نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14538.2302
۱۸۵-۱۹۸

تأثیر منبع نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی، میزان کلروفیل و غلظت برخی عناصر غذایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط کشت بدون خاک

افسانه انصاری[۱]، *عباس حسنی[۲]، بهنام دولتی[۳] و فاطمه سفیدکن[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، [۲]استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، [۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، [۴]استاد مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۹

چکیده

سابقه و هدف: ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یک‌ساله، معطر، علفی و متعلق به تیره نعناع است که به‌عنوان سبزی تازه و نیز به‌طور سنتی برای درمان بسیاری از بیماری‌ها مصرف می‌شود. تغذیه گیاه یکی از عوامل مهمی است که بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان اثر می‌گذارد. نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی برای رشد و نمو گیاه است. گیاهان می‌توانند نیتروژن را به‌صورت نیترات یا آمونیوم جذب کنند و نسبت نیترات به آمونیوم مورد نیاز برای جذب و رشد بهینه برای هر گونه گیاهی متفاوت است. این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر خصوصیات ریخت‌شناختی- فیزیولوژیکی و غلظت عناصر غذایی در گیاه ریحان در شرایط کشت هیدروپونیک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور مطالعه اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) بر گیاه ریحان در شرایط کشت هیدروپونیک، یک آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. برای ارزیابی ویژگی‌های رشدی (ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و سطح برگ‌ها، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها)، میزان کلروفیل و غلظت عناصر (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، مس، منگنز و روی در برگ‌ها و ریشه‌ها)، نمونه‌برداری از گیاهان در مرحله گلدهی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های رشدی گیاه (مانند تعداد برگ‌ها، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها) و شاخص کلروفیل (SPAD) به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم قرار گرفت. نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه و سطح برگ نداشتند. با افزایش غلظت آمونیوم در محلول غذایی شاخص‌های رشدی و میزان کلروفیل کاهش یافت و برای اکثر شاخص‌های رشدی و میزان کلروفیل، نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مناسب‌ترین تیمار بود. همچنین غلظت نیتروژن، فسفر و مس در برگ‌ها و پتاسیم، آهن، منگنز و روی در برگ‌ها و ریشه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نسبت‌های نیترات به آمونیوم قرار گرفت. با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم مقادیر نیتروژن، فسفر، آهن و روی در برگ‌ها افزایش یافت در حالی‌که مقادیر پتاسیم، مس و منگنز برگ‌ها و پتاسیم، آهن و منگنز ریشه‌ها کاهش یافت.

* مسئول مکاتبه: a.hassani@urmia.ac.ir

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که گیاه ریحان برای رشد مناسب به غلظت‌های پایین‌تری از آمونیوم در محلول غذایی نیاز دارد. بنابراین محلول غذایی شامل نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم برای تولید گیاه ریحان تحت شرایط کشت هیدروپونیک توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، ریحان، عناصر کم‌مصرف، نیترات، هیدروپونیک

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یک‌ساله، علفی و متعلق به تیره نعناع بوده و منشأ آن کشورهای هند، ایران و افغانستان گزارش شده است (۱۷). این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که به‌صورت تازه، خشک و یا فریز شده در بازار موجود می‌باشد. ریحان در بسیاری از کشورها در شرایط گلخانه‌ای برای مصارف مختلف دارویی و آشپزی کشت می‌گردد (۱۰).

عوامل زیادی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان، از جمله ریحان مؤثر هستند که از این عوامل می‌توان به تغذیه گیاه اشاره نمود. نیتروژن مهم‌ترین عنصر در رشد و نمو گیاهان می‌باشد. میزان نیتروژن حدود ۴۰-۲۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گیاهی بوده که به شکل آلی و معدنی در گیاه موجود می‌باشد. نیتروژن با هیدروژن، اکسیژن، گوگرد و کربن ترکیب شده و تولید اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل، آلکالوئیدها و بازهای پورین را می‌کند. همچنین نیتروژن در خاک به‌صورت نیترات یا آمونیوم وجود دارد (۲۸). پاسخ گیاه نسبت به تغذیه آمونیومی یا نیتراتی علاوه بر گونه گیاهی، به عوامل محیطی مثل دما، شدت نور، pH و غلظت مواد غذایی نیز بستگی دارد (۲۹). بین شکل‌های جذبی نیتروژن به لحاظ جذب، انتقال، آسیمیلاسیون و نیاز به انرژی تفاوت اساسی وجود دارد. با این‌که یون نیترات معمول‌ترین منبع نیتروژن برای رشد گیاه می‌باشد، ولی جذب این یون از لحاظ متابولیکی نیاز به انرژی بیش‌تری نسبت به جذب آمونیوم دارد چرا که نیترات ابتدا باید به آمونیوم احیا شود ولی با این وجود یون نیترات به‌عنوان معمول‌ترین شکل نیتروژن قابل‌دسترس در خاک مطرح می‌باشد (۱۸). همچنین حضور نیتروژن در محلول غذایی به فرم آمونیوم و نیترات، جذب سایر عناصر غذایی توسط گیاهان را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۲۴). اگرچه مصرف کودهای نیتروژنی به شکل نیترات غالباً باعث افزایش عملکرد سبزی‌ها می‌شود اما ممکن است منجر به تجمع نیترات به‌ویژه در سبزی‌های برگی گردد که می‌تواند برای سلامت انسان و محیط زیست مضر باشد. بنابراین جایگزینی نیترات در رژیم‌های تغذیه‌ای گیاهان با مقادیر مناسبی از آمونیوم ممکن است این نگرانی را تا حدودی کاهش دهد (۳۵).

