نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۰۳-۹۶
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 26, No. 1, Spring 2012, P. 96-103
ISSN: 2008 - 4730

اثر نوع نیتروژن و سطوح اکسیژن بر برخی صفات اکوفیزیولوژیکی و شیمیائی کاهو در سیستم هیدروپونیک

محمدحسن باقری[۱]- حمیدرضا روستا[۲*]- سیدحسین میردهقان[۳]- محمودرضا روزبان[۴]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۰/۶

چکیده

در این تحقیق اثر نوع نیتروژن و سطوح اکسیژن بر برخی صفات اکوفیزیولوژیکی و شیمیایی کاهو مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر فلورسانس حداقل معنی‌دار نبود، اما آمونیوم موجب کاهش فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر و همچنین نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر گردید. آمونیوم همچنین موجب افزایش غلظت پرولین برگ گردید اما تاثیر سطوح اکسیژن و اثر متقابل آن با نوع نیتروژن معنی‌دار نبود. همچنین آمونیوم در مقایسه با نیترات موجب افزایش میزان سبزینگی (SPAD) برگ گردید و میزان SPAD در سطوح پائین اکسیژن افزایش یافت. میزان کلروفیل a و b و کارتنوئیدها در گیاهانی که از آمونیوم استفاده کرده بودند افزایش یافت. همچنین سطوح پائین اکسیژن مقدار کلروفیل b را افزایش داد. نتایج نشان داد که غلظت آهن برگ در تیمار نیترات نسبت به آمونیوم بالاتر است. کاهش نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر و همچنین بالا بودن مقدار پرولین در برگ گیاهان تغذیه شده با آمونیوم را می‌توان نشانه‌هایی از وجود تنش ناشی از سمیت آمونیوم دانست. همچنین کاهش در مقدار آهن برگ کاهو در محیط آمونیوم می‌تواند در کاهش رشد آن نقش داشته باشد.

واژه های کلیدی: آمونیوم، نیترات، کلروفیل، آهن، پرولین

مقدمه

نیتروژن (N) یکی از عناصر پرمصرف و مهم‌ترین عنصر غذایی برای تولید ماده خشک محصول است، زیرا بر آنزیمهای تنظیم کننده فتوسنتز موثر است (۴). همچنین شکل‌های قابل دسترس آن گوناگون بوده و بصورت غیرآلی (نیترات، آمونیوم و مولکول نیتروژن) و آلی (اوره و اسیدهای آمینه) توسط گیاه جذب می‌شود (۴). بیشتر گیاهان از آمونیوم و نیترات بعنوان منبع تامین نیتروژن استفاده می‌کنند. اگرچه پاسخ گیاهان به یک شکل ویژه نیتروژن از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است (۸)، بیشتر گیاهان زراعی مخلوطی از آمونیوم و نیترات را ترجیح می‌دهند (۲۴). نیترات بدون داشتن اثر مخرب می‌تواند در واکوئل‌ها ذخیره شود اما آمونیوم و به ویژه ماده تعادلی آن آمونیاک (NH_3)، به دلیل از میان بردن شیب‌های پروتونی عرض غشاء، در غلظت‌های اندک نیز سمی هست (۱۳). بسیاری از گونه‌های گیاهی هنگامی که در معرض سطوح متوسط تا بالای آمونیوم قرار می‌گیرند علائم سمیت را نشان می‌دهند (۹، ۱۶ و ۱۹).

