی‌متر مکعب) در این مخلوط کاشته شدند. سپس  
 گلدانها مطابق با طرح آزمایشی به سکوی گلخانه که قبلاً با  
 محلول آب و سدیم هیپوکلرید ضدعفونی شده بودند منتقل  
 شدند.

برای تغذیه گیاهان از محلول غذایی کامل استفاده شد  
 (جدول ۱) با این تفاوت که مقدار آهن و بُر (میلی گرم در لیتر)  
 در آنها به شرح زیر متفاوت بود:

محلول غذایی A1: ۵ میلی گرم آهن و ۰/۷۵ میلی گرم بُر

(محلول شاهد)

2. Ferric ethylene diamine tetra acetic acid

3. Stock solution

1. Peat moss

پژوهش حاضر در طی دو سال متوالی ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ انجام شد و تجزیه مرکب بر روی داده‌ها انجام شد. در تجزیه آماری از نرم افزار SAS (SAS Inst., Inc., 1990) استفاده شد.

### نتایج

سطوح مختلف آهن و بُر تأثیری روی عملکرد میوه نداشتند (جدول ۲). اثر تیمارهای مورد آزمایش روی مقدار نیترات، نیتروژن کل و فسفر میوه معنی دار و روی مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم میوه معنی دار نبود.

نتایج نشان داد که افزایش مقدار آهن و بُر در محلول غذایی سبب افزایش نیترات، نیتروژن کل و فسفر میوه‌ها شده است (جدولهای ۴، ۵ و ۶). از آنجاییکه تجمع نیترات در میوه از دید مصرف کننده نامطلوب به نظر می‌رسد، بنابراین اولین (محلول شاهد) و دومین سطح آهن و بُر که نیترات کمتری دارد، برای پرورش توت فرنگی توصیه می‌شود. در محلول شاهد (سطح اول آهن و بُر)، مقدار نیترات میوه برابر ۵۸۴ پی پی ام و مقدار نیتروژن برابر ۱/۴۴ درصد است. یافته‌های دارنل و استوت (۲۰۰۱) مقدار نیترات و نیتروژن میوه توت فرنگی را به ترتیب ۱۰۴۰ پی پی ام و ۱/۴۶ درصد بیان می‌کند که مقدار نیترات در میوه‌های تحقیق ما کمتر ولی مقدار نیتروژن آنها مشابه یافته‌های دارنل و استوت است.

جدول ۲- اثر سطوح مختلف آهن و بُر روی عملکرد

توت فرنگی رقم سلوا	
عملکرد هر گیاه (گرم)	سطوح آهن و بُر
A1	72/52 a
A2	73/52 a
A3	70/24 a

حروف مشابه در ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم اندازه‌گیری شده در میوه‌ها مشابه مقادیری است که توسط محققان دیگر گزارش شده است (۱۵، ۲۲). در میوه‌های توت فرنگی رقم سلوا در شرایط این

گیاهان که ۶ ماه بود بعنوان عملکرد ثبت شد. میوه‌های تازه در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده تا کاملاً خشک شدند. پس از پایان آزمایش گیاهان از بسترهای کشت خارج شده و به برگ (بدون دمبرگ) و ریشه تقسیم شدند. سپس برگ‌ها و ریشه‌ها بسرعت در آب مقطر آبکشی شده و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۹۶ ساعت قرار داده شده تا کاملاً خشک شدند. برگ‌ها، ریشه‌ها و میوه‌های خشک شده کاملاً آسیاب شده و از مش یک میلی‌متری عبور داده شدند و برای اندازه‌گیری عناصر مورد استفاده قرار گرفتند.

مقدار نیترات، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در برگ‌ها و میوه‌ها و مقدار آهن و بُر فقط در برگ‌ها اندازه گرفته شد. در ریشه‌ها مقدار نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شد.

