

بررسی خصوصیات رشدی و تغییرات غلظت برخی عناصر غذایی گیاه سیر تحت تأثیر منابع مختلف نیتروژن و تنش قلیائیت در کشت هیدروپونیک

مهديه شجاعی خبیصی^{۱*}، حمیدرضا روستا^۲، محمودرضا روزبان^۳، حمیدرضا صوفی^۴

۱- نویسنده مسئول و کارشناس ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

m.shojaee712@gmail.com

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران. roosta@vru.ac.ir

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه پردیس ابوریحان تهران، تهران، ایران. mroozban@ut.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران.

hamidrsoufi70@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۸

چکیده

بی‌کربنات بالای ناشی از قلیایی بودن آب و خاک، از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران محسوب می‌شود. به منظور ارزیابی تأثیر منبع نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و محتوی عناصر غذایی اندام هوایی سیر در شرایط تنش قلیائیت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از: بی‌کربنات سدیم محلول غذایی (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار)، منبع نیتروژن (سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و نترات کلسیم با غلظت ۵ میلی‌مولار) و ژنوتیپ سیر (سفید و بنفش). در این آزمایش، ژنوتیپ‌های سیر یک‌ماهه به مدت ۸ هفته در شرایط هیدروپونیک تحت تیمارهای یاد شده قرار گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده، وزن خشک و تر اندام هوایی و ریشه با افزایش بی‌کربنات سدیم محلول غذایی از ۱۰ به ۲۰ میلی‌مولار، کاهش یافت. کاربرد نترات و سولفات آمونیوم، اثر منفی بی‌کربنات را بر وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه کاهش داد. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات، غلظت نیتروژن و پتاسیم در هر دو ژنوتیپ سیر تغذیه‌شده با سولفات یا نترات آمونیوم افزایش یافت. همچنین، غلظت کلسیم و منیزیم گیاهانی که با منابع سولفات آمونیوم و نترات کلسیم تغذیه شده بودند با افزایش تنش قلیائیت در هر دو ژنوتیپ افزایش یافت. در حالیکه غلظت آهن اندام هوایی در هر دو ژنوتیپ سیر تحت تأثیر بی‌کربنات در هر سه منبع نیتروژن کاهش یافت. در مجموع، کاربرد منابع سولفات و نترات آمونیوم در محلول غذایی، کارایی بهتری در جذب و افزایش محتوای عناصر غذایی در اندام هوایی سیر و متعاقباً رشد بهتر این گیاه در شرایط تنش بی‌کربنات داشت

کلید واژه‌ها: آمونیوم، بی‌کربنات سدیم، تغذیه گیاه، ژنوتیپ سیر، نیتروژن

مقدمه

و میزان سدیم و کلسیم افزایش یافت. چگونگی اثر غلظت و شکل کود نیتروژن بر جذب و غلظت سایر یونها در گیاه با تغییر pH بستر رشد دچار تغییر می‌شود. در واقع مهم‌ترین تفاوت بین جذب نیترات و جذب آمونیوم در حساسیت آنها به pH است (Roosta & Schjoerring, 2007). در آزمایشی افزودن بی‌کربنات سدیم باعث کاهش سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی، طول و عرض برگ و همچنین سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در کاهو شد (Bie *et al.*, 2004). در پژوهشی دیگر افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم سبب کاهش سطح برگ، وزن خشک شاخه و طول و عرض برگ در گیاه لوبیا شد (Valdez-Aguilar & Reed, 2008). تنش قلیائیت باعث افزایش میزان پرولین در گیاهچه‌های جو شد (Yang *et al.*, 2009). کاربرد توأم هر دو شکل نیتروژن (نیترات و آمونیوم) در مقایسه با مصرف خالص آمونیوم یا نیترات در اغلب گیاهان سبب افزایش رشد گیاه گردیده است، زیرا که گیاهان بسته به سن و pH خاک در طول دوره‌ی رشد خود از هر دو شکل نیتروژن استفاده می‌کنند (Zhang *et al.*, 2007). گزارشات محققین نشان داده است که کاربرد نیتروژن معدنی در پرورش سیر سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد سیر در شرایط مزرعه و گلخانه می‌شود (Zaman *et al.*, 2011). محققین در آزمایش خود بر روی گیاه سیر تحت تیمار نیتروژن و فسفر به این نتیجه رسیدند که غلظت‌های بالای نیتروژن و فسفر سبب افزایش قابل توجه عملکرد سوخک سیر در شرایط مزرعه شد (Sebnie *et al.*, 2018). براساس تحقیق انجام شده بر روی رشد و عملکرد سیر در شرق اتیوپی مشخص شد که نیتروژن به شکل آلی و معدنی می‌تواند سبب افزایش وزن تر و خشک زیست‌توده، تعداد برگ، تعداد سوخک و وزن تر و خشک سوخک سیر شود (Getaneh, 2018; Sachin *et al.*, 2017). (Dechassa & بررسی اثر نوع نیتروژن بر خصوصیات رشدی و غلظت

گیاه سیر یکی از قدیمی‌ترین محصولات باغی با قدمتی بیش از ۵۰۰۰ سال است (Quave, 2013). شور و قلیایی بودن آب و خاک از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی محدودکننده‌ی تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران می‌باشند. مشکل قلیائیت به علت بی‌کربنات سدیم (NaHCO_3) و کربنات سدیم (Na_2CO_3) ممکن است بیشتر از مشکل شوری خاک ناشی از نمک‌هایی مانند کلرید سدیم (NaCl) و سولفات سدیم (Na_2SO_4) باشد، زیرا نمک‌های قلیایی برای گیاهان مخرب‌تر از نمک‌های خنثی هستند (Yang *et al.*, 2008). همچنین گزارش شده است که مقدار pH بالا ممکن است منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر، تخریب ساختار سلول‌های ریشه، تغییر در دسترسی عناصر غذایی و اختلال در جذب آنها و در نتیجه کاهش قابل‌توجه در عملکرد گیاهان شود (Gao *et al.*, 2014). خاک‌های آهکی دارای محتوای کم عناصر غذایی و محتوای بی‌کربنات بالا هستند، pH بالا در محیط ریشه سبب غیرمحلول شدن و رسوب یون‌های فلزی و فسفر می‌شود (Li *et al.*, 2009). یون‌های بی‌کربنات بیشترین بخش قلیائیت را در محلول‌های هیدروپونیک تشکیل می‌دهند (Anderson *et al.*, 2017). گزارش شده است که pH قلیایی منجر به تشکیل شکل‌های غیرمحلول مواد غذایی مخصوصاً آهن، مس و روی می‌شود که به موجب آن از حالت قابل‌جذب برای گیاه خارج می‌شوند. به‌طور متوسط pH پایین (مثلاً ۵/۸) بیش‌ترین مقدار یون‌ها را در محلول نگه می‌دارد درحالی‌که pH بالاتر (به‌عنوان مثال $>6/5$) می‌تواند باعث کاهش حلالیت شود (Anderson *et al.*, 2017). گزارش شده است تنش قلیائیت، جذب کلسیم و سدیم را افزایش داده و مانع از انباشت پتاسیم می‌شود (Zhanwu, 2014). باقری و روستا (Bagheri & Roosta, 2012) مشاهده کردند که بر اثر افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، میزان فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز در ارقام مختلف کلم کاهش

