نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۵۷-۱۴۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 2, Summer 2013, P. 148-157
ISSN: 2008 - 4730

اثر نوع نیتروژن و سطوح اکسیژن در محلول غذایی بر رشد و برخی عناصر پرمصرف کاهو (*Lactuca sativa* cv. Great leak) در کشت هیدروپونیک

محمد حسن باقری[۱]- حمید رضا روستا[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱

چکیده

در این پژوهش اثر نوع نیتروژن و سطوح مختلف اکسیژن بر برخی پارامترهای رشد و غلظت برخی عناصر غذایی پرمصرف در کاهو بررسی شد. این بررسی نشان داد که کاربرد آمونیوم (۵ میلی‌مولار) به تنهائی، موجب کاهش وزن تر و خشک بخش هوائی و ریشه کاهو گردید. اما سطوح مختلف اکسیژن (۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم بر لیتر) تاثیر معنی‌داری بر آنها نداشت. غلظت نیتروژن بخش هوایی گیاه در تیمار آمونیوم نسبت به نیترات بیشتر بود و با افزایش میزان اکسیژن محلول در محیط حاوی آمونیوم مقدار نیتروژن بخش هوایی نیز افزایش یافت، اگرچه در محیط کشت حاوی نیترات این گونه نبود. غلظت فسفر در بخش هوائی گیاه و ریشه تحت تاثیر هیچ یک از تیمارها و اثر متقابل آنها قرار نگرفت. آمونیوم باعث کاهش غلظت پتاسیم در گیاه گردید، اما سطوح مختلف اکسیژن و برهمکنش آن با نوع نیتروژن اثر معنی‌داری بر آن نداشت. مقدار منیزیوم بخش هوایی نیز در محیط آمونیوم کاهش یافت اگرچه در ریشه این گونه نبود. با افزایش مقدار اکسیژن محلول مقدار منیزیوم در بخش هوایی در محیط کشت حاوی آمونیوم افزایش یافت اما در محیط حاوی نیترات غلظت این عنصر تحت تاثیر سطوح اکسیژن قرار نگرفت. از این آزمایش نتیجه‌گیری شد که احتمالا کاهش پتاسیم و منیزیوم در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم در کاهش رشد گیاه نقش داشته است، و همچنین مشاهده شد که علی‌رغم افزایش غلظت نیتروژن اندام هوایی و منیزیوم ریشه با افزایش مقدار اکسیژن محلول در تیمار آمونیوم رشد کاهو تحت تاثیر میزان اکسیژن قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، آمونیوم، کاهو، محلول غذایی، نیترات

مقدمه

نیتروژن (N) یکی از عناصر پرمصرف محسوب شده که جذب آن توسط گیاهان اساساً به دو صورت نیترات و آمونیوم صورت می‌گیرد. گیاهان نیترات را برخلاف شیب غلظت جذب کرده و بنابراین جذب نیترات محتاج انرژی است و بایستی فعالانه صورت گیرد (۳). آمونیوم فرم احیاء شده نیتروژن است که جذب آن بصورت غیر فعال بوده و نیاز به انرژی ندارد (۲۵). در خیلی از موارد آمونیوم در غلظت بالا می‌تواند در گیاهان سمیت ایجاد کرده (۷، ۲۰، ۲۱، ۲۲) و در حالت سمیت شدید منجر به مرگ گیاه شود (۱۹). از دیگر نشانه‌های قابل رؤیت می‌توان به کمتر شدن نسبت ریشه به ساقه اشاره نمود (۷). زنگ و همکاران (۳۲) اسیدی شدن ریزوسفر در پاسخ به آمونیوم تحت شرایط مزرعه و آزمایشگاه را یکی از دلایل سمیت آمونیوم دانسته‌اند.

با در نظر گرفتن پتانسیل الکتریکی غشاء پلاسمایی و غلظت آمونیوم در محلول غذایی بیرونی و در داخل سیتوسول، انتقال آمونیوم به داخل گیاه یک فرایند غیرفعال بوده و خروج آمونیوم از سیتوسول و ورود آن به محلول غذایی خارجی یک فعالیت انرژی بر (انتقال فعال) می‌باشد و خروج غیرفعال فقط هنگامی می‌تواند رخ دهد که غلظت سیتوسولی آمونیوم بسیار بالا باشد (۷).

یکی دیگر از نکاتی که در برخی آزمایشات اشاره شده است بالا بودن میزان تنفس ریشه در گیاهانی است که با آمونیوم بعنوان منبع تامین‌کننده نیتروژن تغذیه شده‌اند. وگر و همکاران (۳۱) اعلام کردند که تجمع اسیدهای آمینه بیوسنتزی پس از اضافه کردن آمونیوم میزان تقاضا را برای فراورده‌های میانی چرخه کربس افزایش داد. کرونزوکر و همکاران (۸) با استفاده از اندازه‌گیری غلظت‌های آمونیوم سیتوسولی و پتانسیل غشاء در جو نشان دادند که فرایند خروج فعال،

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: roosta_h@yahoo.com)

