پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

اثرات کمبود عناصر غذایی اولیه بر رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیک نشاء گوجه فرنگی

آمنه حسینی[۱] و سهیل کریمی[۲*]

دانشجو[۱] و استادیار[۲] گروه علوم باغبانی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران.

[*]نویسنده مسئول: skarimi@ut.ac.ir

چکیده

به منظور شناخت نیازهای تغذیه‌ای نشاء گوجه فرنگی در دوران اولیه رشد، رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه به محلول هوگلند کامل، با محلول غذایی فاقد نیتروژن، فسفر و پتاسیم مقایسه شد. رشد نشاء تحت کمبود عناصر غذایی کاهش و سطح ویژه برگ افزایش یافت. ارتفاع گیاه در تیمار کمبود فسفر و پتاسیم کاهش یافت. وزن خشک ساقه و برگ در تیمارهای کمبود پتاسیم و نیتروژن کمتر از سایر تیمارها بود. کمبود فسفر سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک، طول و حجم ریشه شد. ولی در تیمار کمبود فسفر کاهش نسبت طول و وزن خشک شاخساره به ریشه، و سطح برگ مشاهده شد. محتوای آب نسبی گیاه کمبود پتاسیم به صورت معنی‌داری کاهش یافت. غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ گیاهان تحت کمبود فسفر و پتاسیم کمتر از سایر تیمارها بود. نتایج نشان داد که در مراحل اولیه رشد، نیاز نشاء گوجه فرنگی به فسفر و پتاسیم بیشتر از نیتروژن است.

واژه‌های کلیدی: رنگیزه‌های برگ، سطح ویژه برگ، محتوای آب گیاه، وزن خشک، *Solanum lycopersicum*

مقدمه

گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، از مهم‌ترین منابع تامین ویتامین ث، پتاسیم، فولیک اسید و کاروتنوئیدهایی مانند لیکوپن در رژیم غذایی می‌باشد(Perveen *et al*., 2015). سطح زیر کشت زیاد و ارزش غذایی بالا، این محصول را به یکی از مهمترین محصولات باغبانی کشور تبدیل کرده است که به مصارف تازه خوری و صنعتی می‌رسد. کشت گوجه فرنگی در مزرعه یا گلخانه عمدتا به صورت نشاءکاری انجام می‌شود. استفاده از نشاء سبب افزایش دوره تولید، بهبود استقرار گیاه در مزرعه، کاهش هزینه‌های مربوط به کاشت و مراقبت‌های لازم از بذر شده و در مجموع بهره‌وری تولید را افزایش می‌دهد. تغذیه مناسب در مراحل ابتدایی رشد، افزون بر افزایش کیفیت نشاء و کاهش دوره رشد نشاء جوان در خزانه، به بهبود رشد گیاه و تولید محصول در مزرعه نیز کمک می‌کند. غالبا در این مرحله کشاورز بایستی به منظور کمک به توسعه سریع گیاه، به تغذیه عناصر پر مصرف اولیه شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم توجه بیشتری داشته باشد. هر کدام از این عناصر باعث ایجاد عملکردهایی در گیاهان می گردند (Uchida, 2000) . نیتروژن برای بیوسنتز اسیدهای آمینه و در نتیجه آنزیم‌ها مورد نیاز است. از این رو، نیتروژن برای تمام واکنش‌های آنزیمی و همچنین ساخت دستگاه فتوسنتز ضروری است. اثرات کمبود این عنصر به صورت کاهش رشد، کلروز برگ‌ها، کاهش پروتئین دانه‌ها، کاهش گلدهی و بلوغ زودرس در بعضی از محصولات زراعی دیده می‌شود (Uchida, 2000, Marschner, 2011). فسفر نقش بسیار مهمی را در ذخیره و انتقال انرژی دارد (Andersson *et al*., 2003, Gaude *et al*., 2008) و بخشی از ساختمان ترکیبات ژنتیکی گیاه را تشکیل می دهد (Suzuki *et al*., 2001). از این رو، وجود فسفر در مقادیر زیاد در نقاط رشد که متابولیسم و تقسیم سلولی زیادی دارند، ضروری است. افزون بر این، فسفر در توسعه ریشه، آغازش گل‌ها و نمو بذر و میوه و کاهش شیوع بیماری در برخی گیاهان و بهبود کیفیت محصولات زراعی اهمیت دارد. کمبود فسفر خود را به شکل رشد ضعیف و کند، کاهش محتوای نسبی آب برگ به علت عدم کنترل تعرق (Atkinson and Davison, 1973)، تغییر رنگ برگ‌ها و ساقه به بنفش و تاخیر در بلوغ و عدم نمو بذر و میوه‌ها نشان می‌دهد(Uchida, 2000). پتاسیم نیز به عنوان یک فعال کننده آنزیمی شناخته می‌شود.