برخی عناصر غذایی در شرایط قلیایی بر گیاه سیر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۵ (با دامنه دمایی 25 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵-۵۵ درصد، دوره نوری ۱۱ ساعت روشنایی و ۱۳ ساعت تاریکی با شدت نور ۳۰۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) انجام شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور بی‌کربنات سدیم در سه سطح (۰ و ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار)، نوع نیتروژن در سه سطح (سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و نترات کلسیم با غلظت پنج میلی‌مولار) و ژنوتیپ سیر (سفید و بنفش) با ۳ تکرار انجام شد. ابتدا سوخک‌ها (ژنوتیپ همدان یا همان ژنوتیپ سفید) از موسسه ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه و توده‌ی محلی شهداد (ژنوتیپ بنفش) نیز از مزارع شهداد جمع‌آوری شد. در مرحله‌ی بعد سوخک‌ها جهت از بین بردن آلودگی سطحی سفیدکننده‌ی تجاری (هیپوکلرید سدیم) ۵ درصد ضدعفونی شده و ۳ بار با آب مقطر شستشو داده شده و به محیط کشت هیدروپونیک با بستر پرلیت (۳۰٪) و کوکوپیت (۷۰٪) منتقل شدند. از هر ژنوتیپ ۵ عدد سوخک در گلدان‌های ۵ لیتری کشت شد. بعد از گذشت یک ماه تیمارهای بی‌کربنات سدیم شامل سه سطح مختلف (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم) و نیتروژن در سه سطح (نترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نترات کلسیم با غلظت ۵ میلی‌مولار) به مدت دو ماه (هر یک روز در میان میزان ۱۰۰ سی‌سی از تیمار بی‌کربنات سدیم و ۱۰۰ سی‌سی از محلول‌های غذایی با منابع نیتروژن مختلف بر اساس تیمار به گلدان‌های مورد نظر اضافه شد به طوری که آب از ته گلدان خارج می‌شد) به صورت محلول غذایی اعمال شد.

ویژگی‌های رویشی مورد ارزیابی شامل طول برگ، عرض برگ، قطر گردن، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، تعداد سوخ، تعداد سوخک، قطر سوخ و وزن خشک سوخ سه ماه پس از کاشت اندازه‌گیری شدند. ارتفاع با استفاده از خط‌کش و قطر گردن در ارتفاع دو سانتی‌متری سطح بستر کشت و قطر سوخ از بزرگ‌ترین قطر با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر، ابتدا گیاه از بستر خارج شده و به ۳ قسمت سوخ، برگ و ریشه تقسیم شد و هر بخش به طور جداگانه با ترازو توزین شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها ابتدا به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس وزن شدند.

بعد از اعمال تنش (در زمان زرد شدن برگ‌های پایینی بوته و قبل از این‌که برگ‌ها به رنگ قهوه‌ای درآیند و همزمان با افتادن ساقه‌ها) عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی به‌طور تصادفی ۴ برگ بالغ در زمان برداشت جمع‌آوری شد. برای تهیه‌ی عصاره از خاکستر ایجاد شده از برگ که در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس تولید شده بود، استفاده شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم از دستگاه شعله سنج (Jenway, PEP7, Germany) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری کلسیم به روش کلوت و همکاران (Klute et al., 1986) و برای اندازه‌گیری منیزیم از روش ریان و همکاران (Ryan et al., 2001) استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کج‌لدال (ساخت ایران، شرکت پکو) استفاده شد. برای اندازه‌گیری عناصر روی و آهن از دستگاه جذب اتمی (GBC Aventa ساخت کشور انگلستان) استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها در اثرات ساده و اثرات متقابل با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد باهم مورد مقایسه قرار گرفتند و نمودارها با استفاده از برنامه Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن تر اندام هوایی نشان داد که اثر مستقل ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد و اثر غلظت بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین سیر نشان داده است که تیمار حاصل از برهمکنش نیترات آمونیوم و شاهد (بدون بی‌کربنات سدیم) دارای بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی در ژنوتیپ سفید سیر بود و کم‌ترین میزان وزن تر اندام هوایی از برهمکنش سولفات آمونیوم و در غیاب بی‌کربنات

(شاهد) در ژنوتیپ سفید سیر به دست آمد (جدول ۲). نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ، غلظت‌های بی‌کربنات و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها به‌جز برهمکنش بین ژنوتیپ و غلظت‌های بی‌کربنات بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در حضور نیترات آمونیوم و در غلظت ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم و در ژنوتیپ بنفش سیر، و منبع سولفات آمونیوم در غیاب بی‌کربنات سدیم (شاهد) در ژنوتیپ سفید سیر مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس پارامترهای رویشی دو ژنوتیپ سیر تحت تأثیر منابع مختلف نیتروژن و بی‌کربنات سدیم در کشت

هیدروپونیک

Table 1. Analysis of variances of vegetative parameters of two garlic genotypes affected by different nitrogen sources and bicarbonate levels (Alkalinity stress) in hydroponic culture

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	تعداد سوخک Bulblet No.	ارتفاع گیاه Plant height
Mean squares							
ژنوتیپ Genotype (G)	1	2.33*	0.79**	71.99**	0.56**	3.62**	864**
منابع نیتروژن Nitrogen sources (N)	2	8.43**	0.64**	2.18**	0.02ns	1.72**	6.56*
بی‌کربنات Bicarbonate (B)	2	49.83**	0.37**	4.14**	0.03*	2.88**	28.90*
G*N	2	17.56**	0.92**	4.28**	0.12**	4.01**	15.93**
N*B	4	2.12**	0.35**	1.18**	0.07**	5.19**	0.39ns
G*B	2	10.22**	0.064ns	0.20**	0.07**	5.62**	10.72**
G*N*B	4	25.52**	0.036**	2.08**	0.12**	0.26ns	1.77ns
خطای آزمایشی Experimental error	35	0.48	0.068	0.01	0.008	0.25	1.57
ضریب تغییرات CV	-	11.48	12.63	5.15	16.11	18.64	9.89

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

ns, * and ** represent non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و سطوح بی‌کربنات (تنش قلئائیت) بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در دو ژنوتیپ سیر در کشت هیدروپونیک

Table 2. Interactive effects of different nitrogen sources and bicarbonate levels (Alkalinity stress) on shoot fresh and dry weight and root fresh and dry weight in two genotypes of garlic in hydroponic culture