بالا بودن تنفس را بطور معمول در محیط آمونیومی تا حدودی تفسیر می‌کند. همچنین اسکورت می‌یر و همکاران (۲۳) افزایش تنفس ریشه در تغذیه آمونیومی و کاهش در نسبت ریشه به ساقه را بطور زیادی به قدرت سینک کربوهیدرات موجود در داخل بافت ریشه جایی که بیشترین متابولیسم آمونیوم اتفاق می‌افتد مربوط دانسته‌اند. همچنین ماتسوموتو و همکاران (۱۷) اعلام کردند که مقدار قند و نشاسته گیاهان بطور معمول با تیمار آمونیوم کاهش می‌یابد، اگرچه برخی استثناءها مشاهده شده‌اند. ذخیره کربن برای رشد ریشه تحت شرایط تغذیه آمونیوم احتمالا فقط هنگامی محدود کننده است که ظرفیت تحویل فتوآسیمیلات‌ها از طریق آوند آبکش آسیب می‌بیند یا در حالت تنفس بیش از اندازه ریشه، رشد گیاه صورت نمی‌گیرد (۷).

یکی دیگر از جنبه‌های سمیت آمونیوم آن است که در خیلی از گونه‌ها سمیت هنگامی مشاهده می‌شود که آمونیوم به تنهائی فراهم شده باشد که در خیلی از موارد با فراهم کردن مخلوط آمونیوم و نیترات سمیت کاهش می‌یابد و در برخی موارد کاربرد آن حالت سینرژیستی دارد. اضافه کردن مقادیر کمی نیترات به آمونیوم باعث افزایش رشد گیاه خیار شد (۲۰). چندین پیشنهاد برای توصیف اثر سینرژیستی مخلوط آمونیوم و نیترات وجود دارد که مهم‌ترین آن به نقش احتمالی نیترات به عنوان تحریک کننده بسیاری از واکنش‌های بیوشمیائی مربوط می‌شود (۲۷). مصرف انرژی نیز در آسیمیلاسیون آمونیوم در مقایسه با نیترات کمتر است. انرژی مورد نیاز برای آسیمیلاسیون نیترات بین ۲۱-۲۰ مول ATP بر مول است در صورتی که برای آسیمیلاسیون هر مول آمونیوم نیاز به ۵ مول ATP می‌باشد (۲۸). احتمال دیگر برای تفسیر اثر سینرژیستی مخلوط نیترات و آمونیوم به بالابودن سنتز سیتوکینین نسبت داده شده است (۳۲).

انتشار گاز در هوا ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ بار سریع‌تر از درون آب رخ می‌دهد (۵)، پس باید انتظار داشته باشیم که اکسیژن قابل دسترس برای ریشه گیاهان در وضعیت طبیعی همیشه کمتر از مقدار آن در اتمسفر باشد. در گیاهانی که با محیط غرقاب مواجه گردیده‌اند یا در سیستمهای هیدروپونیک همانند کشت غرقابی رشد می‌کنند تامین اکسیژن مورد نیاز آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. کمبود اکسیژن ممکن است اثر منفی روی متابولیسم نیتروژن شامل جذب و آسیمیلاسیون آن داشته باشد (۱۲، ۱۸).