یوداگاوا (۱۹۹۵)، تأثیر غلظت‌های مختلف نیترات بر روی شوید (*Anethum graveolens* L.) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) را بررسی کرد. او نشان داد که زیادی غلظت نیترات باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه شده ولی مقدار اسانس را کاهش داد (۳۰). وانگ و همکاران (۲۰۰۵) نیز، در بررسی نسبت‌های نیترات به آمونیوم بر رشد و گلدهی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*) دریافتند که نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مناسب می‌باشد. این در حالی است که میزان رشد گیاه در نسبت ۱۰۰:۰ آمونیوم به نیترات مناسب نبوده و وجود حداقل ۵۰ درصد نیترات برای رشد و گلدهی گیاه لازم می‌باشد (۳۳). در بررسی اثر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) بر گیاه اسفناج مشاهده گردید که با افزایش

این نسبت‌ها مقدار کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز خالص و عملکرد ماده خشک کاهش یافت (۳۵). اورلیک و همکاران (۲۰۱۷) نیز ضمن بررسی اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم (۱۰۰:۰، ۵۰:۵۰ و ۰:۱۰۰) بر کاهو (*Lactuca sativa*) گزارش نمودند که در مقادیر بالای نیترات، وزن تر، تعداد برگ و غلظت نیتروژن برگ‌ها افزایش یافت (۳۱). بنابر گزارش لیو و همکاران (۲۰۱۷)، بالاترین مقادیر شاخص‌های رشدی، سرعت فتوسنتز، غلظت کلروفیل، پروتئین محلول ریشه و نیترات برگ‌ها در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) در نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مشاهده گردید (۱۳).

با توجه به اهمیت نیتروژن در تغذیه گیاهی و ارتباط متقابل آن در جذب سایر عناصر غذایی، یافتن نسبت مناسب نیترات به آمونیوم در تغذیه گیاه ریحان، جهت دست‌یابی به حداکثر تولید و افزایش کیفیت محصول از اهداف پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تعیین نسبت‌های مناسب نیترات به آمونیوم در کشت هیدروپونیک گیاه ریحان در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) در ٤ تکرار انجام شد. بذور گیاه ریحان رقم کشکنی لولو، در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر در بستری از پرلیت و کوکوپیت (به نسبت ۵۰:۵۰) و در عمق یک سانتی‌متری کشت شدند. آبیاری گلدان‌ها تا زمان جوانه‌زنی بذور با آب معمولی (هدایت الکتریکی ۰/۷۲ $dS\ m^{-1}$ و اسیدیته ۷/۵) صورت گرفت (جدول ۱). پس از جوانه‌زنی و سبزشدن بذور، گیاهچه‌ها تا مرحله ٦ برگی فقط با محلول ۰/۵ غلظت هوگلند آبیاری شدند و از این مرحله به بعد نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم اعمال گردیدند (جدول ۲). میانگین دمای حداکثر و حداقل گلخانه در طول انجام آزمایش به‌ترتیب ۳٦ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین زه‌آب گلدان‌ها به‌منظور تعیین هدایت الکتریکی جمع‌آوری و در صورت نیاز، آبشویی با آب انجام می‌گرفت. به‌منظور بررسی صفات موردنظر، نمونه‌برداری از بوته‌های ریحان در مرحله گلدهی انجام گرفت.

شاخص‌های رشدی گیاه: برای این منظور از هر واحد آزمایشی سه بوته به تصادف انتخاب شده و سپس ارتفاع بوته و مجموع طول شاخه‌های جانبی (توسط خط‌کش)، تعداد برگ و شاخه جانبی، قطر ساقه (توسط کولیس دیجیتالی) و وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه (ترازوی دیجیتالی با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ گرم) و سطح برگ‌ها (توسط دستگاه اندازه سطح برگ مدل AM ۲۰۰) اندازه‌گیری گردید. برای تعیین وزن خشک، قسمت‌های رویشی (به تفکیک) به‌مدت ٤۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

شاخص کلروفیل برگ: در مرحله گلدهی، شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل Minolta، ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد.

استخراج عصاره گیاهی جهت اندازه‌گیری عناصر برگ و ریشه: استخراج عصاره گیاهی با استفاده از روش سوزاندن خشک صورت گرفت. مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک پودر شده برگ و ریشه را در کروزه‌های چینی ریخته و به‌منظور حذف ترکیبات آلی، به کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد و به‌مدت ۵-٤ ساعت به خاکستر سفید تبدیل شدند. این خاکستر به کمک ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار هضم شده سپس به کمک کاغذ صافی فیلتر شده و به درون بالن ۵۰ میلی‌لیتر ریخته و

با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مقدار نیتروژن با استفاده از روش کجلدال در سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون انجام گرفت (۱۶). فسفر با استفاده از روش اولسن[1] بر مبنای رنگ‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر (۱۶) و مقدار پتاسیم نیز به روش نشر شعله‌ای و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (۶).

همچنین عناصر کم‌مصرف شامل آهن، مس، روی و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu AA-6300) اندازه‌گیری شدند (۶).

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده.

Table 1. Some chemical characteristics of water used.

pH	EC	HCO_3	Ca	Mg	Na	Cl	NO_3	P	K
	($dS\ m^{-1}$)	($mg\ l^{-1}$)							
7.5	0.72	5.6	3.9	1.5	0.85	1	0.49	0	1.95

جدول ۲- غلظت عناصر غذایی در نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم.

Table 2. Concentration of nutrients in different nitrate to ammonium ratios.

mmol/ L	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
	NO_3:NH_4				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
$Ca(NO_3)_2$	4.3	2.7	3.6	1.8	0
KNO_3	5.7	5.4	0	0	0
$MgSO_4$	2	2	2	2	2
$NH_4H_2PO_4$	0	1	1	1	1
KH_2PO_4	1	0	0	0	0
KCl	1	2.3	7.7	7.7	7.7
NH_4Cl	0	2.5	6.1	9.7	11.5
$CaCl_2$	0	1.5	0.7	2.4	4.2

نتایج و بحث

صفات رویشی: نتایج نشان داد که تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر تعداد برگ‌ها و شاخه‌های جانبی، وزن خشک برگ و وزن تر و خشک ساقه و ریشه در سطح احتمال ۱ درصد و مجموع طول شاخه‌های جانبی و وزن تر برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود در حالی‌که ارتفاع بوته، قطر ساقه و سطح برگ تحت‌تأثیر سطوح مختلف نیترات به آمونیوم، تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد برگ (۱۰۰ و ۷۰) و مجموع طول شاخه‌های جانبی (۱۱۱/۲ و ۵۲/۹ سانتی‌متر) به‌ترتیب در نسبت ۷۵:۲۵ و ۰:۱۰۰ نیترات به آمونیوم مشاهده شد. بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی (۱۲/۱) در نسبت ۱۰۰:۰ و کم‌ترین تعداد آن (۹/۵) نیز در نسبت ۰:۱۰۰ نیترات به آمونیوم دیده شد (شکل ۱).

