تأثیر شکل نیتروژن و pH محلول غذایی بر جذب و غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در ریشه و بخش هوایی اسفناج

نصرت‌اله نجفی[1*]، منصور پارسازاده[2]، سید جلال طباطبایی[3] و شاهین اوستان[1]

تاریخ دریافت : 88/5/6 تاریخ پذیرش : 88/10/22

1و2- استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه تبریز

3- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه E-mail: n-najafi@tabrizu.ac.ir

چکیده

در کشت هیدروپونیک، شکل نیتروژن و pH محلول غذایی از نظر تأثیر بر ترکیب شیمیایی گیاه اهمیت زیادی دارند. برای بررسی اثر pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و برهمکنش آنها بر جذب و غلظت عناصر K، Ca، Mg و Na در ریشه و بخش هوایی اسفناج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل pH محلول غذایی در سه سطح (4/5، 6/5، 8) و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی در پنج سطح (100:0، 75:25، 50:50، 25:75، 0:100) و با چهار تکرار در بستر پرلیت و در شرایط گلخانه انجام شد. سه نشای گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) رقم سیریوس در هر گلدان کشت و با 15 نوع محلول غذایی متفاوت تغذیه شدند. غلظت نیتروژن و سایر عناصر غذایی در محلول‌های غذایی مذکور یکسان بود. گیاهان پس از 7 هفته رشد برداشت و غلظت عناصر Ca، Mg، K و Na در ریشه و بخش هوایی آنها به روش ترسوزانی تعیین گردید. نتایج نشان داد که تأثیر pH محلول غذایی بر غلظت K ریشه و بخش هوایی، غلظت Ca ریشه، جذب Ca و غلظت Mg بخش هوایی معنی‌دار بود ولی بر غلظت Na ریشه و بخش هوایی، جذب سدیم، غلظت Mg ریشه و جذب Mg معنی‌دار نبود. با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 8، جذب K و Ca بوسیله اسفناج و غلظت K ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که غلظت K و Mg بخش هوایی و غلظت Ca ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر اصلی نسبت نیترات به آمونیوم و اثر متقابل pHو نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K، Ca، Mg و Na ریشه و بخش هوایی و جذب آنها بوسیله اسفناج معنی‌دار بود. به‌طور کلی، با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی، غلظت K، Ca، Mg و Na ریشه‌ها و بخش هوایی و جذب آنها بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ همچنین، تأثیر نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K، Ca، Mg و Na ریشه و بخش هوایی اسفناج به pH محلول غذایی بستگی داشت و برعکس. میانگین غلظت عناصر K، Ca، Mg و Na در بخش هوایی بیشتر از ریشه اسفناج بود. میان غلظت این عناصر در ریشه و غلظت آنها در بخش هوایی و همچنین میان غلظت این عناصر در بخش هوایی و جذب آنها بوسیله گیاه اسفناج همبستگی‌های معنی‌داری وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: اسفناج، آمونیوم، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، نیترات، هیدروپونیک، pH

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of Nitrogen Form and pH of Nutrient Solution on the Uptake and Concentrations of Potassium, Calcium, Magnesium and Sodium in Root and Shoot of Spinach Plant

N Najafi[1*], M Parsazadeh[2], SJ Tabatabaei[3], Sh Oustan[1]

Received: 28 July 2009 Accepted: 12 January 2010
[1, 2] Assist. Prof. and Former Graduate Student, Soil Sci. Dept. Univ. of Tabriz, Iran.
[3] Prof., Horticultural Sci. Dept., Univ. of Tabriz, Iran
* Corresponding author, E-mail: n-najafi@tabrizu.ac.ir

Abstract

In hydroponic cultures, the effects of nitrogen form and pH of nutrient solution on the chemical composition of plants are important. In order to study their effects on the uptake and concentrations of K, Ca, Mg and Na in root and shoot of spinach plant, a factorial experiment was conducted with two factors including nutrient solution pH at three levels (4.5, 6.5 and 8) and nitrate to ammonium ratio in nutrient solution at five levels (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100). The experiment was carried out in a completely randomized design with four replications in perlite culture under greenhouse conditions. Three seedlings of spinach plant (*Spinacia oleracea* L. Sirius cultivar) were cultivated per pot and with 15 different nutrient solutions were nourished. The concentrations of nitrogen and other nutrients in all nutrient solutions were identical. The plants were harvested after seven weeks and spinach root and shoot concentrations of K, Ca, Mg and Na were measured by wet digestion method. Results showed that the effects of nutrient solution pH on the root and shoot concentrations of K, root concentration of Ca, Ca uptake, shoot concentration of Mg were significant, but on the root and shoot concentrations of Na, Na uptake, root concentration of Mg, and Mg uptake were not. By increasing the nutrient solution pH from 4.5 to 8, K and Ca uptake by plant, and root concentration of K significantly decreased, while shoot concentrations of K and Mg, and root concentration of Ca significantly increased. The main effect of nitrate to ammonium ratio in nutrient solution, and the interactive effects of pH and the ratio of nitrate to ammonium on the root and shoot concentrations of K, Ca, Mg and Na, and their uptake by plant beca,e significant. In general, by decreasing the nitrate to ammonium ratio in nutrient solution, the root and shoot concentrations of K, Ca, Mg and Na, and their uptake by spinach plant became significantly decreased. Also, the effect of nitrate to ammonium ratio of nutrient solution on the root and shoot concentrations of K, Ca, Mg and Na, and their uptake by spinach plant was dependent on the nutrient solution pH and vice versa. The average shoot concentrations of K, Ca, Mg and Na were higher than those in root. There were significant correlations between the shoot and root concentrations of these elements, and also between the elements concentrations in the shoot and their uptake by spinach plant.

Keywords: Ammonium, Calcium, Hydroponics, Magnesium, Nitrate, pH, Potassium, Sodium, Spinach

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

اسفناج از مهمترین سبزی‌های برگی است که به‌صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می‌شود (روباتزکی و یاماگوچی 1997). این گیاه دارای ارزش غذایی بالایی می‌باشد، به‌طوری که در بین اغلب میوه‌ها و سبزی‌های رایج، غنی از انواع ویتامین‌ها و عناصر معدنی می‌باشد (کاوازو و همکاران 2003). سه عنصر Ca، Mg و K از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه و رشد گیاهان و انسان بوده و Na از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه و رشد انسان و از عناصر مفید برای تغذیه و رشد گیاهان محسوب می‌شود (بردانیر و اتکینس 1998 و مارشنر 1995). داشتن غلظت مناسبی از عناصر مذکور در بافتهای اسفناج برای افزایش عملکرد آن و تأمین عناصر مذکور برای انسان در زنجیره غذایی ضروری است.

pH بستر رشد و کود نیتروژن از عاملهای مهمی‌اند که بر رشد گیاهان و غلظت عناصر در آنها مؤثرند. pH بستر رشد از مهمترین ویژگی‌هایی است که مقدار جذب و قابلیت جذب عناصر غذایی را برای گیاه تعیین می‌کند. در کشت هیدروپونیک نیز pH محلولهای غذایی از دو جنبه اهمیت دارد: اول اینکه pH بر تعادل اکسایش-کاهش، انحلال‌پذیری و شکل یونی عناصر تأثیر دارد. دوم اینکه pH از طریق اثر یون‌های H^+ و OH^- بر ریشه گیاه به ویژه غشای سلول‌های انتقال دهنده یون بر جذب یونها اثر می‌گذارد (اپستین و بلوم 2005). رقابت میان H^+ و کاتیونها و OH^- و آنیونها برای تغذیه معدنی گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (مارشنر 1995).

اغلب گیاهان می‌توانند از نیترات یا آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن استفاده نمایند ولی اثربخشی هر یک از این شکل‌ها بر رشد گیاه و جذب عناصر غذایی به گونه گیاه و نسبت نیترات به آمونیوم بستگی دارد (اربهی و ویلکاکس 1990). نسبت مناسب نیترات به آمونیوم برای رشد گیاه به گونه گیاه و مرحله رشد آن، شرایط محیطی (دما، شدت نور، pH و غلظت مواد غذایی در بستر رشد) و غلظت کل نیتروژن افزوده شده بستگی دارد (ادوارد و هورتون 1982؛ زو و همکاران 1992؛ استراتون و همکاران 2001 و کوتسیراس و همکاران 2002). اغلب گیاهان تغذیه با مخلوط آمونیوم و نیترات را به تغذیه با فقط آمونیوم یا نیترات ترجیح می‌دهند (مارشنر 1995).