در این آزمایش تاثیر سطوح مختلف اکسیژن و نوع نیتروژن (نیترات و آمونیوم) بر رشد و غلظت برخی عناصر پرمصرف در کاهو که یکی از گیاهانی است که در محیط کشت هیدروپونیک در سطح گسترده‌ای مورد کشت و کار قرار می‌گیرد مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، یکی نوع نیتروژن (نیترات و آمونیوم در غلظت ۵ میلی‌مولار) و دیگری سطوح اکسیژن در محلول غذایی (۰/۳ ± ۱، ۰/۳ ± ۲، ۰/۳ ± ۳ و ۰/۳ ± ۴ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن) و با طرح پایه کاملاً تصادفی و ۳ تکرار اجرا شد. برای تامین اکسیژن از یک دستگاه پمپ هوادهی ۲ واتی استفاده شد و توزیع هوا توسط ست سرم صورت گرفت. آب مورد نیاز از یک دستگاه تصفیه آب با پنج فیلتر و EC آب خروجی معادل ۱۴ میکروزیمنس بر سانتیمتر تامین گردید. محلول غذایی مورد استفاده (۱۹) حاوی: مونو پتاسیم فسفات (KH_2PO_4) ۰/۲ میلی‌مولار، سولفات پتاسیم (K_2SO_4) ۰/۲ میلی‌مولار، سولفات منیزیم ($MgSO_4.7H_2O$) ۰/۳ میلی‌مولار بوده و عناصر کم مصرف شامل: کلرید روی ($ZnCl_2$) ۰/۷ میکرومولار، کلات آهن (Fe(III)-EDTA-Na) ۲۰ میکرومولار، سولفات منگنز ($MnSO_4.H_2O$) ۷ میکرومولار، سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) ۰/۸ میکرومولار، اسید بوریک (H_3BO_3) ۲ میکرومولار، ملیبدات سدیم ($Na_2MoO_4.2H_2O$) ۰/۸ میکرومولار، کلریدسدیم (NaCl) ۰/۱ میلی‌مولار بود. برای اندازه‌گیری و کنترل سطوح اکسیژن از یک دستگاه اکسیژن‌متر پرتابل ساخت کشور آلمان شرکت WTW مدل OXi 315i استفاده شد. بذور کاهو رقم گریت لیک[1] ابتدا در بستر پرلایت کشت و سپس در مرحله ۵-۴ برگی به گلدان‌های ۴ لیتری تیره رنگ حاوی محلول غذایی منتقل شدند. در هر گلدان ۴ گیاه رشد می‌کردند. پس از اعمال تیمار به مدت ۳۰ روز، گیاهان برداشت و توزین گردیدند. سپس در آون در دمای ۷۲ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و پس از توزین مجدد جهت اندازه‌گیری عناصر، مقدار ۰/۲ گرم ماده خشک از ریشه و ۰/۵ گرم از بخش هوائی گیاه را درون بوته چینی ریخته و در کوره با دمای ۲۵۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه گذاشته و سپس در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت قرارداده شدند. برای هضم نمونه‌ها از اسید کلریدریک ۲ نرمال استفاده گردید (۱). سپس منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی (شرکت استرالیایی، Version 1/33 GBC Avanta) و پتاسیم توسط فتومتر شعله‌ای[2] (شرکت آلمانی، مدل JENWAY, PFP7) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن کل از روش کجلدال استفاده شد. برای اندازه‌گیری فسفر از روش زرد استفاده شد. برای ساخت محلول زرد از روش زیر استفاده شد: ۲۲/۵ گرم آمونیوم هپتامولیبدات در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب جوش حل شد. آنگاه ۱/۲۵ گرم آمونیوم مونووانادات در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب جوش حل شد. سپس دو محلول فوق بعد از سرد شدن مخلوط شدند. پس از آن ۲۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه کرده و حجم نهایی با آب مقطر به یک لیتر رسانده شد. برای اندازه‌گیری فسفر ۱۰ میلی‌لیتر عصاره گیاه را با ۱۰ میلی‌لیتر از

1- Great Leak
2- Flame photometer

محلول آماده شده فوق در بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده شد. بعد از ۳۰ دقیقه و رنگ گرفتن آن، نمونه‌ها و هم چنین استانداردهایی که به همین منظور آماده گردید در طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج (مدل T80 UV/VIS, PG Instruments Ltd) قرائت شد.

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

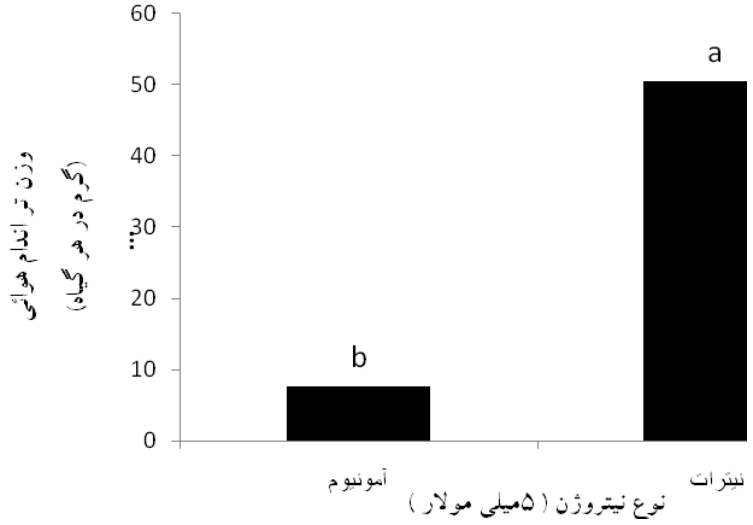
نتایج و بحث

وزن تر و خشک بخش هوائی و ریشه

نتایج حاصله از تاثیر تیمارهای اعمال شده بر وزن تر و خشک بخش هوائی و ریشه کاهو (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) نشان می‌دهد که وزن تر و خشک بخش هوائی و ریشه کاهو در گیاهانی که از آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن استفاده شده بود به طورمعنی‌داری کاهش یافته اما تاثیر سطوح مختلف اکسیژن محلول و اثر متقابل آن با نوع نیتروژن معنی‌دار نبود. کروز و همکاران (۱۱) گزارش کردند که میزان تولید ماده خشک در کاهو در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار آمونیوم به بالا رو به کاهش گذاشته و این گیاه را حساس به آمونیوم معرفی کردند. مشاهدات مشابهی در این رابطه در مورد خیار (۲۲)، گوجه فرنگی (۲، ۱۵) و سویا (۲۶) گزارش گردیده است. کاهش وزن تر و خشک بخش هوائی و ریشه در تیمار آمونیوم ناشی از عوامل متعددی از قبیل کاهش زیاد pH محیط ریشه (۷)، مصرف کربوهیدرات‌های محلول گیاه در اسیمیلاسیون آمونیوم جذب شده (۲۱) و خروج فعال آمونیوم از ریشه (۲۰) می‌باشد، و احتمالا کاهش در جذب عناصر غذائی مثل پتاسیم و منیزیوم در این کاهش رشد نقش موثری داشته‌اند (شکل‌های ۷، ۸ و ۹) (۱۹). منیزیوم در هسته مرکزی مولکول کلروفیل قرار داشته و کاهش آن باعث کاهش کلروفیل و در نتیجه کربن‌گیری خواهد شد (۵). این کاهش در کربن‌گیری باعث کاهش مواد هیدروکربنه در گیاه شده و رشد گیاه را محدود می‌کند (۵). پتاسیم نیز در حفظ تورژسانس سلول و رشد سلول نقش مهمی دارد و کاهش آن باعث محدود شدن رشد گیاه خواهد شد (۲۱).