1- Olsen

بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر برگ (۱٤/۷ و ۱۰ گرم) و ساقه (۱٤/۸ و ۱۰/۲ گرم) و همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک برگ (۱/۷ و ۱ گرم) و ساقه (۲/٦ و ۱/٤ گرم) به‌ترتیب در نسبت‌های ۷۵:۲۵ و ۰:۱۰۰ نیترات به آمونیوم به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن تر (۸/۹ و ۵/۷ گرم) و خشک ریشه (۰/٤ و ۰/۲ گرم) نیز به‌ترتیب در نسبت‌های ۱۰۰:۰ و ۰:۱۰۰ نیترات به آمونیوم مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر صفات رویشی و کلروفیل.

Table 3. Analysis of variance of the effect of different nitrate to ammonium ratios on vegetative traits and chlorophyll content.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS					
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area	تعداد شاخه جانبی Number of axillary shoots	طول شاخه‌های جانبی Length of axillary shoots
تیمار Treatment	4	20.92^{ns}	0.09^{ns}	456.79**	763008.92^{ns}	2012.65**	4.27*
اشتباه آزمایشی Error	15	17.25	0.08	110.99	538135.28	84.73	1.69
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		7.19	7.2	12.65	13.28	11.1	11.92

^{ns}، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

^{ns}, ** and * Not significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

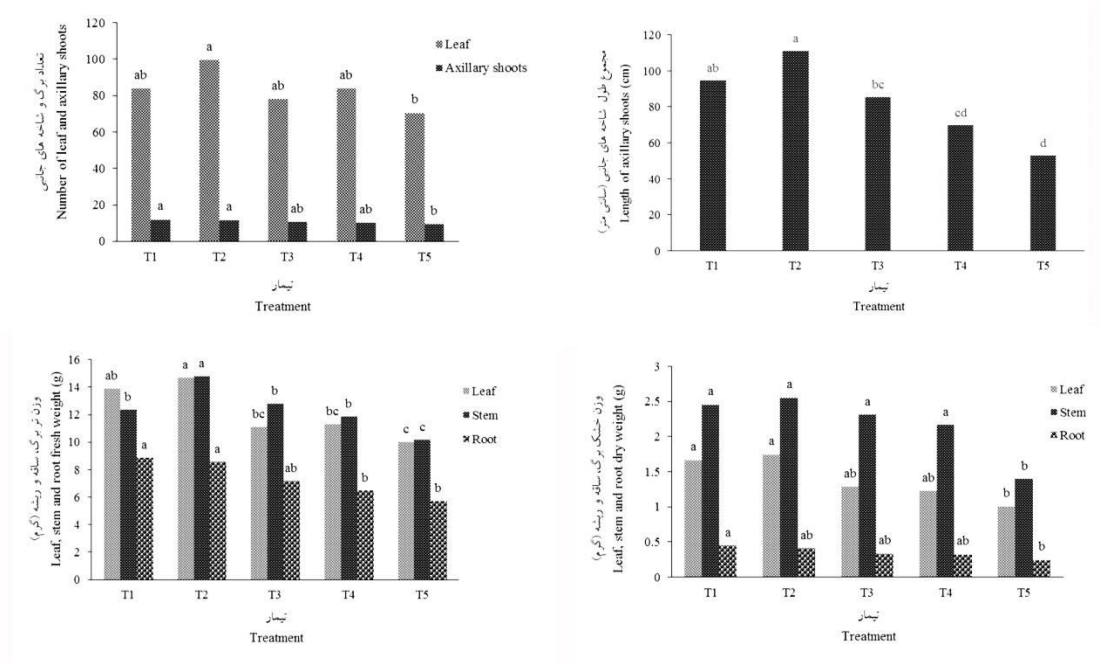
ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS						
		وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن تر ساقه Shoot fresh weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
تیمار Treatment	4	15.74*	11.11**	7.18**	0.28**	0.84**	0.02**	4.11**
اشتباه آزمایشی Error	15	4.23	0.36	0.76	0.06	0.06	0.0005	0.15
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		16.82	29.86	11.89	17.83	10.9	6.26	1.18

^{ns}، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

^{ns}, ** and * Not significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر صفات رویشی گیاه ریحان.

میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Fig. 1. Means comparison of the effect of different NO_3^-:NH_4^+ ratios on vegetative traits of basil. The means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های رشدی گیاه ریحان با افزایش نسبت آمونیوم در محلول غذایی کاهش می‌یابند. مشابه این پژوهش، در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی تغذیه شده با نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم، بالاترین مقادیر شاخص‌های رشدی (وزن تر و خشک شاخساره و ریشه) در نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مشاهده گردید (۱۳). همچنین در پژوهش مشابهی که توسط کیفرله و همکاران (۲۰۱۳) در خصوص تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم (۰:۱، ۱:۱ و ۱:۰) بر گیاهان ریحان رویش‌یافته در شرایط هیدروپونیک انجام شد، مشاهده گردید که تمام شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری‌شده (طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و وزن خشک ریشه) با افزایش مقدار آمونیوم کاهش یافتند (۱۱).

در مورد اکثر گونه‌های گیاهی تأمین نیترات همراه با مقادیر کمی از آمونیوم برای رشد گیاه مناسب است که البته عکس‌العمل گیاه بستگی به گونه و سن گیاه، مرحله رشدی، شرایط محیطی و غلظت کل نیتروژن به‌کار رفته دارد (۸ و ۲۲). در همین ارتباط و در پژوهشی که برای بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات (۰:۱۰۰، ۴۰:۶۰، ۲۰:۸۰ و ۰:۱۰۰) بر گیاهان پیازچه (*Allium schoenoprasum*)، ریحان و شوید (*Anethum graveolens* L.) انجام شد، مشخص گردید که بالاترین میزان تولید زیست‌توده در پیازچه و ریحان به‌ترتیب در نسبت‌های ۰:۱۰۰ و ۲۰:۸۰ به‌دست آمد در حالی‌که در گیاه شوید، بین نسبت‌های مختلف آمونیوم به نیترات از نظر تأثیر بر شاخص‌های رشدی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (۷).