یکی دیگر از نکاتی که در گزارشها به آن اشاره شده، بالا بودن میزان تنفس ریشه در گیاهانی است که با آمونیوم بعنوان منبع تامین‌کننده نیتروژن تغذیه شده‌اند. وگر و همکاران (۲۳) اعلام کردند افزایش اسیدهای آمینه بیوسنتزی در گیاه پس از اضافه کردن آمونیوم، میزان تقاضا را برای فراورده‌های میانی چرخه کربس افزایش داده و منجر به افزایش در خروجی دی‌اکسیدکربن چرخه کربس در هر دو حالت نور و تاریکی می‌شود. بریتو و همکاران (۹) با استفاده از اندازه‌گیری غلظتهای آمونیوم سیتوسولی و پتانسیل غشاء در جو نشان دادند که فرایند خروج آمونیوم از گیاه فرآیندی فعال است، که این موضوع بالا بودن تنفس را بطور معمول در محیط آمونیومی تا حدودی تفسیر می‌کند. بالا بودن تنفس نیاز گیاه را به اکسیژن افزایش می‌دهد. اکسیژن یکی از عناصر حیاتی بوده و نقش اکسیداسیونی آن در موجودات زنده (تنفس) در بقای گیاهان اهمیت اساسی دارد. اندامهایی از گیاهان که در معرض مستقیم اکسیژن

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: roosta_h@yahoo.com)
۴- استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

اتمسفر قرار ندارند اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق اکسیژن محلول در آب و یا از طریق کانالهای درونی که به اندامهای در معرض اکسیژن متصل هستند و یا طرق دیگر بدست می‌آورند. در برخی از سیستمهای هیدروپونیک همانند کشت عمیق به دلیل مستغرق بودن در محلول غذایی، ریشه به طور مداوم به اکسیژن نیاز دارد و تامین اکسیژن مورد نیاز آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. ذخیره ناکافی اکسیژن برای تنفس ریشه دلیل اصلی کاهش عملکرد تحت شرایط غرقابی است (۷، ۱۰، ۲۱ و ۲۲). این کاهش عملکرد در اثر توقف رشد و عملکرد ریشه، کاهش فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و نهایتاً کاهش سرعت رشد گیاه می‌باشد (۱۲، ۱۴ و ۱۵). وضعیت تهویه و تامین اکسیژن مورد نیاز برای سیستم آبکشت یکی از شرایط اولیه و ضروری بوده و لزوم شناخت اثر اکسیژن را در محیط کشت افزایش داده است. با توجه به اینکه کشت کاهو در سامانه هیدروپونیک رو به افزایش است. در این تحقیق ما به بررسی تاثیر سطوح مختلف اکسیژن و نوع نیتروژن بر برخی صفات اکوفیزیولوژیکی و شیمیایی کاهو در این نوع سامانه پرداختیم.

مواد و روش ها

این پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، نوع نیتروژن در دو سطح شامل نیترات کلسیم و سولفات آمونیوم، هر دو حاوی غلظت یکسان ۵ میلی‌مولار نیتروژن و فاکتور دوم، سطوح اکسیژن محلول غذایی در چهار سطح شامل: ۰/۳± ۱ ، ۰/۳± ۲ ، ۰/۳± ۳ و ۰/۳± ۴ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن بود.