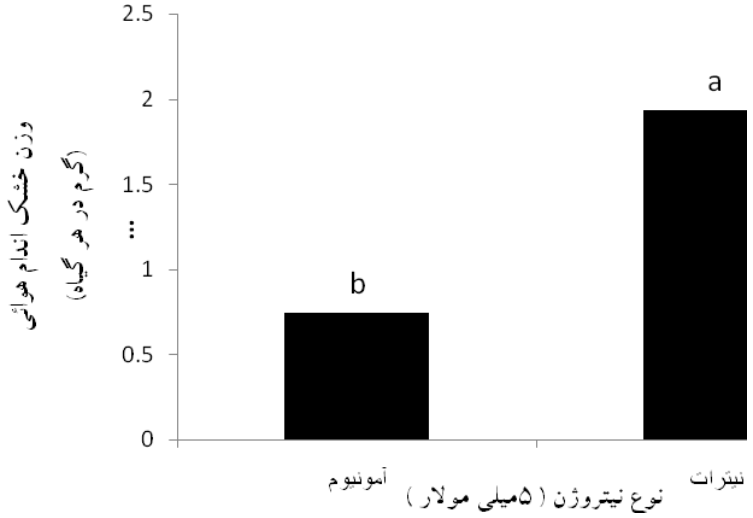
غلظت عناصر غذائی

اثر تیمارهای نوع نیتروژن و سطوح مختلف اکسیژن بر غلظت نیتروژن بخش هوایی کاهو نشان می‌دهد که آمونیوم موجب افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی گردیده است (شکل ۵). همچنین با افزایش مقدار اکسیژن محلول تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر مقدار نیتروژن بخش هوایی نیز افزایش یافته است (شکل ۶). بررسی اثر متقابل دو تیمار اعمال شده نشان می‌دهد که با افزایش مقدار اکسیژن محلول غلظت نیتروژن بخش هوایی در تیمار آمونیوم افزایش یافته، اگرچه این وضعیت در تیمار نیترات تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳).



شکل ۱- اثر تیمار نوع نیتروژن بر وزن تر بخش هوائی کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



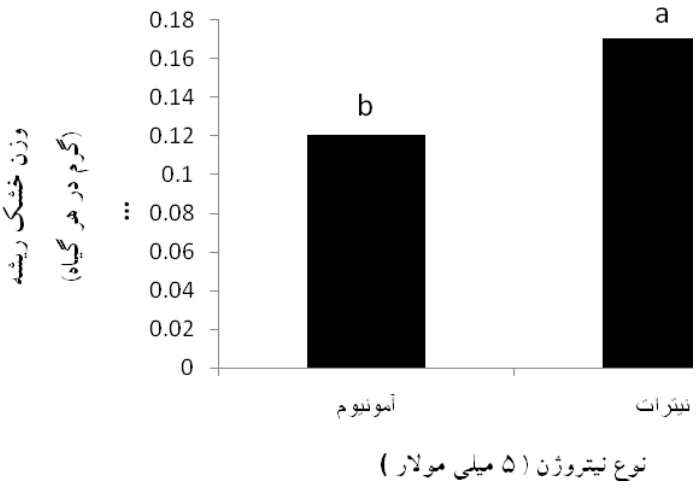
شکل ۲- اثر تیمار نوع نیتروژن بر وزن خشک بخش هوائی کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

شکل ۳- اثر تیمار نوع نیتروژن بر وزن تر ریشه کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

جامپی‌تونگ و بریکس (۱۴) گزارش دادند که تیمار آمونیوم به طور معنی‌داری موجب افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی و ریشه *Salvinia natans* گردید. نتایج مشابهی نیز توسط دلشاد و همکاران (۲) و روستا و همکاران (۲۱ و ۲۲) در خصوص خیار گزارش گردیده است، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. نیترات در گیاه برای اینکه به ساختمان مواد آلی وارد شود و نقش اصلی خود را به عنوان ماده غذائی بازی کند بایستی به آمونیاک احیاء شود (۵). در صورتی که آمونیوم اگرچه جذب خیلی از کاتیونهای معدنی را کاهش می‌دهد، اما جذب آن در گیاهانی که آمونیوم برای آنها فراهم شده است بطور معمول بالاست (۱۹، ۱۲، ۷، ۳۰، ۲۶). توماس و سودک (۲۶) مشاهده نمودند که غرقاب کردن سویا به مدت ۲۱ روز در دو محیط متفاوت آمونیوم و نیترات موجب کاهش معنی‌دار میزان نیتروژن کل بخش-های هوائی در گیاهان رشد کرده در محیط نیترات نسبت به آمونیوم گردید. با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر افزایش تنفس ریشه در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم، افزایش جذب نیتروژن توسط سطوح بالای اکسیژن در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم احتمالا به دلیل تامین اکسیژن کافی جهت تنفس ریشه و در نتیجه تامین اسکلت کربنی مورد نیاز در اسیمیلاسیون آمونیوم و کاهش سمیت آمونیوم بوده است (۲۱).