وانگ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰ آمونیوم به نیترات نشان دادند که با کاهش نسبت آمونیوم به نیترات، وزن تر و خشک ریشه و ساقه افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار صفات یادشده در نسبت ۲۵:۷۵ آمونیوم به نیترات مشاهده شد (۳٤). سعادتیان و همکاران (۲۰۱٤) نیز در بررسی اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر دو رقم سبز و بنفش گیاه ریحان نشان دادند که در هر دو رقم نسبت نیترات به آمونیوم مهم است و به‌ویژه برای رقم بنفش، محلول غذایی با مقادیر کم‌تر آمونیوم می‌تواند در کشت بدون خاک مفید باشد (۲۲).

کاهش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها در تیمارهای آمونیومی می‌تواند ناشی از عوامل متعددی مانند کاهش pH محیط ریشه (۳)، مصرف کربوهیدرات‌های محلول گیاه در آسیمیلاسیون آمونیوم جذب‌شده (۲۰) و خروج فعال آمونیوم از ریشه (۲۱) باشد. در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم میزان تنفس ریشه‌ها بالا است. به بیان دیگر میزان مصرف اکسیژن در شرایط تغذیه گیاه با آمونیوم افزایش می‌یابد و فقدان اکسیژن در بافت‌های ریشه می‌تواند در کاهش رشد ریشه مؤثر باشد (۳). سینگ و همکاران (۲۰۱۵)، کاهش میزان فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک گیاه اسفناج را در مقادیر بالای آمونیوم به کاهش جذب نور به‌واسطه کاهش مقدار کلروفیل، کوچک شدن برگ‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای نسبت دادند (۳۵).

شاخص کلروفیل (SPAD): نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان شاخص کلروفیل (۳٤) در نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با نسبت ۱۰۰:۰ نداشت. کم‌ترین میزان این صفت (۳۱/٤) نیز در نسبت ۰:۱۰۰ نیترات به آمونیوم مشاهده شد که اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود (شکل ۲).

کلروفیل رنگدانه‌ای است که مسئولیت اصلی آن دریافت انرژی نور برای استفاده در فتوسنتز است. مولکول کلروفیل از دو بخش (یک سر پورفیرین و یک هیدروکربن طویل با دنباله فیتول) تشکیل شده است. پورفیرین از چهار حلقه پیرول حاوی نیتروژن که به‌صورت حلقوی قرار گرفته‌اند تشکیل شده است. کامل‌کننده مولکول کلروفیل یک یون منیزیم است که با چهار اتم نیتروژن در مرکز حلقه تشکیل کلات می‌دهد (۱).

در پژوهشی که توسط لیو و همکاران (۲۰۱۷) در گیاه گوجه‌فرنگی و با نسبت‌های نیترات به آمونیوم مشابه با پژوهش حاضر انجام شد، بالاترین میزان کلروفیل در نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مشاهده گردید (۱۳). ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که نسبت ۳۰:۷۰ نیترات به آمونیوم در کلم چینی (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) محتوای کلروفیل را بهبود می‌بخشد (۳٦). سعادتیان و همکاران (۲۰۱٤) ضمن بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم در دو رقم سبز و بنفش ریحان نشان دادند که بالاترین میزان کلروفیل در ریحان بنفش و در نسبت ۰/۵: ٤ نیترات به آمونیوم به‌دست آمد. همچنین در رقم سبز، مقدار کلروفیل در نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم تفاوت معنی‌داری نداشت (۲۲). سان و همکاران (۲۰۱٤) نیز در سه رقم پیازچه چینی مشخص کردند که تأثیر شکل‌های مختلف نیتروژن بر محتوای کلروفیل هر سه رقم معنی‌دار بود و بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b و کل در هر سه رقم در نسبت ۵۰:۵۰ نیترات به آمونیوم دیده شد (۲۷).

عناصر غذایی

عناصر پرمصرف: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر میزان نیتروژن و پتاسیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد و بر میزان فسفر برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ٤). همچنین تأثیر این تیمارها بر مقدار پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار و بر مقدار نیتروژن و فسفر ریشه غیرمعنی‌داری بود (جدول ۵).

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر عناصر معدنی برگ.

Table 4. Analysis of variance of the effect of different nitrate to ammonium ratios on leaf mineral elements.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS						
		N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
تیمار Treatment	4	0.91**	0.019*	1.17**	3436.16*	45.59*	54.40*	47.40*
اشتباه آزمایشی Error	15	0.019	0.006	0.03	550.56	11.43	4822.46	12.72
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		5.4	17.89	3.62	8.85	18.86	30.67	6.30

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

** and * Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر عناصر معدنی ریشه.

Table 5. Analysis of variance of the effect of different nitrate to ammonium ratios on root mineral elements.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS						
		N	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
تیمار Treatment	4	0.009ns	0.012ns	0.065**	660.708**	3.954ns	463.330**	90.663**
اشتباه آزمایشی Error	15	0.05	0.008	0.002	90.394	2.394	12.311	20.352
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		24.15	14.72	9.56	5.09	11.15	13.41	28.1