پتاسیم در تنظیم استفاده گیاه از آب با تاثیر بر سلول‌های نگهبان روزنه نقش دارد. وجود پتاسیم باعث تنظیم اسمزی و حفظ محتوای نسبی آب در گیاه می‌شود (Marschner, 2011). در فتوسنتز، پتاسیم در ایجاد توازن بارهای الکتریکی در ناحیه تولید ATP نقش دارد. افزون بر این، پتاسیم انتقال قندها برای رشد گیاه یا ذخیره در میوه‌ها و ریشه را تنظیم می‌کند. پتاسیم همچنین در بهبود مقاومت به بیماری‌ها، بهبود سایز دانه‌ها و بذور و بهبود کیفیت میوه‌ها و سبزیجات نقش دارد، کمبود آن باعث کلروز در لبه برگ‌ها، کاهش رشد، عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Uchida, 2000).

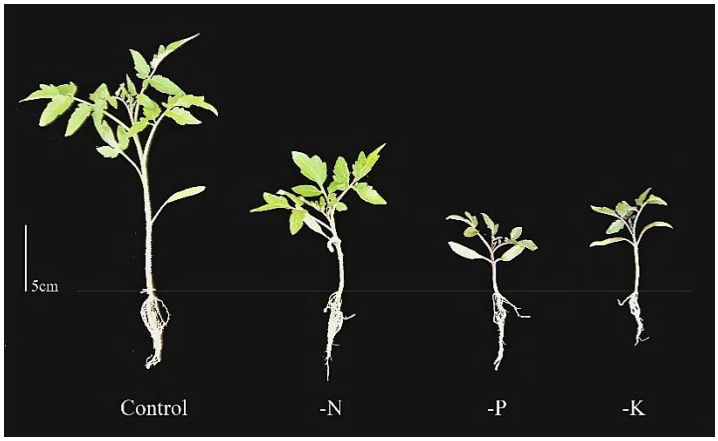
با توجه به اینکه دوره تولید نشاء سبزیجاتی مثل گوجه فرنگی کوتاه است، کشاورز بایستی در این دوره کوتاه در تغذیه بهینه عناصر اولیه توجه و دقت بیشتری معطوف دارد. زیرا دوره رشد و پرورش کوتاه، فرصت جبران اشتباه در تغذیه گیاه را محدود می‌کند و ضرر اقتصادی جبران ناپذیری در پی خواهد داشت. از این رو، پژوهش حاضر به منظور شناخت نیازهای تغذیه ای گیاهان جوان گوجه فرنگی و همچنین معرفی اثرات کمبود عناصر اولیه بر آن ها انجام شد. این اوامر افزون بر کمک به کشاورز در تشخیص سریع علائم کمبود در گیاه، نیازهای تغذیه‌ای اصلی گیاه را در این دوره مشخص نموده و به جلوگیری از مصرف بی رویه کود و کاهش هزینه‌های تولید کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، بذر گوجه فرنگی در بستر ماسه شسته شده و پرلیت (نسبت حجمی ۱:۱) کشت شد و در محیط گلخانه پرورش داده شدند. گیاهان تا مرحله دو برگی فقط آبیاری شدند و سپس جهت ارزیابی اثرات تنش کمبود عناصر غذایی، گیاهان یکنواخت انتخاب شدند و در چهار تیمار قرار گرفتند: ۱) محلول هوگلند کامل (تیمار شاهد)، ۲) محلول هوگلند فاقد نیتروژن (N-)، ۳) محلول هوگلند فاقد فسفر (P-)، و ۴) محلول هوگلند فاقد پتاسیم (K-). ۲۱ روز پس از اعمال تیمارها، شاخص‌های رشد شاخساره و ریشه (طول ساقه، قطر ساقه، طول ریشه، حجم ریشه، تعداد برگ، تعداد برگچه، سطح برگچه، و سطح برگ کل گیاه)، بیومس گیاه (وزن خشک اندام‌های مختلف)، سطح ویژه برگ (Karimi *et al*., 2012)، رنگ برگ‌ها (با استفاده از SPAD 502)، محتوای آب نسبی گیاه (Karimi *et al*., 2017)، و غلظت کلروفیل در برگ (Karimi *et al*., 2012) اندازه گیری شدند. این آزمایش به صورت طرح کاملا تصادفی و با چهار تیمار و چهار تکرار انجام شد. آنالیز میانگین به کمک آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

