نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۴۴۲-۴۳۴
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 25, No. 4, Winter 2012, P. 434-442
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر فرم نیتروژن بر عکس‌العمل لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris* cv. Alpha) نسبت به تیمار $NaHCO_3$ در کشت هیدروپونیک

نجمه رسولی[۱]- حمیدرضا روستا[۲*]- محمدحسین شمشیری[۳]

تاریخ دریافت:۹۰/۱/۱۵
تاریخ پذیرش:۹۰/۹/۷

چکیده

با توجه به اینکه نیتروژن، یکی از اصلی‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد که چگونگی رشد و بازدهی گیاهان به آن بستگی دارد و از طرفی نیز بیشتر منابع آب و خاک ایران آهکی هستند، این پژوهش به منظور بررسی اثر متقابل غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و نوع نیتروژن در لوبیا سبز در سیستم آبکشت در قالب آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، یکی غلظت بی‌کربنات سدیم (۰، ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌مولار) و دیگری دو فرم نیتروژن (آمونیوم و نیترات) انجام گرفت. نتایج نشان داد که آمونیوم در مقایسه با نیترات رشد رویشی را کاهش داد از طرفی بی‌کربنات سبب تشدید اثر سمّیّت آمونیوم و کاهش رشد رویشی شد. آمونیوم همچنین میزان گلدهی و تولید نیام را نسبت به نیترات افزایش داد. در محلول غذایی حاوی نیترات اضافه شدن بی‌کربنات باعث کاهش رشد زایشی گیاهان لوبیا سبز شد که می‌تواند به دلیل اثر تجمعی بی‌کربنات و نیترات بر روی افزایش pH محلول غذایی باشد.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، بیکربنات، تغذیه گیاه، قلیاییت، نیترات

مقدمه

نیترات و آمونیوم، منابع عمده‌ی نیتروژن معدنی هستند که به وسیله ریشه‌های گیاهان عالی جذب می‌شوند (۵). گیاهان می‌توانند یون‌های نیترات و آمونیوم را جذب کنند اما، بسیاری از گونه‌ها قادر نیستند با آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن رشد بهینه‌ای داشته باشند (۷ و ۱۶). در ریشه‌ها، بخش زیادی از آمونیوم باید وارد ترکیبات آلی شوند. زیرا آمونیوم و به ویژه ماده تعادلی آن، یعنی آمونیاک، در غلظت‌های اندک سمّی هستند. تشکیل اسیدهای آمینه، آمیدها و ترکیباتی از این گونه مسیری عمده در از میان بردن سمّیّت یون‌های آمونیومی هستند که به وسیله‌ی ریشه جذب شده‌اند و یا از احیاء نیترات و تثبیت گاز ازت بوجود آمده‌اند (۳). با وارد شدن ملکول آمونیوم در ساختمان مواد آلی، این ماده از شکل سمی خارج شده و در نتیجه سمیت آن از بین می‌رود (۱۶). مراحل عمده‌ی مصرف یون‌های آمونیومی که به ریشه‌ها داده شده‌اند، جذب به درون سلول‌های ریشه و ورود آن‌ها به درون اسیدهای آمینه، آمیدها و رهاشدن هم زمان پروتون‌ها به محیط ریشه برای جبران بار الکتریکی است. آمونیاک جذب شده به صورت اسیدهای آمینه، آمیدها و ترکیبات همانند، به شاخه‌ها انتقال می‌یابد (۱۲ و ۱۵). آسیمیلاسیون آمونیوم در ریشه‌ها به علّت نیاز به اسکلت‌های کربنی، برای ساختن اسیدهای آمینه و آمیدها، به میزان بالایی قند نیاز دارد. جابه‌جایی آمونیاک جذب شده در موادآلی از ریشه‌ها به ساقه‌ها، به طور عمده و یا تنها در درون آوند چوبی انجام می‌گیرد (۱۱).

سمّیّت آمونیاک ممکن است مربوط به نفوذ سریع آن به درون غشاهای زنده باشد. نیترات در آوند چوبی حرکت می‌کند و برای این که به ساختمان‌های آلی وارد شود و نقش اساسی خود را، به عنوان ماده غذایی گیاه بازی کند، باید به آمونیاک احیاء شود (۱۱). گیاهانی که با خاک‌های با pH بالا و آهکی سازگار شده‌اند، جذب نیترات را در اولویت قرار می‌دهند. آمونیوم نسبت به نیترات، سریع‌تر جذب می‌شود و انرژی کمتری برای آسیمیلاسیون در گیاه نیاز دارد. کاربرد توأم آمونیوم و نیترات می‌تواند سمّیّت آمونیوم را همانند کاربرد کودهای پتاسیمی کاهش دهد (۴ و ۱۶).

کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها عمومی‌ترین و مهم‌ترین ترکیبات قلیائی هستند. بی‌کربنات یونی است که به صورت فراوان در خاک‌های

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)