ns، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

ns, ** and * Not significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

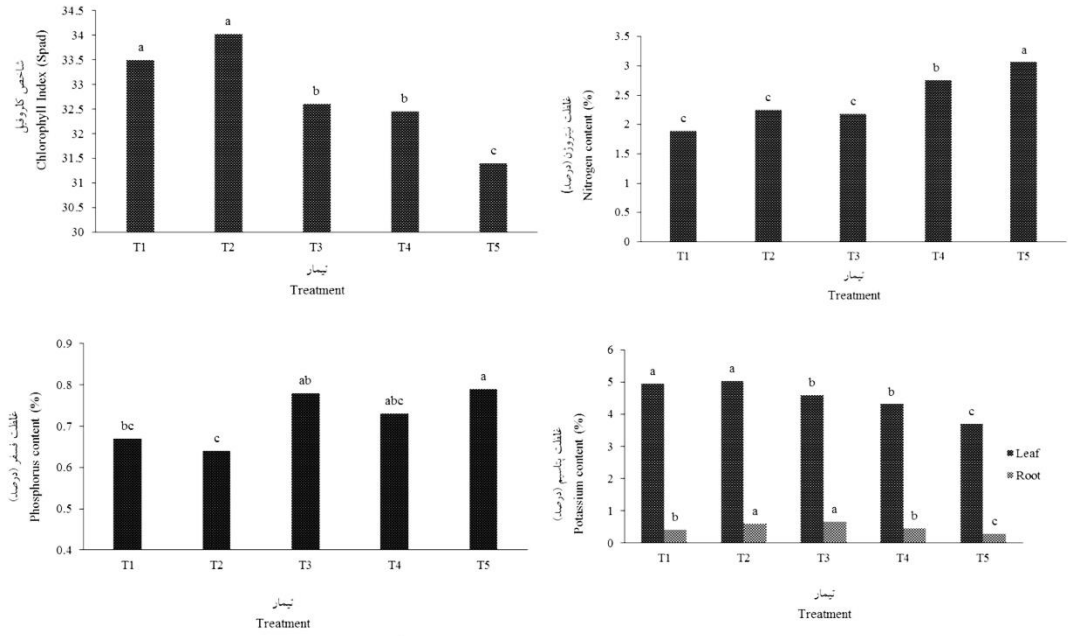
با افزایش میزان آمونیوم، غلظت نیتروژن و فسفر برگ افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان این عناصر (به‌ترتیب ۳/۱ و ۰/۸ درصد) در نسبت ۰:۱۰۰ و کم‌ترین میزان آن‌ها (به‌ترتیب ۱/۹ و ۰/٦ درصد) به‌ترتیب در نسبت ۱۰۰:۰ و ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم مشاهده شد (شکل ۲). همچنین بیش‌ترین (۵ درصد) و کم‌ترین (۳/۷ درصد) میزان پتاسیم برگ به‌ترتیب در نسبت ۷۵:۲۵ و ۰:۱۰۰ و بیش‌ترین (۰/۷ درصد) و

کم‌ترین (۰/۳ درصد) میزان پتاسیم ریشه به‌ترتیب در نسبت ۵۰:۵۰ و ۱۰۰:۰ نیترات به آمونیوم به‌دست آمد (شکل ۲).

محتوای نیتروژن در محلول غذایی و نسبت نیترات به آمونیوم به‌طور معنی‌داری جذب سایر عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. افزایش غلظت نیتروژن برگ‌ها در اثر کاربرد آمونیوم که در این پژوهش مشاهده شد، در کاهو (۲) و خیار (*Cucumis sativus*) (۲۰ و ۲۱) نیز گزارش شده است. نیترات در گیاهان برای آن‌که به ساختمان مواد آلی وارد شود و نقش اصلی خود را به‌عنوان ماده غذائی بازی کند باید به آمونیاک احیاء شود (۱۵). اگرچه تحت شرایط تغذیه با آمونیوم، جذب بسیاری از کاتیون‌های معدنی کاهش می‌یابد، اما جذب آن در گیاهان تغذیه شده با آمونیوم آن‌قدر بالا است که در کل جذب کاتیون‌ها نسبت به آنیون‌ها بیش‌تر خواهد بود (۳).

مشابه نتایج این پژوهش، ساواز و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که با افزایش آمونیوم، غلظت فسفر در برگ‌های کاهو افزایش می‌یابد و علت آن را به تأثیر آمونیوم بر pH ریزوسفر نسبت دادند (۲۵). نیتروژن با تأثیر بر قدرت جذب و سطح تبادلی ریشه گیاه، فعالیت‌های تنفسی و آنزیمی گیاه و میزان حلالیت فسفر می‌تواند بر قابلیت جذب فسفر مؤثر باشد. در بین آنیون‌ها نیترات بیش‌ترین اثر را در جذب فسفات دارد. زمانی که مقدار زیادی نیترات به گیاه عرضه شود جذب آنیون فسفات محدود خواهد شد (۲٤). فسفر اهمیت خاصی در تأمین آنیون و ایجاد تعادل در گیاه تغذیه شده با آمونیوم دارد (۳٤). بنابراین زیادی فسفر در گیاهان تغذیه‌شده با آمونیوم ممکن است برای ایجاد تعادل بارهای مثبت و منفی در گیاه باشد (۱۹).

در این پژوهش، با افزایش میزان آمونیوم، غلظت پتاسیم برگ‌ها کاهش و غلظت پتاسیم ریشه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین غلظت پتاسیم در برگ و ریشه در نسبت ۱۰۰:۰ نیترات به آمونیوم مشاهده گردید. کاهش میزان پتاسیم در نتیجه افزایش آمونیوم در گوجه‌فرنگی (۹) و خیار (۱۲) نیز گزارش شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بین آمونیوم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم رابطه آنتاگونیسمی وجود دارد و با افزایش محلول‌دهی آمونیوم غلظت عناصر یادشده به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (۲۵). براساس نظریه مارشنر (۱۹۹۵)، دلیل رقابت آمونیوم با پتاسیم و عدم جذب پتاسیم و دیگر کاتیون‌ها به‌وسیله آمونیوم، رقابت برای بار منفی داخل سلول است. به‌علت هم‌اندازه بودن یون هیدراته پتاسیم و آمونیوم بین جذب این دو یون که در ریشه از مکان‌های یکسانی صورت می‌گیرد رقابت منفی ایجاد می‌شود (۱۵). بنابراین به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش مقدار پتاسیم اندام‌ها در پژوهش حاضر، رقابت آمونیوم با این عنصر در جذب توسط گیاه باشد. پتاسیم به‌عنوان حامل آنیون‌ها در داخل گیاه فعالیت مهمی دارد. میزان پتاسیم گیاه همیشه متناسب با آنیون‌های متحرک مثل نیترات است. آنیون نیترات در حین حرکت خود از ریشه تا برگ‌ها، از پتاسیم به‌عنوان خنثی‌کننده بار منفی خود استفاده می‌کند. بنابراین رشد گیاه در حضور غلظت بالای آنیون نیترات ممکن است اثرات مثبتی روی جذب کاتیون‌ها مثل پتاسیم داشته باشد (۲٤).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر شاخص کلروفیل، غلظت نیتروژن و فسفر (برگ) و پتاسیم (برگ و ریشه).
میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Fig. 2. Means comparison of the effect of different NO_3^-:NH_4^+ ratios on chlorophyll index, nitrogen and phosphorus (Leaf) and potassium (leaf and root) concentration.
The means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

عناصر کم‌مصرف: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر مقادیر آهن، مس، منگنز و روی موجود در برگ (در سطح احتمال ۵ درصد) و بر مقادیر آهن، منگنز و روی موجود در ریشه (در سطح احتمال ۱ درصد) معنی‌دار گردید (جدول‌های ٤ و ٥). مقدار مس موجود در ریشه‌ها به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نسبت نیترات به آمونیوم قرار نگرفت (جدول ٥).