ژنوتیپ سیر Garlic genotype	منابع نیتروژن Nitrogen sources (5 mM)	بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate (mM)	وزن تر اندام هوایی Shoot Fresh Wieght (g)	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry Wieght (g)	وزن تر ریشه Root Fresh Wieght (g)	وزن خشک ریشه Root Dry Wieght (g)	
سفید White	نیترات کلسیم Calcium nitrate	0	3.70f	1.63a	4.79b	0.5b	
		10	3.63f	1.35abc	4.34c	0.49b	
		20	3.90f	1.85a	3.46e	0.55ab	
	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	10.26a	1.22a-d	3.79d	0.39bc	
		10	8.28bc	1.39ab	2.78f	0.26cd	
		20	5.85de	0.82def	2.15g	0.47b	
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	1.56g	0.43f	3.26e	0.07e	
		10	9.40ab	1.48a	5.91a	0.67a	
		20	4.25f	0.70f	3.97d	0.11de	
	بنفش Purple	نیترات کلسیم Calcium nitrate	0	6.07d	0.92b-f	2.02g	0.16de
			10	6.63d	0.63f	2.07g	0.15de
			20	4.40f	0.74f	0.82i	0.11de
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate		0	4.11f	0.78ef	1.42h	0.15de	
		10	7.96c	1.65a	2.06g	0.22de	
		20	4.47f	1.27a-d	1.49h	0.14de	
سولفات آمونیوم Ammonium sulfate		0	8.13c	0.89c-f	1.47h	0.46b	
		10	5.92de	0.83def	1.34h	0.19de	
		20	4.73ef	0.70f	3.97d	0.05e	

Means with different letters show significant differences at $P \leq 0.05$ (Duncan)

میانگین‌هایی که در هر صفت دارای حرف مشابهی می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

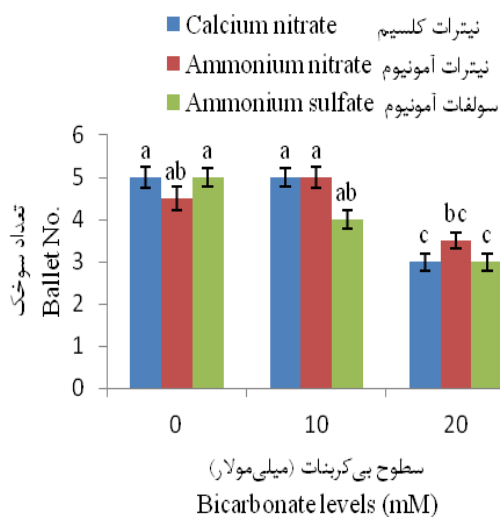
درصد معنی‌دار شد. منابع نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر صفت وزن خشک ژنوتیپ‌های سیر نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای این تحقیق نشان داد که در ژنوتیپ سفید، بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک ریشه‌ی گیاهان روئیده در منابع نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم بی‌تأثیر بود. در ژنوتیپ بنفش تنها در حضور سولفات آمونیوم با افزایش بی‌کربنات سدیم وزن خشک ریشه کاهش نشان داد در صورتی‌که بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک ریشه‌ی گیاهان روئیده در منابع نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم تأثیری نداشت (جدول ۱). گزارش شده است که بی‌کربنات یک عامل مهم کاهش رشد در برنج و گندم است (Zhao and Wu, 2017). استفاده از منابع مختلف نیتروژن نقش مهمی را در رشد

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن تر ریشه نشان داد که اثر ژنوتیپ، غلظت بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بر اساس نتایج این تحقیق، بیش‌ترین وزن تر ریشه از منبع سولفات آمونیوم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ سفید سیر به دست آمد و کم‌ترین غلظت آن در حضور نیترات کلسیم و در غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ بنفش حاصل شد (جدول ۱). نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثر مستقل غلظت بی‌کربنات سدیم در سطح احتمال پنج درصد و اثر ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت بی‌کربنات سدیم بر صفت وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک

تعداد سوخک

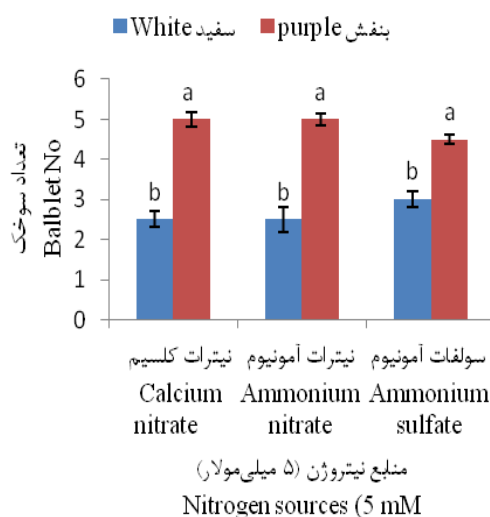
نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد سوخک نشان داد که اثر ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت ولی برهمکنش سه فاکتور ژنوتیپ و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج این تحقیق نشان داد در ژنوتیپ بنفش در هر سه منبع نیتروژن، تعداد سوخک بیشتر از ژنوتیپ سفید بود، اگرچه بین منابع نیتروژن اختلاف معنی‌داری در هر دو ژنوتیپ سیر وجود نداشت (شکل ۱). با افزایش بی‌کربنات سدیم تعداد سوخک در هر دو ژنوتیپ سیر کاهش یافت. بیش‌ترین تعداد سوخک در هر سه منبع نیتروژن در غیاب بی‌کربنات سدیم (شاهد) مشاهده شد (شکل ۲). ژنوتیپ سفید سیر در غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم کم‌ترین تعداد سوخک را به خود اختصاص داد (شکل ۳).

رویشی گیاهان ایفا می‌کند (Valdez-Aguilar & Reed, 2008). گزارش شده است که بیش‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی در گیاه جعفری از منبع سولفات آمونیوم به دست آمد (Saeedi Gaghaghani *et al.*, 2014). مشخص شده است که رشد بوته، ارتفاع گیاه، قطر پیاز، شاخص کلروفیل و وزن خشک با مصرف کودهای حاوی گوگرد افزایش یافت (Abbey *et al.*, 2002). در آزمایشی با افزایش تنش قلیائیت، وزن تر اندام هوایی در پیاز کاهش یافت (Sharma *et al.*, 2002). مصرف سولفات آمونیوم سبب افزایش وزن تر در پیاز خوراکی گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Tabatabaee, 2009). نتایج تحقیقات نشان داد که وزن تر و خشک پیاز توسط کودهای سولفات پتاسیم و نترات آمونیوم تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Coolong *et al.*, 2005) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



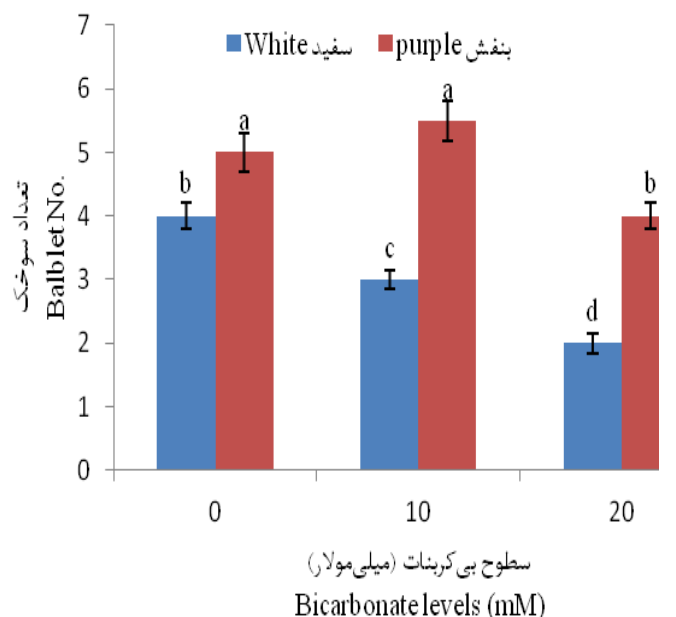
شکل ۲. اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و سطوح بی‌کربنات سدیم بر تعداد سوخک سیر در کشت هیدروپونیک