نیترات قابل استخراج توسط استخراج با استیک اسید ۲ درصد اندازه‌گیری شد. پس از اینکه نیترات با ستون کادمیوم حاوی مس، احیا شده و به نیتريت تبدیل شد، توسط رنگ آمیزی با سولفانیل آمید و پیوستن به آن - نفتیل اتیلن دی آمین دی هیدروکلرید تشکیل ماده ارغوانی رنگ داد و در طول موج ۵۴۰ نانومتر خوانده شد (۶، ۲۹، ۳۰). مقدار کل نیترات در برگ‌ها و میوه‌ها اندازه‌گیری و به صورت ppm ثبت شد.

نیتروژن کل توسط آنالایزر گازی اندازه‌گیری شد (۹). مقدار نیتروژن کل اندازه‌گیری شده در برگ‌ها و ریشه‌ها با درصد بیان شد. همچنین میزان کل پتاسیم توسط طیف سنجی جذب اتمی<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد (۱۴). سه عنصر فسفر، کلسیم و منیزیم توسط هضم اسیدی در مایکروویو و اندازه‌گیری عناصر توسط طیف سنجی پخش اتمی متصل به پلاسما<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شدند (۲۵، ۲۰). دو عنصر آهن و بُر توسط هضم با نیتريك اسید و قرائت توسط طیف سنجی جرم متصل به پلاسما<sup>۳</sup> اندازه‌گیری شدند (۲۸).

1. Atomic absorption spectrometry (AAS)
2. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)
3. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

تحقیق متوسط مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم بر حسب درصد در ماده خشک بترتیب برابر ۲/۲۴، ۰/۲۵، و ۰/۱۶ است که با گزارشهای کارپ و استراست (۲۰۰۲) و اُزدن و ایانگلو (۲۰۰۲) مطابقت دارد.

اثر سطوح آهن و بُر روی مقدار نیترات، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم برگها معنی دار بود. افزایش آهن و بُر محلول غذایی سبب کاهش نیترات و فسفر برگها شد (جدولهای ۴ و ۶) ولی مقدار نیتروژن کل و پتاسیم برگها افزایش یافت (جدولهای ۵ و ۷). از آنجاییکه مقدار نیترات برگ عامل مهمی در تعیین وضعیت تغذیه نیتروژنی گیاه است، بنابراین کاهش نیترات برگ شاخص منفی به شمار آمده و به همین دلیل افزایش آهن و بُر محلول غذایی که باعث کاهش نیترات برگ شده، توصیه نمی‌شود. می و پریتس (۱۹۹۳) نیز گزارش کردند که با افزودن بُر به خاک میزان فسفر برگهای توت فرنگی کاهش یافت و احتمالاً ناسازگاری بین فسفر و بُر برای جذب وجود دارد.

اثر سطوح آهن و بُر روی مقدار کلسیم، منیزیم، آهن و بُر برگها معنی دار بود. افزایش مقدار آهن و بُر سبب کاهش مقدار کلسیم، منیزیم و آهن برگها شد (جدولهای ۸ و ۹) ولی مقدار بُر برگها افزایش یافت (جدول ۸). نتایج این تحقیق با نتایج لیتن (۱۹۹۵) که بیان می‌دارد با افزایش مقدار بُر محلول غذایی، غلظت بُر برگهای توت فرنگی نیز افزایش می‌یابد همخوانی دارد. لیتن بیان کرده است که افزایش مقدار بُر محلول غذایی از ۵ تا ۳۵ میکرومول در لیتر، مقدار بُر برگهای توت فرنگی را در سال اول و در پایان فصل برداشت از ۵۶ به ۱۸۰ پی پی ام و در سال دوم از ۲۶ به ۵۸۳ پی پی ام افزایش داد. او گزارش کرد که افزایش بُر محلول غذایی تا ۲۵ میکرومول در لیتر عملکرد را کاهش نداده و افزایش بُر از ۲۵ تا ۳۵ میکرو مول سبب کاهش عملکرد شد. با افزایش زمان آزمایش، غلظت بُر برگها نیز افزایش می‌یابد. لیتن همچنین گزارش کرد که در توت فرنگی رقم السانتا<sup>۱</sup> وقتی غلظت بُر برگ بالاتر از ۶۰ پی پی ام می‌شود، آثار مسمومیت بُر بصورت

جدول ۳- محدوده مناسب غلظت کلسیم، منیزیم و آهن برگهای توت فرنگی توصیه شده توسط محققان و مقادیر موجود در برگهای توت

فرنگی این آزمایش		
محدوده توصیه شده	مقادیر عناصر در این آزمایش	عنصر
* (۲۲ و ۸) ۰/۶۶-۲/۰۶	۱/۷	Ca (%)
(۴ و ۱) ۰/۰۶-۰/۷	۰/۳۶	Mg (%)
(۱ و ۱۰) ۵۸-۸۴۰	۱۵۳	Fe (ppm)

\* اعداد ذکر شده در پرانتز شماره منبع گزارش دهنده این عدد است.