برای تامین اکسیژن از یک دستگاه پمپ هوادهی ۲ واتی استفاده شد که اکسیژن مورد نیاز را از اکسیژن موجود در اتمسفر تامین می‌نمود. برای توزیع و تنظیم میزان هوادهی در هر گلدان از شلنگ سرم همراه با تنظیم‌کننده جریان (ست سرم) مخصوص کارهای پزشکی استفاده گردید. آب مورد نیاز از یک دستگاه تصفیه آب با پنج فیلتر و EC آب خروجی معادل ۱۴ میکرو زیمنس موجود در گلخانه تامین گردید. محلول غذایی مورد استفاده حاوی: مونوپتاسیم‌فسفات (KH_2PO_4) ۰/۲ میلی‌مولار، سولفات‌پتاسیم (K_2SO_4) ۰/۲ میلی‌مولار، سولفات منیزیم ($MgSO_4.7H_2O$) ۰/۳ میلی‌مولار بوده و ریزمغذی‌ها شامل: کلریدروی ($ZnCl_2$) ۰/۷ میکرو مولار، کلات‌آهن (NaFe(III)-EDTA) ۲۰ میکرومولار، سولفات‌منگنز ($MnSO_4.H_2O$) ۷ میکرومولار، سولفات‌مس ($CuSO_4.5H_2O$) ۰/۸ میکرومولار، اسیدبوریک (H_3BO_3) ۲ میکرومولار، ملیبدات سدیم ($Na_2MoO_4.2H_2O$) ۰/۸ میکرومولار، کلریدسدیم (NaCl) ۰/۱ میلی‌مولار بود (۱۶). برای کنترل سطوح اکسیژن از یک دستگاه اکسیژن‌متر قابل حمل OXi 315i، WTW Co., Germany استفاده گردید. بذرهای کاهو رقم Great Leak 659 ابتدا در گلدان در بستر پرلایت با ذرات به قطر ۲-۱ میلیمتر کشت و سپس در مرحله ۵-۴ برگی به گلدانهای ۴ لیتری حاوی محلول غذایی اصلی که هوادهی می‌شد منتقل شدند. تیمارها به مدت ۳۰ روز اعمال گردید. برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل b,a و کارتنوئیدها با استفاده از روش لیشتن‌تالر و ول‌بورن (۶) ابتدا با استفاده از متانول از برگ استخراج و به مدت یک شب درون یخچال قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۶ و ۶۵۳ و ۴۷۰ نانومتر میزان کلروفیل a و b و کارتنوئیدها در محلول فوقانی اندازه‌گیری شده و با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه شد. فلورسانس کلروفیل با استفاده از از دستگاه Opti Sciences (ADC: OSI – FL) – روی سطح برگ در وسط روز اندازه گیری شد. تعیین مقدار سبزفامی برگها در هفته پایانی به کمک دستگاه SPAD صورت گرفت. برای اندازه‌گیری پرولین از روش بیتس استفاده گردید. برای این منظور ۰/۲ گرم برگ منجمده شده در فریزر در دمای ۲۰- را در هاون کوبیده و سپس در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد حل شد. آنگاه نمونه حل شده در دستگاه سانتریفوژ گذاشته و سپس از لایه بالایی آن مقدار عصاره مورد نیاز برداشت شد. پس از عصاره‌گیری مقدار ۲ میلی‌لیتر از آن با ۲ میلی‌لیتر ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص مخلوط شد. محلول بدست آمده در حمام بن‌ماری قرار داده شده و سپس بلافاصله به داخل یخ منتقل شد. آنگاه مقدار ۴ میلی‌لیتر تولوئن به نمونه‌ها اضافه و به مدت ۲۰ ثانیه به شدت بهم زده شد. پس از آن بخش فوقانی محلول را برداشته و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. غلظت آهن پس از عصاره‌گیری توسط دستگاه جذب اتمی (شرکت استرالیایی، GBC Avanta Version 1/33) اندازه‌گیری شد (۱).