Archive of SID
www.SID.ir

آهکی یافت می‌شود و یک فاکتور تحریک کننده اصلی کمبود آهن است که در بسیاری از محیط‌های کشت اتفاق می‌افتد (۲۱). میزان کمبود ریزمغذی‌ها مخصوصا آهن در برگ‌ها در خاک‌های قلیایی مسأله‌ای جهانی در تولید محصولات کشاورزی است (۱۱). به طور کلی عامل عمده بروز علائم کمبود آهن (کلروز)، مصرف نامتعادل کودها، نبود تهویه مناسب، کیفیت پائین آب آبیاری، عدم رعایت مصرف بهینه کود و آب، حضور یون‌های کربنات و بی‌کربنات و آهک فراوان می‌باشد (۱ و ۶). قلیائیت آب مصرفی برای آبیاری محصولات گلخانه‌ای یک نگرانی عمده ایجاد کرده، زیرا تاثیر زیان‌آوری بر روی تغذیه و رشد گیاهان دارد. بی‌کربنات اثرات مضری بر ظرفیت احیاء آهن دارد و در آپوپلاست ریشه با تحت تأثیر قرار دادن فعالیت Fe-ریدوکتاز، بازدارنده احیاء آهن می‌باشد (۲۷ و ۲۸). در پژوهشی که توسط یانگ و همکاران (۲۶) صورت گرفت، افزایش غلظت بی‌کربنات تا ۱۶۰ میلی مولار در گیاه هالوفیت *Chloris virgata* سبب کاهش پارامترهای فتوسنتزی (فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای) نشد ولی با افزایش غلظت بی‌کربنات از ۱۶۰ میلی‌مولار پارامترهای فتوسنتزی شروع به کاهش کرد. با استفاده از کودهای آمونیومی برای تامین نیتروژن گیاه، امکان اسیدی کردن pH محیط رشد وجود دارد (۱۴). آمونیوم با دو مکانیسم سبب اسیدی شدن محیط ریشه می‌شود. در یک مکانیسم گیاه یون آمونیوم را جذب کرده و پروتون را به ریزوسفر رها می‌کند. مکانیسم دیگر تبدیل یون آمونیوم به یون نیترات به وسیله باکتری‌های خاکزی است که باعث اسیدی شدن می‌شوند. البته باید توجه داشت که یون آمونیوم بیش از اندازه در کودهای شیمیایی مورد استفاده نیز می‌تواند سمّی باشد، که این سمّیّت بوسیله اسیدی کردن بیش از اندازه یا افزایش فرم سمّی آمونیاک (NH_3) در اثر pH بالای محیط ریشه ایجاد می‌شود (۱۳ و ۱۶). با توجه به آهکی بودن بسیاری از خاک‌ها و قلیائیت منابع آبی کشور و تأثیر آن بر رشد گیاهان و همچنین با توجه به اثر متفاوت آمونیوم و نیترات بر pH محیط کشت گیاه پژوهش زیر جهت بررسی برهمکنش بین منابع نیتروژن و بیکربنات انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر متقابل غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و نوع نیتروژن در لوبیا سبز در سیستم آبکشت آزمایشی در قالب فاکتوریل با دو فاکتور، یکی غلظت بی‌کربنات سدیم (۰، ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌مولار) و دیگری دو فرم نیتروژن (آمونیوم و نیترات) و طرح پایه کاملا تصادفی در گلخانه هیدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان انجام گرفت. بذرهای لوبیا سبز رقم آلفا ابتدا درون گلدان‌های یونولیتی حاوی پرلایت کاشته شدند و پس از دو هفته محلول‌دهی نشاءهای یکنواخت انتخاب و به گلدان‌های چهار لیتری مجهز به سیستم هوادهی انتقال داده شدند. درون هر گلدان چهار گیاه قرار گرفت و به گلدان‌ها عناصر پرمصرف شامل مونو پتاسیم فسفات (۰/۲ میلی‌مولار[1])، سولفات پتاسیم (۰/۲ میلی‌مولار)، سولفات منیزیم (۰/۳ میلی‌مولار) و کلرید سدیم (۰/۱ میلی‌مولار) اضافه شد. عناصر کم‌مصرف نیز به صورت کلات آهن (۲۰ میکرومولار، Fe-EDDHA)، سولفات منگنز (۷ میکرومولار)، کلریدروی (۰/۷ میکرومولار)، سولفات مس (۰/۸ میکرومولار)، اسیدبوریک (۲ میکرومولار)، مولیبدات سدیم (۰/۸ میکرومولار) بکار رفت (۱۶). بسته به تیمار مورد استفاده، نیتروژن به دو صورت سولفات آمونیوم (۵ میلی‌مولار)، یا نیترات کلسیم (۵ میلی‌مولار) افزوده شد. محلول غذایی درون گلدان‌ها به صورت دوره‌ای هر هفته عوض شد. پس از اتمام تولید گل و نیام برداشت گیاهان به صورت کامل انجام شد.

فاکتورهای رویشی و زایشی مورد نظر برای اندازه‌گیری شامل: تعیین ارتفاع ساقه و طول ریشه که هر یک از موارد فوق با خط‌کش اندازه‌گیری شد و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری سطح برگ؛ برگ را با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل CI-202 ساخت کشور آمریکا اسکن کرده و سطح برگ بر اساس سانتی‌متر مربع به دست آمد. تعداد برگ کل نیز در زمان برداشت شمارش و یادداشت شد. تعداد گل و نیام در گیاهان در سه مرحله گیاهان ۴۵ روزه، ۴۸ روزه و۶۲ روزه، شمارش شد. نیام‌های قابل برداشت پس از برداشت توزین و خشک شده و برای انجام آزمایشات و مراحل دیگر طرح، نگهداری می‌شدند. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام‌های گیاه؛ در پایان آزمایش اندام‌های گیاه برداشت و توزین شدند. سپس نمونه‌ها درون آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد، برای مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. آنالیز داده‌های آماری حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

وزن تر و خشک گیاه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر بی‌کربنات و برهمکنش آن با نوع نیتروژن بر وزن تر و خشک اندام هوایی، ریشه و نیام، سطح برگ و تعداد میانگره از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در صورتیکه اثر نیتروژن فقط بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، سطح برگ و تعداد میانگره معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌های وزن تر اندام هوایی نشان می‌دهد که میزان وزن تر اندام

۱- به استثنای کودهای نیتروژنه که غلظت بر اساس عنصر نیتروژن می‌باشد، بقیه ارقام داخل پرانتز مربوط به غلظت کودها می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

هوایی در هر دو تیمار نیترات و آمونیوم با افزایش میزان بی‌کربنات کاهش یافته یعنی هر چه غلظت بی‌کربنات موجود در محلول بیشتر شده میزان وزن تر اندام هوایی کاهش بیشتری داشته به این صورت که کمترین وزن اندام هوایی در دو تیمار نیترات و آمونیوم مربوط به بی‌کربنات ۱۵ و بعد ۵ میلی‌مولار می‌باشد که این اختلافها معنی‌دار بودند (جدول ۱). از طرفی بیشترین وزن تر اندام هوایی در گیاهان تیمار شده با نیترات متعلق به بی‌کربنات صفر می‌باشد، در صورتی‌که در گیاهان تیمار شده با آمونیوم بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به بی‌کربنات یک میلی‌مولار است. از طرفی همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، وزن تر اندام هوایی در تیمار نیترات به میزان چشمگیری بیشتر از تیمار آمونیوم می‌باشد. در مورد وزن خشک اندام هوایی با توجه به داده‌های به دست آمده در جدول ۱ همان روند کلی کاهش در وزن تر را در وزن خشک اندام هوایی نیز مشاهده می‌کنیم.

