

اثر نسبت‌های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط آبکشتی

لیلا سیدلر فاطمی، سیدجلال طباطبائی و علی تهرانی‌فر^{۱*}

چکیده

نیترژن به دو شکل نیترات و آمونیوم توسط گیاه جذب می‌شود که جذب هر کدام اثرات مختلفی بر رشد گیاه و اجزاء عملکرد کیفی و کمی دارد. برای بررسی اثرات شکل‌های مختلف نیترژن، آزمایشی با نسبت‌های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵) در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۶ تکرار بر روی دو رقم توت‌فرنگی به نامهای کاماروزا و سلوا، در شرایط آبکشت انجام گرفت. بسترهای کشت شامل پرلایت و ورمیکولایت به نسبت ۱:۱ بود. خصوصیات رشد و نموی گیاه از قبیل وزن تر برگ و سطح برگ در طول آزمایش اندازه‌گیری شد. شاخصهای عملکرد نیز که شامل تعداد میوه و وزن آنها بود، به مدت سه ماه ثبت گردید. میوه بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت و آزمونهای کیفی شامل اندازه، مقدار مواد جامد محلول (TSS)، درصد ماده خشک و طول عمر بعد از برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارها بر رشد گیاه از لحاظ وزن‌تر برگ و سطح برگ به خصوص در رقم کاماروزا معنی‌دار بود و حداکثر سطح برگ و وزن‌تر در تیمار ۲۵:۷۵ مشاهده شد. تأثیر تیمارها بر عملکرد نیز معنی‌دار بود. افزایش مقدار آمونیوم از ۲۵ به ۷۵ درصد در محلول غذایی، عملکرد را در رقم کاماروزا ۳۳٪ و در رقم سلوا ۸۰٪ کاهش داد. بالا بودن سطح برگ و فتوسنتز در تیمار ۲۵:۷۵ می‌تواند دلیل اصلی افزایش عملکرد باشد. تعداد گل و میوه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت، ولی تیمارها بطور معنی‌داری اندازه میوه‌ها را تغییر دادند. بطوریکه درشت‌ترین میوه‌ها در هر دو رقم در تیمار ۲۵:۷۵ و کوچکترین در تیمار ۰:۱۰۰ مشاهده شد. عمده‌ترین تأثیر نسبت آمونیوم به نیترات بر روی خصوصیات کیفی در طول عمر بعد از برداشت میوه‌ها بود. به طوری که هرچه نسبت آمونیوم در محلول غذایی افزایش یافت، طول عمر بعد از برداشت به شدت کاهش یافت. از نتایج این آزمایش چنین استنباط می‌شود که نسبت ۲۵:۷۵ ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) تأثیر مثبتی بر رشد و نمو دارد و استفاده از منبع نیترات یا آمونیوم به تنهایی در محلول غذایی برای توت‌فرنگی توصیه نمی‌گردد.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، عملکرد، کیفیت، آبکشت (هایدروپونیک)، نسبت $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$

مقدمه

نیترات و آمونیوم منابع عمده نیترژن معدنی هستند که به وسیله ریشه گیاهان عالی جذب می‌شوند. بخش زیادی از آمونیوم در ریشه‌ها باید به ترکیبات آلی تبدیل شود، در حالی که نیترات در درون آوندهای چوبی متحرک است و می‌تواند در درون واکوئل سلول‌های ریشه، ساقه‌واندام‌های ذخیره‌ای نگهداری شود.

توت‌فرنگی گیاهی پایا، ریشه‌ار و علفی است که به طور طبیعی کم چربی و کم کالری است و چون منبع مناسبی از پتاسیم و آنتی‌اکسیدانها، خصوصاً ویتامین ث است، امروزه گرایش زیادی به کشت و پرورش این گیاه به‌جود آمده‌است (Sharma and Yamdagni, 2000). نیترژن به عنوان یکی از عناصر غذایی مهم در تغذیه این گیاه به‌شمار می‌آید.

۱- برتیب دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی دانشگاه تبریز، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، استادیار دانشکده

کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

* وصول: ۸۳/۱۱/۲۱ و تصویب: ۸۴/۱۰/۲۲

اثر نسبت‌های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط آبکشتی / ۴۴

(Levis and Camber, 1993). زمانی که ۷۵ درصد یا بیشتر از کل مقدار نیتروژن شامل نیترات باشد جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم افزایش می‌یابد، در حالیکه حضور آمونیوم کاهش جذب این سه کاتیون را به همراه دارد. میزان جذب کلسیم همیشه وابسته به یون‌های متقابل در محیط است (Katsiras *et al.*, 2002). در حضور نیترات جذب کلسیم همیشه افزایش می‌یابد (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). یکی از نتایج مسمومیت آمونیومی کمبود کلسیم است که ارتباط تنگاتنگی با کیفیت میوه دارد. کمبود کلسیم، مرگ و پوسیدگی شکوفه، گل و فروریختگی فیزیولوژیکی بافت میوه را به همراه دارد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۲). بنابراین مقدار نسبی آمونیوم یا نیترات موجود در اطراف ریشه و جذب آنها اثرات مختلفی بر گیاه داشته و تعیین نسبت مناسب آنها نیازمند بررسی می‌باشد. در رابطه با این موضوع و در گیاه توت‌فرنگی نه تنها در ایران، بلکه در منابع خارجی نیز اطلاعات زیادی وجود ندارد و هدف از این آزمایش مطالعه تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات بر خصوصیات فیزیولوژیکی و آگرونومیکی گیاه توت‌فرنگی در شرایط آبکشت می‌باشد.