شکل ٤- اثر تیمار نوع نیتروژن بر وزن خشک ریشه کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذائی بخش هوائی کاهو

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیوم
نیتروژن	۱	۴/۷۰۸ ***	۱۹/۶۲۸	۳۳/۸۶۲ ***	۰/۳۵۳ ***
اکسیژن	۳	۰/۰۷۳ *	۱۱/۰۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۰۲
نیتروژن × اکسیژن	۳	۰/۲۷۹ ***	۵/۴۶۱	۰/۱۹۱	۰/۰۰۲
خطا	۱۶	۰/۰۲۳	۱۲/۸۲۴	۰/۴۸	۰/۰۰۲
CV		۴/۱۰	۱۴/۹۵	۱۶/۰۳	۹/۵۴

***، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ آزمون دانکن

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر غذائی ریشه کاهو

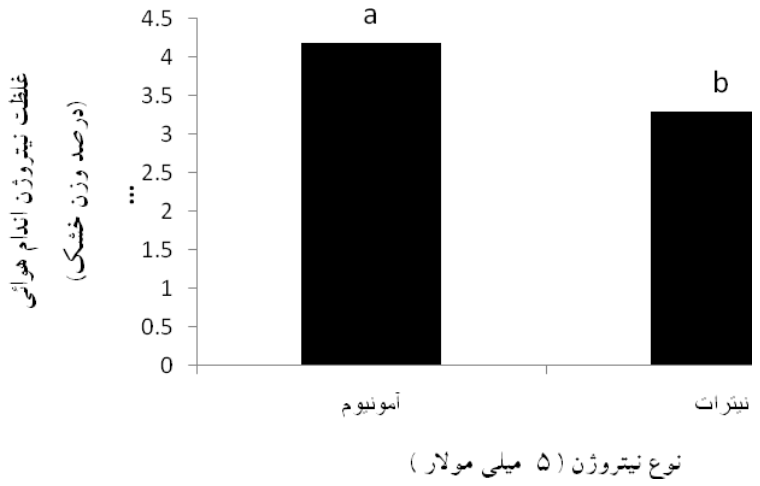
منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	پتاسیم	منیزیوم
نیتروژن	۱	۳/۸۳۲ ***	۰/۴۲۴ **	۴۴/۲۶۹ **
اکسیژن	۳	۰/۵۲۶	۰/۰۷۵	۱۴/۸۱۹
نیتروژن × اکسیژن	۳	۰/۲۱۱	۰/۰۵۹	۱/۸۶۴
خطا	۱۶	۰/۲۶۲	۰/۰۳۲	۶/۴۳۶
CV		۱۱/۱۷	۸/۵۹	۴/۴۳

***، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ آزمون دانکن

جدول ۳- اثر متقابل بین تیمارهای نوع نیتروژن و سطوح مختلف اکسیژن بر غلظت نیتروژن بخش هوائی کاهو

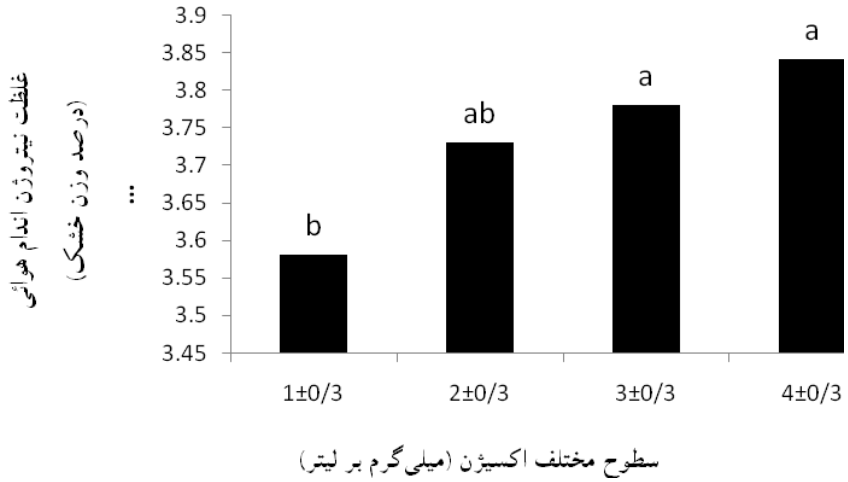
نوع نیتروژن (۵ میلی مولار)	غلظت اکسیژن در محلول غذائی (میلی‌گرم بر لیتر)			
	۱±۰/۳	۲±۰/۳	۳±۰/۳	٤±۰/۳
	N (% DW)			
آمونیوم	۳/۸۵۳ c	۴/۰۴۳ bc	۴/۲۲ b	۴/۵۹ a
نیترات	۳/۳۱۳ de	۳/۴۱۳ d	۳/۳۴۳ de	۳/۰۹۳ e

حروف متفاوت در هر ستون و ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن است.