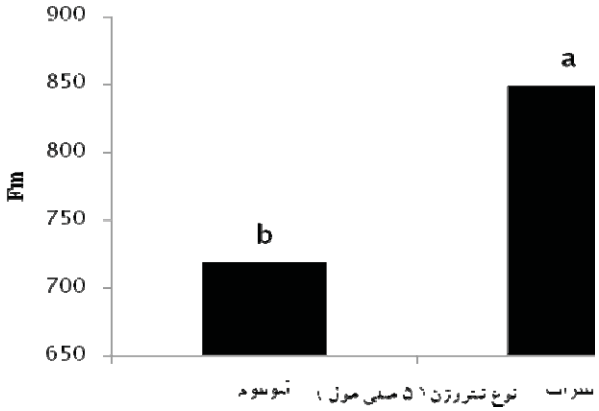
نتایج و بحث

صفات اکو فیزیولوژیکی و شیمیائی

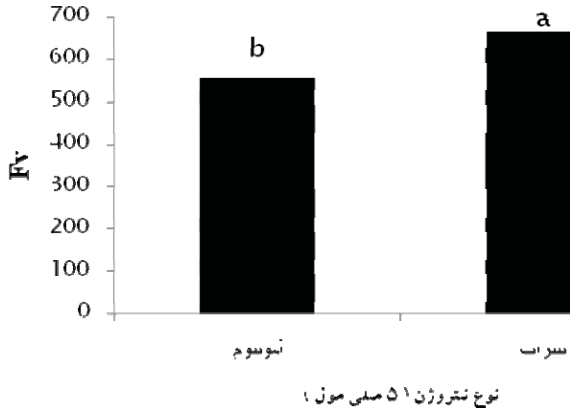
کلروفیل فلورسانس

نتایج نشان داد که تاثیر تیمارهای اعمال شده بر فلورسانس حداقل معنی‌دار نشد، اما اثر نوع نیتروژن بر فلورسانس حداکثر و فلورسانس متغیر و نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر معنی‌دار بوده و آمونیوم باعث کاهش این پارامترها گردید (شکلهای ۱، ۲ و ۳). گزارش‌های متفاوتی در این زمینه وجود دارد. روستا و همکاران (۱۷) گزارش کردند که نوع نیتروژن تاثیری بر کلروفیل فلورسانس خیار ندارد که با نتایج ما در این تحقیق مطابقت نداشت. اما اثر نوع نیتروژن بر کلروفیل فلورسانس در گیاه سالوینیا ناتانس (*Salvinia natans*) معنی‌دار شده است به طوری که در این آزمایش در محیط

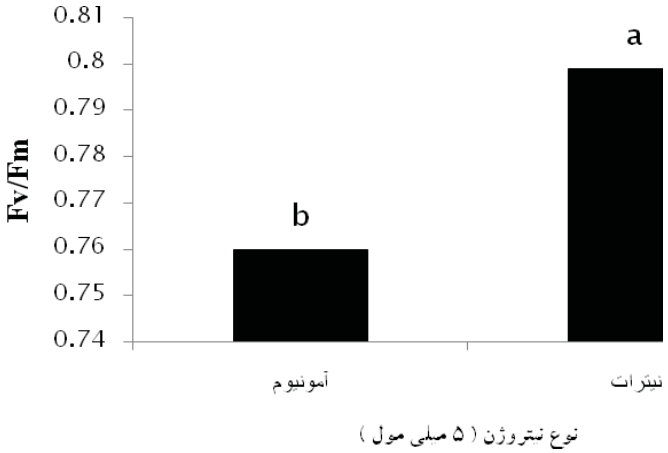
آمونیوم نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر کاهش یافت، اگرچه در پسته نوع نیتروژن تاثیری بر این نسبت نداشت (۵). با افزایش مقدار فتوسنتز میزان فلورسانس متغیر به حداکثر افزایش پیدا می‌کند. وقتی تنشی به دستگاه فتوسنتزی گیاه وارد شود فلورسانس متغیر کاهش می‌یابد که منجر به کاهش نسبت Fv/Fm می‌گردد.



شکل ۱- اثر تیمار نوع نیتروژن بر فلورسانس حداکثر کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۲- اثر تیمار نوع نیتروژن بر فلورسانس متغیر کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۳- اثر تیمار نوع نیتروژن بر نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

این نسبت همبستگی خوبی با عملکرد کوانتومی فتوسنتز دارد و اندازه‌گیری آن به درک بهتر فرآیندهای فتوسنتز کمک می‌کند (۳). به نظر می‌رسد کاهش این نسبت در تیمار آمونیوم نشان دهنده تنش و کاهش فتوسنتز در آنها باشد.

پرولین

تاثیر تیمارهای اعمال شده بر غلظت پرولین برگ کاهو (شکل ۴) نشان می‌دهد که آمونیوم موجب افزایش آن گردیده است، اما سطوح مختلف اکسیژن و اثر متقابل آن با نوع نیتروژن تاثیر معنی‌داری نداشت. تجمع پرولین در برگها نشان می‌دهد که گیاهان در محیط آمونیوم تحت تنش قرار دارند.