مواد و روشها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در گلخانه هایدروپونیک انجام شد. نشاءهای آماده دو رقم توت‌فرنگی به نام های کاماروزا و سلوا^۱ که قبلاً نیاز سرمایی آنها تأمین شده بود در اوایل مرداد ماه سال ۸۳ به بستر کاشت، شامل مخلوطی از پرلایت و ورمیکولایت به نسبت ۱:۱ انتقال یافتند. بسترهای کاشت از جنس پلاستیک سفید، به شکل مکعب مستطیل به طول ۱۰۰ cm ، عرض ۲۰ cm و ارتفاع ۱۰ cm بود. در هر بستر ۴ گیاه (دو گیاه از هر رقم) به صورت تصادفی قرار گرفت. فاصله کاشت ۲۵×۵۰ cm و تراکم کاشت ۱۲ بوته در هر متر مربع بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار و ۶ تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار نسبت مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ به صورت (۵۰:۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰:۲۵:۷۵، ۲۵:۷۵:۵۰:۱۰۰) بود. غلظت نیتروژن کل (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایر عناصر برای همه تیمارها ثابت بود، ولی شکل نیتروژن و نسبت آنها اختلاف داشت و به عنوان متغیر یا تیمار در نظر گرفته شد. از نیترات کلسیم، نیترات پتاسیم و نیترات منیزیم به عنوان منبع نیترات و از

وجود نیترات برای تنظیم فشار اسمزی خصوصاً در گونه‌های نیترات دوست از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). نیترات برای شرکت در ساختمان مواد آلی مثل اسیدهای آمینه باید احیاء گردد، در حالی که آمونیوم بدون احیاء، به اسیدهای آمینه، آمیدها و ترکیبات مشابه تبدیل شده و برای مصرف بیشتر به شاخه‌ها جابه جا شده و منجر به رشد سریع‌تر می‌شود و به این طریق الگوی رشد و نمو گیاه و انباشت بعضی از مواد در میوه‌ها یا قسمت‌های دیگر گیاه با شکل‌های مختلف نیتروژن تغییر می‌کند (Mengel and Pilbeam, 1992). حساسیت گونه‌های مختلف نسبت به تغذیه آمونیومی یا نیتراتی متفاوت است (Barker and Mills, 1980). بیشتر گونه‌های گیاهی در ترکیبی از هر دو شکل نیتروژن بهترین رشد را دارند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). برخی از گیاهان نیز به تغذیه آمونیومی سازگار شده و آمونیوم دوست هستند (Errebhi and Wilcox, 1990). وجود غلظت بالای نیتروژن آمونیومی در خاک یا محلول غذایی ممکن است با کاهش pH منجر به سمیت آمونیومی شود (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). این اسیدی شدن محیط در جذب سایر موادمعدنی نیز تأثیر گذاشته و باعث کمبود برخی عناصر و بهم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌شود (Gerendas *et al.*, 1997). تغذیه آمونیومی ممکن است منجر به کاهش در میزان فتوستتزر خالص شود (Takacs and Tecs, 1992). اگرچه کاهش فتوستتزر و کاهش تبادلات گازی و تولید ماده خشک در هر گیاه ممکن است بر اثر کاهش سطح برگ گیاهان تغذیه شده با آمونیوم در مقایسه با نیترات باشد (Magalhaes and Wilcox, 1983)، ولی کاهش یا افزایش مقدار فتوستتزر بستگی به گونه و pH محلول غذایی دارد (Claussen and Lenz, 1995). عمومی‌ترین منبع نیتروژن برای کشت محصولات در سیستم آبکشت معمولاً نیترات است و اگر سایر مواد غذایی در غلظت‌های مناسب و کافی باشد، شکل نیترات رشد گیاه را بهبود داده و ترجیح داده می‌شود (Hartman *et al.*, 1986). اختلاف در نسبت آمونیوم به نیترات باعث تغییر در جذب سایر عناصر می‌شود (Sonneveld, 2002). پاسخ گیاه نسبت به تغذیه آمونیومی بر حسب گونه، دما، شدت نور، pH و غلظت مواد غذایی در محیط تغییر می‌کند. وجود غلظت بالای آمونیوم در محلول غذایی، غلظت پتاسیم و کلسیم را کاهش می‌دهد، ولی نیترات اثر عکس دارد (Barker and Maynard, 1971). تجمع‌زی توده، رطوبت و مقدار فتوستتزر خالص در حضور آمونیوم کاهش می‌یابد

1 -Camarosa

2 -Selva

۸/۰۲ تجزیه آماری و میانگین‌های حاصل با هم مقایسه شدند. گرافها نیز در برنامه Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

تأثیر نسبت‌های مختلف $NH_4^+NO_3^-$ بر خصوصیات رشد و نمو در جدول ۲، مشاهده می‌شود. وزن تر و خشک برگ‌ها در تیمار ۲۵:۷۵ در رقم کاماروزا بطور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بالا بود، ولی تعداد برگ‌ها در هیچ یک از دو رقم تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت.