جدول ۴- اثر سطوح آهن و بُر روی نیترات برگ و میوه

سطوح آهن و بُر	نیترات برگ (ppm)	نیترات میوه (ppm)
A1	۱۵۲۷b	۵۸۵ b
A2	۱۵۴۸a	۵۸۳ b
A3	۱۴۵۹c	۵۹۶ a

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ۵- اثر سطوح آهن و بُر روی نیتروژن کل برگ، ریشه و میوه

سطوح آهن و بُر	نیتروژن کل برگ (%)	نیتروژن کل ریشه (%)	نیتروژن کل میوه (%)
A1	۳/۳۰ b	۱/۳۵ c	۱/۴۴ c
A2	۳/۴۱ a	۱/۳۹ b	۱/۴۷ b
A3	۳/۴۱ a	۱/۴۷ a	۱/۴۹ a

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ۶- اثر سطوح آهن و بُر روی فسفر برگ، ریشه و میوه

سطوح آهن و بُر	فسفر برگ (%)	فسفر ریشه (%)	فسفر میوه (%)
A1	۰/۶۲ a	۰/۱۶ b	۰/۳۲ b
A2	۰/۶۰ b	۰/۱۶ b	۰/۳۳ a
A3	۰/۵۸ c	۰/۱۷ a	۰/۳۴ a

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

گذشت زمان افزایش می‌یابد (۱۷) این احتمال وجود دارد که در دراز مدت در محلولهایی با غلظت بالای بُر (مثل ۳ میلی‌گرم در لیتر)، مقدار بُر برگها بیش از حد لازم افزایش یافته و احتمال بروز علائم سمیت بُر دیده شود. به همین دلیل در شرایط این آزمایش غلظتهای پایین بُر (۰/۷۵ یا ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) توصیه می‌شود.

از طرف دیگر کاهش کلسیم، منیزیم و آهن برگها که در محلولهای با سطوح بالاتر آهن و بُر دیده می‌شود نامطلوب است. چون مقدار این عناصر در برگهای گیاهان این آزمایش در مقایسه با مقادیر ذکر شده توسط محققان دیگر (۱، ۴، ۸، ۱۰، ۲۲) در محدوده نسبتاً پایینی قرار دارد (جدول ۳)، به همین دلیل توصیه می‌شود که از سطوح کمتر آهن و بُر برای تغذیه این گیاه استفاده شود تا غلظت کلسیم، منیزیم و آهن در برگها افزایش یابد.

ترکیب محلولهای غذایی روی نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم ریشه‌ها تاثیر داشت. با افزایش سطوح آهن و بُر مقدار این سه عنصر افزایش یافت (جدولهای ۲، ۳ و ۴) و مقدار متوسط آنها در ریشه‌ها بترتیب برابر ۱/۴، ۰/۱۶ و ۰/۷۷ درصد در ماده خشک بود. مقدار نیتروژن کل و پتاسیم ریشه‌های توت فرنگی که توسط دارنل و استوت (۲۰۰۱) و گنمور نیومن و کافکافی (۱۹۸۵) گزارش شده است به ترتیب ۳ و ۰/۷۸ درصد است. مقدار فسفر در ریشه توت‌فرنگی گزارش شده توسط استانیسوالجویک و همکاران (۲۰۰۲) برابر ۰/۰۹ درصد است. مقدار فسفر ریشه‌های گیاهان این آزمایش (۰/۱۹ درصد) بیشتر از مقدار گزارش شده بود که آن هم احتمالاً بدلیل افزایش غلظت بُر در محلولهای غذایی است.