شکل ۵- اثر تیمار نوع نیتروژن بر غلظت نیتروژن بخش هوائی کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ٦- اثر تیمار سطوح مختلف اکسیژن بر غلظت نیتروژن بخش هوائی کاهو

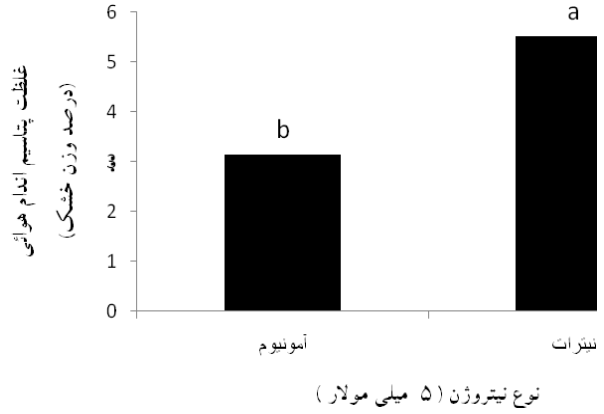
حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن می‌باشد.

نتایج جدول ۱ و ۲ نشان می‌دهد که در این تحقیق تاثیر تیمارهای اعمال شده بر غلظت فسفر بخش هوایی معنی‌دار نشده است. اگرچه اثر نوع نیتروژن بر غلظت فسفر ریشه معنی‌دار شد ولی غلظت اکسیژن محلول تاثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر ریشه نداشت. روستا و همکاران (۲۲) مشاهده کردند که نوع نیتروژن تاثیر زیادی بر غلظت فسفر برگهای خیار نداشت. اگر چه گزارشات مخالف این وضعیت وجود دارد که از آن جمله می‌توان به گزارش محمدی (۶) در مورد کاربرد آمونیوم بر روی پسته و همچنین پژوهش دیگر مولفان این مقاله در مورد بادمجان (داده‌های منتشر نشده) اشاره نمود. بووارد (۹) در آزمایشاتی طی دو سال به بررسی تاثیر کمبود اکسیژن بر سویا پرداخت و گزارش کرد که کمبود اکسیژن در آزمایش سال اول تغییری در غلظت فسفر برگ نداشت اما در آزمایش سال دوم به طور معنی‌داری موجب کاهش غلظت فسفر در برگ سویا گردید. بنابراین ممکن است نوع گونه گیاه و شرایط کشت علت این تناقض‌های مشاهده شده در گیاهان و زمان‌های مختلف باشد.

بررسی نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که

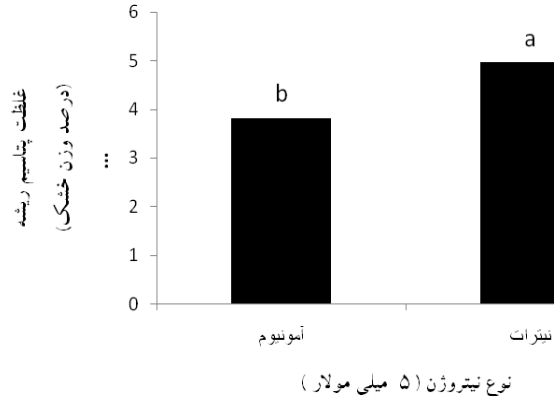
آمونیوم موجب کاهش غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه کاهو گردید (شکل‌های ۷ و ۸). در صورتی که اثر تیمار سطوح مختلف اکسیژن و اثر متقابل دو تیمار اعمال شده بر غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه معنی‌دار نگردیده است (جدول ۱ و ۲). گزارشات متعددی در خصوص کاهش جذب پتاسیم در هنگامی که از آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن استفاده شود وجود دارد که از آن جمله می‌توان به گزارش روستا و شاقینگ (۱۹) در مورد خیار؛ وانگ و بیلو (۳۰) در مورد گندم و گوهوا و همکاران (۱۳) در مورد فلفل اشاره نمود. کلارک و همکاران (۱۰) گزارش کردند که مقدار پتاسیم برگ و ریشه در آزالیای رشد کرده در محیط آمونیوم به طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان رشد کرده در محیط نیترات کمتر بود. اما نوع نیتروژن تاثیری بر مقدار این عنصر در ساقه این گیاه نداشت. همچنین وانگ و همکاران (۳۰) نیز گزارش کردند که آمونیوم از جذب پتاسیم جلوگیری می‌کند به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش مقدار پتاسیم در این تحقیق رقابت آمونیوم با این عنصر در جذب توسط گیاه باشد.