سطح برگ گیاهان با افزایش درصد آمونیوم به ۲۵ درصد افزایش و از ۲۵ به ۷۵ درصد مجدداً کاهش یافت (نمودار ۱)، بطوریکه حداقل سطح برگ در تیمارهای ۰:۱۰۰ و ۷۵:۲۵ و حداکثر آن در تیمارهای ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ مشاهده شد. شاخص کلروفیل در هیچ یک از دو رقم تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. (نمودار ۲) شدت فتوسنتز با افزایش درصد آمونیوم در محلول غذایی از ۲۵ درصد به ۷۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت. حداکثر میزان فتوسنتز در هر دو رقم در تیمار ۰:۱۰۰ و ۲۵:۷۵ و حداقل آن در تیمار ۷۵:۲۵ مشاهده شد. بطور کلی می‌توان گفت در تیمارهایی که مقدار نیترات در محلول غذایی بالاتر بود میزان فتوسنتز بالاتری وجود داشت و شدت فتوسنتز با افزایش آمونیوم در محلول غذایی کاهش یافت (نمودار ۳).

این یافته توسط محققین دیگر نیز تایید شده است (Claussen and Lenz, 1995; Takacs and Tecs, 1992). تأثیر آمونیوم بر مقدار فتوسنتز از چندین بعد قابل تجزیه و تحلیل است، اول اینکه تجمع یونهای آمونیوم تأثیر سمی بر گیاه دارد و در بعضی از منابع به تأثیر بازدارندگی آمونیوم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اشاره شده است (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). از طرف دیگر ثابت شده است زمانیکه تنها منبع کود نیتروژن از نوع آمونیومی باشد مواد فتوسنتزی ساخته شده در قسمت‌های هوایی صرف ساختن اسیدهای آمینه با وزن مولکولی پایین می‌شود و تجمع این مواد حالت بازدارندگی بر فتوسنتز ایجاد می‌کند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). تأثیر تیمارها بر تعداد گل، تعداد میوه و درصد تشکیل میوه معنی‌دار نبود (جدول ۳)

تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد داشتند (نمودار ۴). حداکثر عملکرد در تیمار ۲۵:۷۵ (۹۰ گرم در بوته در رقم کاماروزا و ۹۸ گرم در رقم سلوا) بود. حذف کامل آمونیوم از محلول غذایی و یا افزایش آن به ۷۵ درصد، مقدار عملکرد گیاه را کاهش داد. اگرچه تعداد میوه که یکی از اجزاء عملکرد است تحت تأثیر تیمارها

سولفات آمونیوم به عنوان منبع آمونیوم استفاده شد. غلظت نیتروژن و سایر عناصر در جدول ۱ نشان داده شده است.

pH محلولها در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. مقدار EC و pH محلول‌ها نیز در طول رشد گیاه به طور مداوم کنترل گردید و برای ثابت نگه داشتن EC و pH محلولها، کاهش آب مخزن‌ها جایگزین شده و هر ۳۰ روز یکبار محلول جدیدی تهیه می‌شد. بعد از اعمال تیمار و در مرحله گلدهی مقدار فتوسنتز با استفاده از دستگاه $IRGA^1$ (Da, Germany Walz, Model, 1010) بین ساعات ۹:۰۰ الی ۱۴:۰۰ و با شدت نور ثابت در حدود $4 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ و غلظت CO_2 در حدود ۵۰۰ میلی مرحله گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل نیز در مرحله گلدهی با استفاده از دستگاه کلروفیل سنسور SPAD, (Minolta 550, Japan) در برگهای نسبتاً جوان ۱۲ بار در همه گیاهان اندازه‌گیری شد. تعداد گل‌ها نیز در طول دوره رشد ثبت و تعداد میوه در طول برداشت شمارش و در صد تشکیل میوه محاسبه شد. بعد از گذشت ۶ ماه از هر بستر کاشت و از هر دو رقم یک گیاه بطور تصادفی انتخاب و از قسمت طوقه بریده شد و تعداد برگ‌ها شمارش و سطح برگ نیز در دستگاه سطح برگ سنسور $odel Li-1300$, (USA) اندازه‌گیری شد. وزن تر برگها نیز بلافاصله با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شده و سپس در آون $80^\circ C$ به مدت ۳ روز قرار گرفت تا وزن خشک آنها نیز به دست آید. آزمونهای کیفی شامل اندازه میوه، وزن خشک میوه، اسیدیته، مواد جامد محلول (TSS) و pH آب میوه نیز انجام شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته، آب میوه با سود ۰/۱ نرمال و بر اساس اسیدسیتریک تیتره شد (Gould, 1992). مواد جامد محلول نیز با استفاده از رفراکتومتر دستی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH و EC مقدار یک گرم از میوه وزن شده و سپس با آب مقطر به نسبت ۱۰:۱ رقیق شد. برای اندازه‌گیری pH آب میوه از pH سنسور دیجیتالی و برای اندازه‌گیری EC آب میوه از EC متر استفاده شد (Goromy and Sharples, 1985). جهت بررسی تأثیر تیمارها بر طول عمر بعد از برداشت، میوه‌ها تحت شرایط مناسب نگهداری در دمای $1^\circ C$ و رطوبت ۷۰-۸۰ درصد در سردخانه قرار گرفت و دوره انباری آنها با توجه به خصوصیات کیفی تعیین شد. کلیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری فوق توسط برنامه کامپیوتری SAS، نسخه