شکل نیتروژن مصرفی بر ترکیب شیمیایی بافت‌های گیاه و غلظت عناصر غذایی در آنها تأثیر معنی‌دار دارد (اسیماکوپولو 2006) زیرا با جذب عناصر غذایی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برهمکنش دارد. به‌طوری که تغییر نسبت نیترات به آمونیوم در تأمین نیتروژن راهی مناسب برای کنترل جذب نسبی آنیون‌ها و کاتیون‌ها است (کاتسیراس و همکاران 2002). با این حال، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که تأثیر نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت عناصر Ca، Mg، K و Na در اندامهای گیاهان مختلف متفاوت است. برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که در گیاهان گوجه‌فرنگی و هندوانه با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی، غلظت عناصر Ca، Mg و K کاهش می‌یابد (ویلکاکس و همکاران 1985؛ سیمون و همکاران 1992 و روتستین و کریگ 2005). یک رابطه آنتاگونیستی قوی بین آمونیوم و Ca وجود دارد (روتستین و کریگ 2005). در گوجه‌فرنگی، زیادی آمونیوم منجر به کمبود Ca در این گیاه می‌شود (کاتسیراس و همکاران 2002) به‌طوری که در بوته‌های گوجه‌فرنگی تغذیه شده با آمونیوم غلظت Ca میوه‌ها کاهش یافته و عارضه پوسیدگی گلگاه تشدید می‌شود (بارکر و کاتلین 1994).

دلشاد و همکاران (1379) نشان دادند که با افزایش نسبت آمونیوم به نیترات محلول غذایی غلظت K و Ca در برگهای گوجه‌فرنگی کاهش و غلظت Na افزایش یافت. آنان کاهش غلظت K و Ca را به رابطه

Archive of SID

www.SID.ir

آنتاگونیستی میان این دو یون و آمونیوم و افزایش غلظت سدیم را به رابطه آنتاگونیستی میان K و Na نسبت دادند. کیم و همکاران (2002) گزارش کردند که با افزایش غلظت آمونیوم محلول غذایی، غلظت Ca و Mg در برگ‌های درخت گردو کاهش می‌یابد. کلارک و همکاران (2003) گزارش دادند که با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی هوگلند تغییر یافته، غلظت Ca و K در برگهای دو رقم آزاله افزایش در حالی که غلظت Mg کاهش یافت. اربهی و ویلکاکس (1990) گزارش دادند که تأثیر آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K گیاه به غلظت آمونیوم بستگی دارد به‌طوری که با افزایش غلظت آمونیوم غلظت K گیاه ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. آنان بیان داشتند که با افزایش غلظت آمونیوم محلول غذایی غلظت Ca در گیاهان مورد مطالعه کاهش می‌یابد. غلظت Mg نیز در اکثر گیاهان مورد مطالعه کاهش می‌یابد ولی در گیاه لوبیا تغییر معنی‌داری نمی‌کند.

سرنا و همکاران (1992) مشاهده کردند که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی غلظت Mg در برگ‌های مرکبات افزایش و غلظت K و Ca کاهش می‌یابد. کاهش پتاسیم و Ca برگ بر اثر تغذیه آمونیومی بوسیله جوز و ویلکاکس (1984) نیز گزارش شده است. الیا و همکاران (1996) مشاهده کردند که در کنگر فرنگی با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم، آنیونهای معدنی کل بافت‌ها کاهش و کاتیون‌های معدنی کل آنها افزایش می‌یابد.

به‌نظر می‌رسد میان pH و کود نیتروژن از نظر تأثیر بر رشد گیاه و غلظت عناصر برهمکنش وجود دارد. به عبارت دیگر، اثر pH بر جذب نیتروژن و سایر عناصر به شکل نیتروژن کاربردی (آمونیوم یا نیترات) بستگی دارد (زولدوز و هانولد 1982). به همین ترتیب، چگونگی اثر غلظت و شکل کود نیتروژن بر جذب و غلظت سایر یونها در گیاه با تغییر pH بستر رشد تغییر می‌کند. مهمترین تفاوت میان جذب نیترات و جذب آمونیوم در حساسیت آنها به pH است. با کاهش pH محلول غذایی از خنثی، سرعت جذب آمونیوم کاهش ولی سرعت جذب نیترات افزایش می‌یابد. کاهش جذب نیترات در مقادیر زیاد pH، ممکن است به علت رقابت با یون OH^- باشد که سیستم جذب و انتقال نیترات را متوقف می‌کند (مارشنر 1995).

با توجه به مطالب در پیش گفته شده، این تحقیق برای بررسی اثر pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و برهمکنش آنها بر جذب و غلظت عناصر Ca، Mg، K و Na در ریشه و بخش هوایی اسفناج در کشت هیدروپونیک با بستر پرلیت انجام شد.

مواد و روشها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی هیدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در تابستان 1386 انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل pH محلول غذایی در سه سطح (4/5، 6/5، 8) و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی در پنج سطح (100:0، 75:25، 50:50، 25:75، 0:100) و با چهار تکرار انجام شد. در این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی هفت لیتری (ارتفاع 25cm×قطر32cm) استفاده شد. برای ایجاد تهویه و جلوگیری از خروج پرلیت، در کف گلدان‌ها یک لایه شن درشت به جرم 500 گرم ریخته شد. سپس به هر یک از گلدانها 900 گرم پرلیت دانه متوسط با قطر حدود دو میلی‌متر افزوده شد. محلول غذایی پایه، "هوگلند تغییر یافته" بود که غلظت عناصر در آن شامل: نیتروژن 180، فسفر 38، پتاسیم 204، کلسیم 161، منیزیم 58، بور 0/5، مس 0/02، آهن 3، منگنز 0/5، مولیبدن 0/01 و روی 0/05 میلی‌گرم در لیتر بود (هوگلند و آرنون 1950). ابتدا محلول‌های غذایی با پنج نسبت نیترات به آمونیوم 100:0، 75:25، 50:50، 25:75 و 0:100 در مخزن‌های 200 لیتری تهیه گردید. سپس محلول داخل مخزن‌ها هر کدام به سه قسمت تقسیم شد و pH آنها با

Archive of SID

www.SID.ir

افزودن 0.1M HCl و 0.1M NaOH، در 4/5، 6/5 و 8 تنظیم گردید (زانگ و همکاران 2005). محلول‌های غذایی مذکور حاوی غلظت یکسانی از نیتروژن و سایر عناصر غذایی بودند. برای تأمین عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، از منابع کودی KNO_3، $Ca(NO_3)_2.4H_2O$، $MgSO_4.7H_2O$، KH_2PO_4، K_2SO_4، $Mg(NO_3)_2.6H_2O$، $(NH_4)_2SO_4$، $ZnSO_4.7H_2O$، $CaCl_2.2H_2O$، Fe-EDDHA، Mn-EDTA، $CuSO_4.5H_2O$، H_3BO_3، NH_4Cl، $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ استفاده شد. در ضمن آب مصرفی در گلخانه در آزمایشگاه تجزیه شد (گوپتا 2000) و هنگام تهیه محلول‌های غذایی عناصر موجود در آب گلخانه نیز در نظر گرفته شد (جدول 1). گیاهان در طول دوره رشد، هر روز با محلولهای غذایی به صورت دستی آبیاری شدند.