بووارد (۹) گزارش داد که غرقاب شدن موجب کاهش پتاسیم برگ سویا گردید. فرایند جذب پتاسیم فعال بوده (۱۸) و انتظار می‌رفت که در تیمار با سطح اکسیژن پائین جذب آن کاهش یابد که در این تحقیق این گونه نشد. احتمالاً، مقدار اکسیژن موجود در تیمارهای این آزمایش محدودیت زیادی برای رشد گیاه نداشته است و برای ایجاد تنش بیشتر نیاز به کاهش دادن غلظت اکسیژن محلول با استفاده از دستگاه‌های خلاء و غیره می‌باشد تا بتوان تاثیر بیشتری بر رشد و فیزیولوژی گیاه ملاحظه نمود. کوچک بودن ظروف آزمایش و تعویض هفتگی محلول‌های غذایی در این آزمایش احتمالاً باعث گردیده تا مقداری اکسیژن در محلول غذایی حل شود و رشد گیاه و غلظت عناصر کمتر تحت تاثیر قرار گیرد.



شکل ۷- اثر تیمار نوع نیتروژن بر غلظت پتاسیم بخش هوائی کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

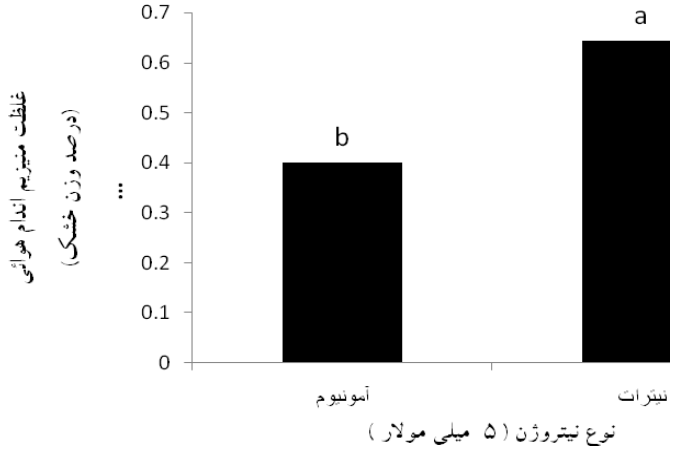


شکل ۸- اثر تیمار نوع نیتروژن بر غلظت پتاسیم ریشه کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که در محیط آمونیوم غلظت منیزیم در بخش هوایی کاهش یافته است اما در مورد ریشه نوع نیتروژن تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت (شکل ۹ و جدول ۲). همچنین بالاترین سطح اکسیژن در محلول غذایی موجب افزایش غلظت این عنصر در ریشه گردید (شکل ۱۰). بنا بر گزارش صالحی (۴) نیترات باعث افزایش منیزیم برگ پسته گردید، در صورتی که محمدی (۶) مشاهده کرد که آمونیوم موجب افزایش منیزیم در برگ پسته شد، که این موضوع با یافته‌های سرنا و همکاران (۲۴) مطابقت دارد. در حالی که روستا و شاقینگ (۲۲) مشاهده کردند که نوع نیتروژن غلظت منیزیوم را در ریشه و برگ خیار تحت تاثیر قرار نداد.

لیزازو و همکاران (۱۶) گزارش کردند که غرقاب شدن موجب کاهش معنی‌دار منیزیم در بخش‌های هوائی ذرت گردید که با نتایج تروت و درو (۲۹) و بووارد (۹) مطابقت داشت. در این پژوهش نیز غلظت منیزیوم در ریشه در بالاترین سطح اکسیژن افزایش یافت که با نحوه جذب این عنصر هماهنگی دارد. زیرا جذب منیزیوم به دو صورت توده‌ای و فعال می‌باشد که در غلظتهای پائین اکسیژن جذب فعال آن به دلیل کمبود انرژی دچار اختلال گردیده و غلظت آن نسبت به سطوح بالای اکسیژن کاهش می‌یابد.



شکل ۹- اثر تیمار نوع نیتروژن بر غلظت منیزیم بخش هوائی کاهو

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

شکل ۱۰- اثر تیمار سطوح مختلف اکسیژن بر غلظت منیزیم ریشه کاهو

حروف متفاوت نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

از این آزمایش نتیجه‌گیری شد که احتمالا کاهش پتاسیم و منیزیوم در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم در کاهش رشد گیاه نقش داشته است، و همچنین مشاهده شد که علی‌رغم افزایش غلظت نیتروژن و منیزیوم با افزایش مقدار اکسیژن محلول در تیمار آمونیوم رشد کاهو تحت تاثیر میزان اکسیژن قرار نگرفت.

منابع

۱- امامی ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره: ۹۸.

۲- دلشاد م.، بابالار م. و کاشی ع. ۱۳۷۹. اثر شاخص نیتروژن محلولهای غذائی در تغذیه معدنی ارقام گوجه‌فرنگی. مجله علوم کشاورزی دانشگاه تهران. ۳۱: ۶۲۵-۶۱۳.

۳- شریعتی م. و مددکار حق‌جو م. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهی: جذب و انتقال مواد از خلال غشاء. انتشارات دانشگاه اصفهان.