اثر نسبت‌های مختلف $NH_4^+ : NO_3^-$ بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط آب‌کشتی / ۴۶

افزایش درصد آمونیوم در محلول غذایی بطور معنی‌داری طول عمر بعد از برداشت را کاهش داد (نمودار ۶) و شاید یکی از مهمترین یافته‌های این تحقیق کاهش طول عمر بعد از برداشت بر اثر افزایش مقدار آمونیوم در محیط ریشه باشد. این مسئله با توجه به تأثیر آمونیوم در ساخته شدن اسیدهای آمینه و مواد نگهدارنده از جمله لیگنین‌ها و یا هیدرو کربن‌های دیگر قابل توجه است (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).

قرار نگرفت، ولی علت افزایش عملکرد بر اثر افزایش وزن تک میوه‌ها بود (جدول ۳ و ۴) و بطوریکه مشخص است مقدار آن در تیمار ۲۵:۷۵ در هر دو رقم بطور معنی‌داری افزایش یافته است. تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نترات بر خصوصیات کیفی از جمله pH، EC و اسیدیته معنی‌دار نبود (جدول ۶). بیشترین درصد مواد جامد محلول نیز در رقم کاماروزا در تیمار ۲۵:۷۵ بود، ولی در رقم سلوا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (نمودار ۶).

جدول ۱- غلظت نیتروژن و سایر عناصر غذایی در محلول غذایی ($mg\ l^{-1}$)

$NH_4^+ : NO_3^-$								
۰:۱۰۰		۲۵:۷۵		۵۰:۵۰		۷۵:۲۵		
NH_4^+-N	$NO_3^- -N$	NH_4^+-N	$NO_3^- -N$	NH_4^+-N	$NO_3^- -N$	NH_4^+-N	$NO_3^- -N$	
۰	۲۰۰	۵۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۵۰	
غلظت سایر عناصر در محلول غذایی ($mg\ l^{-1}$)								
P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn
۶۰	۳۰۰	۱۷۰	۵۰	۳۳	۱/۵	۰/۱	۱۲	۲

دمای گلخانه در حدود $25^{\circ}C$ در روز و $10^{\circ}C$ در شب تنظیم شد. گیاهان با تیمارهای متفاوت محلول‌های غذایی به طور مستمر و به صورت چرخشی محلول دهی شدند (شکل ۱)

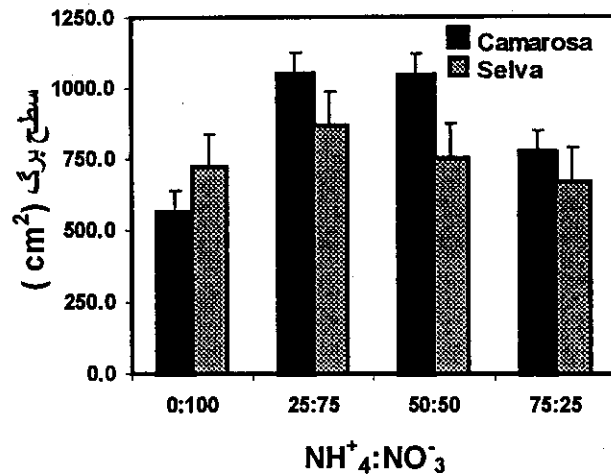


شکل ۱- نمایی از آزمایش و نحوه قرار گرفتن بلوکهای آزمایشی

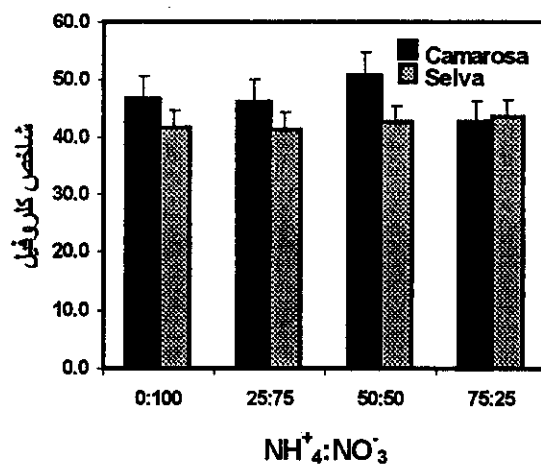
جدول ۲- اثر نسبت‌های مختلف $NH_4^+ : NO_3^-$ بر تعداد، وزن تر و خشک برگ (در بوته)