جدول 1- نتایج تجزیه شیمیایی آب مصرفی در گلخانه

EC (dSm^{-1})	pH	HCO^-_3	Cl^-	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	Na	P	K
							mgL^{-1}					
0/49	7/7	87	20	0	1	0	0/1	11	42	35	0/05	4/3

بذور گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) هیبرید F1 رقم سیریوس در خزانه کشت و از زمان کشت بذور تا یک هفته پس از جوانه‌زدن رطوبت مورد نیاز از طریق آبیاری با آب معمولی (آب شهر) تأمین شد. سپس نشاها به بستر رشد (گلدان‌ها) منتقل گردید. سه نشای گیاه اسفناج در هر گلدان کشت و به مدت دو هفته با استفاده از یک دوم غلظت محلول غذایی "هوگلند تغییر یافته" با pH 6/5 و نیترات خالص محلول‌دهی شدند تا گیاهان به‌طور کامل استقرار یابند. سپس به مدت پنج هفته با محلول غذایی کامل هر تیمار تغذیه شدند (زانگ و همکاران 2005). در طول دوره رشد، دمای گلخانه در روز 24 ± 3 °C و در شب 17 ± 3 °C بود و به‌طور خودکار با استفاده از کولر و هواکش تنظیم می‌شد و میانگین رطوبت نسبی گلخانه 55 درصد بود و برای جلوگیری از کاهش رطوبت نسبی گلخانه روزانه کف گلخانه آب‌پاشی می‌شد. پس از 7 هفته رشد، اندام‌های هوایی گیاه از محل طوقه قطع شده و برداشت گردید و بلافاصله وزن تر آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی تعیین شد. سپس نمونه‌های مذکور در درون دستگاه خشک‌کن با دمای 70°C به مدت چهار روز نگهداری گردید تا خشک شدند و به کمک ترازوی دیجیتالی وزن خشک آنها نیز تعیین گردید. غلظت عناصر Ca، Mg، K و Na ریشه و بخش هوایی گیاهان به روش ترسوزانی تعیین گردید (والینگ و همکاران 1989). غلظت K و Na عصاره‌ها با دستگاه فلیم فوتومتر و غلظت Ca و Mg آنها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. مقادیر جذب عناصر Ca، Mg، K و Na بوسیله گیاه از حاصل‌ضرب غلظت عنصر در ماده خشک گیاه محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از قبیل آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول 2)، اثر pH، نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر غلظت K بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها (جدول 2) نشان می‌دهد که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم

Archive of SID

www.SID.ir

محلول غذایی، غلظت K بخش هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌طوری که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم از 100:0 به 0:100 غلظت K بخش هوایی اسفناج به‌طور میانگین 60 درصد کاهش می‌یابد. کاهش غلظت K بخش هوایی بر اثر تغذیه با آمونیوم بوسیله جوز و ویلکاکس (1984)، سرنا و همکاران (1992)، آدامز (2002)، کیم و همکاران (2002)، روتستین و کریگ (2005) و کن و همکاران (2006) نیز گزارش شده است. میان غلظت K بخش هوایی و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی در هر pH رابطه بسیار معنی-داری وجود دارد (شکل1). غلظت K بخش هوایی با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 تغییر معنی-داری نمی‌کند که با نتایج دیسکو و همکاران (2009) مطابقت دارد ولی با افزایش pH محلول غذایی از 6/5 به 8 به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (جدول 2). با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 انتظار این بود که غلظت K بخش هوایی به‌دلیل افزایش بار منفی دیواره‌های سلولی ریشه‌ها افزایش یابد ولی کاهش غلظت این عنصر به‌نظر می‌رسد که به اثر رقت ناشی از افزایش ماده خشک گیاه مربوط می‌باشد. ایسلام و همکاران (1980) گزارش کردند که با افزایشpH محلول غذایی از 3/3 به 5/5 غلظت K در همه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه، افزایش و با افزایش pH از 5/5 به 8/5 غلظت K در گوجه‌فرنگی افزایش و در گونه‌های دیگر کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که این تغییرات به اثر pH بر بار الکتریکی دیواره‌های سلولی و همچنین اثر آن بر رشد گیاه مربوط باشد. اگر با افزایش pH سرعت جذب عنصر بوسیله گیاه بیشتر از سرعت رشد گیاه افزایش یابد، غلظت عنصر در گیاه زیاد می‌شود ولی اگر سرعت رشد گیاه بیشتر از سرعت جذب عنصر بوسیله گیاه افزایش یابد، غلظت عنصر در گیاه کم می‌شود (ابراهیم‌زاده 1380). بارکر و پیل‌بیم (2007) دامنه کفایت غلظت K بخش هوایی اسفناج را 53-35 میلی‌گرم K در گرم ماده خشک اعلام کردند. با توجه به شکل1، غلظت K بخش هوایی اسفناج در اکثر تیمارهای مورد مطالعه در دامنه کفایت قرار دارد و فقط در تیمارهای نیترات خالص بیشتر از دامنه کفایت می‌باشد. بیشترین غلظت K بخش هوایی اسفناج در نسبت نیترات به آمونیوم 100:0 و pH 8 می‌باشد.

نتیجه تجزیه واریانس (جدول 2) نشان می‌دهد که اثر pH، نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر مقدار جذب K بوسیله اسفناج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 8 جذب K بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول3). با توجه به افزایش معنی‌دار غلظت K در pH 8، این کاهش می‌تواند ناشی از کاهش عملکرد در این pH باشد. با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم از 100:0 به 75:25، جذب K بوسیله اسفناج به‌طور معنی-داری افزایش می‌یابد و این افزایش در حالی است که غلظت K بخش هوایی کاهش می‌یابد (جدول2). بنابراین، می‌توان این کاهش را به افزایش وزن خشک بخش هوایی اسفناج در نسبت نیترات به آمونیوم 75:25 نسبت داد. با افزایش آمونیوم محلول غذایی (در نسبت‌های نیترات به آمونیوم 50:50، 25:75 و 0:100) جذب K بوسیله اسفناج در مقایسه با نسبت نیترات به آمونیوم 75:25 به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول3 و شکل 2).

بین مقدار جذب K بخش هوایی و ماده خشک (DM) بخش هوایی اسفناج رابطه $K_{upt} = 53.251(DM) - 159.92$ با $r = 0.98^{**}$ وجود دارد. تأثیر pH محلول غذایی بر جذب K بوسیله اسفناج به نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بستگی دارد (جدول3). در نسبت نیترات به آمونیوم 100:0، با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 و از 6/5 به 8 جذب K بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در نسبت نیترات به آمونیوم 75:25 و 0:100 تأثیر pH بر جذب K بوسیله اسفناج معنی‌دار نیست و در نسبت نیترات به آمونیوم

Archive of SID

www.SID.ir

50:50 با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 جذب K بوسیله اسفناج کاهش و با افزایش pH از 6/5 به 8 مجدداً افزایش می‌یابد. در نسبت نیترات به آمونیوم 25:75، با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 جذب K بوسیله اسفناج تغییر معنی‌داری نمی‌یابد ولی در pH 8 به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (جدول3). سرنا و همکاران (1992) و روتستین و کریگ (2005) نیز نتایج نسبتاً مشابهی را گزارش داده‌اند. آمونیوم با K^+ برای اتصال به حامل‌ها رقابت داشته و باعث کاهش جذب آن می‌شود. همچنین در pHهای بین چهار تا هفت رقابت میان K^+ و H^+ برای رسیدن به حاملها در غشای سیتوپلاسمی باعث کاهش جذب K^+ می‌شود (مارشنر 1995). اثر منفی آمونیوم بر کاهش جذب K^+ بیشتر به دلیل کاهش pH محیط رشد و اسیدی شدن آن می‌باشد (آدامز 2002). اسیدی شدن محیط در جذب سایر مواد معدنی تأثیر گذاشته و باعث کمبود برخی عناصر و بهم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌شود (گرنداز و همکاران 1997).