۴- صالحی ف. ۱۳۸۵. شناخت خاک و تغذیه درختان پسته. موسسه تحقیقات پسته کشور. رفسنجان.

۵- مارشنر ه. ۱۹۹۵. تغذیه معدنی گیاهان آلی. مترجم: خلدبرین ب. و اسلامزاده ط. انتشارات دانشگاه شیراز.

۶- محمدی مهدی‌آباد ز. ۱۳۸۸. تغذیه درختان پسته با کود آمونیومی به روش کولتان و مقایسه آنها با درختان تغذیه شده با نیترات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی. دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان.

7- Beritto D.T. and Kronzucker H.J. 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants. Journal Plant Physiology, 159:567-584.

8- Britto D.T., Siddiqi M.Y., Glass A.D.M. and Kronzucker H.J. 2001. Futile transmembrane NH_4^+ cycling: A cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. Procceding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 98:4255-4258.

9- Board J.E. 2008. Water logging effects on plant nutrient concentrations in soybean. Journal of Plant Nutrition, 31:828-838.

10- Clark M.B., Mills H.A., Robacker C.D. and Latimer J.G. 2003. Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two Azalea cultivars. Journal of Plant Nutrition, 26(12):2503-2520.

11- Cruz C., Bio A.F.M. and Dominguez-Valdivia M.D. 2006. How does glutamine synthetase activity determine plant tolerance to ammonium? Planta, 223:1068-1080.

12- Gibbs J. and Greenway H. 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. II. Energy requirements for maintenance and energy distribution to essential processes. Journal of Functional Plant Biology, 30:1-47.

13- Guohua X., Shmuel W. and Kafkafi U. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. Journal of Plant Nutrition, 25(4):719-734.

14- Jampeetong A. and Brix H. 2009. Oxygen stress in *Salvinia natans*: interactive effects of oxygen availability and nitrogen source. Journal of Environmental and Experimental Botany, 35:1-7.

15- Klaring H.P. and Zude M. 2009. Sensing of tomato plant response to hypoxia in the root environment. Scientia Horticulturae, 122:17-25.

16- Lizaso J., Melendez L.M. and Ramirez R. 2001. Early flooding of two cultivars of tropical maize. II. Nutritional responses. Journal of Plant Nutrition, 24:997-1011.

17- Matsumoto H. and Tamura K. 1981. Respiratory stress in cucumber roots treated with ammonium or nitrate nitrogen. Plant and Soil, 60:195-204.

18- Morarda P., Silvestrea J., Lacostea L., Caumesa E. and Lamazeb J. 2004. Nitrate uptake and nitrite release by tomato roots in response to anoxia. Journal of Plant Physiology, 161:855-865.

19- Roosta H.R. and Schjoerring J.K. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. Journal of Plant Nutrition, 30:1933-951.

20- Roosta H.R. and Schjoerring J.K. 2008a. Effects of nitrate and potassium on ammonium toxicity in cucumber plants. Journal of Plant Nutrition, 31:1270-1283.

21- Roosta H.R. and Schjoerring J.K. 2008b. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. Journal of Plant Nutrition, 31:941-958.

22- Roosta H.R., Sajjadinia A., Rahimi A. and Schjoerring J.K. 2009. Responses of cucumber plant to NH_4^+ and NO_3^- nutrition: The relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. Scientia Horticulturae, 3251:1-7.

23- Schortemeyer M., Stamp P. and Feil B. 1997. Ammonium tolorance and carbohydrate status in maize cultivars. Annual Botany, 79:25-30.

24- Serna M.D., Borras R., Legaz F., and Primo-millo E. 1992. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrat ratio on N uptake, mineral composition and yield of citrus. Plant and Soil, 147:13-23.

25- Taiz L. and Zeiger E. 1991. Plant Physiology. Redwood City, CA: Benjamin/Cummings Publishing Company.
26- Thomas A.L. and Sodek L. 2005. Development of the nodulated soybean plant after flooding of the Root system with different sources of nitrogen. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17:291-297.
27- Tischner R. 2000. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. Plant, Cell Environment, 23:1005-1024.
28- Traore A. and Maranville J.W. 1999. Effect of nitrate/ammonium ratio on biomass production, nitrogen accumulation, and use efficiency in sorghums of different origin. Journal of Plant Nutrition, 22(4-5):813-825.
29- Trought M.C.T. and Drew M.C. 1980. The development of water logging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) accumulation and redistribution of nutrients by the shoot. Plant and Soil, 56:187-199.
30- Wang X.T. and Below F.E. 1998. Accumulation and partitioning of mineral nutrients in wheat as influenced by nitrogen form. Journal of Plant Nutrition, 21:49-61.
31- Weger H.G., Brich D.G., Elrifi I.R. and Turpin D.H. 1988. Ammonium assimilation requires mitochondrial respiration in the light. Plant Physiology, 86:688-692.
32- Zhang Y., Lin X., Zhang Y., Zheng S.J. and Du S. 2005. Effects of nitrogen levels and nitrate/ammonium ratios on oxalate concentrations of different forms in edible parts of spinach. Journal of Plant Nutrition, 28:2011-2025.