کمبود عناصر غذایی افزون بر محدود کردن رشد سبب تغییر مورفولوژی و آناتومی گیاه نیز می‌شود (Marschner, 2011). در پژوهش حاضر به صورت مشخص، کمبود نیتروژن، و به ویژه کمبود پتاسیم و فسفر رشد نشاء گوجه فرنگی را به صورت چشمگیری کاهش داد (شکل ۱).



شکل ۱- اثرات کمبود عناصر غذایی اولیه بر رشد نشاء گوجه فرنگی.

وزن خشک ساقه و برگ در تیمارهای شاهد و کمبود فسفر به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار کمبود فسفر مشاهده شد و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ارتفاع گیاه در تیمار شاهد و کمبود نیتروژن به صورت معنی‌داری بیشتر از تیمارهای کمبود فسفر و پتاسیم بود (جدول ۱) ولی قطر ساقه تحت تاثیر کمبود عناصر قرار نگرفت (داده‌ها نشان داده نشده است). نتایج نشان داد که اولین نشانه مشخص کمبود هر سه عنصر در مراحل آغازین رشد، محدود شدن رشد تاج است. همچنین تفاوتی که بین میزان رشد در شرایط کمبود رخ داد نشان داد که نیاز گیاه به هر یک از این عناصر در این مرحله متفاوت است. بر این اساس، میزان نیاز گیاه به فسفر و پتاسیم برای گسترش تاج در مراحل آغازین رشد بیشتر از نیتروژن است.

جدول ۱- اثرات تنش کمبود عناصر غذایی اولیه بر رشد نشاء گوجه فرنگی

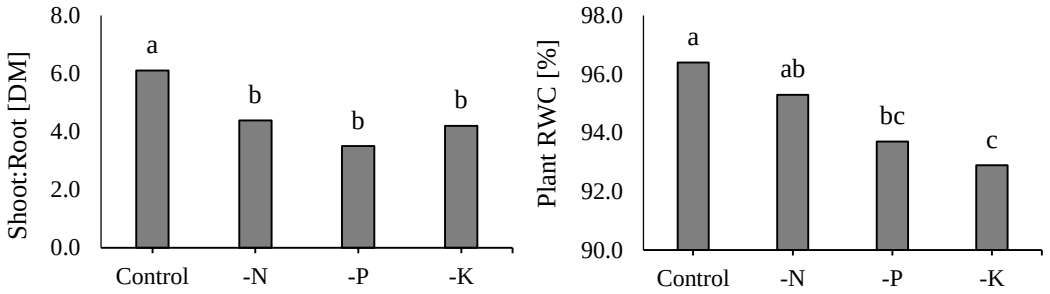
Treatment	Dry mass [mg]				Plant height [cm]	Root length [cm]	Root vol. [cm^3]	Shoot:Root [length]
	Leaf	Root	Stem	Total				
Control	68.2^{a}	15.3^{b}	26.0^{a}	59.8^{a}	7.03^{a}	5.90^{c}	0.667^{b}	1.19^{a}
-N	37.9^{b}	12.9^{b}	17.5^{b}	40.0^{b}	6.20^{ab}	6.38^{b}	0.733^{b}	0.97^{ab}
-P	63.1^{a}	25.7^{a}	26.9^{a}	67.4^{a}	5.50^{b}	8.83^{a}	1.667^{a}	0.62^{c}
-K	37.8^{b}	14.3^{b}	22.6^{ab}	48.2^{b}	5.60^{b}	6.50^{b}	0.833^{b}	0.86^{b}
ANOVA	*	**	*	*	*	*	**	*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. میانگین‌های مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