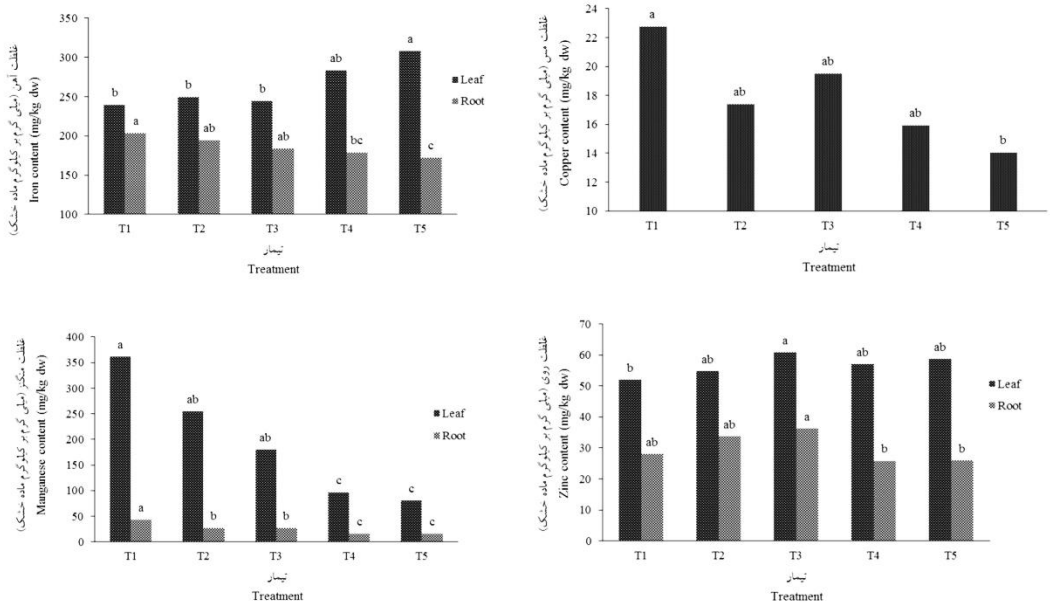
نتایج نشان داد که با افزایش مقدار آمونیوم در محلول غذایی، میزان آهن در برگ‌ها افزایش و در ریشه‌ها کاهش یافت (شکل ۳). تغذیه آهن در گیاهان به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر شکل نیتروژن مصرفی قرار می‌گیرد و این مسأله به‌دلیل تغییر نسبت جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها و تغییر pH آپوپلاست سلولی در گیاه است. در یک پژوهش، میزان آهن فعال در نهال‌های انگور (*Vitis vinifera*) تغذیه‌شده با نیتروژن آمونیومی بیش‌تر از نیتروژن نیتراتی بوده است. مصرف نیتروژن آمونیومی نقش به‌سزایی در انتقال آهن از ریشه به شاخساره و احیاء آهن به فرم فعال و قابل‌جذب سلول در برگ‌های جوان داشت (۲۹).

مصرف کود نیتروژن به شکل نیترات موجب تجمع آهن در ریشه می‌شود. این در حالی است که مصرف نیتروژن به شکل آمونیوم باعث افزایش میزان آهن در برگ‌های جوان و کاهش میزان آهن در ریشه‌ها می‌گردد (۲۳). انحلال‌پذیری آهن در خاک و جذب آن توسط گیاه تا حدود زیادی وابسته به pH محیط کشت می‌باشد و جذب آن بیش‌تر در pH اسیدی صورت می‌گیرد. گزارش شده که نسبت بالای آمونیوم باعث کاهش pH و در نتیجه انحلال‌پذیری بیش‌تر آهن و افزایش محتوای آهن در بافت گیاهی می‌گردد (۵). بنابراین احتمال داده می‌شود که نسبت پایین نیترات به آمونیوم به‌دلیل اسیدی کردن محیط، به جذب بیش‌تر آهن و افزایش غلظت آن در برگ‌های گیاه ریحان کمک نماید.

افزایش جذب نیتروژن نیتراتی موجب عدم تعادل نسبت کاتیون- آنیون می‌گردد که این امر منجر به تراوش بیکربنات از ریشه به ریزوسفر و در نتیجه کاهش جذب آهن می‌گردد. یون بیکربنات مانند یک بافر عمل کرده و با جلوگیری از کاهش pH در ریزوسفر ریشه از انحلال ترکیبات آهن‌دار کاسته و در نتیجه از فراهمی آهن می‌کاهد. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل این‌که نیترات یک آنیون اسیدی قوی است و به هنگام جذب با یک آنیون اسیدی ضعیف مثل HCO_3^- جایگزین می‌شود، pH ناحیه ریشه افزایش می‌یابد در نتیجه قابلیت استفاده آهن به‌خصوص در سیستم‌هایی که خاصیت بافری ضعیف دارند، کاهش می‌یابد. در حالی‌که با مصرف آمونیوم قابلیت استفاده آهن تحت‌تأثیر کاهش pH افزایش می‌یابد (١٤).