Fig 2. Interactive effects of different nitrogen sources and sodium bicarbonate levels on the number of garlic corm in hydroponic culture



شکل ۱. اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و ژنوتیپ‌های سیر بر تعداد سوخک سیر در کشت هیدروپونیک

Fig 1. Interactive effects of nitrogen sources and garlic genotypes on the number of garlic corm in hydroponic culture



شکل ۳. اثر متقابل سطوح بی‌کربنات سدیم و ژنوتیپ‌های سیر بر تعداد سوخک در کشت هیدروپونیک

Fig 3. Interactive effects of sodium bicarbonate levels and garlic genotypes on number of corm in hydroponic culture

است که با افزایش قلیائیت، رشد گیاه لوبیا کاهش یافت و دلیل این امر افزایش pH و به هم خوردن توازن یونی در ریزوسفر توسط تنش قلیائیت بود.

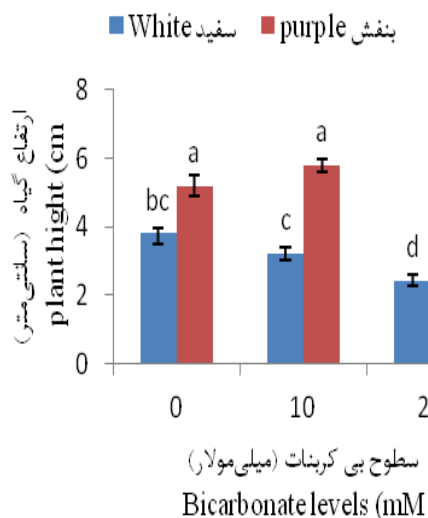
ارتفاع گیاه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر مستقل منابع نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد و اثر ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات و برهمکنش بین ژنوتیپ و منابع نیتروژن، ژنوتیپ و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع گیاه سیر معنی‌دار بود (جدول ۱). ژنوتیپ سفید سیر بیش‌ترین ارتفاع گیاه را در حضور نیترات آمونیوم به خود اختصاص داد و کم‌ترین غلظت آن مربوط به ژنوتیپ بنفش و منبع سولفات آمونیوم بود (شکل ۳). هم‌چنین در ژنوتیپ سفید

در پژوهش حاضر، تیمار بی‌کربنات سدیم بسته به نوع ژنوتیپ و غلظت بی‌کربنات سدیم سبب کاهش وزن خشک سوخ، ارتفاع گیاه و تعداد سوخک شد. باقری و روستا (Bagheri & Roosta, 2012) گزارش کردند، افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم به‌طور معنی‌داری وزن خشک برگ و ریشه را در گیاه کلم کاهش داد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. به‌طورکلی اغلب اثرات قلیائیت بر رشد گیاه از طریق کاهش در قابلیت حل عناصر توسط افزایش pH است (Ahmad & Sharma, 2012). گاهی کاهش رشد را به‌سرعت پایین فتوسنتز که تحت غلظت بالای بی‌کربنات ایجاد می‌شود مربوط می‌دانند که با انتقال کم آهن و یا با غیرقابل‌حل کردن آهن در محلول محیط کشت که باعث صدمه به سنتز کلروفیل می‌شود همراه است (Bavaresco *et al.*, 1999). نتایج والدز اگویلار (Valdez Aguilar, 2008) نیز در این رابطه نشان داده

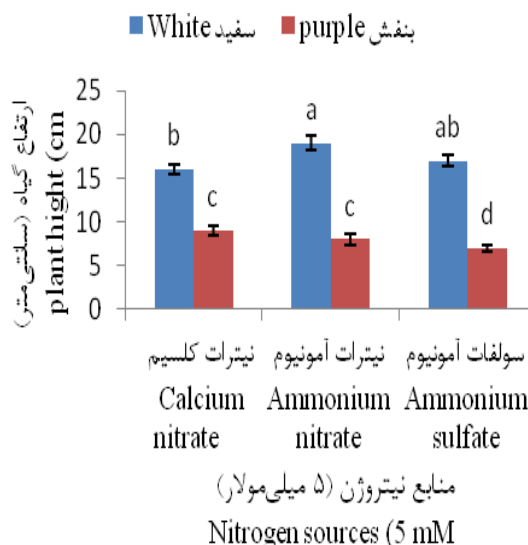
مقابل سایر منابع نیتروژن به دست آمد (Taghavi *et al.*, 2004). ارتفاع در این آزمایش تحت تأثیر منابع نیتروژن و بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود که کاهش ارتفاع گیاه ممکن است به دلیل عامل ژنتیکی باشد. بر طبق نتایج خان و همکاران (Khan *et al.*, 2016) ارتفاع بوته سیر اختلاف معنی‌داری را بین تمامی ژنوتیپ‌های موردبررسی نشان داد. افزایش ارتفاع گیاه با استفاده از گوگرد ممکن است به دلیل نقش این عنصر در رشد گیاهان باشد (Coolong & Randle, 2003). گزارش شده است که ارتفاع بوته سیر به‌طور قابل‌توجهی با افزایش میزان سولفات آمونیوم افزایش یافته است (Mudziwa, 2010).

سیر با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، ارتفاع گیاه کاهش یافت. در ژنوتیپ بنفش، بین غلظت ۱۰ میلی‌مولار بی‌کربنات و بدون بی‌کربنات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی در غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات، کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه اتفاق افتاد (شکل ۴). در آزمایشی ارتفاع بوته پیاز با افزایش میزان سولفات آمونیوم افزایش یافت (Mudziwa, 2010). گزارش شده است که در مقایسه‌ی بین تغذیه‌ی نترات آمونیوم و نترات کلسیم، در گیاهان تغذیه‌شده با نترات آمونیوم ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد و با کاهش تغذیه‌ی آمونیومی نسبت به تغذیه‌ی نتراتی ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد (Gaffney *et al.*, 1982). در پژوهشی بیش‌ترین رشد و ارتفاع بوته توت‌فرنگی از تیمار با منبع کودی آمونیوم در



شکل ۵. اثر متقابل غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و ژنوتیپ‌های سیر بر ارتفاع گیاه در کشت هیدروپونیک

Fig 5. Interactive effects of different concentrations of sodium bicarbonate and garlic genotypes on plant height in hydroponic culture



شکل ۴. اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و ژنوتیپ‌های سیر بر ارتفاع گیاه در کشت هیدروپونیک

Fig 4. Interactive effects of different nitrogen sources and garlic genotypes on plant height in hydroponic culture