از طرف دیگر، کمبود عناصر سبب تغییر در آناتومی گیاه نیز شد. طول ریشه در تیمارهای کمبود عناصر غذایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و بیشترین میزان آن در تیمار کمبود فسفر مشاهده شد. افزون بر این، در تیمار کمبود فسفر حجم ریشه نیز به صورت معنی‌داری افزایش یافت و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱). کاهش معنی‌دار نسبت طول شاخساره به ریشه (جدول ۱) و نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه (شکل ۲) در تیمار کمبود فسفر نیز رشد بیشتر ریشه نسبت به شاخساره را در این تیمار تایید کرد. پیش از این نیز افزایش رشد ریشه در شرایط کمبود عناصر غذایی پرمصرف نیز گزارش شده بود (Robinson, 1994, Forde and Lorenzo, 2002). احتمالا این اثر به عنوان یک سازگاری اکولوژیک است که سبب گسترش ریشه‌ها شده و امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی در گستره وسیعی از خاک را فراهم می‌نماید (Lambers and Poorter, 1992).

بیشترین محتوای آب نسبی گیاه در تیمار شاهد مشاهده شد و در تیمارهای کمبود فسفر و پتاسیم به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. در مجموع، کمترین محتوای آب نسبی گیاه در شرایط کمبود پتاسیم مشاهده شد (شکل ۲). با توجه به اینکه آب به عنوان یکی از عوامل اولیه مورد نیاز برای رشد سلولی مطرح است (Karimi *et al*., 2017)، کاهش سطح برگ و رشد طولی ریشه و ساقه می‌تواند به عنوان یکی از اثرات جانبی کاهش محتوای آب نسبی گیاه در شرایط کمبود فسفر و پتاسیم مطرح باشد. کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها در شرایط تنش کمبود فسفر از عوامل اصلی کاهش توسعه سلول‌ها معرفی شده است (Marschner, 2011). کاهش جذب آب در شرایط تنش کمبود پتاسیم به دلیل اختلال در فرآیند تنظیم اسمزی و در نتیجه کاهش جذب و قابلیت نگهداری آب به دلیل اختلال در عملکرد روزنه‌ها رخ می‌دهد (Uchida, 2000).

در این راستا هرچند که تشکیل تعداد برگ تحت تاثیر کمبود عناصر غذایی قرار نگرفت، ولی گیاهان تیمار شاهد تعداد برگچه بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند و کمترین تعداد برگچه در تیمار کمبود فسفر مشاهده شد. از طرف دیگر، میانگین سطح برگچه در تیمار کمبود پتاسیم به صورت معنی داری نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. به این ترتیب در مجموع در تیمارهای کمبود فسفر و پتاسیم، سطح برگ کل گیاه به صورت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت (جدول ۲).