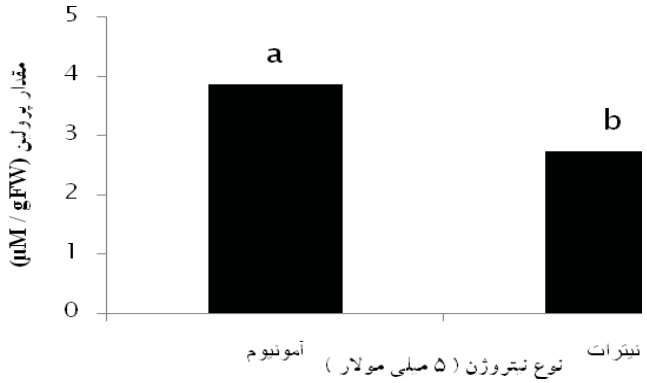
سبزینگی (Spad)

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که آمونیوم موجب افزایش معنی‌دار سبزینگی برگ گردیده است (شکل۵). همچنین سطوح پائین اکسیژن موجب افزایش سبزینگی برگ گردید (شکل ۶).

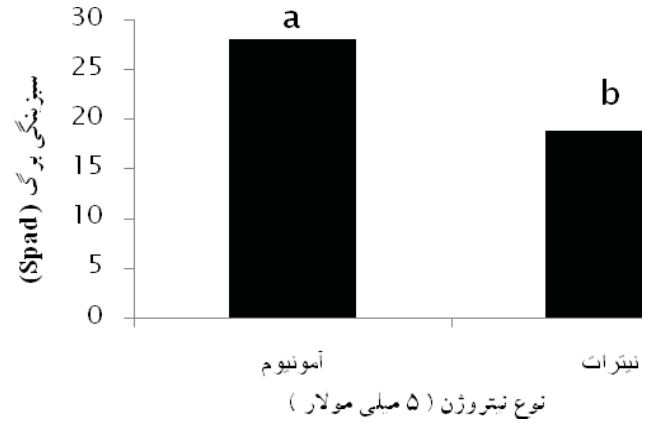
کلارک و همکاران (۲۰) گزارش کردند که مقدار سبزینگی برگ آزالیا در محیط آمونیوم به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان رشد کرده در محیط نیترات بالاتر بود که در مورد گوجه‌فرنگی نیز این گونه بود که با نتایج ما همخوانی دارد. ودنیک و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند که کمبود اکسیژن به مدت ۷ روز تاثیری بر روی سبزینگی برگ ذرت نداشت. در حالیکه سویای غرقاب شده سبزینگی برگ کمتری داشت که با نتایج ما همخوانی نداشت (۱۸).

رنگیزه‌های گیاهی

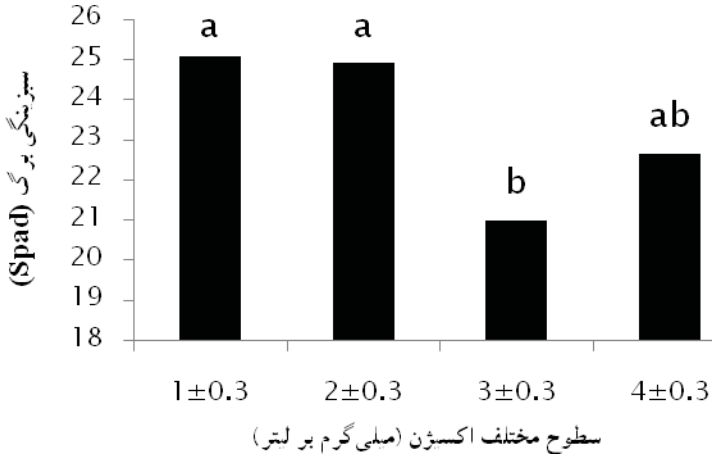
نتایج نشان می‌دهد که میزان کلروفیل a و b و کارتنوئیدها در گیاهانی که از آمونیوم به عنوان تنها منبع تامین کننده نیتروژن استفاده کردند افزایش یافته است (شکلهای ۷، ۸ و ۹). همچنین سطوح پائین اکسیژن باعث افزایش غلظت کلروفیل b کاهو گردیده است، اگر چه تاثیر آن بر غلظت کلروفیل a و کارتنوئیدها روند مشخصی را دنبال نمی‌کرد.