وزن خشک برگ (گرم)		وزن تر برگ (گرم)		تعداد برگ (در بوته)		تیمار
Camarsosa	Selva	Camarsosa	Selva	Camarsosa	Selva	$NH_4^+ : NO_3^-$
۴/۰۰ ^b	۳/۶۱	۱۵/۷۹ ^c	۱۵/۹۶	۱۴/۳۳	۱۵/۰۰	۰:۱۰۰
۷/۳۹ ^a	۵/۳۶	۳۰/۴۱ ^a	۲۳/۵۵	۱۹/۳۰	۱۷/۶۶	۲۵:۷۵
۶/۷۷ ^a	۵/۱۱	۲۷/۱۵ ^a	۲۲/۸۷	۱۶/۶۶	۱۶/۳۳	۵۰:۵۰
۵/۱۲ ^b	۳/۹۷	۲۱/۰۰ ^b	۱۹/۶۰	۱۵/۶۶	۱۳/۶۶	۷۵:۲۵
۱/۴۶	۵/۶۴	۱/۴۹	۱۵/۶۴	۶/۶۳	۷/۴۹	LSD
*	NS	*	NS	NS	NS	معنی داری

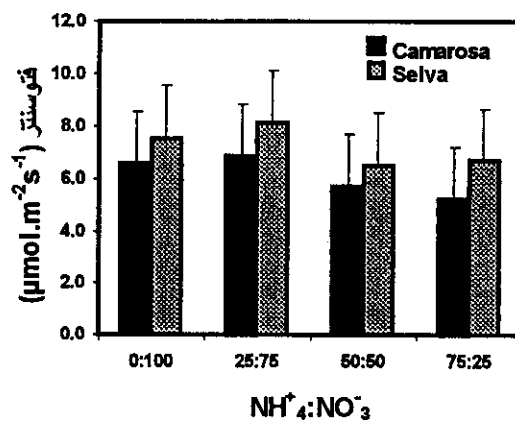
* معنی داری در سطح ۵٪ و NS غیر معنی داری



نمودار ۱- تأثیر نسبت‌های مختلف NH₄⁺:NO₃⁻ بر سطح برگ (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)



نمودار ۲- تأثیر نسبت‌های مختلف NH₄⁺:NO₃⁻ بر شاخص کلروفیل (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)

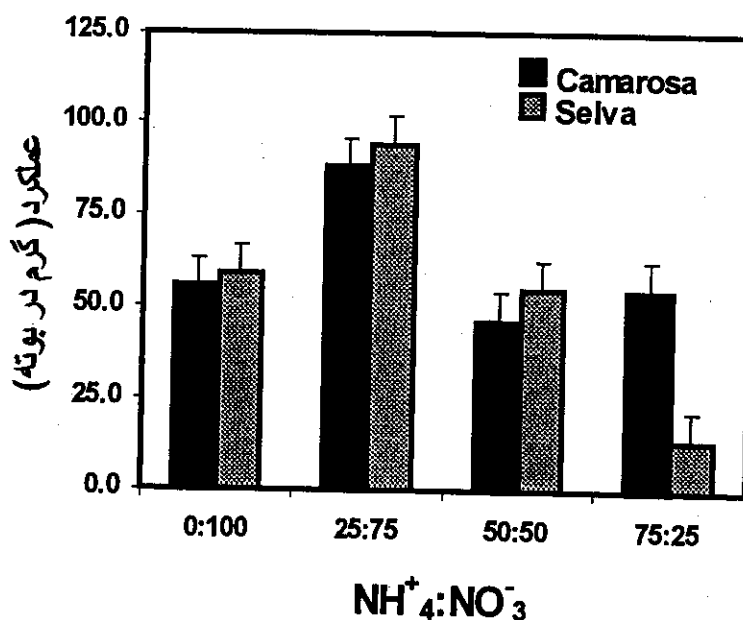


نمودار ۳- تأثیر نسبت‌های مختلف NH₄⁺:NO₃⁻ بر مقدار فتوسنتز خالص (Pn) (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)

جدول ۳- اثر نسبت‌های مختلف $NH_4^+ : NO_3^-$ بر تعداد گل، میوه و درصد تشکیل میوه

تعداد گل		تعداد میوه		تعداد تشکیل میوه (%)		تیمار
Camarosa	Selva	Camarosa	Selva	Camarosa	Selva	$NH_4^+ : NO_3^-$
۶/۰۰	۵/۳۰	۴/۳۳	۴/۰۰	۷۲/۱۶	۷۵/۳۷	۰:۱۰۰
۵/۶۶	۷/۰۰	۴/۰۰	۵/۳۳	۷۰/۶۷	۷۶/۱۳	۲۵:۷۵
۵/۶۶	۵/۶۶	۴/۰۰	۴/۳۳	۷۰/۶۷	۷۶/۵۰	۵۰:۵۰
۷/۰۰	۵/۶۶	۴/۳۳	۴/۶۶	۶۱/۸۵	۸۲/۳۳	۷۵:۲۵
۲/۹۵	۳/۹۳	۱/۸۵	۲/۳۹	۶۲/۷۵	۶۳/۳۰	LSD
NS	NS	NS	NS	NS	NS	معنی داری