شکل ۲- اثرات تنش کمبود عناصر غذایی اولیه بر محتوای آب نسبی و نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه نشاء گوجه فرنگی.
میانگین‌های مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

در شرایط کمبود نیتروژن، سطح ویژه برگ به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت و در تیمار کمبود فسفر و پتاسیم به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. افزایش سطح ویژه برگ در تیمار کمبود نیتروژن، حاکی از کاهش ضخامت برگ بود (Karimi *et al*., 2012). در حالی که افزایش سطح ویژه برگ در تیمار فسفر و پتاسیم نشان دهنده تراکم سلول‌های مزوفیل در واحد سطح برگ است (Marschner, 2011). این پدیده به دلیل محدودیت توسعه سلول و برگ رخ می‌دهد و سبب افزایش غلظت کلروفیل در برگ و تیره شدن برگ‌ها می‌شود (Rodríguez *et al*., 1998). تشدید رنگ سبز برگ در این تیمارها به وضوح افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ‌ها را تایید می‌نماید (جدول ۳). این قضیه نشان می‌دهد در شرایط کمبود فسفر و پتاسیم، رشد و توسعه سلول‌ها بیشتر از بیوسنتز کلروفیل تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Rodríguez *et al*., 1998). افزون بر این، بخشی از این اثر می‌تواند به علت کاهش محتوای آب گیاه باشد (شکل ۱) که سبب تغلیظ کلروفیل در واحد سطح برگ می‌شود.

جدول ۲- اثرات تنش کمبود عناصر غذایی اولیه بر شاخص‌های رشد برگ نشاء گوجه فرنگی.

Treatment	Leaf no.	Leaflet no.	Leaflet area [cm^2]	Leaf area [cm^2]	SLA [$cm^2\ m^{-2}$]
Control	4.0	16.0^{a}	6.1^{a}	97.6^{a}	0.0267^{b}
-N	3.3	13.0^{ab}	5.5^{a}	71.5^{ab}	0.0324^{a}
-P	4.0	11.0^{b}	5.5^{a}	60.5^{b}	0.0214^{c}
-K	3.2	12.3^{ab}	3.5^{b}	43.5^{c}	0.0248^{bc}
ANOVA	ns	*	*	**	**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns فاقد اثر معنی‌دار. میانگین‌های مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

هرچند که کمبود فسفر و پتاسیم سبب ایجاد برگ‌هایی با رنگ سبز تیره شد، مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در واحد وزن برگ این گیاهان کمتر از سایر تیمارها بود (جدول ۳). عدم تغییر نسبت کلروفیل a به b و نسبت غلظت کلروفیل به کاروتنوئیدها در تیمارهای مختلف (جدول ۳) نشان داد که کاهش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی به دلیل کاهش ساخته شدن کلروپلاست‌ها و یا رنگیزه‌های فتوسنتزی درون کلروپلاست برگ است (Uchida, 2000). کاهش کلروفیل در شرایط تنش عناصر غذایی اولیه می‌تواند به دلیل نقش نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بیوسنتز پروتئین‌ها رخ دهد (Marschner, 2011). بخش اعظم پروتئین‌های برگ در کلروپلاست‌ها حضور دارند که با تشکیل کمپلکس با کلروفیل سبب حمایت از ساختار و عملکرد آن می‌شوند. به هر صورت، کاهش محتوای کلروفیل در برگ سبب کاهش کارایی فتوسنتز گیاه شده و در محدود کردن رشد موثر است. در گیاهان تحت تنش کمبود فسفر و پتاسیم کاهش معنی‌داری در سرعت فتوسنتز خالص مشاهده نمودند . در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که کمبود عناصر اولیه در مراحل اولیه رشد نشاء گوجه فرنگی به صورت معنی‌داری سبب کاهش گسترش تاج گیاه می‌شود. نیاز نشاء گوجه فرنگی به پتاسیم و فسفر در این زمان بیشتر از نیتروژن است و از این نظر بایستی به تامین این عناصر توجه بیشتری شود. هرچند کمبود نیتروژن در این زمان سبب ایجاد برگ هایی با رنگ روشن شد ولی تفاوت معنی داری با شاهد مشاهده نشد. از این نظر تشخیص کمبود این عنصر تا حدودی سخت تر از دیگر عناصر اولیه است. از طرفی تنش کمبود پتاسیم و فسفر تشدید رنگ سبز در تاج گیاه شد که این مهم ناشی از جلوگیری از رشد و توسعه برگ و تراکم کلروفیل در واحد سطح برگ بود. هر چند که ارزیابی غلظت کلروفیل در واحد وزن برگ نشان داد که در شرایط تنش عناصر غذایی اولیه، غلظت کلروفیل در برگ گیاه کاهش یافت.