با توجه به نتایج موجود در جدول ۱ اختلاف معنی‌داری بین وزن تر ریشه در گیاهان تیمار شده با نیترات و گیاهان تیمار شده با آمونیوم وجود داشت. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان وزن تر ریشه در گیاهان تیمار شده با نیتروژن نیتراتی بیشتر از گیاهان تیمار شده با نیتروژن آمونیومی است. همچنین با افزایش غلظت بی‌کربنات در هر دو نوع تیمار نیتروژنی یک روند کلی در کاهش وزن تر ریشه مشاهده شد و تنها مورد استثناء در مورد غلظت یک میلی‌مولار بی‌کربنات در تیمار آمونیوم بود که افزایش وزن تر را نسبت به تیمار صفر ایجاد کرد و کمترین وزن تر ریشه متعلق به تیمار ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات در تیمار آمونیوم بود. در مورد وزن خشک ریشه نیز نتایج مشابهی بدست آمد (جدول ۱). نتایج تجزیه و تحلیل آماری وزن تر نیام همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود نشان‌دهنده کاهش تولید نیام با افزایش غلظت بی‌کربنات می‌باشد، هر چند در تیمار آمونیوم اختلاف فقط در غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات معنی‌دار شده که کمترین میزان تولید نیام در هر دو تیمار نیترات و آمونیوم است و بقیه داده‌ها تقریبا با اختلافات خیلی کم در یک محدوده می‌باشند. در مورد تیمار نیترات در ابتدا افزایشی در تیمار یک میلی‌مولار بی‌کربنات دیده شد و در ادامه با افزایش غلظت، کاهش محصول را داشتیم که البته بیشترین وزن تر نیام نیز در این تیمار و در غلظت یک میلی‌مولار بی‌کربنات وجود داشت. در مورد وزن خشک نیام نیز نتایج تقریبا مشابهی بدست آمد (جدول ۱).

نتایج (جدول ۱) نشان می‌دهد به طور کلی سطح برگ گیاهان پرورش یافته در نیتروژن نیتراتی، در همه غلظت‌های مختلف تیمار بی‌کربنات، بیشتر از غلظت‌های مشابه بی‌کربنات در گیاهان پرورش یافته در نیتروژن آمونیومی است و در هر دو تیمار آمونیوم و نیترات یک روند کاهش سطح برگ را با افزایش غلظت بی‌کربنات مشاهده می‌کنیم که تنها مورد استثناء آن غلظت یک میلی‌مولار بی‌کربنات نیتروژن آمونیومی می‌باشد که نسبت به غلظت صفر افزایش کمی در سطح برگ نشان می‌دهد. بیشترین میزان سطح برگ متعلق به تیمار صفر بی‌کربنات در نیتروژن نیتراتی و کمترین میزان سطح برگ در تیمار ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات در نیتروژن آمونیومی است. نتایج موجود در جدول ۱، نشان دهنده این موضوع می‌باشند که در هر دو تیمار نیتروژنی با افزودن غلظت یک میلی‌مولار بی‌کربنات، تعداد میان‌گره افزایش یافته، اما با اضافه کردن غلظت‌های بیشتر تعداد میان‌گره شروع به کاهش می‌کند. هر چند که اختلاف‌های کمی در بین دو تیمار نیتروژن دیده می‌شود و با توجه به جدول مشخص است که تعداد میان‌گره‌ها در تمام غلظت‌ها به جز یک میلی‌مولار بی‌کربنات تیمار نیترات بیشتر از نیتروژن آمونیومی است، و بیشترین تعداد میان‌گره در غلظت یک میلی‌مولار در هر دو نوع تیمار نیتروژن مشترک است و کمترین تعداد میان‌گره در تیمار آمونیوم و با غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات مشاهده می‌شود.

اثر متقابل نوع نیتروژن و بی‌کربنات بر تخصیص مواد به اندام‌های لوبیا سبز

در شکل ۱ درصد وزن خشک ریشه، اندام هوایی و نیام از کل گیاه در محلول‌های غذایی مختلف دیده می‌شود. همان طور که مشاهده می‌شود در تیمار آمونیوم با افزایش غلظت بی‌کربنات وزن خشک نیام درصد بیشتری از وزن خشک کل گیاه را تشکیل می‌دهد و این نشان دهنده کاهش شدید رشد رویشی اندام هوایی و همچنین ریشه گیاهان پرورش یافته در تیمار آمونیوم می‌باشد و این مطلب بیشتر از بقیه در تیمار ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات و کود آمونیومی دیده می‌شود. در مورد نسبت وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاهان تیمار شده با نیتروژن نیتراتی همان طور که دیده می‌شود با افزایش غلظت بی‌کربنات به ۱۵ میلی‌مولار درصد وزن خشک ریشه به درصد وزن خشک کل گیاه ۲۰ درصد افزایش یافته و بیشترین درصد کاهش را در وزن خشک اندام هوایی می‌بینیم. وزن خشک نیام نیز کاهش دارد که این کاهش از تیمار ۵ میلی‌مولار بی‌کربنات شروع شد. در مقایسه کل بین دو تیمار نیتروژنی می‌بینیم که در غلظت صفر میلی‌مولار بی‌کربنات وزن خشک ریشه در هر دو تیمار تقریبا برابر است و تفاوت اصلی بین درصد وزن خشک اندام هوایی و نیام می‌باشد، که نیتروژن نیتراتی باعث شده تا وزن خشک اندام هوایی نسبت به نیتروژن آمونیومی بیشتر باشد. در صورتی که در نیتروژن آمونیومی وزن خشک نیام نسبت به نیتروژن نیتراتی بیشتر است.