نیترژن

غذایی تأثیر زیادی دارد به گونه‌ای که نیترا ت باعث افزایش pH محلول و قلیایی شدن آن می‌شود، در صورتی که آمونیوم، باعث کاهش pH و اسیدی شدن محلول می‌شود (Raven & Smith, 1976). غلظت نیترژن کل در تیمار بی‌کربنات در گیاهان خلر (Bertoni *et al.*, 1992)، تنباکو (Pearce *et al.*, 1999)، ذرت خوشه‌ای و سویا (Alhendawi *et al.*, 1997) کاهش پیدا کرد. کاربرد منابع نیترژن باعث افزایش غلظت نیترژن در برگ گیاهان می‌شود، مخصوصاً استفاده از آمونیوم غلظت نیترژن برگ را نسبت به نیترا ت بیشتر افزایش می‌دهد (Roosta *et al.*, 2009).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت نیترژن نشان داد که اثر ژنوتیپ، منابع نیترژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و برهمکنش آن‌ها بر محتوای نیترژن اندام هوایی سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که در هر دو ژنوتیپ سیر با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم در هر سه منبع نیترژن، غلظت نیترژن اندام هوایی کاهش یافت اگرچه در منبع سولفات آمونیوم با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم غلظت نیترژن اندام هوایی در هر دو ژنوتیپ و منبع نیترا ت آمونیوم در ژنوتیپ بنفش افزایش نشان داد (جدول ۱). منبع نیترژن بر روی pH محلول

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی عناصر پرمصرف دو ژنوتیپ سیر تحت تأثیر منابع مختلف نیترژن و بی‌کربنات سدیم در کشت

هیدروپونیک

Table 3. Analysis of variances of some of macro and micro elements of two garlic genotypes affected by different nitrogen sources and bicarbonate levels (Alkalinity stress) in hydroponic culture

S.O.V	منابع تغییرات	df	درجه آزادی	نیترژن N	پتاسیم K	کلسیم Ca	منیزیم Mg	گوگرد S	آهن Fe	روی Zn
Mean squares										
Genotype (G)	ژنوتیپ	1		0.56**	23.88**	0.015**	0.088**	0.27*	1185**	332**
Nitrogen sources (N)	منابع نیترژن	2		2.52**	1.38**	0.005**	0.046**	0.14ns	2236**	893**
Bicarbonat (B)	بی‌کربنات	2		0.74**	0.16**	0.004**	0.077**	0.08ns	480507**	1791**
G*N		2		2.19**	0.80**	0.036**	0.254ns	0.33*	3613**	23.7**
N*B		4		1.21**	0.44**	0.074**	0.001**	0.08ns	3986**	42.28**
G*B		2		2.86**	1.11**	0.064**	0.056**	0.07ns	1224**	91.88**
G*N*B		4		0.57**	2.11**	0.037**	0.079**	0.27**	1665**	29.06**
Experimental error	خطای آزمایشی	35		0.002	0.044	0.0007	0.0008	0.06	60.25	1.72
CV	ضریب تغییرات	-		4.13	2.57	5.603	5.834	24.63	4.69	4.00

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

ns, * and ** represent non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت پتاسیم اندام هوایی سیر نشان داد که اثر ژنوتیپ، غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو ژنوتیپ سفید و بنفش سیر با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم در حضور نترات کلسیم غلظت پتاسیم اندام هوایی کاهش نشان داد (جدول ۴). بی‌کربنات سدیم سبب رقابت بین عناصر سدیم و پتاسیم می‌شود و در نتیجه میزان پتاسیم در گیاه کاهش می‌یابد (Colla *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2005). تحت تنش قلیائیت، کاهش غلظت پتاسیم ممکن است به اثر مهارکننده‌ی pH بالا بر جذب پتاسیم، مربوط باشد (Lin *et al.*, 2012; Latef & Tran, 2016). هم‌چنین کاهش جذب پتاسیم در تنش قلیائیت به دلیل تأثیر سرکوبگر تنش بر جذب این کاتیون و رقابت یون سدیم با یون پتاسیم است (Azooz *et al.*, 2015).

جدول ۴. اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و سطوح بی‌کربنات (تنش قلیائیت) بر غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در

دو ژنوتیپ سیر در کشت هیدروپونیک

Table 4. Interactive effects of different nitrogen sources and bicarbonate levels (Alkalinity stress) on nitrogen, potassium, calcium and magnesium concentrations in two genotypes of garlic in hydroponic culture

ژنوتیپ سیر Garlic genotype	منابع نیتروژن Nitrogen sources (5 mM)	بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate (mM)	نیتروژن N (% DW)	پتاسیم K (% DW)	کلسیم Ca (% DW)	منیزیم Mg (% DW)
سفید White	نترات کلسیم Calcium nitrate	0	1.88 c	0.932 a	0.55 bcd	0.18 k
		10	1.84 f	0.845 de	0.48 e	0.25 j
		20	0.68 j	0.867 bcd	0.40 fg	0.35 hi
	نترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	1.79 d	0.856 cd	0.55 bcd	0.75 a
		10	0.46 k	0.932 a	0.59 bc	0.26 j
		20	0.94 h	0.834 hi	0.39 g	0.52 f
سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0.84 i	0.9 ab	0.43 efg	0.64 c	
	10	0.66 j	0.894 b	0.71 a	0.62 cd	
	20	1.67 e	0.889 bc	0.53 d	0.43 g	
بنفش Purple	نترات کلسیم Calcium nitrate	0	1.22 g	0.697 h	0.52 d	0.66 bc
		10	2.62 a	0.812 ef	0.38 g	0.57 de
		20	0.68 j	0.599 i	0.71 a	0.56 ef
	نترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	0.26 l	0.692 h	0.54 cd	0.7 b
		10	0.90 hi	0.71 h	0.60 b	0.51 f
		20	0.62 j	0.839 de	0.43 efg	0.43 g
سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	1.91 e	0.796 fg	0.45 ef	0.39 gh	
	10	2.43 b	0.768 g	0.26 h	0.33 i	
	20	1.60 e	0.834 de	0.42 fg	0.56 ef	

Means with different letters show significant differences at $P \leq 0.05$ (Duncan)

میانگین‌هایی که در هر صفت دارای حرف مشابهی می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

کلسیم

مختلف بی‌کربنات سدیم و برهمکنش آن‌ها بر محتوای منیزیم اندام هوایی سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم در دو ژنوتیپ سیر نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، غلظت منیزیم اندام هوایی سیر کاهش یافت. اگرچه در ژنوتیپ سفید در حضور نترات کلسیم و در ژنوتیپ بنفش در حضور سولفات آمونیوم افزایش نشان داد (جدول ۴). منیزیم تنها عنصر فلزی موجود در مرکز کلروفیل است. کمبود منیزیم سبب کاهش میزان کلروفیل می‌شود و مشخص شده است که بدون وجود این ترکیب، زندگی گیاه دچار اختلال می‌شود (Marschner, 1995). رسوب منیزیم تحت تأثیر تنش قلیائیت توسط Shi (1997) نیز گزارش شده است.

گوگرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت گوگرد اندام هوایی سیر نشان داد که اثر مستقل ژنوتیپ و برهمکنش بین ژنوتیپ و منابع نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد و برهمکنش ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم محتوای گوگرد اندام هوایی در حضور سولفات آمونیوم در ژنوتیپ بنفش و در حضور نترات کلسیم در ژنوتیپ سفید افزایش یافت (جدول ۵). نسرين و همکاران (Nasreen et al., 2008) در بررسی اثر افزایش غلظت نیتروژن در محلول آبکشت بر طعم و کیفیت پیاز خوراکی گزارش نمودند که با افزایش

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت کلسیم نشان داد که اثر ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم و برهمکنش آن‌ها به‌غیر از برهمکنش بین ژنوتیپ و منبع نیتروژن بر غلظت کلسیم اندام هوایی سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، غلظت کلسیم اندام هوایی کاهش یافت اگرچه در منبع نترات کلسیم در ژنوتیپ بنفش و سولفات آمونیوم در ژنوتیپ سفید سیر افزایش مشاهده شد. بیش‌ترین غلظت کلسیم اندام هوایی در ژنوتیپ بنفش در حضور نترات کلسیم و در ژنوتیپ سفید در حضور نترات آمونیوم و بی‌کربنات سدیم حاصل شد و ژنوتیپ بنفش، کم‌ترین میزان آن را در منبع سولفات آمونیوم به خود اختصاص داد (جدول ۴). باقری و روستا (Bagheri & Roosta, 2012) گزارش کردند که صرف‌نظر از نوع واریته، تیمار بی‌کربنات سدیم به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش غلظت کلسیم در برگ واریته‌های کلم شد. اثرات نامطلوب افزایش عرضی آمونیوم با کاهش میزان کلسیم و منیزیم در بافت گیاه ارتباط دارد (Borgognone et al., 2013). طباطبایی و هوکاران (Tabatabaei et al., 2006) گزارش کردند که غلظت کلسیم در گیاهان رشد کرده با نترات نسبت به گیاهان رشد کرده با آمونیوم بیشتر است. در این آزمایش نیز منبع نترات کلسیم، غلظت کلسیم را افزایش داده است، که با نتایج کوتیراس (Kotsiras, 2002) روی خیار مطابقت دارد.

منیزیم

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت منیزیم نشان داد که اثر ژنوتیپ، منابع نیتروژن و غلظت‌های

غلظت نیتروژن در محلول میزان نیتروژن و نیترات کل پیاز به صورت خطی افزایش یافته و گوگرد کل پیاز و پتاسیم نیز در پاسخ به افزایش نیتروژن در محلول ابتدا افزایش یافته و سپس به صورت غیرخطی کاهش یافتند. گزارش شده است که در بین منابع، سولفات آمونیوم سبب بیشترین غلظت گوگرد در سیر شده است (Pariari & Khan, 2013).

جدول ۵. اثر متقابل منابع مختلف نیتروژن و سطوح بی کربنات بر عناصر آهن و منگنز در دو ژنوتیپ سیر در کشت هیدروپونیک

Table 5- Interactive effects of different nitrogen sources and bicarbonate levels on iron, manganese, zinc and copper elements in two genotypes of garlic in hydroponic culture

ژنوتیپ سیر Garlic genotype	منابع نیتروژن Nitrogen sources (5 mM)	بی کربنات سدیم Sodium bicarbonate (mM)	Mean comparison		
			گوگرد Sulfur (% DW)	آهن Fe (mg/Kg DW)	روی Zn (mg/Kg DW)
سفید White	نیترات کلسیم Calcium nitrate	0	1.18 abc	345.1 bc	23.93 gh
		10	1.19 abc	116.06 e	22.56 h
		20	1.30 a	80.67 g	25.56 g
	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	0.79 b-e	358.03 b	33.26 cdf
		10	1.16 a-d	97.03 f	29.33 f
		20	1 a-d	59.48 h	29.33 f
سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	1.29 ab	335.3 c	41.33 b	
	10	0.83 a-e	123.72 e	32.7 e	
	20	1.24 abc	15.96 j	35.43 c	
بنفش Purple	نیترات کلسیم Calcium nitrate	0	0.47 e	293.83 d	26.2 g
		10	1.13 a-d	90.41 gf	30.43 f
		20	0.7 de	34.39 i	22.9 h
	نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	0	1.12 a-d	424.43 a	35.2 cd
		10	0.79 cde	94.05 gf	44.63 a
		20	1.01 a-d	36.65 i	33.06 e
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0.89 a-e	349.13 b	41.83 b
		10	1.29 ab	97.53 f	39.7 b
		20	1.30 a	30.57 i	44.1 a

Means with different letters show significant differences at $P \leq 0.05$ (Duncan)

میانگین‌هایی که در هر صفت دارای حرف مشابهی می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

آهن

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت آهن اندام هوایی سیر نشان داد که اثر ژنوتیپ، غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم غلظت آهن اندام هوایی در هر سه منبع نیتروژن و در هر دو ژنوتیپ سفید و بنفش سیر کاهش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین غلظت آهن اندام هوایی در حضور نترات آمونیوم و در غیاب بی‌کربنات در ژنوتیپ بنفش به دست آمد و کم‌ترین میزان آن در حضور سولفات آمونیوم در ژنوتیپ سفید سیر حاصل شد. در بین تمام عناصر کم‌مصرف، گیاهان بیشترین نیاز را به آهن دارند. در شرایط قلیایی Fe^{2+} به Fe^{3+} اکسیدشده که نسبتاً برای گیاه غیرقابل دسترس است. به ازای هر واحدی که به pH افزوده می‌شود قابلیت در دسترس بودن Fe^{2+} و Fe^{3+} به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰۰۰ برابر کاهش پیدا می‌کند (Nicolic & Romheld, 2002)؛ بنابراین قلیائیت خاک باعث کاهش جذب عناصری مانند آهن می‌شود. تیسون و همکاران (Tyson et al., 2008) گزارش دادند که افزایش pH قابلیت دسترسی به کلسیم، روی، منگنز و آهن را در گیاه خیار به علت رسوب یا عدم جذب آن‌ها کاهش داد. در آزمایشی که توسط ژو و همکاران (Zou et al., 2001) بر روی تغذیه ذرت با اشکال متفاوت نیتروژن و آهن انجام شد، فراهم کردن نترات منجر به تجمع آهن در ریشه‌ها در مقایسه با آمونیوم شد.

روی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت روی اندام هوایی سیر نشان داد که اثر ژنوتیپ، غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و منابع نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش غلظت‌های بی‌کربنات سدیم با منابع نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری شد (جدول ۴). نتایج این تحقیق بر روی عنصر روی واریته‌های سیر نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم میزان روی اندام هوایی در هر سه منبع نیتروژن و در هر دو ژنوتیپ سیر کاهش یافت، اگرچه در منبع سولفات آمونیوم در ژنوتیپ بنفش و در منبع نترات کلسیم در ژنوتیپ سفید با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، میزان روی اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۵). یانگ و همکاران (Yang et al., 1993) بی‌کربنات را به‌عنوان یک عامل مهم در کمبود روی معرفی کردند که علت آن را کاهش در جذب روی به‌وسیله‌ی ریشه‌های گیاه و کاهش جابجایی از ریشه‌ها به اندام هوایی دانستند. هم‌چنین دوگار و های (Dogar & Hai, 1980) و فومو و همکاران (Forno et al., 1975) گزارش دادند که در pH کمی اسیدی یا کمی قلیائی، یون روی و هیدروکسید روی شکل‌های قابل‌دسترس برای جذب توسط ریشه هستند؛ اما در pH بالاتر مانند ۸/۲ که به‌وسیله‌ی تیمار بی‌کربنات به وجود آمده بود $Zn(OH)_3$ و $Zn(OH)_2^-$ بیش‌تر جذب شدند. گزارش شده است که pH بالا در محلول غذایی باعث کاهش غلظت آهن و روی در سویا شد (Van Heerden et al., 2003).