جدول 2- مقایسه میانگین‌های جذب و غلظت K در بخش هوایی و ریشه اسفناج تحت اثر اصلی pH و شکل نیتروژن محلول غذایی

اثر اصلی	سطوح	غلظت **K** بخش هوایی ($mg\ g^{-1}\ dw$)	جذب **K** بخش هوایی ($mg\ pot^{-1}$)	غلظت **K** ریشه ($mg\ g^{-1}\ dw$)
نسبت نیترات به آمونیوم	100:0	65/57 a	1858 b	23/20 a
	75:25	52/12 b	2488 a	23/72 a
	50:50	50/44 b	1790 b	23/89 a
	25:75	45/54 c	938 c	19/66 b
	0:100	39/25 d	425 d	17/46 b
pH محلول غذایی	4/5	49/88 b	1650 a	26/11 a
	6/5	48/29 b	1483 ab	20/17 b
	8/0	53/54 a	1367 b	18/48 b
منبع تغییر		سطح احتمال معنی‌داری		
pH		<0/01	<0/01	<0/01
نسبت نیترات به آمونیوم		<0/01	<0/01	<0/01
نسبت نیترات به آمونیوم×pH		<0/01	<0/01	<0/01

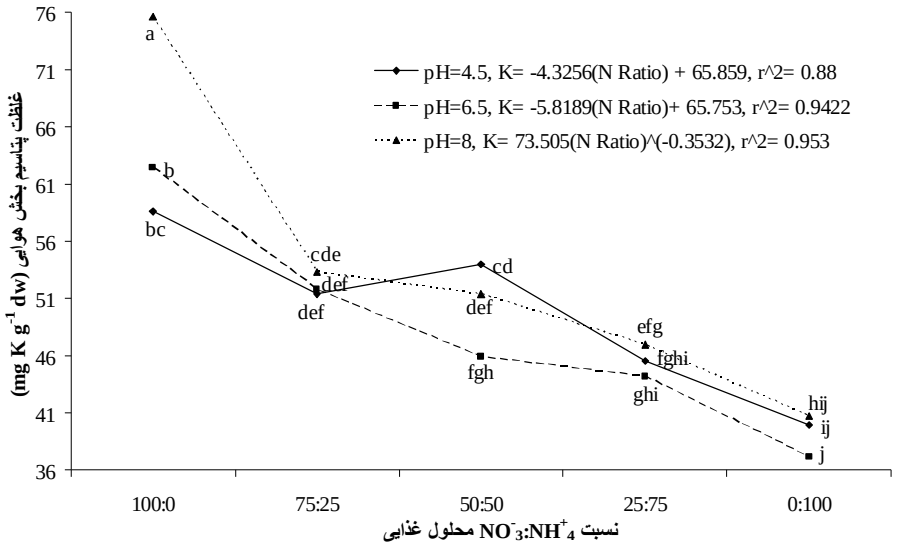
نتیجه تجزیه واریانس (جدول 2) نشان می‌دهد که اثر اصلی pH، نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر غلظت K ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش آمونیوم محلول غذایی از صفر تا 50 درصد غلظت K ریشه تغییر معنی‌داری نمی‌کند ولی با افزایش آمونیوم محلول غذایی به 75 درصد یا بیشتر به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش pH غلظت K ریشه کاهش می‌یابد (جدول 2). شکل 2 نشان می‌دهد که تأثیر نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K ریشه بسته به pH محلول غذایی متفاوت است. در دو pH 4/5 و 6/5 با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی غلظت K ریشه کاهش می‌یابد که با توجه به اثر برهمکنش بین آمونیوم و K قابل‌انتظار است ولی در pH 8 با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی از 100:0 تا 50:50 غلظت K ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ولی با افزایش بیشتر آمونیوم در محلول غذایی مجدداً کاهش می‌یابد. به نظر

Archive of SID

www.SID.ir

می‌رسد کاهش غلظت K ریشه با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی ناشی از افزایش ماده خشک ریشه و اثر رقت باشد؛ زیرا، در pH 8، این نسبت‌ها دارای pH رایزوسفر بیشتری از سایر نسبت‌ها هستند (نجفی و پارسازاده 1388). ایسلام و همکاران (1980) مشاهده کردند با افزایش pH محلول غذایی نسبت وزن ریشه به بخش هوایی در اکثر گونه‌های گیاهی مورد مطالعه افزایش یافت. کن و همکاران (2006) مشاهده کردند با افزایش pH محلول غذایی وزن ریشه پیاز افزایش و غلظت K ریشه کاهش یافت. میانگین غلظت K بخش هوایی حدود 2/2 برابر غلظت K ریشه می‌باشد و میان غلظت K ریشه و غلظت K بخش هوایی رابطه خطی با $r=0.765^{**}$ مشاهده گردید که بیانگر این است که با افزایش غلظت K ریشه، غلظت K بخش هوایی هم افزایش می‌یابد.

نتیجه تجزیه واریانس (جدول 4) نشان می‌دهد که اثر اصلی pH بر غلظت Ca بخش هوایی معنی‌دار نیست و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر غلظت Ca بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی غلظت Ca بخش هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول 4 و شکل 3)؛ به‌طوری که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی از 100:0 به 0:100 غلظت Ca بخش هوایی به‌طور میانگین 48 درصد کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند ناشی از برهمکنش منفی میان آمونیوم و Ca از نظر جذب یا کاهش انتقال در آوندهای چوبی باشد (مارشنر 1995). به نظر کاتسیراس و همکاران (2002) بر اثر تغذیه با آمونیوم مقدار زیادی اسیدهای آلی ساخته می‌شود که ممکن است Ca و Mg را در ریشه‌ها غیرمتحرک نماید؛ همچنین آمونیوم جذب Ca بوسیله ریشه‌ها را کاهش می‌دهد. کاهش غلظت Ca بخش هوایی بر اثر تغذیه با آمونیوم توسط جوز و ویلکاکس (1984)، هارتمن و همکاران (1986)، دلشاد و همکاران (1379)، سرنا و همکاران (1992)، آدامز (2002)، کیم و همکاران (2002)، روتستین و کریگ (2005)، کن و همکاران (2006) و طباطبایی و همکاران (2006) نیز گزارش شده است. آدامز (2002) بیان داشت که اثر منفی آمونیوم بر کاهش جذب Ca در مطالعه آنان، بیشتر به‌دلیل کاهش pH محیط رشد و اسیدی شدن آن می‌باشد.



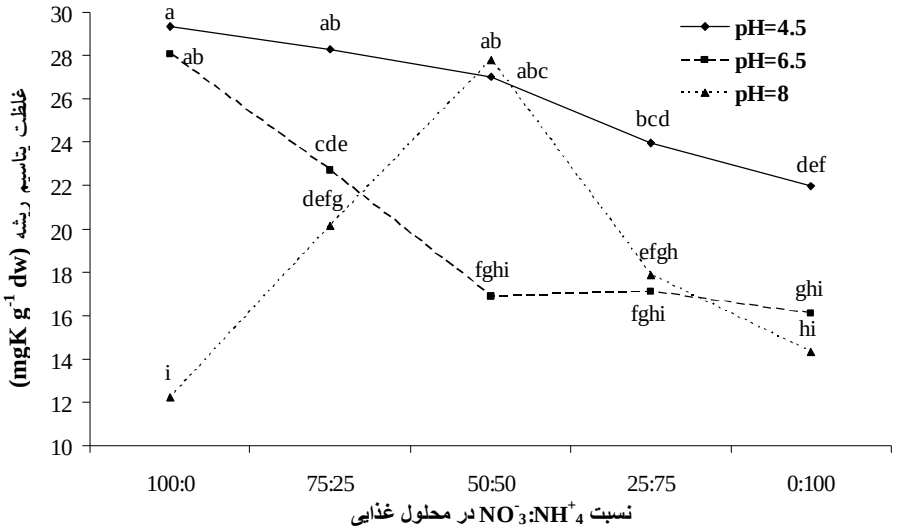
شکل 1- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K بخش هوایی اسفناج

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 3- مقایسه میانگین‌های جذب K، Ca، Mg و Na در بخش هوایی اسفناج تحت اثر متقابل pH و شکل نیتروژن محلول غذایی

Na (mg pot^{-1})	Mg (mg pot^{-1})	Ca (mg pot^{-1})	K (mg pot^{-1})	نسبت نیترات به آمونیوم	pH
605 a	848 ab	1238 a	2838a	100:0	
560 a	872 ab	979 bc	2453 ab	75:25	
301 d	483 d	641 e	1840 d	50:50	4/5
130 e	170 f	282 fg	762 fg	25:75	
75 e	62 h	95 h	358 g	0:100	
427 bc	821 ab	916 cd	2276 bc	100:0	
519 ab	947 a	1056 bc	2527 abc	75:25	
290 d	544 cd	707 e	1421 e	50:50	6/5
159 e	177 f	290 fgh	803 f	25:75	
99 e	71 h	105gh	391 fg	0:100	
52 e	136 g	122 gh	458 fg	100:0	
606 a	928 ab	1121 ab	2485 abc	75:25	
397 cd	675 bc	770 de	2109 cd	50:50	8/0
296 d	334 e	411 f	1251 e	25:75	
154 e	119 g	138 gh	529 fg	0:100	