در مورد غلظت‌های ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات نیز تقریبا شرایط مشابه با غلظت صفر بی‌کربنات است و تنها تفاوت در افزایش نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در تیمار نیتروژن نیتراتی است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- اثر متقابل نوع نیتروژن و بی‌کربنات بر رشد رویشی و زایشی در گیاه لوبیا سبز

نوع نیتروژن (۵ mM)	بی‌کربنات mM	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر نیام (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک نیام (گرم)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)	تعداد میانگره
آمونیوم	۰	۲۳/۰۵±۲/۳۹^{cd}	۱۹/۹۴±۱/۸۰^{bc}	۱۷/۸۷±۰/۹۴^{bc}	۷/۱۹±۰/۷۸^{cd}	۲/۴۲±۰/۰۸^{b}	۲/۶۳±۰/۲۰^{c}	۳۶/۲۴±۳/۳۱^{bc}	۹/۳۳±۰/۳۳^{b}
	۱	۳۱/۴۹±۱/۴۰^{bc}	۲۵/۵۱±۱/۳۷^{ab}	۱۷/۹۳±۰/۸۹^{bc}	۹/۵۱±۰/۵۵^{bc}	۲/۶۵±۰/۳۳^{b}	۳/۲۵±۰/۱۲^{abc}	۳۹/۸۰±۰/۱۸^{b}	۱۱/۰۰±۰/۰۰^{a}
	۵	۱۶/۹۰±۳/۲۸^{d}	۱۴/۱۸±۳/۱۵^{c}	۱۶/۰۰±۰/۴۸^{c}	۵/۴۳±۱/۰۷^{de}	۲/۲۲±۰/۲۵^{b}	۲/۹۷±۰/۳۳^{bc}	۱۶/۹۸±۷/۵۵^{d}	۷/۶۷±۰/۳۳^{c}
	۱۵	۲/۸۷±۱/۰۵^{e}	۱/۹۴±۰/۵۵^{d}	۱/۰۷±۰/۰۸^{f}	۰/۷۷±۰/۲۴^{f}	۰/۳۲±۰/۰۳^{c}	۱/۲۵±۰/۱۲^{de}	۶/۹۶±۰/۲۲^{e}	۵/۰۰±۰/۰۰^{e}
نیترات	۰	۶۳/۸۶±۱۰/۴۹^{a}	۳۳/۵۰±۵/۷۱^{a}	۱۸/۵۱±۰/۶۲^{b}	۱۸/۲۳±۲/۳۲^{a}	۴/۱۶±۰/۳۵^{a}	۳/۶۶±۰/۳۱^{a}	۵۷/۳۸±۰/۳۸^{a}	۱۰/۳۳±۰/۳۳^{a}
	۱	۶۲/۲۸±۱/۹۷^{a}	۲۸/۸۶±۳/۲۳^{a}	۲۲/۵۹±۱/۰۷^{a}	۱۷/۳۴±۰/۶۰^{a}	۳/۴۵±۰/۱۳^{a}	۳/۵۵±۰/۱۴^{ab}	۴۹/۳۱±۰/۳۶^{a}	۱۱/۰۰±۰/۰۰^{a}
	۵	۴۳/۱۰±۵/۴۶^{b}	۱۸/۲۴±۰/۴۷^{bc}	۱۰/۸۰±۰/۸۸^{d}	۱۰/۷۹±۰/۸۷^{b}	۲/۴۳±۰/۱۹^{b}	۱/۶۹±۰/۲۳^{d}	۳۹/۳۵±۰/۴۴^{bc}	۸/۶۷±۰/۳۳^{b}
	۱۵	۱۶/۸۴±۲/۵۷^{d}	۱۵/۵۷±۱/۸۶^{e}	۳/۹۳±۰/۰۵^{e}	۳/۷۶±۰/۷۲^{ef}	۲/۴۸±۰/۲۷^{b}	۰/۷۱±۰/۱۵^{e}	۲۹/۷۱±۰/۸۴^{c}	۶/۰۰±۰/۰۰^{d}
	df	میانگین مربعات							تیمار
	۱	۴۶۸۴/۲۸**	۴۴۹/۰۲**	۳/۲۵^{ns}	۲۷۷/۹۸**	۹/۰۴**	۰/۰۸^{ns}	۲۱۵۳/۶۶**	۳/۳۷**
	۳	۱۶۹۲/۰۹**	۴۷۴/۳۷**	۳۷۷/۳۴**	۱۵۸/۷۷**	۴/۳۴**	۷/۱۲**	۱۱۰۸/۳۲**	۳۴/۱۵**
	۳	۱۴۷۴/۰۰**	۲۸۸/۴۵**	۱۷۳/۹۸**	۱۱۵/۳۷**	۳/۶۵**	۳/۷۱**	۸۰۸/۴۰**	۸۸/۵۲**
	۱۶	۶۲/۷۲	۲۳/۲۹	۱/۵۸	۳/۴۳	۰/۱۶	۰/۱۳	۲۵/۹۴	۰/۱۶
		۲۴/۵۲	۲۴/۴۷	۹/۲۵	۲۰/۲۹	۱۵/۹۰	۱۵/۱۲	۱۴/۷۷	۴/۷۳

*، ** و ns به ترتیب نشانه معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و غیر معنی دار بودن می باشد.
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
B = بیکربنات، N = نیتروژن

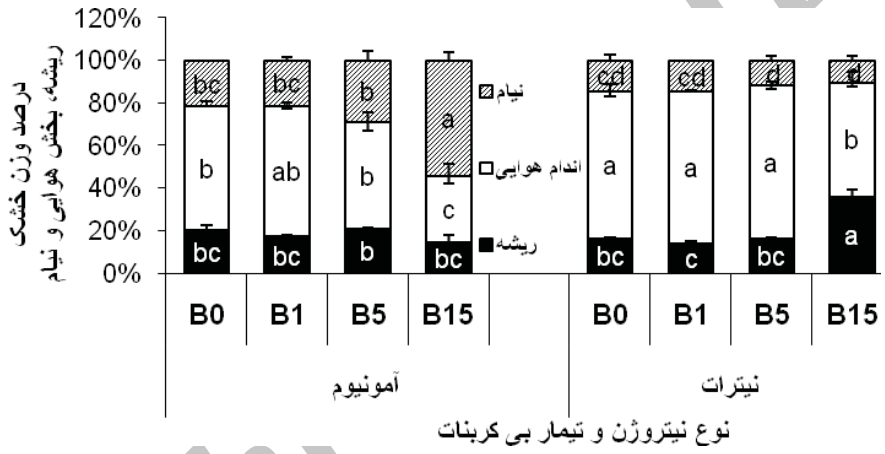
در مورد غلظت ۵ میلی‌مولار بی‌کربنات در نیتروژن آمونیومی مشاهده می‌شود، که با افزایش درصد وزن خشک ریشه و نیام درصد وزن خشک اندام هوایی کاهش دارد، در صورتی که در نیتروژن نیتراتی با افزایش درصد وزن خشک اندام هوایی و کاهش وزن