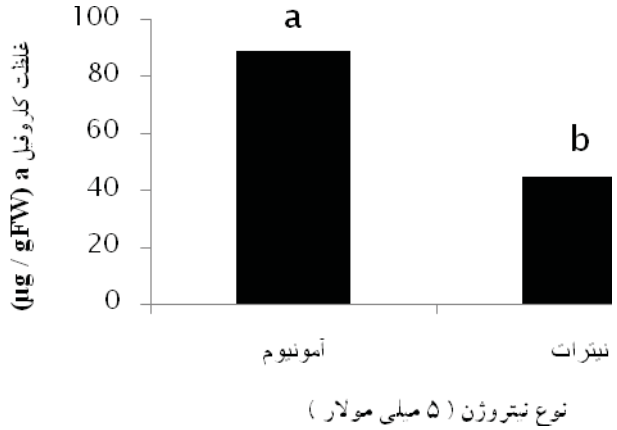
شکل ٤- اثر تیمار نوع نیتروژن بر مقدار پرولین کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



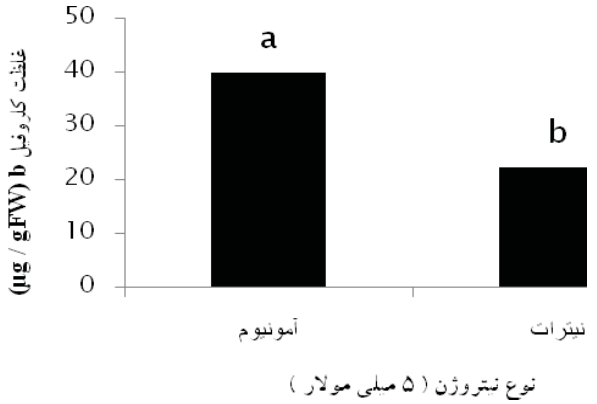
شکل ۵- اثر تیمار نوع نیتروژن بر سبزینگی (Spad) برگ کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ٦- اثر سطوح مختلف اکسیژن بر سبزینگی (Spad) برگ کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۷- اثر نوع نیتروژن بر مقدار کلروفیل a در برگ کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

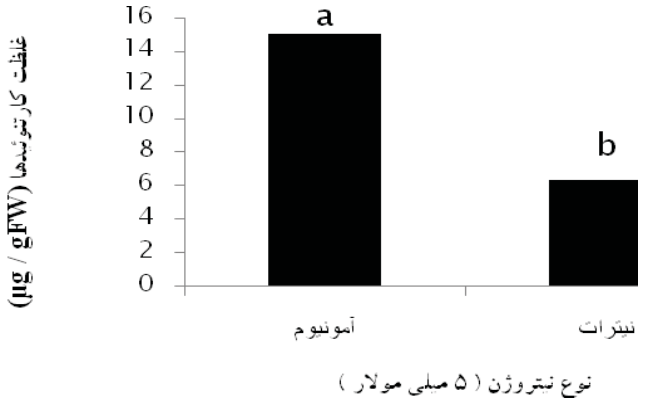


شکل ۸- اثر تیمار نوع نیتروژن بر مقدار کلروفیل b در برگ کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

محمدی (۵) گزارش کرد کاربرد کودهای آمونیومی و نیتراتی تاثیری بر غلظت کلروفیل a و b پسته ندارد. در حالیکه مقدار کلروفیل a و b و کارتنوئیدها در خیار و سالوینیا ناتانس در محیط آمونیوم نسبت به نیترات بالاتر بود (۱۲ و ۱۷) که نتایج ما با آن مطابقت دارد. کمبود اکسیژن در محیط آمونیوم تاثیری بر غلظت کلروفیل b سالوینیا ناتانس نداشت، اما در محیط نیترات موجب کاهش غلظت کلروفیل b گردید (۱۲).