شکل 2- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت K ریشه اسفناج

www.SID.ir

اثر اصلی pH محلول غذایی بر غلظت Ca بخش هوایی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول 4) ولی شکل 3 نشان می‌دهد که فقط در نسبت نیترات به آمونیوم 100:0، با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 8 غلظت Ca بخش هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این کاهش را می‌توان به زیادی غلظت K بخش هوایی نسبت داد (شکل 1). برهمکنش منفی میان K و Ca توسط سایر محققان گزارش شده است (مارشنر 1995). کن و همکاران (2006) مشاهده کردند با افزایش pH محلول غذایی از 5/8 به 6/5 غلظت Ca بخش هوایی و ریشه-های پیاز تغییر نکرد. به‌نظر می‌رسد این عدم تغییر به فاصله نسبتاً کم دو سطح pH مربوط باشد. ایسلام و همکاران (1980) نتیجه گرفتند که با افزایش pH محلول غذایی از 3/3 به 5/5 غلظت Ca در تمام گیاهان افزایش یافت و با افزایش pH از 5/5 به 8/5 غلظت Ca در لوبیای فرانسوی و ذرت افزایش و در گونه‌های دیگر کاهش یافت. آنان دلایل این تغییرات را بیان نکردند ولی به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت کلسیم در بخش هوایی گیاه با افزایش pH مربوط به افزایش بار الکتریکی منفی دیواره‌های سلولی ریشه و در نتیجه افزایش سرعت جذب یون کلسیم بوسیله گیاه مربوط می‌باشد. دامنه کفایت غلظت Ca بخش هوایی اسفناج 12-6 میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد (روسن و الیاسون 2005). با توجه به شکل 3 غلظت Ca در تیمارهای آمونیوم خالص کمتر از حداکثر دامنه کفایت می‌باشد و در بقیه تیمارها غلظت Ca بیشتر از دامنه کفایت می‌باشد.

نتیجه تجزیه واریانس (جدول4) نشان می‌دهد که اثر pH، نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر جذب Ca بوسیله اسفناج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 جذب Ca بوسیله اسفناج تغییر معنی‌داری نمی‌کند ولی با افزایش pH محلول غذایی از 6/5 به 8 جذب Ca بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی جذب Ca بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدولهای 3 و 4). جذب Ca بوسیله اسفناج با غلظت Ca بخش هوایی و ماده خشک بخش هوایی رابطه خطی به ترتیب با $r = 0.935^{**}$ و $r = 0.973^{**}$ دارد.

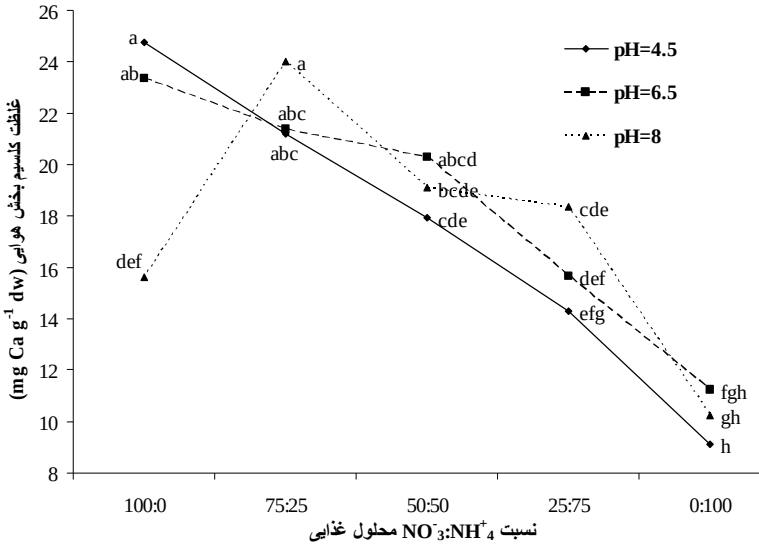
جدول4- مقایسه میانگین‌های جذب و غلظت Ca در ریشه و بخش هوایی تحت اثر اصلی pH و شکل نیتروژن محلول غذایی

اثر اصلی	سطوح	غلظت Ca بخش هوایی ($mg\ g^{-1}\ dw$)	جذب Ca در بخش هوایی ($mg\ pot^{-1}$)	غلظت Ca ریشه ($mg\ g^{-1}\ dw$)
نسبت نیترات به آمونیوم	100:0	21/24 ab	758/7 b	20/32 a
	75:25	22/21 a	1051/52 a	15/64 b
	50:50	19/11 b	706/10 b	12/75 c
	25:75	16/1 c	327/90 c	10/98 c
	0:100	10/19 d	112/70 d	8/09 d
pH محلول غذایی	4/5	18/38 a	647/20 a	12/57 b
	6/5	17/46 a	614/70 a	14/48 a
	8/0	17/46 a	512/50 b	13/63 ab

منبع تغییر	سطح احتمال معنی‌داری		
pH	ns	<0/01	ns
نسبت نیترات به آمونیوم	<0/01	<0/01	<0/01
نسبت نیترات به آمونیوم×pH	<0/01	<0/01	<0/01

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Ca بخش هوایی اسفناج

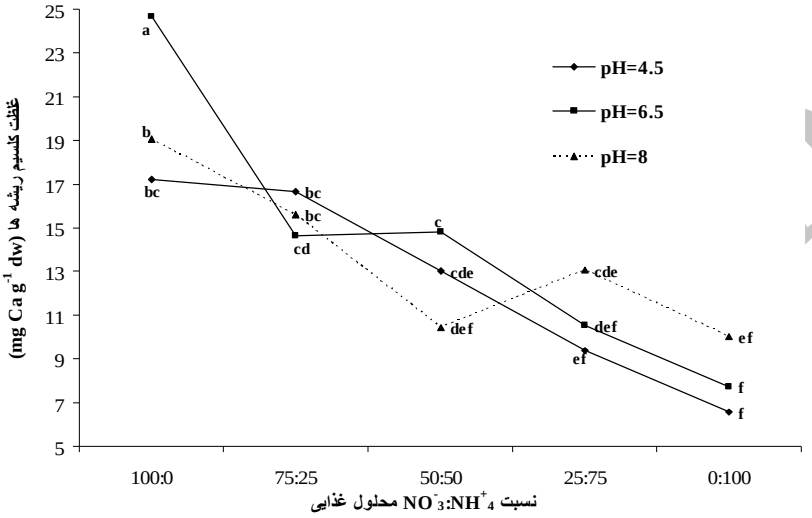
نتیجه تجزیه واریانس (جدول4) نشان می‌دهد که اثر اصلی pH محلول غذایی بر غلظت Ca ریشه معنی‌دار نیست و اثر اصلی نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Ca ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی غلظت Ca ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین، با افزایش pH از 4/5 به 6/5، غلظت Ca ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ولی با افزایش pH از 6/5 به 8 تغییر معنی‌داری نمی‌کند (جدول4 و شکل4). میانگین غلظت Ca بخش هوایی حدود 1/3 برابر غلظت Ca ریشه می‌باشد و بین غلظت Ca ریشه و غلظت Ca بخش هوایی رابطه خطی با $r=0.923^{**}$ وجود دارد. بنابراین با افزایش غلظت Ca ریشه غلظت Ca بخش هوایی نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به نتیجه تجزیه واریانس (جدول 5)، اثر اصلی pH، نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل آنها بر غلظت Mg بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها (جدول5 و شکل5) نشان می‌دهد که با افزایش آمونیوم محلول غذایی، غلظت Mg بخش هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. نتایج نسبتاً مشابهی توسط روتستین و کریگ (2005)، کیم و همکاران (2002) و سلطانی و همکاران (1385) گزارش شده است. با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5، غلظت Mg بخش هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ولی تفاوت معنی‌داری بین دو pH 6/5 و 8 وجود ندارد (جدول5 و شکل5). دیسکو و همکاران (2009) گزارش دادند که با افزایش pH محلول غذایی از 4/5 به 6/5 غلظت منیزیم گیاه گوجه‌فرنگی تغییر معنی‌داری نمی‌کند. کاهش معنی‌دار غلظت Mg بخش هوایی در pH برابر 4/5 نسبت به دو pH 6/5 و 8 احتمالاً به اثر برهمکنش منفی بین H^+ و Mg^{2+} مربوط می‌باشد. همچنین، به‌نظر می‌رسد که با کاهش pH محلول غذایی بار الکتریکی مثبت دیواره‌های سلولی افزایش می‌یابد و دافعه حاصل از آن باعث کاهش جذب کاتیونهایی مثل منیزیم بوسیله ریشه گیاه می‌گردد. ایسلام و همکاران (1980) مشاهده کردند که با افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

pH محلول غذایی از 3/3 به 8/5، غلظت Mg بخش هوایی در تمام گونه‌های گیاهی مورد مطالعه افزایش یافت. غلظت کفایت Mg بخش هوایی اسفناج شش میلی-گرم در گرم ماده خشک یا بیشتر می‌باشد (روسن و الیاسون 2005). با توجه به شکل5، غلظت Mg بخش هوایی اسفناج در تیمارهای مورد مطالعه بیشتر از دامنه کفایت می‌باشد.