www.SID.ir

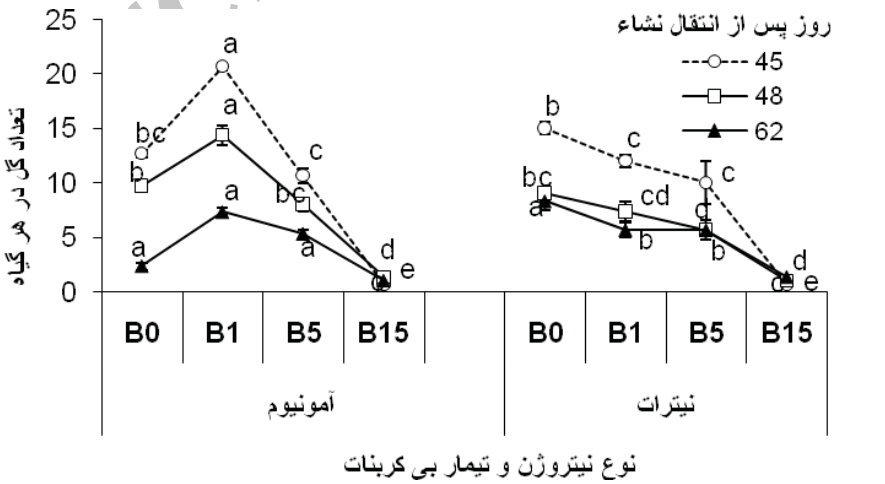
خشک نیام مواجه می‌شویم. تفاوت‌ها در نسبت بین درصد وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاهان در غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات بهتر دیده می‌شود. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در تیمار نیتروژن آمونیومی درصد وزن خشک ریشه و اندام هوایی به شدت کاهش یافته و درصد وزن خشک نیام به درصد وزن خشک کل گیاه افزایش چشمگیری دارد، در صورتی که در نیتروژن نیتراتی درصد وزن خشک ریشه نسبت بیشتری از درصد وزن خشک کل گیاه را در بر دارد و درصد وزن خشک اندام هوایی و نیام کاهش یافته است.

اثر متقابل نوع نیتروژن و بی‌کربنات بر تعداد گل در گیاه لوبیا سبز

تعداد گل در گیاهان در سه مرحله گیاهان ۴۵ روزه، ۴۸ روزه و۶۲ روزه، شمارش شده و نتایج به دست آمده به قرار زیر است. همان طور که مشاهده می‌شود، در تیمار آمونیوم بیشترین تعداد گل مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات می‌باشد و با افزایش غلظت بی‌کربنات تعداد گل‌ها نیز کاهش پیدا کرده، بنابراین ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات در تیمار آمونیوم می‌تواند باعث بهبود گل‌دهی شود (شکل ۲). کمترین گلدهی مربوط به غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات است. همچنین بیشترین تعداد گل را در مرحله زمانی اول یعنی گیاهان ۴۵ روزه می‌بینیم و با گذشت زمان همرا با تشکیل نیام‌ها از تعداد گل‌ها کاسته می‌شود و در مورد نیتروژن نیتراتی همان طور که دیده می‌شود، بیشترین گل‌دهی مربوط به غلظت صفر بی‌کربنات است و با افزایش غلظت بی‌کربنات میزان گل‌دهی در سه مرحله زمانی مختلف تقریبا به یک اندازه کاهش یافته و در نهایت در غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات کمترین میزان گل دهی را در هر سه مرحله زمانی داریم.



شکل ۱- اثر متقابل نوع نیتروژن (۵ میلی‌مولار) و بیکربنات (۰، ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌مولار) بر وزن خشک ریشه، بخش هوایی و نیام لوبیا سبز. حروف متفاوت بین تیمارها (در داده‌های مربوط به اندام گیاهی مشابه) نشانه اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۲- اثر متقابل نوع نیتروژن (۵ میلی‌مولار) و بیکربنات (۰، ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌مولار) بر تعداد گل در گیاه لوبیا سبز. حروف متفاوت بین تیمارها (در داده-های مربوط به روز شمارش گل مشابه) نشانه اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

اثر متقابل نوع نیتروژن و بی‌کربنات بر تعداد نیام در گیاه لوبیا سبز

اثر نوع نیتروژن و غلظت بی‌کربنات بر تعداد نیام در سه فاصله زمانی مشخص در شکل ۳ دیده می‌شود. در نیتروژن آمونیومی بیشترین تولید نیام را در غلظت ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات و در گیاهان ۶۲ روزه و بعد گیاهان ۴۸ روزه و در نهایت در گیاهان ۴۵ روزه داریم و بعد از آن در هر سه مرحله زمانی با کاهش تولید نیام مواجه شده تا اینکه در غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات کمترین تولید نیام را در هر سه مرحله داریم. در مورد نیتروژن نیتراتی نیز در آخرین مرحله شمارش یعنی گیاهان ۶۲ روزه در همه غلظت‌ها تعداد نیام بیشتری داریم و بعد گیاهان ۴۸ روزه و در نهایت کمترین تعداد نیام متعلق به گیاهان ۴۵ روزه است. اما در این گیاهان که با نیتروژن نیتراتی تغذیه شده‌اند، بیشترین تولید نیام در گیاهان ۶۲ روزه متعلق به غلظت صفر بی‌کربنات است. که با افزایش غلظت بی‌کربنات تعداد گل‌ها در این دوره زمانی کاهش یافته اما در ۴۵ روزه بیشترین تولید نیام مربوط به غلظت ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات است. به عبارت دیگر در این مرحله زمانی با افزایش قلیائیت محلول، تولید نیام افزایش و سپس با افزایش بیشتر غلظت بی‌کربنات با کاهش تولید نیام رو به رو می‌شویم و در نهایت در غلظت ۱۵ میلی‌مولار بی‌کربنات میزان تولید نیام در هر سه مرحله شمارش نیام‌ها تقریبا به هم نزدیک بوده و کمترین تعداد نیام‌ها را نیز نشان می‌دهد.