در مورد عنصر مس اگرچه با افزایش مقدار آمونیوم در محلول غذایی، میزان مس موجود در برگ‌ها کاهش نشان داد اما فقط اختلاف بین نسبت ٠:١٠٠ نیترات به آمونیوم با سایر نسبت‌ها معنی‌دار بود (شکل ٣). کمبود مس می‌تواند در اثر برهمکنش آن با سایر عناصر غذایی رخ داده باشد. براساس پژوهش‌های انجام شده بین عنصر روی و مس برهمکنش منفی وجود دارد. پژوهشگران علت این امر را به‌طور عمده تأثیر رقت و یا کاهش انتقال مس از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی در اثر زیادی روی می‌دانند. شواهدی در دست است که نشان می‌دهد که انتقال هر دو یون توسط حامل‌های مشابهی انجام می‌گیرد و این یون‌ها برای محل‌های مشابه روی حامل‌ها با یکدیگر رقابت می‌کنند. برهمکنش منفی بین فسفر، آهن و مس نیز گزارش شده است و علت آن را اثر رقت می‌دانند (٢٦). به‌نظر می‌رسد فراوانی عناصر فسفر، آهن و روی با افزایش میزان آمونیوم در محلول غذایی از جمله عوامل مؤثر در کاهش مقدار مس در نسبت‌های پایین نیترات به آمونیوم باشند.

با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم، میزان منگنز هم در برگ‌ها و هم در ریشه‌ها کاهش یافت (شکل ٣).



شکل ٣- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم بر غلظت آهن، منگنز و روی (برگ و ریشه) و مس (برگ) میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن هستند.

Fig. 3. Means comparison of the effect of different NO_3^-:NH_4^+ ratios on iron, manganese and zinc (leaf and root) and copper (leaf) concentration.

The means with similar letter(s) are not significantly different using Duncan's multiple range test.

ولیزاده اوصالو و صادق‌زاده (۲۰۱۲)، در گندم (*Triticum aestivum*) گزارش کردند که با افزایش نسبت نیترات به آمونیوم مقدار جذب منگنز افزایش می‌یابد که این می‌تواند به‌دلیل اثر منفی آمونیوم در کاهش جذب کاتیون منگنز باشد (۳۲).

مهم‌ترین برهمکنش تغذیه‌ای منگنز، برهمکنش آن با آهن است. در گیاهانی که به کمبود آهن عکس‌العمل نشان می‌دهند، کارآیی جذب و انتقال منگنز افزایش می‌یابد. در برخی از گیاهان زیادی آهن، جذب منگنز کاهش را می‌دهد و در صورت کمبود آهن، مقدار منگنز در گیاه تا حد سمیت بالا می‌رود. آهن با افزایش رشد گیاهی موجب کاهش غلظت منگنز در اثر پدیده رقت می‌گردد. از آن‌جایی‌که منگنز در فعالیت آنزیم احیاءکننده نیترات ایفای نقش می‌کند، در برگ‌ها با کمبود منگنز تجمع نیترات افزایش می‌یابد (۲۶). به‌نظر می‌رسد با توجه به رقابت جذب آمونیوم با منگنز، اثر آمونیوم در افزایش جذب آهن و نقش منگنز در واکنش احیای نیترات، کاهش میزان منگنز با افزایش میزان آمونیوم در محلول غذایی امری طبیعی باشد.

با کاهش نسبت نیترات به آمونیوم تا حد ۵۰:۵۰، غلظت روی هم در برگ‌ها و هم در ریشه‌ها افزایش یافت. اما در مقادیر کم‌تر نیترات، میزان روی ریشه‌ها کاهش نشان داد (شکل ۳). در پژوهش مشابهی، سان و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش نمودند که فرم‌های مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر محتوای عناصر غذایی ارقام پیازچه چینی مورد مطالعه داشتند به‌طوری‌که نسبت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم باعث تحریک تجمع عناصر کلسیم، آهن و روی شدند (۲۷).

جذب نیتروژن آمونیومی از طریق غشاء سلول‌های ریشه با خروج هم‌زمان یون‌های H^+ که به‌منظور حفظ پتانسیل الکتریکی غشاء سلول‌های ریشه انجام می‌گیرد متعادل می‌گردد که به نوبه خود باعث کاهش pH خاک می‌گردد. در مقابل جذب نیتروژن نیتراتی با آزادشدن یون OH^- از ریشه به تعادل می‌رسد که نتیجه آن افزایش pH خاک و کاهش قابلیت دسترسی به عناصر کم‌مصرف خواهد بود (٤). بنابراین افزایش غلظت روی در برگ‌های ریحان در اثر افزایش نسبت آمونیوم در محلول غذایی می‌تواند تا حدودی به افزایش قابلیت دسترسی این عنصر در اثر کاهش pH محیط ریشه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که نسبت نیترات به آمونیوم در محلول غذایی بر ویژگی‌های رشدی، میزان کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در برگ‌ها و ریشه‌های گیاه ریحان اثر می‌گذارد. به‌طورکلی گیاه ریحان به لحاظ تغذیه‌ای به غلظت کم‌تری از آمونیوم در محلول غذایی نیاز دارد و نسبت به نیترات پاسخ بهتری از خود نشان داد. در مجموع با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نسبت ۷۵:۲۵ نیترات به آمونیوم را برای دستیابی به بالاترین میزان رشد و عملکرد در کشت هیدروپونیک گیاه ریحان توصیه نمود.

منابع

1. Ahmadi, A., Ehsanzadeh, P. and Jabbari, F. 2004. Introduction to plant physiology. Vol I, Tehran University Press, 653p. (In Persian)
2. Bagheri, M.H. and Roosta, H.R. 2013. Effect of nitrogen form and oxygen levels in nutrient solution on growth and some macronutrients in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* cv. Great leak). J. Hortic. Sci. 27: 2. 148-157. (In Persian)
3. Beritto, D.T. and Kronzucker, H.J. 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. J. Plant Physiol. 159: 567-584.
4. Crowley, D.E. 1997. Correction of zinc deficiency in Avocado. Proc. California Avocado Research Symposium. California Avocado Society and University of California, Riverside, CA. Pp: 9-12.