شکل 4- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Ca ریشه اسفناج

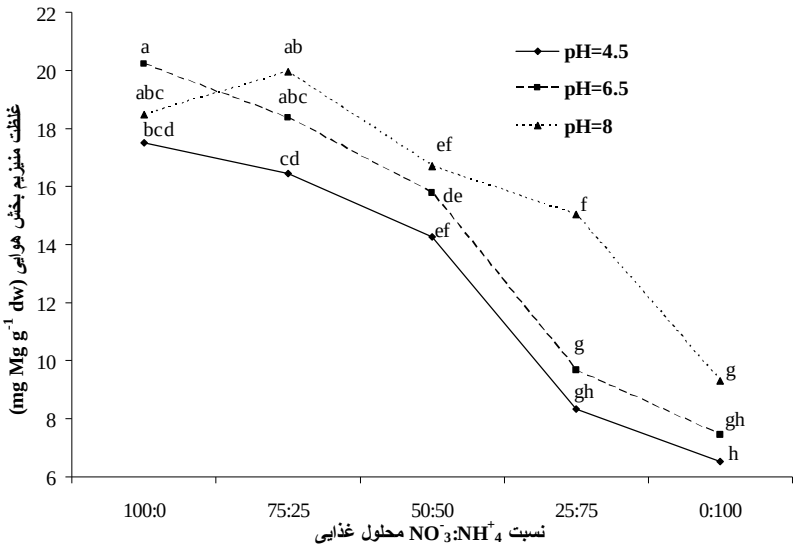
جدول5- مقایسه میانگین‌های جذب و غلظت Mg در ریشه و بخش هوایی اسفناج تحت اثر اصلی pH و شکل نیتروژن محلول غذایی

اثر اصلی	سطوح	غلظت Mg بخش هوایی (mg g^{-1} dw)	جذب Mg در بخش هوایی (mg pot^{-1})	غلظت Mg ریشه (mg g^{-1} dw)
نسبت نیترات به آمونیوم	100:0	18/75 a	601/71 c	8/31 a
	75:25	18/00 a	915/70 a	6/94 b
	50:50	14/92 b	567/47 b	4/98 c
	25:75	10/20 c	226/76 d	3/28 d
	0:100	7/75 d	83/77 e	2/85 d
pH محلول غذایی	4/5	12/71 b	487/01 a	5/48 a
	6/5	14/17 a	511/94 a	5/08 a
	8/0	14/89 a	438/30 a	5/25 a
منبع تغییر		سطح احتمال معنی‌داری		
pH		<0/01	ns	ns
نسبت نیترات به آمونیوم		<0/01	<0/01	<0/01
pH×نسبت نیترات به آمونیوم		<0/01	<0/01	<0/01

Archive

www.SID.ir

نتیجه تجزیه واریانس (جدول 5) نشان می‌دهد که اثر اصلی pH بر جذب Mg بوسیله اسفناج معنی‌دار نیست و اثر اصلی نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر جذب Mg بوسیله اسفناج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی از 100:0 به 75:25 جذب Mg بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و با کاهش بیشتر نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول‌های 3 و 5). جذب Mg بوسیله اسفناج با غلظت Mg بخش هوایی و ماده خشک بخش هوایی اسفناج رابطه خطی به ترتیب با $r = 0.946^{**}$ و $r = 0.968^{**}$ دارد.



شکل 5- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Mg بخش هوایی اسفناج

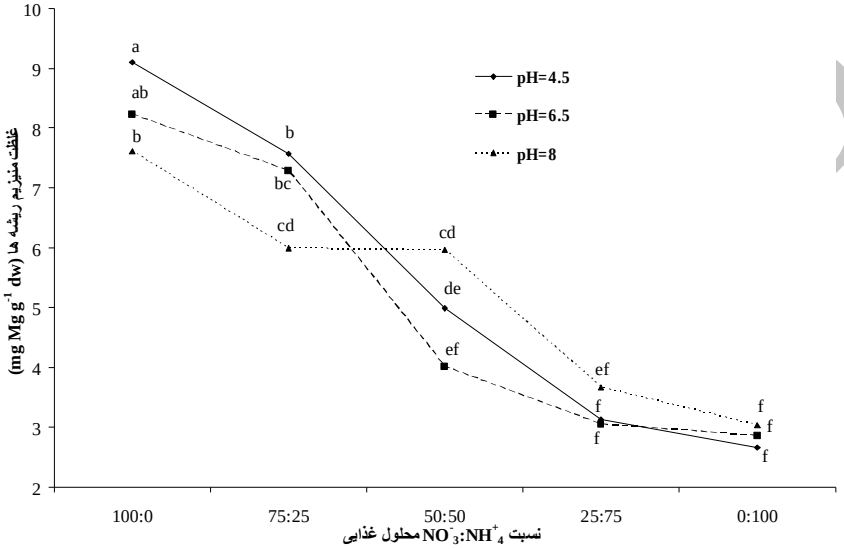
نتیجه تجزیه واریانس (جدول5) نشان می‌دهد که اثر اصلی pH بر غلظت Mg ریشه معنی‌دار نیست و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم بر غلظت Mg ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش آمونیوم محلول غذایی غلظت Mg ریشه به‌طور معنی-داری کاهش می‌یابد (جدول 5 و شکل 6). میانگین غلظت Mg بخش هوایی حدود 2/5 برابر غلظت Mg ریشه می‌باشد و میان غلظت Mg ریشه و غلظت Mg بخش هوایی اسفناج رابطه خطی با $r = 0.85^{**}$ مشاهده گردید. فیندینگ (1987) تأثیر سطوح مختلف pH محلول غذایی حاوی آمونیوم به عنوان منبع نیتروژن را بر رشد 14 گونه گیاهی (اسفناج، هویج، جو و غیره) بررسی و مشاهده کرد که با کاهش pH از شش به چهار غلظت Mg ریشه تمام گونه‌های مورد مطالعه کاهش یافت؛ این کاهش به اثر متقابل میان یون‌های H^+ و Mg^{+2} نسبت داده شد.

نتیجه تجزیه واریانس (جدول6) نشان می‌دهد که اثر pH بر غلظت Na بخش هوایی معنی‌دار نیست و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Na بخش هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول 6) نشان می‌دهد که بین نسبت نیترات به آمونیوم 100:0 و 75:25 تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی از 75:25 به 50:50 غلظت Na بخش هوایی به‌طور معنی-داری کاهش می‌یابد. در صورتی که میان نسبتهای نیترات به آمونیوم 50:50، 25:75 و 0:100 تفاوت معنی-داری وجود ندارد. همچنین، جدول 6 نشان می‌دهد که اثر pH بر غلظت Na بخش هوایی معنی‌دار نیست. نتایج نسبتاً مشابهی بوسیله کن و همکاران (2006) گزارش شده است.