### بحث

از آنجاییکه سطوح مختلف آهن و بُر تاثیری روی عملکرد میوه نداشتند بنابراین برای تعیین بهترین تیمار، تاثیر سطوح مختلف آهن و بُر را روی مقدار عناصر برگ و ریشه و میوه توت فرنگی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تباهی کناره برگ ظاهر می‌شود. غلظت بُر ۶۰ پی پی ام برگ در محلولهای حاوی بُر بالاتر از ۲۵ میکرومول در لیتر به وجود می‌آید و در این محلولها آثار شدید مسمومیت بُر در گیاه ظاهر می‌شود.

جدول ۷- اثر سطوح آهن و بُر روی پتاسیم برگ، ریشه و میوه

سطوح آهن و بُر	پتاسیم برگ (%)	پتاسیم ریشه (%)	پتاسیم میوه (%)
A1	۲/۶۶ b	۰/۷۱ b	۲/۲۴ a
A2	۲/۶۹ a	۰/۷۹ a	۲/۲۴ a
A3	۲/۷۰ a	۰/۸۳ a	۲/۲۶ a

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ۸- اثر سطوح آهن و بُر روی مقدار آهن و بُر برگ

سطوح آهن و بُر	آهن برگ (ppm)	بُر برگ (ppm)
A1	۱۵۴/۸۸ a	۷۶/۶۴ c
A2	۱۵۴/۵۷ a	۱۰۱/۷۱ b
A3	۱۵۰/۲۳ b	۱۴۹/۸۴ a

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

جدول ۹- اثر سطوح آهن و بُر روی کلسیم و منیزیم برگ

سطوح آهن و بُر	کلسیم برگ (ppm)	منیزیم برگ (ppm)
A1	۱/۸۳ a	۰/۳۸ a
A2	۱/۷۳ b	۰/۳۷ a
A3	۱/۵۶ c	۰/۳۶ b

اعدادی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

غلظت بُر در برگهای گیاهان این آزمایش پس از گذشت شش ماه از شروع آزمایش در حد کافی (۶۰ پی پی ام) وجود داشت و در طول مدت این آزمایش کاهش عملکرد به دلیل مسمومیت بُر دیده نشد. ولی از آنجاییکه مقدار بُر برگ با

عملکردی در طول مدت این آزمایش (۶ ماه) در توت فرنگی‌ها ایجاد نکرد. اما از آنجاییکه با گذشت زمان مقدار بُر برگها باز هم افزایش می‌یابد (۱۷)، احتمال ظهور علائم مسمومیت به دلیل افزایش بُر در برگهای توت فرنگی وجود دارد. لیتن (۱۹۹۵) و بلات (۱۹۸۲) مقدار ۶۰ پی پی ام بُر در برگ و هیدون (۱۹۸۱) مقدار ۱۲۰ پی پی ام را غلظت بحرانی بُر در برگهای توت فرنگی می‌دانند. از آنجاییکه مقدار بُر در برگهای توت فرنگی رقم سلوا بیش از ۶۰ پی پی ام است، لذا توصیه می‌شود مقدار بُر محلولهای غذایی برای تغذیه توت فرنگی بیشتر از ۰/۷۵ میلی‌گرم بُر (سطح اول آهن و بُر) نباشد.

افزایش سطوح آهن و بُر سبب افزایش نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم ریشه‌ها می‌شود. مقدار این سه عنصر در ریشه بترتیب برابر ۱/۴، ۰/۱۶ و ۰/۷۷ درصد در ماده خشک است که با دیگر گزارشات ارائه شده توسط دارنل و استوت (۲۰۰۱) و گنمور نیومن و کافکافی (۱۹۸۵) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اینطور نتیجه‌گیری کرد که افزایش سطوح آهن و بُر در محلولهای غذایی از ۵ (میلی‌گرم آهن) و ۰/۷۵ (میلی‌گرم بُر) در لیتر به مقادیر بالاتر نه تنها باعث افزایش عملکرد در توت فرنگی نشده بلکه احتمال بروز مسمومیت توسط بُر افزایش یافته و مقدار نیترات، فسفر، کلسیم، منیزیم و آهن برگها نیز کاهش می‌یابد به همین دلیل با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش توصیه می‌شود که از سطح اول (محلول شاهد) یا دوم آهن و بُر برای پرورش توت فرنگی استفاده شود.