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد منابع نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم اثر منفی بی‌کربنات را بر وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه کاهش داد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش قلیائیت غلظت نیتروژن و پتاسیم در حضور منابع سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم افزایش یافت. غلظت کلسیم و منیزیم گیاهان روئیده در حضور منابع سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم با افزایش تنش قلیائیت افزایش یافت. در هر دو ژنوتیپ سیر و در هر سه منبع نیتروژن غلظت آهن اندام هوایی کاهش یافت، البته بیشترین غلظت آهن در منبع نیترات آمونیوم و در غیاب بی‌کربنات سدیم مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش استفاده از منابع سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم کارایی بهتری بر جذب و غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی سیر در شرایط تنش بی‌کربنات داشت.

منابع

- Abbey, L., Joyce, D. C., Aked, J., & Smith, B. (2002). Genotype, sulphur nutrition and soil type effects on growth and dry-matter production of spring onion. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(3), 340-345.
- Abdel Latef, A. A., & Tran, L. S. P. (2016). Impacts of priming with silicon on the growth and tolerance of maize plants to alkaline stress. *Frontiers in plant science*, 7, 243.
- Ahmad, P., & Sharma, S. (2012). Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under NaHCO₃ stress. *International Journal of Plant Production*, 4(2), 79-86.
- Alhendawi, R. A., Römheld, V., Kirkby, E. A., & 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(12), 1731-1753.
- Anderson, T. S., Martini, M. R., de Villiers, D., & Timmons, M. B. (2017). Growth and tissue elemental composition response of Butterhead lettuce (*Lactuca sativa*, cv. Flandria) to hydroponic conditions at different pH and alkalinity. *Horticulturae*, 3(3), 41.
- Azooz, M. M., Metwally, A., & Abou-Elhamd, M. F. (2015). Jasmonate-induced tolerance of *Hassawi okra* seedlings to salinity in brackish water. *Acta physiologiae plantarum*, 37(4), 77.
- Bavaresco, L., Giachino, E., & Colla, R. (1999). Iron chlorosis paradox in grapevine. *Journal of Plant Nutrition*, 22(10), 1589-1597.
- Bertoni, G. M., Pissaloux, A., Morard, P., & Sayag, D. R. (1992). Bicarbonate-pH relationship with iron chlorosis in white lupine. *Journal of Plant Nutrition*, 15(10), 1509-1518.
- Bie, Z., Ito, T., & Shinohara, Y. (2004). Effects of sodium sulfate and sodium bicarbonate on the growth, gas exchange and mineral composition of lettuce. *Scientia Horticulturae*, 99(3-4), 215-224.
- Borgognone, D., Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Rea, E., & Schwarz, D. (2013). Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 149, 61-69.
- Coolong, T. W., & Randle, W. M. (2003). Ammonium nitrate fertility levels influence flavour development in hydroponically grown 'Granex 33' onion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 477-482.

- Coolong, T. W., Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., & Randle, W. M. (2005). Nitrogen and sulfur influence nutrient usage and accumulation in onion. *Journal of plant Nutrition*, 27(9), 1667-1686.
- Dogar, M. A., & Van Hai, T. (1980). Effect of P, N and HCO₃-Levels in the Nutrient Solution on Rate of Zn Absorption by Rice Roots and Zn Content in Plants. *Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie*, 98(3), 203-212.
- Forno, D. A., Yoshida, S., & Asher, C. J. (1975). Zinc deficiency in rice. II. Studies on two varieties differing in susceptibility to zinc deficiency. *Plant and Soil*, 42, 551-563.
- Gaffney, J. M., Lindstrom, R. S., McDaniel, A. R., & Lewis, A. J. (1982). Effect of ammonium and nitrate nitrogen on growth of poinsettia [Plant nutrition, Euphorbia pulcherrima]. *HortScience*. 1-15.
- Gao, D. W., Hu, Q., Yao, C., & Ren, N. Q. (2014). Treatment of domestic wastewater by an integrated anaerobic fluidized-bed membrane bioreactor under moderate to low temperature conditions. *Bioresource Technology*, 159, 193-198.
- Getaneh, T. & Dechassa, N., (2018). Effect of manure and nitrogen rates on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) at Haramaya, Eastern. *Journal of Horticulture and Forestry*, 10(9): 135-142.
- Khan, H., Khan, T. N., Ramzan, A., Jillani, G. and Ali, M. (2016). Genotypic response of Garlic to various fertilizers levels under Agro-climatic conditions of Islamabad. *Journal of Agricultural Research*, 54(1): 1-10.
- Kotsiras, A., Olympios, C. M., Drosopoulos, J., & Passam, H. C. (2002). Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. *Scientia Horticulturae*, 95(3), 175-183.
- Li, C., Fang, B., Yang, C., Shi, D., & Wang, D. (2009). Effects of various salt-alkaline mixed stresses on the state of mineral elements in nutrient solutions and the growth of alkali resistant halophyte *Chloris virgata*. *Journal of Plant nutrition*, 32(7), 1137-1147.
- Lin, J., Wang, Y., Sun, S., Mu, C., & Yan, X. (2017). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, photosynthesis and photosynthetic pigments of *Leymus chinensis* seedlings under salt-alkali stress and nitrogen deposition. *Science of the Total Environment*, 576, 234-241.
- Lu, Y. X., Li, C. J., & Zhang, F. S. (2005). Transpiration, potassium uptake and flow in tobacco as affected by nitrogen forms and nutrient levels. *Annals of Botany*, 95(6), 991-998.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, Harcourt Brace and Company.
- Mudziwa, N. (2010). Yield and quality responses of Egyptian white garlic (*Allium sativum* L.) and wild garlic (*Tulbaghia violacea* Harv.) to nitrogen nutrition (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
- Nasreen, S., Haque, M. M., Hossain, M. A., & Farid, A. T. M. (2007). Nutrient uptake and yield of onion as influenced by nitrogen and sulphur fertilization. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 32(3), 413-420.
- Nikolic, M., & Römheld, V. (2002). Does high bicarbonate supply to roots change availability of iron in the leaf apoplast?. *Plant and Soil*, 241(1), 67-74.
- Pariari, A. & Khan, S. (2013). Growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by different level and source of sulphur. *Paper proceedings of Agriculture and Animal*, 2.
- Pearce, R. C., Li, Y., & Bush, L. P. (1999). Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: hydroponic culture. *Journal of plant nutrition*, 22(7), 1069-1078.
- Quave, C.L. (2013). *Medicinal plant monographs contributions from Emory University course*. HLTH. 385: 661.
- Radi, A. A., Abdel-Wahab, D. A., & Hamada, A. M. (2012). Evaluation of some bean lines tolerance to alkaline soil. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 2(1), 18-27.
- Raven, J. A., & Smith, F. A. (1976). Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. *New Phytologist*, 76(3), 415-431.