5.Flores, P., Carvajal, M., Cerda, A. and Martinez, V. 2001. Salinity and ammonium × nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. J. Plant. Nutr. 24: 1561-1573.
6.Ghazanshahi, J. 2006. Soil and plant analysis. Aeizh Publications, 274p. (In Persian)
7.González-García, J.L., Rodríguez-Mendoza, M.N., Sánchez-García, P. and Gaytán-Acuña, E.A. 2009. Ammonium/ Nitrate ratio in the production of aromatic herbs in hydroponics. Agric. Téc. Méx. 35: 1. 5-11.
8.Guo, X.R., Zu, Y.G. and Tang, Z.H. 2012. Physiological responses of *Catharanthus roseus* to different nitrogen forms. Acta Physiol. Plant. 34: 589-598.
9.Hohjo, M., Kuwata, C., Yoshikawa, K. and Ito, T. 1995. Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Hortic. 396: 145-152.
10.Huang, Z., Wang, B., Mortley, D.G., Mindingall, T., Bonsi, C.K., Hill, W.A. and Morris, C.E. 2011. Chemical characteristics of essential oil from five basil cultivars grown hydroponically in a controlled environmental using the nutrient film technique. Int. J. App. Sci. Tech. 1: 6. 42-49.
11.Kiferle, C., Maggini, R. and Pardossi, A. 2013. Influence of nitrogen nutrition on growth and accumulation of rosmarinic acid in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in hydroponic culture. Aust. J. Crop Sci. 7: 3. 321-327.
12.Kotsiras, A., Olympios, C.M., Drosopoulos, J. and Passam, H.C. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. Sci. Hortic. 95: 175-183.
13.Liu, G., Du, Q. and Li, J. 2017. Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. Sci. Hortic. 214: 41-50.
14.Malakoti, M.J. and Tehrani, M.M. 1999. Effects of micronutrients on the yield and quality of agricultural products. Tarbiat Modarres University Press, 299p.
15.Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press, New York, 889p.
16.Ohyama, T., Ito, M., Kobayashi, K., Araki, S., Yasuyoshi, S., Sasaki, O., Yamazaki, T., Sayoma, K., Tamemura, R., Izuno, Y. and Ikarashi, T. 1991. Analytical procedures of N, P, K cotent in plant and manure materials using H_2SO_4-H_2O_2 Kjeldahl digestion method. Bull. Facul. Agric. Niigata Univ. 43: 111-120.
17.Omidbeigi, R. 2011. Production and processing of medicinal plants. Vol 3, Astan Quds Razavi Publications, 397p. (In Persian)
18.Raven, J.A. 1985. Regulation of pH and generation of osmolarity in vascular plants: a cost benefit analysis in relation to efficiency of use of energy, nitrogen and water. New Phytol. 101: 25-77.
19.Roosta, R. 2010. The comparison of ammonium or nitrate-grown lettuce and spinach in a hydroponic system. J. Sci. Technol. Greenhouse Culture, 1: 63-57.
20.Roosta, H.R. and Schjoerring, J.K. 2008a. Effects of nitrate and potassium on ammonium toxicity in cucumber plants. J. Plant Nutr. 31: 1270-1283.
21.Roosta, H.R. and Schjoerring, J.K. 2008b. Root carbon enrichment alleviates ammonium toxicity in cucumber plants. J. Plant. Nutr. 31: 941-958.
22.Saadatian, M., Peyvast, G.H., Olfati, J.A. and Ramezani-Kharazi, P. 2014. Different species of basil need different ammonium to nitrate ratio in hydroponics' system. Acta Agric. Slov. 103: 2. 223-232.
23.Saidi Goraghani, H., Yazdani Biuoki, R., Saidi Goraghani, N. and Sodaeezadeh, H. 2014. Effect of different nitrogen sources and levels on quantitative and qualitative characteristics of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) in Jiroft region. Iran. J. Field Crops Res. 12: 2. 316-327.
24.Salardini, A.A. 2008. Soil fertility. 8th edition, Tehran University Press, 434p. (In Persian)
25.Savvas, D., Passam, H.C. and Olympios, C. 2006. Effect of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a closed hydroponic system. HortScience, 41: 7. 1667-1673.

26. Shiravand, D. and Kamalizadeh, M. 2012. Hydroponic cultivation of greenhouse products. Second Edition, Serva Publication, 224p. (In Persian)
27. Sun, Y.D., Luo, W.R. and Liu, H.C. 2014. Effect of different nitrogen forms on the contents of chlorophyll and mineral elements in Chinese chive seedlings. Adv. J. Food Sci. Technol. 6: 5. 696-700.
28. Tabatabaei, S.J. 2013. Principles of plant mineral nutrition. First edition, Tabriz University Press, 544p. (In Persian)
29. Tadayon, M.S. and Moafpourian, G.R. 2010. Effect of nitrogen fertilizer form on iron absorption and iron chlorosis in Sultana grapes. J. Plant Ecophysiol. 2: 4. 4-1.
30. Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*), grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. Acta Hortic. 396: 203-210.
31. Urlic, B., Spika, M.J., Becker, C., Klaring, H.P., Krumbein, A., Ban, S.G. and Schwarz, D. 2017. Effect of NO_3 and NH_4 concentrations in nutrient solution on yield and nitrate concentration in seasonally grown leaf lettuce. Acta Agric. Scand. B, 67: 8. 748-757.
32. Valizadeh Osalou, G. and Sadegzadeh, B. 2012. Effect of different ratios of nitrate to ammonium on Fe, Mn and Zn uptake and wheat (*Triticum* aestivum) growth under glasshouse condition. Iran. J. Dryland Agric. 1: 2. 14-24.
33. Wang, J., Sun, X.X., Shen, Q. and Zhou, Y. 2005. Effects of some replacement of nitrate by ammonium on the biomass yield and quality of spinach. Soil, 37: 6. 605-608.
34. Wang, J., Zhou, Y., Dong, C., Shen, Q. and Putheti, R. 2009. Effect of NH_4^+-N/ NO_3-N ratios on growth, nitrate uptake and organic acid levels of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Afr. J. Biotechnol. 8: 15. 3597-3602.
35. Xing, S., Wang, J., Zhou, Y., Bloszies, S.A. Tu, C. and Hu, S. 2015. Effects of NH_4^+-N/NO_3^-N ratios on photosynthetic characteristics, dry matter yield and nitrate concentration off spinach. Expl. Agric. 51: 1. 151-160.
36. Zhong, L.H., Song, S.W., Liu, H.C., Sun, G.W. and Chen, R.Y. 2012. Effects of different ammonium and nitrate ratios on yield and quality of Chinese kale. China Vegetable, 8: 63-67.