### سپاسگزاری

این تحقیق یکی از طرحهای مصوب شورای پژوهشی دانشگاه است و با اعتبارات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران اجرا شده است، که بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه قدردانی می‌شود.

### REFERENCES

1. Almaliotis, D., D. Velemis, S. Bladenopoulou, & N. Karapetsas. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Proc. 4th Int. Strawberry Symp.* 1: 447-450.
2. Bjurman, B. 1974. Fertilizer experiments with nitrogen and boron in strawberries. *Swedish J. Agric. Res.* 4: 129-141.

بررسی اثر افزایش آهن و بُر محلول غذایی روی نیترات میوه نشان می‌دهد که افزایش آهن و بُر سبب افزایش نیترات میوه از ۵۸۰ به ۵۹۶ پی پی ام می‌شود (جدول ۴) که از نظر مصرف کننده افزایش نیترات میوه صفت نامطلوبی است. لذا توصیه می‌شود که از سطح اول آهن و بُر برای پرورش توت فرنگی استفاده شود. همچنین میانگین مقدار پتاسیم، کلسیم و منیزیم میوه‌ها در این سطح برابر ۲/۲۴، ۰/۲۵ و ۰/۱۶ است که با گزارشات کارپ و استراست (۲۰۰۲) و اژدن و ایانگلو (۲۰۰۲) مطابقت دارد.

از طرف دیگر افزایش آهن و بُر محلول غذایی سبب کاهش نیترات و فسفر برگها شد. مقدار نیترات برگ عامل مهمی در تعیین وضعیت تغذیه نیتروژنی توت فرنگی است و کاهش آن شاخص منفی در تغذیه نیتروژنی آن به شمار می‌رود. به همین دلیل افزایش آهن و بُر محلول غذایی که سبب کاهش نیترات برگ می‌شود مطلوب نبوده و سطح اول آهن و بُر برای پرورش توت فرنگی توصیه می‌شود. مقدار نیترات برگهای توت فرنگی در سطح اول آهن و بُر حدود ۱۵۲۰ پی پی ام است که با یافته‌های دارنل و استوت (۲۰۰۱) مطابقت دارد.

افزایش سطوح آهن و بُر سبب کاهش کلسیم و منیزیم آهن برگها شد. مقدار متوسط این سه عنصر در برگهای توت فرنگی در این آزمایش بترتیب ۱/۷ و ۰/۳۶ درصد و ۱۵۳ پی پی ام است. مقایسه این مقادیر با محدوده توصیه شده توسط آلمالیوتیس و همکاران (۲۰۰۲)، بولد (۱۹۶۴)، دوگارد (۲۰۰۱)، المر و و لاموندا (۱۹۹۵) و اژدن و ایانگلو (۲۰۰۲) نشان می‌دهد که مقدار این عناصر در برگهای گیاهان این آزمایش در سطوح پائین این محدوده قرار دارد، به همین دلیل توصیه می‌شود از افزایش آهن و بُر در محلولهای غذایی که سبب کاهش کلسیم، منیزیم و آهن برگها می‌شود اجتناب شود.

افزایش ۵۰ درصدی غلظت بُر در برگهای توت فرنگی رقم سلوا به دلیل افزایش بُر محلولهای غذایی هیچگونه کاهش