بحث

رشد رویشی

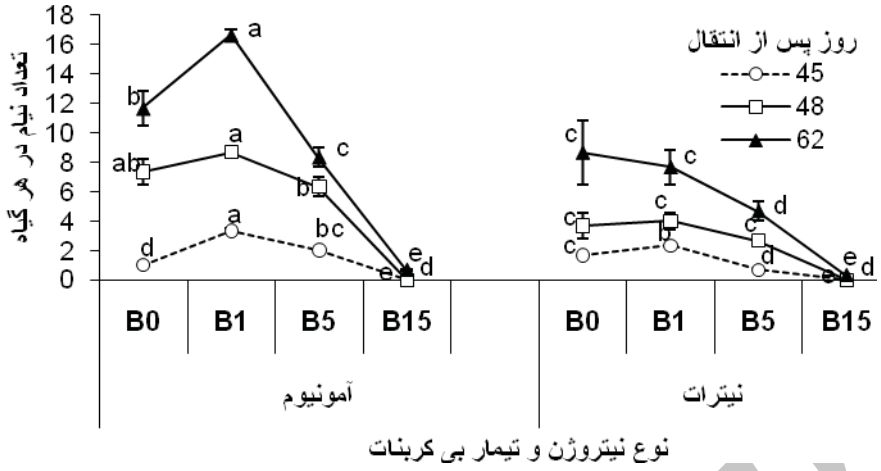
همان‌گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، آمونیوم وزن‌تر اندام هوایی، وزن‌تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه را کاهش داده است که کاهش رشد رویشی توسط آمونیوم را می‌توان به فاکتورهای متفاوتی از جمله اختلالات ناشی از تنظیم pH، اثرات سمیت آمونیاک آزاد، کمبود عناصر معدنی از جمله یون پتاسیم، یون کلسیم و یون منیزیم و محدودیت کربوهیدرات ناشی از مصرف بیش از حد قندهای محلول برای آسیمیلاسیون آمونیوم نسب داد. یون نیترات به علت خاصیت اسمزی باعث کاهش پتانسیل آب در گیاه شده و جذب آب را برای گیاه تسهیل می‌کند (۱۱). در گیاهانی که با آمونیوم به عنوان تنها منبع نیتروژن تغذیه شده‌اند، فقدان نیترات به عنوان یک یون اسمزی مهم و در نتیجه کمبود آب در اثر کاهش جذب آب به عنوان فاکتورهای محدود کننده رشد گزارش شده‌اند. با بسته شدن روزنه‌ها، میزان فتوسنتز و جذب دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش در وزن خشک کل احتمالاً به دنبال کاهش قابل توجه در رشد گیاه، فتوسنتز و ساختار تاج پوشش می‌باشد. طی آزمایش‌های هیدروپونیک در انواع مختلف گیاهان مشاهده شده است که رشد آن‌ها در تغذیه با آمونیوم ضعیف‌تر از تغذیه نیتراتی است. از آنجایی که در این آزمایش‌ها با محلول‌های غذایی ساکن، یعنی محلول‌هایی که غلظت شروع آن‌ها زیاد است، کار می‌کنند، لذا بروز مسمومیّت توسط آمونیوم دور از انتظار نیست (۱۳). رودلف و فوگت (۱۸) در مورد تاثیر منفی غلظت زیاد آمونیوم روی خزه اسفانگوم گزارش داده‌اند. آمونیوم رشد ریشه را کاهش می‌دهد و با این شناخت که میزان مصرف اکسیژن در تغذیه گیاه با آمونیوم افزایش می‌یابد، فقدان اکسیژن در بافت‌های ریشه می‌تواند در کاهش رشد ریشه موثر باشد (۲۳). کرکبی و منگل (۸) مشاهده کردند که افزایش غلظت آمونیوم منجر به تولید اتیلن بصورت خطی در گوجه فرنگی می‌شود و تیوسولفات و دیگر بازدارنده‌های سنتز و فعّالیّت اتیلن، سمیت آمونیوم را کاهش می‌دهند.

روستا و شاقینگ (۱۶) در بررسی پاسخ خیار به آمونیوم به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده کردند که آمونیوم جذب آنیون‌ها را تحریک می‌کند ولی جذب کاتیون‌ها را می‌کاهد که معمولا نتیجه‌ای است که از تعدیل تعادل کاتیون – آنیون در پاسخ به افزایش در جذب آمونیوم که یک کاتیون است بوجود می‌آید.

از طرفی اضافه شدن بی‌کربنات به محلول غذایی حاوی آمونیوم در ابتدا و در غلظت ۱ میلی‌مولار باعث افزایش رشد رویشی گیاهان لوبیا سبز شده است. که این موضوع را می‌توان با اثر بی‌کربنات بر روی تنظیم pH، کاهش سمّیّت آمونیاک سمّی (NH_3) ناشی از pH بالا و همچنین فراهم شدن مقدار بیشتری اسکلت کربنی از تثبیت کربن موجود در بی‌کربنات توسط آنزیم فسفوانول پیروات کربوکسِلاز موجود در ریشه جهت اسیمیلاسیون آمونیوم، مربوط دانست. اما این اثر مثبت بی‌کربنات در غلظت‌های بالاتر از بین رفت و فاکتورهای رویشی شروع به کاهش کردند. در صورتی که در محلول غذایی حاوی نیترات اضافه شدن بی‌کربنات از همان ابتدا باعث کاهش رشد رویشی گیاهان لوبیا سبز شد که می‌تواند به دلیل اثر تجمعی بی‌کربنات و نیترات بر روی افزایش pH محلول غذایی باشد. بی‌کربنات از طریق کاهش حلّالیّت مواد غذایی بر رشد گیاه اثر می‌گذارد. افزایش pH باعث کاهش انتقال بسیاری از عناصر غذایی بخصوص ریزمغذی‌ها به گیاهان شده و در نتیجه علائم کمبود در آن‌ها مشاهده می‌گردد. به طور مثال در pH بالای ۸/۵ میزان قابلیت حلّالیّت عناصری مانند آهن، منگنز، مس و روی کاهش می‌یابد. pHآپوپلاست برگ یک فاکتور خیلی مهم در کنترل قابلیّت در دسترس بودن عناصری از قبیل آهن، منگنز، مس و روی در برگ است. بی‌کربنات نیز نقش مهمی در تغییر pH آپوپلاست برگ دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- اثر متقابل نوع نیتروژن (۵ میلی‌مولار) و بیکربنات (۰، ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌مولار) بر تعداد نیام در گیاه لوبیا سبز. حروف متفاوت بین تیمارها (در داده‌های مربوط به روز شمارش نیام مشابه) نشانه اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