- Roosta, H. R. (2011). Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf magnesium, iron, manganese, and zinc concentrations in lettuce. *Journal of plant nutrition*, 34(5), 717-731.
- Roosta, H. R., & Schjoerring, J. K. (2007). Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, 30(11), 1933-1951.
- Roosta, H. R., Sajjadinia, A., Rahimi, A., & Schjoerring, J. K. (2009). Responses of cucumber plant to NH₄⁺ and NO₃⁻ nutrition: the relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. *Scientia Horticulturae*, 121(4), 397-403.
- Ryan, J., Estefan, G. & Rashid, A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)*, Aleppo, Syria.
- Sachin, A. J., Bhalerao, P. P. & Patil, S. J. (2017). Effect of organic and inorganic sources of nitrogen on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) var. GG-4. *International Journal of Chemical Studies*, 5: 559-562.
- Saeedi Gaghaghani, H., Yazdani Boiko, N., Saeedi, Garghani., & Soda Zadeh, H. (2014). Effect of different nitrogen sources and levels on quantitative and qualitative characteristics of parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) in jiroft region. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 12 (2): 327-316. (In Persian)
- Sebnie, W., Mengesha, M., Girmay, G. & Feyisa, T. (2018). Response of garlic (*Allium sativum* L.) to nitrogen and phosphorus under irrigation in lasta district of amhara region, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1): 1532862.
- Sharma, M. P., Singh, A., & Gupta, J. P. (2002). Sulphur status and response of onion *Allium cepa* to applied sulphur in soils of jammu districts. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 72(1).
- Tabatabaei, S. J., Fatemi, L. S. & Fallahi, E. (2006). Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. *Journal of Plant Nutrition*, 29(7): 1273-1285.
- Taghavi, T. S., Babalar, M., Ebadi, A., Ebrahimzadeh, H., & Asgari, M. A. (2004). Effects of nitrate to ammonium ratio on yield and nitrogen metabolism of strawberry (*Fragaria xananassa* cv. selva). *International Journal of Agriculture and and Biology*, 6(6), 994-997.
- Tyson, R. V., Simonne, E. H., Treadwell, D. D., Davis, M., & White, J. M. (2008). Effect of water ph on yield and nutritional status of greenhouse cucumber grown in recirculating hydroponics. *Journal of plant nutrition*, 31(11): 2018-2030.
- Valdez-Aguilar, L. A., & Reed, D. W. (2008). Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean under high alkalinity. *Journal of Plant Nutrition*, 31(5), 867-883.
- Yang, C. W., Xu, H. H., Wang, L. L., Liu, J., Shi, D. C., & Wang, D. L. (2009). Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants. *Photosynthetica*, 47(1), 79-86.
- Yang, C., Shi, D. & Wang, D. (2008). Comparative effects of salt and alkali stresses on growth, osmotic adjustment and ionic balance of an alkali-resistant halophyte *Suaeda glauca* (Bge.). *Plant Growth Regulation*, 56(2): 179.
- Yang, X., Romheld, V. & 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. In *Plant Nutrition from Genetic Engineering to Field Practice*. Springer Netherlands, 657-660.
- Zaman, M. S., Hashem, M. A., Jahiruddin, M. & Rahim, M. A. (2011). Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old brahmaputra flood plain soil. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(2): 357-367.

- Zhang, F. C., Kang, S. Z., Li, F. S., & Zhang, J. H. (2007). Growth and major nutrient concentrations in *Brassica campestris* supplied with different $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(4), 455-462.
- Zhanwu, G. A. O., Jiayu, H. A. N., Chunsheng, M. U., Jixiang, L. I. N., Xiaoyu, L. I., Lidong, L. I. N., & Shengnan, S. U. N. (2014). Effects of saline and alkaline stresses on growth and physiological changes in oat (*Avena sativa* L.) seedlings. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 357-362.
- Zhao, K., & Wu, Y. (2017). Effects of Zn deficiency and bicarbonate on the growth and photosynthetic characteristics of four plant species. *PlosOne*, 12(1), e0169812.
- Zou, C., Shen, J., Zhang, F., Guo, S., Rengel, Z. & Tang, C. (2001). Impact of nitrogen form on iron uptake and distribution in maize seedlings in solution culture. *Plant and soil*, 235(2): 143-149.

Evaluation of the growth characteristics and changes in the concentration of some nutrient elements of garlic affected by different nitrogen sources and alkalinity in hydroponic culture

Mahdiyeh Shojae^{1*}, Hamidreza Roosta², Mahmoudreza Roozban³, Hamidreza Soufi⁴

1*-Master of Science, Horticulture Science Department, Agriculture Faculty, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. m.shojae712@gmail.com

2-Professor, Horticulture Science Department, Agriculture Faculty, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. roosta_h@yahoo.com

3-Assistance Professor, Horticulture Science Department, Agriculture Faculty, Pardis Abouryhan, Tehran, Iran mroozban@ut.ac.ir

4-PhD Student, Horticulture Science Department, Agriculture Faculty, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran. hamidrsoufi70@gmail.com

Received Date: 2019/07/19

Accepted Date: 2019/09/17

ABSTRACT

Introduction: High bicarbonate induced by soil and water alkalinity is a limiting factor of agricultural crop production especially in arid and semi-arid regions of Iran.

Materials and Methods: A factorial experiment based on completely randomized design was carried out to evaluation of effects of nitrogen source on growth parameters and nutrient contents of arial parts of garlic under alkalinity conditions in hydroponic system. The factors of the experiment were including: sodium bicarbonate (0, 10 and 20 mM), nitrogen source in nutrient solution (ammonium sulfate, ammonium nitrate or calcium nitrate at 5 mM) and garlic genotypes (white and purple). In the experiment, one-month genotypes of garlic were treated in hydroponics system for 8 weeks.

Results and Discussion: Based on the results, shoot and root fresh and dry weight of plants decreased by increasing sodium bicarbonate from 10 mM to 20 mM in nutrient solution. Application of ammonium nitrate and sulfate decreased the negative effect of sodium bicarbonate on shoot and root fresh and dry weights. The results showed that nitrogen and potassium concentrations in plants nourished with ammonium sulfate or nitrate were increased by increasing bicarbonate level in nutrient solution. Also, calcium and magnesium concentrations in the plants treated by ammonium sulfate and calcium nitrate were increased under these conditions in both genotypes, while iron concentration in all of nitrogen sources decreased with bicarbonate stress.

Conclusion: According to the results of the experiment, the use of ammonium sulfate and nitrate sources had a better efficiency on nutrients uptake and concentration in shoot of garlic under high bicarbonate conditions.

Key words: Ammonium, Garlic genotype, Nitrogen, Plant nutrition, Sodium bicarbonate