NS غیر معنی داری



نمودار ۴- تأثیر نسبت‌های مختلف $NH_4^+ : NO_3^-$ بر عملکرد (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)

جدول ۴- اثر نسبت‌های مختلف $NH_4^+ : NO_3^-$ بر وزن تر، خشک و درصد ماده خشک تک میوه‌ها

وزن تر تک میوه (گرم)		وزن خشک تک میوه (گرم)		درصد ماده خشک تک میوه		تیمار
Camarosa	Selva	Camarosa	Selva	Camarosa	Selva	$NH_4^+ : NO_3^-$
۱۲/۶۰ ^b	۱۴/۳۳ ^b	۰/۹۸ ^b	۱/۰۸	۷/۷۸	۷/۵۰	۰:۱۰۰
۲۱/۹۳ ^a	۱۷/۷۱ ^a	۱/۶۳ ^a	۱/۳۰	۷/۵۲	۷/۳۳	۲۵:۷۵
۱۱/۳۵ ^b	۱۲/۵۹ ^b	۰/۷۶ ^b	۰/۹۵	۶/۶۸	۷/۶۱	۵۰:۵۰
۱۳/۰۶ ^b	۱۴/۶۹ ^b	۰/۹۵ ^b	۱/۰۱	۷/۳۸	۶/۰۶	۷۵:۲۵
۵/۸۳	۲/۸۲	۰/۲۹	۰/۳۳	۱/۱۷	۱/۷۵	LSD
*	*	*	NS	NS	NS	معنی داری

* معنی داری در سطح ۰.۰۵٪ و NS غیر معنی داری

جدول ۵- اثر نسبت های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر طول، عرض و نسبت طول به عرض میوه

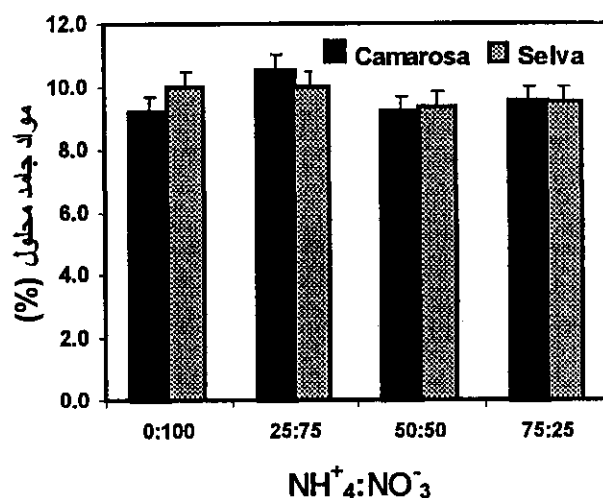
نسبت طول به عرض	عرض میوه (cm)		طول میوه (cm)		تیمار $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$
	Camarosa	Selva	Camarosa	Selva	
$1/75^a$	$1/70$	$2/66^b$	$2/76$	$4/66^b$	$4/70$
$1/66^b$	$1/52$	$3/26^a$	$2/26$	$5/33^a$	$4/96$
$1/41^b$	$1/68$	$2/73^b$	$2/83$	$2/83^c$	$4/76$
$1/79^a$	$1/52$	$2/60^b$	$3/03$	$4/66^b$	$4/83$
$1/02$	$1/70$	$0/46$	$0/49$	$0/92$	$0/79$
*	NS	*	NS	*	NS

* معنی داری در سطح ۰.۵٪ و NS غیر معنی داری

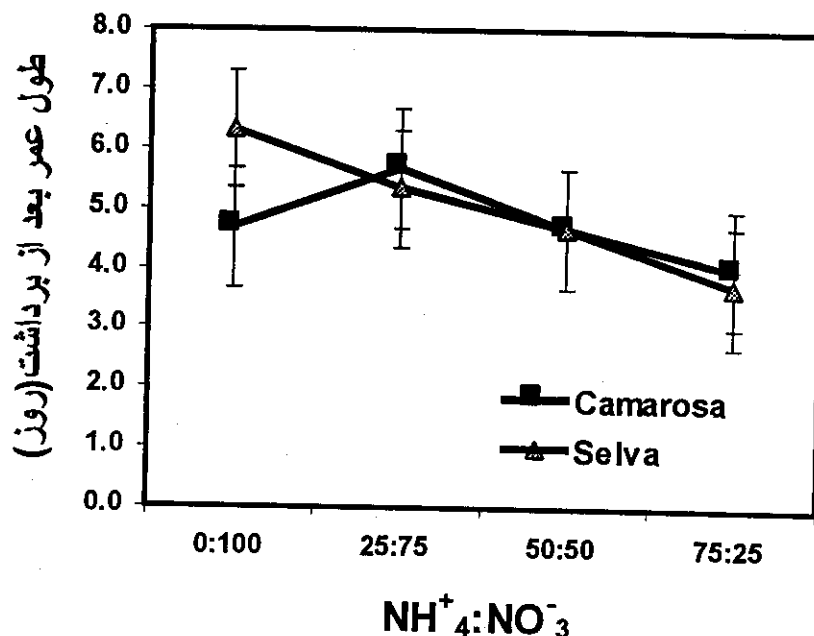
جدول ۶- اثر نسبت های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر مقدار pH، EC و اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه

pH آب میوه	EC آب میوه (μs)	اسیدیته قابل تیتراسیون (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)		تیمار $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$
		Camarosa	Selva	
$2/73$	$2/91$	$553/67$	$605/67$	$1250/07$
$4/05$	$2/98$	$620/67$	$623/00$	$1367/00$
$4/07$	$4/25$	$618/68$	$626/00$	$1068/30$
$2/23$	$2/06$	$626/00$	$618/32$	$1068/30$
$0/50$	$0/33$	$85/79$	$186/27$	$637/27$
NS	NS	NS	NS	NS

NS غیر معنی داری



نمودار ۵- تأثیر نسبت های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر درصد مواد جامد محلول (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می باشد)



نمودار ۶- تأثیر نسبت‌های مختلف $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ بر طول عمر بعد از برداشت (علامت بار در نمودارها نشانگر خطای استاندارد می‌باشد)

اسیدهای آلی و افزایش مواد قندی قابل حل باشد (Levis and Camber, 1993). استفاده از نیتروژن به صورت نترات مقدار فتوستتز خالص را نیز افزایش داد. وجود غلظت بالای آمونیوم در محیط باعث کاهش غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌شود و در این میان پتاسیم و منیزیم نقش مهمی در فتوستتز داشته و کاهش غلظت آنها باعث کاهش کارایی میتوکندری و کلروپلاست می‌شود (Kotsiras et al., 2002). بطور کلی افزایش شدت و مقدار فتوستتز بر اثر افزایش سطح برگ که محل اصلی فتوستتز است، نقش مهمی در افزایش رشد میوه در تیمار ۲۵:۷۵ داشته است و این یافته توسط محققین دیگر نیز اثبات شده است (Claussen and Lenz, 1995; Takacs and Tecs, 1992). تغذیه نیتراتی باعث افزایش سطح برگ شده و در نتیجه افزایش میزان فتوستتز و تولید مواد حاصل از فتوستتز را به همراه دارد (Magalhaes and Wilcox, 1983). در مجموع این بررسی نشان داد که کشت و پرورش توت فرنگی در ترکیبی از هر دو شکل نیتروژن به نسبت ۲۵:۷۵ ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) نتیجه بهتری به همراه دارد و همچنین پاسخ ارقام مختلف نسبت به تغذیه آمونیومی یا نیتراتی متفاوت است.

رایج‌ترین منبع نیتروژن برای کشت محصولات در سیستم آبهکشت معمولاً نترات می‌باشد و اگر سایر مواد غذایی در غلظت‌های مناسب و کافی باشد، شکل نترات رشد گیاه را بهبود می‌دهد و ترجیح داده می‌شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۲). یکی از مهمترین خصوصیات کیفی با توجه به طبیعت فساد پذیر میوه توت فرنگی طول عمر بعد از برداشت می‌باشد که با میزان جذب کلسیم ارتباط تنگاتنگ دارد. مقدار بالای غلظت نیتروژن آمونیومی در خاک یا محلول غذایی به دلیل اسیدی شدن محیط منجر به سمیت آمونیومی می‌شود و این اسیدی شدن محیط در جذب سایر مواد معدنی تأثیر گذاشته و باعث کمبود برخی عناصر غذایی می‌شود که کلسیم مهمترین آنهاست (Gerendas et al., 1997). کلسیم یک ترکیب مهم دیواره سلولی است که جذب آن در حضور نترات افزایش می‌یابد (Kotsiras et al., 2002). مقدار اسیدینه قابل تیتراسیون و مقدار مواد جامد محلول از دیگر خصوصیات کیفی می‌باشد که تأثیر عمده‌ای بر طعم دارد. در این آزمایش شکل‌های مختلف نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای در مقدار اسیدینه قابل تیتراسیون نداشت، اما استفاده از نیتروژن به صورت نترات باعث افزایش محتوای مواد جامد محلول شد. افزایش مقدار مواد جامد محلول می‌تواند بر اثر کاهش

پیشنهادات

می‌نماید. تحقیقات بعدی را می‌توان در مورد تأثیر شکل نیتروژن بر تجمع عناصر غذایی و طول عمر بعد از برداشت توصیه نمود.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس تیشه زن ریاست محترم ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان، به دلیل همکاری‌های بی دریغشان قدردانی می‌گردد. همچنین از زحمات آقایان مهندس آذرمی و مهندس پاشک به جهت همکاری در مراحل مختلف انجام این تحقیق تشکر و قدر دانی می‌شود.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که نبود آمونیوم و یا بر عکس درصد بالایی از آن در محلول غذایی برای رشد گیاه توت فرنگی مناسب نیست. بنابراین نسبت آمونیوم به نترات باید در حد ۲۵:۷۵ تنظیم شود. کاهش طول عمر بعد از برداشت که عامل مهمی در از بین رفتن و فساد محصول توت فرنگی در دوره بعد از برداشت می‌باشد، تحت تأثیر شکل نیتروژن در محلول غذایی قرار می‌گیرد و کاهش آمونیوم در محلول غذایی طول عمر بعد از برداشت را طولانی