شکل6- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Mg ریشه اسفناج

شکل 7 نشان می‌دهد که تأثیر pH محلول غذایی بر غلظت Na بخش هوایی به نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بستگی دارد و بر عکس. به‌طوری که: 1) در نسبت نیترات به آمونیوم 100:0، با افزایش pH از 4/5 به 8 غلظت Na بخش هوایی به‌طور معنی-داری کاهش می‌یابد. کاهش غلظت Na بخش هوایی می-تواند به‌علت برهمکنش میان Na و K باشد (مارشنر 1995)؛ زیرا این نسبت نیترات به آمونیوم با pH 8، بیشترین غلظت K بخش هوایی را دارد (شکل1)؛ 2) در نسبت نیترات به آمونیوم 75:25، غلظت Na بخش هوایی با افزایش pH از 4/5 به 6/5 تغییر معنی‌داری نمی‌کند ولی با افزایش pH از 6/5 به 8، به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه ماده خشک بخش هوایی در این نسبت بین pHهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشتند، به‌نظر می‌رسد این افزایش ناشی از افزایش pH رایزوسفر می‌باشد (نجفی و پارسازاده 1388). با افزایش pH رایزوسفر بارهای منفی دیواره-های سلولی ریشه زیاد شده و در نتیجه جذب Na بوسیله آن افزایش می‌یابد. 3) در دو نسبت نیترات به آمونیوم 50:50 و 25:75 بین غلظت Na بخش هوایی در pHهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. 4) در نسبت نیترات به آمونیوم 0:100 بین pH 4/5 و 6/5 و همچنین بین pH 6/5 و 8 تفاوت معنی‌داری از نظر غلظت Na بخش هوایی وجود ندارد در حالی که با افزایش pH از 4/5 به 8 غلظت Na بخش هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. افزایش معنی‌دار غلظت Na بخش هوایی با افزایش pH از 4/5 به 8 را می‌توان به تغییرات pH رایزوسفر نسبت داد؛ pH رایزوسفر در

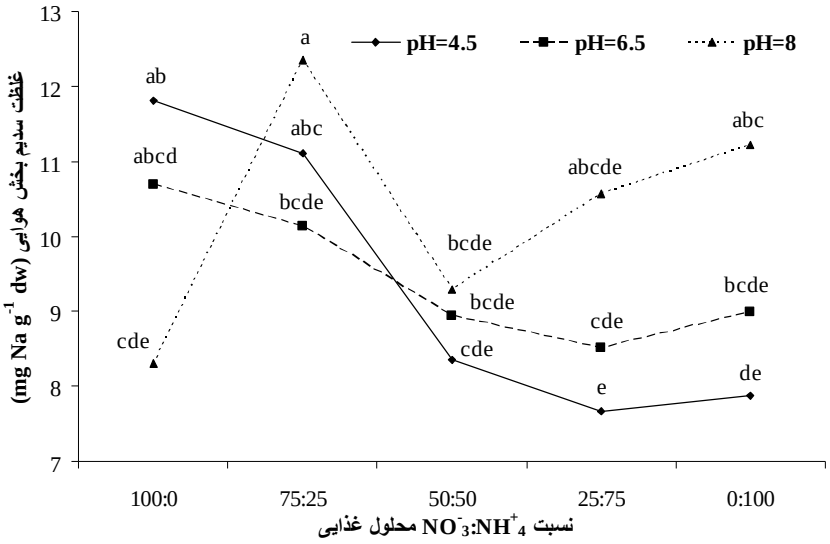
Archive
www.SID.ir

محلول غذایی با pH 8 در پایان دوره رشد در نسبت مذکور حدود 6/5 می‌باشد در حالی که در pH 6/5 کمتر از 4/6 می‌باشد و در pH 4/5 کمتر از 4/2 می‌باشد (نجفی و پارسازاده، 1388). بنابراین، زیادی پروتون در pH 4/5 نه تنها جذب Na را کاهش می‌دهد بلکه از طریق صدمه بر بافت ریشه، متابولیسم ریشه گیاه را مختل کرده و در نتیجه سرعت جذب Na کاهش می‌یابد (مارشنر 1995). دلیل دیگر برای افزایش غلظت Na در pH 8 نسبت به pH 4/5 این است که برای تنظیم pH محلول غذایی در pH 8 از 0.1M NaOH استفاده می‌شد که غلظت Na در محلول غذایی را تا حدودی افزایش می‌داد.

جدول6- مقایسه میانگین‌های جذب و غلظت Na در ریشه و بخش هوایی اسفناج تحت اثر اصلی pH و شکل نیتروژن محلول غذایی

اثر اصلی	سطوح	غلظت Na بخش هوایی ($mg\ kg^{-1}\ dw$)	جذب Na در بخش هوایی ($mg\ pot^{-1}$)	غلظت Na ریشه ($mg\ g^{-1}\ dw$)
نسبت نیترات به آمونیوم	100:0	10/27 ab	361/40 b	4/87 ab
	75:25	11/19 a	561/70 a	5/39 a
	50:50	8/86 b	329/30 b	4/55 b
	25:75	8/91 b	195/30 c	3/94 c
	0:100	9/35 b	109/30 d	3/56 c
pH محلول غذایی	4/5	9/36 a	334/20 a	4/74 a
	6/5	9/45 a	298/80 a	4/33 a
	8/0	10/30 a	301/10 a	4/31 a

منبع تغییر	سطح احتمال معنی‌داری		
pH	ns	ns	ns
نسبت نیترات به آمونیوم	<0/01	<0/01	<0/01
نسبت نیترات به آمونیوم×pH	<0/01	<0/01	<0/05



شکل 7- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Na بخش هوایی

Archive of SID

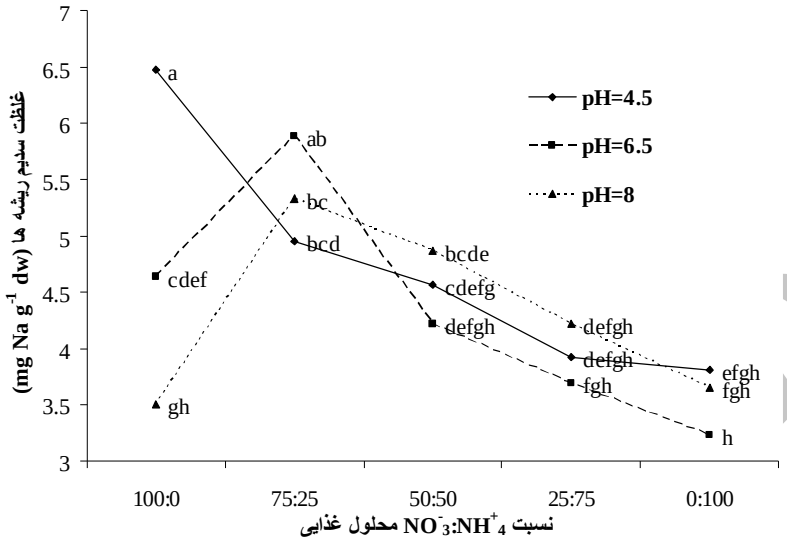
www.SID.ir

نتیجه تجزیه واریانس (جدول 6) نشان می‌دهد که اثر pH محلول غذایی بر جذب Na بوسیله اسفناج معنی‌دار نیست و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر جذب Na بوسیله اسفناج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش آمونیوم محلول غذایی از صفر به 25 درصد (مولی)، جذب Na بوسیله اسفناج به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و با افزایش بیشتر آمونیوم محلول غذایی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (جدول6). جدول 3 نشان می‌دهد که جذب Na بوسیله اسفناج در نسبت نیترات به آمونیوم 100:0 با افزایش pH محلول غذایی، به‌طور معنی‌داری کاهش و در نسبت‌های نیترات به آمونیوم 25:75 و 0:100 با افزایش pH به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و در نسبت‌های نیترات به آمونیوم 75:25 و 50:50 با افزایش pH تغییر معنی‌داری نمی‌یابد. میان جذب Na بوسیله اسفناج و ماده خشک بخش هوایی رابطه خطی با r=0.97** وجود دارد که نشان می‌دهد بخش عمده تغییرات جذب Na در گیاه بوسیله تغییرات ماده خشک توجیه می‌شود.