کاهش در غلظت عناصر غذایی تحت بی‌کربنات می‌تواند به علت اثرات بازدارنده بی‌کربنات بر فعّالیّت‌های متابولیکی، اختلال در فعّالیّت ریشه (۲۵)، کاهش در دسترس بودن عناصر غذایی در خاک‌های با pH بالا (۲)، و افزایش در خروج یا انتشار مواد غذایی (۱) باشد. در آزمایشی که بر روی کاهو انجام شد، در گیاهان شاهد نسبت به گیاهان تیمار شده با بی‌کربنات غلظت مواد غذایی اندام‌های هوایی بیشتر بود، اما وقتی گیاهان بوسیله بی‌کربنات تیمار شدند گرایش قابل توجهی به افزایش تجمع مواد غذایی در ریشه‌ها نشان دادند، با این وجود رشد اندام هوایی شدیداً بوسیله قلیائیت آسیب دید (۱۷). برخی پژوهشگران نشان دادند که pH بالای ایجاد شده توسط قلیائیت، اثرات بازدارندگی مستقیم بر رشد برخی گونه‌های حساس از قبیل نخود فرنگی دارد. اگرچه در برخی موارد pH بالا نیست اما افزایش غلظت بی‌کربنات یک فاکتور اصلی در بازدارندگی رشد گیاه به علت اثرات سمّی آن است (۲۲). به طور کلی اغلب اثرات قلیائیت بر رشد گیاه از طریق کاهش در قابلیت حل عناصر توسط افزایش pH که به علت یون بی‌کربنات است ایجاد می‌شود (۹).

در نتایج (جدول، ۴-۱) مشاهده شد آمونیوم، سطح برگ را نسبت به تیمار نیترات کاهش داده است. کاهش سطح برگ ممکن است به علت زردی زودرس برگ‌ها و ریزش آن‌ها در نتیجه تنش باشد. این تنش می‌تواند در اثر سمّیّت ایجاد شده توسط آمونیوم و کاهش جذب آب باشد. کمبود آب موجب کاهش تورگر سلولی و افزایش سنتز آبسیزیک اسید می‌شود، در نتیجه میزان تقسیم و توسعه سلولی کاهش یافته و کاهش تعداد برگ و رشد گیاه را در پی دارد. تنش آبی باعث کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز گردیده که پیامد آن کم شدن ذخیره دی اکسید کربن و کاهش عملکرد ماده‌ی خشک می‌باشد.

آمونیوم رشد و نمو گیاهان را تغییر می‌دهد. به عنوان مثال نسبت ریشه به شاخه و اندازه برگ را کاهش می‌دهد. این تغییرات مورفولوژیکی بعضی وقت‌ها خیلی سریع هستند (در کمتر از ۲۴ ساعت). تجمع غلظت بعضی هورمون‌ها مثل اکسین، سایتوکینین و اتیلن با مصرف آمونیوم تغییر می‌کند. ۶۰ درصد سایتوکینین (زآتین + زآتین ریبوزاید) در شیره چوب گیاه تنباکو که با آمونیوم تغذیه شده تنها بعد از گذشت ۲۴ ساعت از بین می‌رود. کاهش در تعداد و اندازه سلول در برگ‌های گیاه تنباکویی که با آمونیوم تغذیه شده بود نیز توسط سچرر (۲۰) گزارش شده است. اگرچه کاهش سایتوکینین رشد گیاه را کاهش می‌دهد ولی این دلیل خوبی برای سمّیّت آمونیوم نمی‌تواند باشد. به نظر می‌رسد که حضور نیترات مورد نیاز برای برقراری بیوسنتز و یا انتقال سایتوکینین از ریشه به شاخه‌ها در یک سطحی که برای مورفوژنز طبیعی برگ کافی باشد، وجود دارد (۲۰). وان‌ویرن (۲۴) مشاهده کرد که میزان تولید و انتقال سایتوکینین به برگ‌ها در اثر آمونیوم کاهش می‌یابد که می‌تواند به علت نقش مهم سایتوکینین در توسعه برگ‌ها در کاهش رشد برگ نقش داشته باشد. در بررسی که لو و همکارانش (۱۰) بر روی تنباکو انجام دادند مشاهده کردند که گیاهانی که با آمونیوم تغذیه شده بودند سرعت تعرق کمتری داشتند که علت آن را به کاهش سطح برگ نسبت دادند. کلاسن و لنز (۵) نیز در آزمایشی که بر روی زغال اخته، تمشک و توت فرنگی انجام دادند مشاهده کردند که آمونیوم منجر به کاهش سطح برگ شد و متعاقب آن میزان فتوسنتز کاهش یافت. از طرفی اضافه کردن بی‌کربنات به محلول غذایی موجب افزایش قلیائیت محلول می‌شود در نتیجه آمونیوم در pH بالا تبدیل به گاز آمونیاک شده و ریشه‌های گیاهان لوبیا سبز را از بین می‌برد و جذب آب و محلول غذایی کم می‌شود. در کل بی‌کربنات سبب تشدید اثر سمّیّت

Archive of SID

www.SID.ir

آمونیوم و کاهش سطح برگ می‌شود.

رشد زایشی

همان طور که در نتایج (جدول ۱؛ شکل‌های ۲ و ۳) مشاهده شد آمونیوم میزان گلدهی و تولید نیام را نسبت به نیترات افزایش داده است. زمانی که از آمونیوم برای تغذیه گیاه استفاده می‌شود به دلیل سرعت جذب بالا بایستی این نوع نیتروژن بلافاصله بعد از جذب از محلول غذایی سمّیّت زدایی شود، که این عمل منجر به افزایش سنتز ترکیبات نیتروژن آلی می‌شود که ممکن است به ارتقاء تشکیل گل و نیام منجر شود (۵).

کلاسن و لنز (۵) در آزمایشی بر روی بادمجان اثرات نیترات و آمونیوم را بر محصول کل بررسی کردند و مشاهده کردند که با افزایش آمونیوم در محیط کشت میزان محصول کل افزایش می‌یابد ولی نیام‌ها کوچکتر می‌شوند. سرنا و همکاران (۱۹) با آزمایش‌های خود بر روی مرکبات دریافتند با کاربرد آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن میزان محصول (تعداد میوه‌های تولید شده در درخت) نسبت به نیترات و مخلوط نیترات و آمونیوم افزایش می‌یابد.

همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ دیده می‌شود، در تیمار حاوی نیتروژن آمونیومی افزایش غلظت ۱ میلی‌مولار بی‌کربنات، افزایش گلدهی و تولید نیام را در برداشت اما در ادامه با افزودن مقدار بیشتری بی‌کربنات با یک سیر نزولی در گلدهی و تولید نیام رو به رو می‌شویم. این موضوع را نیز مانند رشد رویشی می‌توان با اثر بی‌کربنات بر روی تنظیم pH، کاهش سمّیّت آمونیوم و همچنین فراهم شدن مقدار بیشتری اسکلت کربنی مورد نیاز برای تولید نیام گیاهان، مربوط دانست (۱۶). در صورتی که در محلول غذایی حاوی نیترات اضافه شدن بی‌کربنات از همان ابتدا باعث کاهش رشد زایشی گیاهان لوبیا سبز شد که می‌تواند به دلیل اثر تجمعی بی‌کربنات و نیترات بر روی افزایش pH محلول غذایی باشد و این‌که در حقیقت با اضافه شدن بی‌کربنات به محلول غذایی حاوی نیتروژن نیتراتی این دو اثر یکدیگر را در افزایش pH محلول غذایی تقویت می‌کنند. زیرا رفتار نیترات مشابه رفتار بی‌کربنات یا بعضی بافرهای بیولوژیکی است که از حضور اسید در محیط ریشه جلوگیری می‌کند. از طرفی تیمار آمونیوم به همراه بی‌کربنات موجب افزایش نسبت وزن خشک نیام به ریشه و اندام هوایی در گیاهان لوبیا سبز شد، در حالی که تیمار نیترات به همراه بی‌کربنات وزن خشک ریشه را نسبت به وزن خشک اندام هوایی و نیام افزایش داد که این موضوع می‌تواند به غیر متحرک شدن عناصر غذایی و تجمع آن‌ها در ریشه گیاهان در pH بالا مربوط باشد.

منابع

1- Alhendawi R.A., Romheld V., Kirkby E.A., and Marschner H. 1997. Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth، organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley، sorghum، and maize. Journal of Plant Nutrition, 20: 1731-1735.

2- Alcantara E., Romera F.J., and Canete M. 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe(III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock Nemaguard, Journal of Plant Nutrition, 23:1607-1617.

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

4- Britto D.T., and Kronzucker H.J. 2005. Bioengineering N acquisition in rice: Can novel initiatives in rice genomics and physiology contribute to global food security? Bio Essays, 26:683-692.

5- Claussen W., and Lenz F. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth and activity of the enzymes nitrate reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. Plant Soil, 208:95-102.

6- Fernandez V., Ebert G., and Winkelmann G. 2005. The use of microbial siderophores for foliar iron application studies. Plant and Soil, 272, 245-252.

7- Gerandas J., Zhu Z.J., Ratcliffe R.G., and Sattlmacher B. 1997. Physiological and biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. Zeit. Pflanze. Bod. 160:239-251.

8- Kirkby E.A., and Mengel K. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. Plant Physiology, 42:6-14.

9- Lindsay W.L., and Thorpe D.W. 1954. Bicarbonate and oxygen as related to chlorosis. Soil Science, 77:271-279.

10-Lu Y.X., Li C.J., and Zhang F.S. 2005. Transpiration, potassium uptake and flow in tobacco as affected by nitrogen forms and nutrient levels. Annals of Botany, 95:991-998.

11-Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd edn. Cambridge, UK: Academic Press.

12-Martin P. 1982. Stem xylemas possible pathway for mineral retranslocation from senescing leaves to the ear in wheat. Aust. Journal of Plant Physiology, 9:197-207.

13-Mengel K., and Kirkby E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

14-Nelson P.V. 1998. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall, Upple Saddle River, NJ.

15-Raven J.A. 1983. The transport and function of silicon in plants. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc., 58:179-207.

Archive of SID

www.SID.ir

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. 2010. Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf Mg, Fe, Mn and Zn concentrations in lettuce. Journal of Plant Nutrition, 34:717-731.
18-Rudolph H., and Voigt J.U. 1986. Effects of NH_4^+-N and NO_3^- -N on growth and metabolism of *Sphagnum magellanicum*. Physiologia Plantarum, 66: 339-34.
19-Serna M.D., Borras R., Legaz F., and Primo-millo E. 1992. The infiuence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. Plant Soil, 147:13-23.
20-Scherer H.W., Mackown C.T., and Leggett J.E. 1984. Potassium–ammonium uptake interactions in tobacco seedlings. Journal of Experimental Botany, 156, 1060–1070.
21-Strasser O., Kohi K., and Romheld V. 1999. Overestimation of apoplastic Fe in root of soil grown plants. Plant soil, 210:179-187.
22-Tang C., and Thomson B.D. 1996. Effects of solution pH and bicarbonate on the growth and nodulation of a range of grain legume species. Plant and soil, 186:321-330.
23-Uehlein N., Fileschi K., Eckert M., and Bienert G.P. 2007. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and plant aquaporin expression. Phytochemistry, 68, 122–129.
24-Van Wiren N. 2000. The molecular physiology of ammonium uptake and retrieval. Currrent Opinion in Plant Biology, 3:254-261.
25-Yang X., Romheld V., and Marschner H. 1993. Effect of bicarbonate and root zone temperature on uptake of Zn، Fe، Mn and Cu by different rice cultivars (*Oryza Sativa* L.) grown in calcareous soil. Plant and soil, 156:441-444.
26-Yang C.W., Jianae A., Li. C.Y., Shi D.C., and Wang D.L. 2008. Comparison of the effects of salt-stress and alkaline-stress on photosynthesis and energy storage of an alkaline-resistant halophyte *Chloris virgata*. Photosynthetica. 46: 273-278.
27-Zribi K., and Gharsalli M. 2002. Efffect of bicarbonate on growth and iron nutrition of pea. Journal of Plant Nutrition. P: 2143-2149.
28-Zhou Y., Ren L., Zhang F., and Jiang R.F. 2007. Bicarbonate concentration as affected by soil water content controls iron nutrition of peanut plants in a calcareous. Journal of Physiology and Biochemistry. 45: 357-364.

Archive of SID

www.SID.ir