فهرست منابع:

۱. خلد برین، بهمن و اسلام زاده، طاهره. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
۲. طباطبائی سیدجلال، مسیحا، سیروس و رضائی، محمد رسول. ۱۳۸۲. انکوباتور آموزشی تولید محصولات گلخانه‌ای در سیستم هایدروپونیک. گزارش کار تحقیقاتی. کار آفرینی دانشگاه تبریز.
3. Barker, A.V. and Maynard, D. N. 1971. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plant as influenced by nitrogen nutrition. J. Am. Soc. Hort. Sci. 9, 27-30.
4. Barker, A. V. And Mills, H. A. 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. Hort. Rev. 2: 395-423.
5. Claussen, W. and Lenz, F. 1995. Effect of ammonium and nitrate on net photosynthesis, flower formation, growth and yield of eggplant. Plant Soil. 171, 267-274.
6. Errebhi, M. and Wilcox, G. E. 1990. Plant species response to ammonium: nitrate concentration ratios. J. Plant Nutr. 13, 1017-1029.
7. Gerendas, J., Zhu, Z., Bendixen, R. and Sattelmacher, B. 1997. Physiological and biochemical process related to ammonium toxicity in higher plant. Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 160, 239 251.
8. Goromy, R. and Sharples, S.O. 1985. The effect of modern production metodes on the quality of tomato and apples. Commision of the European Communities. pp. 93-102.
9. Gould, W.A. 1992. Tomato production, processing and technology. pp. 345-347. Bookcrafters. VA, USA.
10. Hartman, P. I., Mills, H. A. and Jones, J. B. 1986. The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development and element concentration in Floradel tomato plants .J. Am. Soc. Hort. Sci. 111, 487-490.
11. Kotsiras, A., Olympios, C. M., Drosopoulos, J. and Passam, H. C. 2002. Effect of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruit. J. Am. Sci. Hort. 95, 175-183.
12. Levis, O. A. M and Camber, M. D. 1993. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat and maize plant. J. Ann. Bot. 72, 359-365.
13. Magalhaes, J. R and Wilcox, G. F. 1983. Tomato growth and nutrition uptake pattern as influenced by nitrogen form and light intensity. J. Plant Nutr. 6,941-956.
14. Mengel, K and Pilbeam, D. J. 1992. Nitrogen metabolism of plants. Oxford Science Publications. Oxford, UK p. 54-70.
15. Sharma, R. M and Yamdagni, A. 2000. Modern strawberry cultivation. Kalyani Publishing. Indian, Dehli.

16. Sonneveld, C. 2002. Composition of nutrient solutions. In: Savvas, D. Passam, H. C. (Eds). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, pp.179-210.
17. Takacs, E. and Tecs, L. 1992. Effect of nitrate : ammonium ratios on photosynthetic rates, nitrate reductase activity and chloroplast ultra structure in three cultivars of red pepper . (*Capsicum annuum L.*) J. Plant Physiol. 140,228-305.

The Influence of $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ Ratio on the Growth and Yield of Strawberry Grown under Hydroponic Conditions

L. S. Fatemi and S. J. Tabatabaei¹

Abstract

Nitrogen is taken up by the higher plants in both nitrate and ammonium forms with different physiological impacts on the plant. An experiment was conducted to assess the effect of $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ ratio in nutrient solution on the yield and quality of hydroponically grown strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch) cvs 'Camarosa' and 'Selva'. Six replications per treatment were involved in a randomized complete block experiment. Four nutrient solutions differing in $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ ratio (0:100, 25:75, 50:50 and 75:25) were applied. The nutrient solutions had significant effects on the strawberry plants so that the highest leaf area was observed in the plant grown with 25:75 ratio. Flower and fruit number were not affected by the solutions however, the weight of individual fruit increased with 25:75 ratio. Both high ratios of NH_4 and NO_3 in the solution reduced the yield. The yield was reduced by 33% and 80% in cvs Camarosa and Selva respectively, when the NH_4 concentration increased from 25% to 75% in the solution. The highest and lowest photosynthesis (Pn) rate in both cultivars were observed at 25:75 and 75:25 ratios, respectively. Increased NH_4 ratio in the solution significantly reduced postharvest life of the fruits in both cultivars. Both higher leaf area and Pn rate appeared to be the reason for the increased yield and plant growth in the 25:75 ratios of $\text{NH}_4:\text{NO}_3$. Therefore, a combination of two forms of N in an appropriate ratio (25 NH_4 :75 NO_3) promote the strawberry plant growth, yield and quality.

Keywords: Strawberry; Hydroponics; Ammonium to nitrate ratio; Yield.

1- MSc student, Faculty of Agriculture, The University of Tabriz, Tabriz, Iran; Corresponding author, Associate Professor, Faculty of Agriculture, The University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.