3. Blatt, B. 1982. Effects of two boron sources each applied at three rates to the strawberry cv. Midway on soil and leaf boron levels and fruit yields. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 13(1): 39-47.
4. Bould, C. 1964. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. v. Sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry. *J. Sci. Food Agric.* 15: 474-487.
5. Brown, P. H., N. Bellaloui, M. A. Wimmer, E. S. Bassil, J. Ruiz, H. Hu, H. Pfeffer, F. Dannel, & V. Romheld. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biol.* 4: 205-223.
6. Carlson, R. M., R. I. Cabrera, J. L. Paul, J. Quick, & R. Y. Evans. 1990. Rapid direct determination of ammonium and nitrate in soil and plant tissue extracts. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 21: 1519-1529.
7. Darnell, R. L. & G. W. Stutte. 2001. Nitrate concentration effects on NO<sub>3</sub>-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 125: 560-563.
8. Daugaard, J. 2001. Nutritional status of strawberry cultivars in organic production. *J. Plant Nutrition* 24: 1337-1346.
9. Dumas, J. B. 1981. Sur les procédés de l'analyse organique. *Annal. De Chimie* XLVII: 195-213.
10. Elmer, W. H. & J. A. LaMondia. 1995. The influence of mineral nutrition on strawberry black root rot. *Advances in Strawberry Research* 14: 42-48.
11. F.A.O. 1990. Soilless culture for horticulture crop production, F.A.O. publications.
12. Ganmore-Neumann, R., U. Kafkafi. 1985. The effect of root temperature and nitrate/ammonium ratio on strawberry plants. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentration. *Agron. J.* 77: 835-840.
13. Haydon, G.F. 1981. Boron toxicity of strawberry. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 12(1): 1085-1091.
14. Johnson, C. M. & A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Pages 26-78. *Bulletin 766. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station.*
15. Karp, K, 2002. Influence of the age of plants and foliar fertilization on the yield of strawberry cultivar Jonsok under plastic mulch. *Proc. 4th Int. Strawberry Symp.* 1: 459-461.
16. Kosegarten, H., G. H. Wilson, & A. Esch. 1998. The effect of nitrate nutrition on iron chlorosis and leaf growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 8: 283-292.
17. Lieten, F. 1995. Boron nutrition of strawberries grown on peat bags. *Advances in Strawberry Research* 14: 36-41.
18. Lieten, P. 2002. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Proc. 4th Int. Strawberry Symp.* 1: 451-454.
19. May, G.M. & M.P. Pritts. 1993. Phosphorus, Zinc and Boron influence yield components in 'Earliglow' strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 43-49.
20. Meyer, G.A. & P.N. Keliher. 1992. An overview of analysis by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. p. 473-505. Pages 473-505 in A. M. a. D. W. Golightly, ed. *Inductively coupled plasmas in analytical atomic spectrometry.* VCH Publishers Inc., New York NY.
21. Neilson, B.V. & G.W. Eaton. 1983. Effects of boron nutrition upon strawberry yield components. *HortScience* 18: 932-934.
22. Ozden, A. & H. Ayanoglu. 2002. Nutritional status of strawberry plantings near Silifke in Turkey. *Proc. 4th Int. Strawberry Symp.* 1: 443-446.
23. Pollard, A.S., A. J. Par, & B. C. Loughman. 1977. Boron in relation to membrane function in higher plants. *J. Expt. Bot.* 28:831-841.
24. Riggs, D.J.M., T.L. Righetti, & L.W. Martin. 1987. The effect of boron application on boron partitioning in Tristar and Benton strawberries. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 18: 1453-1467.
25. Sah, R.N. & R.O. Miller 1992. Spontaneous reaction for acid dissolution of biological tissues in closed vessels. *Anal. Chem.* 64: 230-233.
26. SAS Institute Inc., 1990. SAS users guide. SAS/STAT, version 6. SAS Inst. Inc., Cary, N.C.
27. Stanisavljevic, M., J. Gavrilovic-Damjanovic, O. Mitrovic, V. Mitrovic. 2002. Dynamics and contents of minerals in some strawberry organs and tissues. *Acta Hort.* 439: 705-708.



28. Stewart, E.A. 1989. Chemical analysis of ecological materials. Blachwell Scientific Publication.
29. Switala, K. 1997. Determination of Ammonia by Flow Injection analysis. Lachat Instruments, Milwaukee, WI.
30. Wendt, K. 1999. Determination of Nitrate/Nitrite by Flow Injection Analysis (Low Flow Method). Lachat Instruments, Milwaukee, WI.
31. Yamauchi, T., T. Hara, & Y. Sonoda. 1986. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. *Plant Cell Physiology* 27(4): 729-732.