آهن

بررسی نتایج حاصله نشان می‌دهد که غلظت آهن برگ در محیط نیترات نسبت به آمونیوم بالاتر است ولی غلظت آهن ریشه تحت تاثیر نوع نیتروژن قرار نگرفت. همچنین سطوح بالای اکسیژن موجب افزایش غلظت آهن در برگ و ریشه گردید (شکل ۱۰ و جدول ۱). اثر متقابل تیمارها نشان می‌دهد که سطوح بالای اکسیژن موجب افزایش غلظت آهن برگ در محیط نیترات گردیده اما در آمونیوم تاثیری نداشت. زو و همکاران (۲۵) نشان دادند که در محیط نیترات غلظت آهن در ریشه ذرت افزایش یافت. در صورتی که در خیار نوع نیتروژن تاثیری بر غلظت آهن برگها و ریشه نداشت (۱۷). اما مقدار آهن برگ آزالیا (مقاوم به آمونیوم) در محیط آمونیوم نسبت به نیترات بالاتر بود، اگر چه مقدار آن در ساقه و ریشه تحت تاثیر نوع نیتروژن قرار نگرفت (۱۱). سولیوان و همکاران (۲۰) مشاهده کردند که غرقاب باعث افزایش میزان آهن در برگ سویا گردید در حالی که کمبود کوتاه‌مدت اکسیژن تاثیری بر غلظت آهن اندامهای ترتیزک آبی نداشت (۱۰). از آنجا که Fe^{2+} بهترین شکل قابل جذب آهن می‌باشد، آهن موجود در کلاتها و یا کمپلکس‌های آهن سه ظرفیتی، بایستی توسط سلولهای ریشه احیاء شود. نتایج آزمایشات آنزیمی انجام شده با استفاده از قطعات خالص شده غشای پلاسمائی گوجه فرنگی و بارهنگ برای احیای کلات Fe^{3+}، نشان می‌دهد که $NAD^+/NADH$ به طور مستقیم مسئول دهندگی الکترون به کلاتهای آهن سه ظرفیتی و تبدیل آنها به آهن دو ظرفیتی می‌باشد (۲). از طرفی به نظر می‌رسد میزان انتقال الکترون در فتوسنتز در گیاهان تغذیه شده با نیترات کمتر تحت تاثیر کمبود اکسیژن قرار می‌گیرند (۱۲).

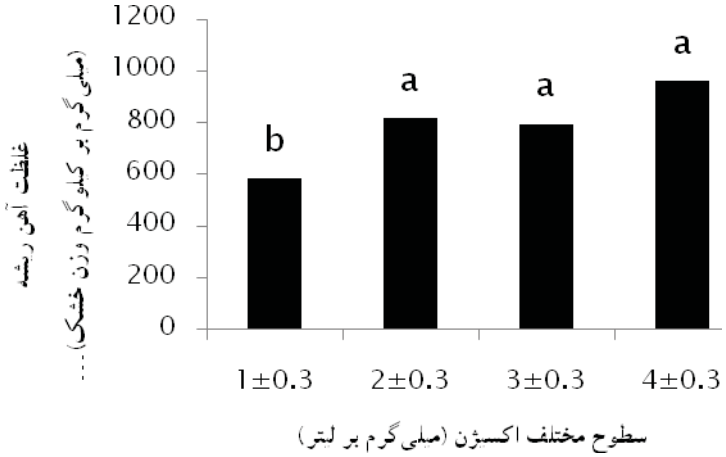


شکل ۹- اثر تیمار نوع نیتروژن بر مقدار کارتنوئیدهای برگ کاهو. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