نتیجه تجزیه واریانس (جدول6) نشان می‌دهد که اثر pH بر غلظت Na ریشه معنی‌دار نیست و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی و اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم بر غلظت Na ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش آمونیوم محلول غذایی، غلظت Na ریشه کاهش می‌یابد (جدول6). میانگین غلظت Na بخش هوایی بیش از دو برابر میانگین غلظت Na ریشه می‌باشد (شکل‌های 7 و 8) و میان غلظت Na ریشه و غلظت Na بخش هوایی رابطه خطی با r = 0.62* وجود دارد. زیاد بودن میانگین غلظت عناصر K، Ca، Mg و Na در بخش هوایی نسبت به ریشه را می‌توان به تعرق بخش هوایی و انتقال پیوسته این عناصر از ریشه‌ها به بخش هوایی نسبت داد که سبب انباشته شدن آنها در بخش هوایی می‌شود. کن و همکاران (2006) مشاهده کردند که در نسبت نیترات به آمونیوم 8:1، با افزایش pH محلول غذایی از 5/8 به 6/5، غلظت Na ریشه پیاز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 8- اثر متقابل pH و نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر غلظت Na ریشه

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی غلظت و مقدار جذب K، Ca، Mg و Na بخش هوایی اسفناج و غلظت این عناصر در ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. تأثیر pH محلول غذایی بر غلظت K ریشه و بخش هوایی، غلظت Ca ریشه، جذب Ca و غلظت Mg بخش هوایی معنی‌دار می‌باشد ولی بر غلظت Na ریشه و بخش هوایی، جذب سدیم، غلظت Mg ریشه و جذب Mg معنی‌دار نیست. روند تأثیر نسبت نیترات به آمونیوم محلول غذایی بر جذب و غلظت عناصر مورد مطالعه بسته به pH متفاوت است و برعکس. میانگین غلظت عناصر K، Ca، Mg و Na بخش هوایی اسفناج بیشتر از ریشه می‌باشد که نشان دهنده این است که در شرایط آزمایش گیاه اسفناج این عناصر را در اندامهای هوایی انباشته می‌کند. میان غلظت این عناصر در ریشه و غلظت آنها در بخش هوایی و همچنین میان غلظت این عناصر در بخش هوایی و جذب آنها بوسیله گیاه اسفناج همبستگی‌های معنی‌داری وجود دارد.

منابع مورد استفاده

ابراهیم زاده ح، 1380. فیزیولوژی گیاهی. جلد اول، مبحث تغذیه و جذب. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ایران.

دلشاد م، بابالار م، و کاشی ع، 1379. اثر شاخص نیتروژن محلول‌های غذایی در تغذیه معدنی ارقام گوجه فرنگی گلخانه-ای در کشت هیدروپونیک. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 31، شماره 3، صفحه‌های 613 تا 625.

سلطانی ف، کاشی ع، و بابالار م، 1385. اثر محلولهای غذایی مختلف روی فاکتورهای رشد و درصد عناصر برگ دو رقم خیار گلخانه‌ای در بستر پرلیت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 37، شماره 3، صفحه‌های 381 تا 387.

Archive of SID

www.SID.ir

نجفی ن، و م پارسازاده. 1388. تأثیر شکل نیتروژن و pH محلول غذایی بر تغییرات pH و EC رایزوسفر گیاه اسفناج در طول دوره رشد در کشت هیدروپونیک. مجموعه مقالات اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. صفحه‌های 115 تا 117. 28 تا 30 مهر ماه، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

Adams, P, 2002. Nutritional control in hydroponics. Pp. 211–261. In: Savvas D and Passam HC (eds). Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece.

Ahmad A, Mohd S, Ismail MR, Yusop MK and Mahmood M, 2004. Effects of nitrogen forms on the growth and ionic content of lowland cauliflower under tropical greenhouse. International Symposium on Greenhouses, Environmental Controls and In-house Mechanization for Crop Production in the Tropics and Sub-Tropics. 15-17th June, Cameron Highlands, Pahang, Malaysia.

Assimakopoulou, A, 2006. Effect of iron supply and nitrogen form on growth, nutritional status and ferric reducing activity of spinach in nutrient solution culture. Sci Hort 110:21-29.

Barker AV and Kathleen MR, 1994. Ethylen evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. J Am Soc Hort Sci 119: 706-710.

Berdanier CD and Atkins TK, 1998. Advanced Nutrition. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA.

Clark MB, Mills HA, Robacker CD and Latimer JG, 2003. Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars. J Plant Nutrition 26: 2503-2520.

Dyśko J, Kowalczyk W and Kaniszewski S, 2009. The influence of pH of nutrient solution on yield and nutritional status of tomato plants grown in soilless culture system. Vegetable Crops Research Bulletin 70: 59-69.

Edwards J and Horton BD, 1982. Interaction of peach seedlings to NO_3^-:NH_4^+ ratios in nutrient solutions. J Am Soc Hort Sci 107: 142–147.

Elia A, Santamaria P and Serio F, 1996. Ammonium and nitrate influence on artichoke growth rate and uptake of inorganic ions. J Plant Nutrition 19:1029-1044.

Epstein E and Bloom AJ, 2005. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2nd Edition, Sinauer Associates, Inc., USA.

Errebhi M and Wilcox GE, 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. J Plant Nutrition 13:1017-1029.

Findenegg GR, 1987. A comparative study of ammonium toxicity at different constant pH of the nutrient solution. Plant Soil 103:239-243.

Gerendas J, Zhu Z, Bendixen R and Sattelmacher B, 1997. Physiological and biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 160: 239-251.

Gupta, PK, 2000. Soil, Plant, Water, and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India.

Archive of SID

www.SID.ir

Hartman PL, Harry AM and Jones JB, 1986. The influence of nitrate:ammonium ratios on growth, fruit development and element concentration in "Floradel" tomato plant. J Am Soc Hort Sci 111:487-490.

Hoagland DR and Arnon DS, 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif Agric Exp Stat Circ 374: 1–32.

Islam AKMS, Edwards DG and Asher CJ, 1980. pH optima for crop growth. Results of a flowing solution culture experiment with six species. Plant Soil 54: 339-357.

Jose RM and Wilcox GE, 1984. Growth, free amino acids, and mineral composition of tomato plant in relation to nitrogen form and growing media. J Am Hort Sci 109: 406-411.

Kane CD, Jasoni RL, Peffley EP, Thompson LD, Green CJ, Pare P and Tissue D, 2006. Nutrient solution and solution pH influences on onion growth and mineral content. J Plant Nutrition 29: 375-390.

Kawazu Y, Okimura M, Ishii T and Yui S, 2003. Varietals and seasonal difference in oxalate content of spinach. Sci Hort 97: 203-210.

Kim T, Mills HA and Wetzstein HY, 2002. Studies on effects of nitrogen form on growth, development, and nutrient uptake in pecan. J Plant Nutrition 25: 497-506.

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

Kotsiras A, Olympios CM, Drosopoulos J and Passam HC, 2002. Effect of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruit. J Am Sci Hort 95: 175-183.

Marschener H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition, Academic Press, London.

Rosen CJ and Eliason R, 2005. Nutrient Management for Commercial Fruit & Vegetable Crops in Minnesota. Department of Soil, Water, and Climate, University of Minnesota, USDA-Risk Management Agency, USA.

Rubatzky E and Yamaguchi M, 1997. World vegetables: Principles, production and nutritive values. Chapman and Hall, New York, USA.

Rothstein DE and Cregg BM, 2005. Effects of nitrogen form on nutrient uptake and physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*). Forest Ecol Manag 219: 69–80.

Serna MD, Borras R, Legaz F and Millo EP, 1992. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. Plant Soil 147: 13-23.

Simone EH, Mills HA and Smitte DA, 1992. Ammonium reduces growth, fruit yield and fruit quality of watermelon. J Plant Nutrition, 15: 2727-2741.

Stratton ML, Good GL, Barker AV, 2001. The effects of nitrogen source and concentration on the growth and mineral composition of privet. J Plant Nutrition 24:1745-1772.

Archive of SID

www.SID.ir

Tabatabaei SJ, Fatemi L and Fallahi E, 2006. Effect of ammonium:nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. J Plant Nutrition 29: 1273-1285.

Van Beusichem ML, Kirkby EA and Baas R, 1988. Influence of nitrate and ammonium nutrition and the uptake, assimilation, and distribution of nutrients in *Ricinus communis*. Plant Physiol 86: 914-921.

Waling I, Vark WV, Houba VJG and Van der lee JJ, 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University, the Netherlands.

Wilcox GE, Magalheas JR and Silve FLIM, 1985. Ammonium and nitrate concentrations as factors in tomato growth and nutrient uptake. J Plant Nutrition 8: 989-998.

Xu QF, Tsai CL, Tsai CY, 1992. Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. J Plant Nutrition 15:23–33.

Zhang Y, Lin X, Zhang Y, Zhang SJ and Du S, 2005. Effects of nitrogen levels and nitrate/ammonium ratio on oxalate concentration of different forms in edible parts of spinach (*Spinacia oleracea* L.). J Plant Nutrition 28:2011-2025.

Zsoldos F and Haunold E, 1982. Influence of 2,4-D and low pH on potassium, ammonium and nitrate uptake by rice roots. Plant Physiol 54:63-68.

Archive of SID

www.SID.ir