جدول ۳- اثرات تنش کمبود عناصر غذایی اولیه بر رنگ برگ و غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برگ نشاء گوجه فرنگی.

Treatment	Leaf color [SPAD]	Chls [$\mu g\ g^{-1}$ FM]	C*a*:C*b*	Crts [$\mu g\ g^{-1}$ FM]	Chls:Crts
Control	40.5^{b}	1.428^{a}	3.00	0.263^{a}	5.46
-N	39.1^{b}	1.407^{a}	3.09	0.239^{a}	5.88
-P	45.7^{a}	1.084^{ab}	2.87	0.206^{ab}	5.22
-K	45.3^{a}	0.926^{b}	2.97	0.168^{b}	5.46
ANOVA	**	*	ns	*	ns

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns فاقد اثر معنی‌دار. میانگین‌های مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

منابع

Atkinson D. and Davison A. (1973). The effects of phosphorus deficiency on water content and response to drought. New Phytologist, 72(2): 307-313.

Forde B. and Lorenzo H. (2002). The nutritional control of root development. In Interactions in the Root Environment: An Integrated Approach, Springer, 51-68.

Karimi S., Eshghi S., Karimi S. and Hasan-Nezhadian S. 2017. Inducing salt tolerance in sweet corn by magnetic priming. Acta Agriculturae Slovenica, 109(1): 89-102.

Karimi S., Hojati S., Eshghi S., Nazari-Moghadam R. and Jandoust S. 2012. Magnetic field treatment improves fig 'Sabz' explants tolerance to in vitro induced drought stress. Scientia Horticulturae, 137: 95-100.

Marschner H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.

Perveen R., Suleria, H. A. R., Anjum F. M., Butt M. S., Pasha I. and Ahmad S. 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum*) Carotenoids and Lycopenes Chemistry; Metabolism, Absorption, Nutrition, and Allied Health Claims-A Comprehensive Review. Critical reviews in food science and nutrition, 55(7): 919-929.

Robinson D. 1994. The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. New Phytologist, 127(4): 635-674.

Rodríguez D., Keltjens W. and Goudriaan J. 1998. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. Plant and Soil, 200(2): 227-240.

Suzuki Y., Makino A. and Mae T. 2001. An efficient method for extraction of RNA from rice leaves at different ages using benzyl chloride. Journal of Experimental Botany, 52(360): 1575-1579.

Uchida R. 2000. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. Plant nutrient management in Hawaii's soils, 31-55.

Effects of the Primary Nutrients' Deficiency on Growth and Physiological Responses of Tomato Transplants

A. Hosseini[1] and S. Karimi[2]*

Student[1] and Assistant Professor[2] of the Department of Horticultural Science, College of Aburaihan, University of Tehran. * Corresponding author: skarimi@ut.ac.ir

Abstract

To understand nutritional requirements of tomato transplants during early growth stage, growth and physiological responses the plant to complete Hoagland's nutrient solution, and nitrogen, phosphorus, and potassium nutrient solutions were compared. Deficiency of the primary nutrients significantly retarded the plant growth and caused a significant increase in specific leaf area. Plant height reduced under phosphorus and potassium deficiency stresses. Dry weight of stem and leaves of nitrogen and potassium deficient plants was lower than the other treatments. Phosphorus deficiency significantly increased dry weight, length and volume of the plant root. However, the shoot:root ratio (dry mass and length basis) and plant leaf area decreased under phosphorus deficiency. Plant relative water content was significantly declined by potassium deficiency. Concentrations of chlorophylls and carotenoids in the leaves of phosphorous and potassium deficient plants were significantly lower than the other treatments. The results revealed that during the early growth stage, tomato transplant requires higher rates of potassium and phosphorus than nitrogen.

Keywords: Dry mass, leaf pigments, plant relative water content, *Solanum lycopersicum*, specific leaf area.