جدول ۱- اثر متقابل نوع نیتروژن و سطوح اکسیژن بر غلظت آهن اندام 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
	Fe (mg/kgDW)			
آمونیوم	۳۴/۵۷ c	۴۳/۷ c	۴۰/۰۷ c	۴۴/۴c
نیترات	۴۸/۳۷ c	۴۴/۳۳c	۶۸/۴۳ b	۸۷/۳۳a

حروف متفاوت روی ستون‌ها نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۱۰- اثر سطوح اکسیژن بر غلظت آهن ریشه کاهو. حروف متفاوت نشانه تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

یک تفسیر احتمالی برای این موضوع این است که نیترات به عنوان جایگزین دریافت کننده الکترون در سیکل غیر چرخه‌ای انتقال الکترون در کلروپلاستها عمل کرده و انتقال الکترون را به PSII افزایش می‌دهد و در نتیجه ATP لازم را برای فرایندهای متابولیکی (نظیر جذب فعال عناصر) توسط گیاهان فراهم می‌کند (۱۲).

منابع

۱- امامی ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲.

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

۳- لمبرز ح.، چاپین ف.س. و پونز ت.ل. ۱۹۹۸. اکوفیزیولوژی گیاهی. مترجمان: کوچکی ع و زند ا و بنایان اول م و رضوانی مقدم پ و مهدوی دامغانی ع و جامی الاحمدی م و وصال س. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

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

۵- 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.

6- Bates S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205–207.

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

8- Britto D.T., and Krounzucker H.J. 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants. Journal of Plant Physiology, 159: 567–584.

9- Britto D.T., Glass A.D.M., Kronzucker H.J., and Siddiqi M.Y. 2001. Cytolsolic concentration and transmemberane fluxes of NH_4^+/NH_3^-. An examination of recent proposals. Plant Physiol. 125:523-526.

10- Chorianopoulou S.N., and Bouranis D.L. 2004 Alterations in short-term effect of oxygen deficiency on iron, manganese, zinc, and copper homeostasis within fool's watercress organs during development. Journal of plant nutrition, 157:

11- 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, Vol. 26, No. 12, 2503-2520.

12- 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, 1-7.

13- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, New York.

14- Mielke M.S., Almeida A.F., Gomes F.P., Aguilar M.A.G., and Mangabeira P.A.O. 2003. Leaf gas exchange chlorophyll fluorescence and growth responses of genipa americana seedlings to soil flooding. Environmental and Experimental Botany, 50: 221–231.

15- Pezeshki S.R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. Environ. Environmental and Experimental Botany, 46: 299–312.

16- 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, 30:1933-1951.

17- 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.
18- Sallam A., and Scott H.D. 1987. Effects of prolonged flooding on soybeans during early vegetative growth. Soil Science, 144. No. 1: 61-66.
19- Sanchez E., Ruiz J.M., and Romero L. 2002. Proline metabolism in response to nitrogen toxicity in fruit of french bean plants (Phaseolous vulgaris l. CV Strike). Scientia Horticulturae, 93: 225-233.
20- Sullivan M., VanToai T.T., Fausey N., Beuerlein J., Parkinson R., and Soboyejo A. 2001. Evaluating on-farm flooding impacts on soybean. Crop Science, 41: 93–100.
21- Yoshida S., Kitano M., and Eguchi H. 1997. Growth of lettuce plants (*Lactuca Sativa L.*) under control of dissolved O_2 concentration in hydroponics. Biotronics, 26: 39-45.
22- Vodnik D., Strajnar P., Jemc S., and Macek I. 2009. Respiratory potential of maize (*Zea mays* L.) roots exposed to hypoxia. Journal of Environmental and Experimental Botany, 65: 107-110.
23- 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.
24- Wolt J. 1994. Soil solution chemistry: applications to enviromental science and agriculture. John willy and Sonse. New york.
25- Zou C., Shen J., Zhang F., Guo S., Rengel Z. and Tang C. 2001. Impact of nitrogen form on iron uptake and distribution in maize seedlings in sollution culture. Plant Soil, 235: 143-149.