

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(2), 221-234
http://plantproduction.scu.ac.ir//

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Evaluation of the Interactive Effects of Nitrogen Sources and Sodium Bicarbonate on The Growth and Some Morpho-Physiological Characteristics of Garlic in Hydroponic System

Mahdiyeh Shojaei Khanisi^{1*}, Hamid Reza Roosta², Mahmoudreza Roozban³,
Hamidreza Soufi⁴

- 1- ***Corresponding Author:** M.Sc. of Horticultural Sciences, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran (m.shojaee712@gmail.com)
2- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural resources, Arak University, Arak, Iran
3- Assistant Professor, Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture, Pardis Abouryhan, Tehran, Iran
4- Ph.D. Student of Horticulture Science, Department of Horticulture Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Citation: Shojaei Khanisi, M., Roosta, H., Roozban, M., & Soufi, H. (2021). Evaluation of the interactive effects of nitrogen sources and sodium bicarbonate on the growth and some morpho-physiological characteristics of garlic in hydroponic system. *Plant Productions*, 44(2), 221-234.

 10.22055/PPD.2020.31011.1821

Received: 7 September, 2019

Accepted: 20 November, 2019

Abstract

Introduction

Soil salinity and alkalinity seriously affect about 932 million hectares of land globally, reducing productivity in about 100 million hectares in Asia. Plants in alkaline soil must cope with physiological drought and ion toxicity, and also maintain intracellular ion balance and regulate pH outside the roots. Alkaline stress result into decrease in chlorophyll concentration, stomatal conductance and transpiration rate and inhibit the growth of plant. Nitrogen sources affect the pH of nutrition solution, which can affect plant growth, so nitrate increases the pH of nutrient solution while ammonium decreases pH of nutrition solution.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of nitrogen sources on vegetative growth, physiological and chlorophyll fluorescence of white and purple garlic genotypes under sodium bicarbonate stress, an experiment was carried out as factorial base on completely randomize design with three factors; sodium bicarbonate at three levels (0, 10 and 20 mM), nitrogen sources (5 mM ammonium sulfate, ammonium nitrate and calcium nitrate in nutrient solution) and genotypes



(white and purple) with three replications in 2017 in Greenhouse of Faculty of Agriculture, University of Vali-e-asr Rafsanjan.

Results and Discussion

The results showed that shoot and root fresh and dry weight decreased by increasing sodium bicarbonate from 10 mM to 20 mM in nutrient solution and application of ammonium nitrate and ammonium sulfate sources decreased the negative effect of sodium bicarbonate on shoot and root fresh and dry weights. Among nitrogen sources, ammonium sulfate produced the highest soluble sugar content in both garlic genotypes. Proline content was enhanced by increasing sodium bicarbonate concentration in nutrient solution. The highest photosynthetic pigments were absorbed in plant that nourished by ammonium nitrate and ammonium sulfate, respectively. The sources of nitrogen, sodium bicarbonate and their interaction had no significant effect on chlorophyll fluorescence parameters, but genotype had significant effect on these traits.

Conclusion

According to the results of this experiment, the use of ammonium sulfate and ammonium nitrate sources has a better performance on growth and yield of garlic under bicarbonate stress conditions.

Keywords: Alkalinity, *Allium sativum*, Ammonium, Nitrate, Soilless culture

بررسی برهمکنش منابع نیتروژن و بی کربنات سدیم بر رشد و برخی خصوصیات مرفو-فیزیولوژیکی گیاه سیر در سیستم هیدروپونیک

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

۱- *نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر عجل رفسنجان، رفسنجان، ایران (m.shojaee712@gmail.com)

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه پردیس ابوریحان تهران، تهران، ایران

۴- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر عجل رفسنجان، رفسنجان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶

چکیده

شوری و قلیائیت خاکها اثرات مخربی بر ۹۳۲ میلیون هکتار از زمینهای جهان دارد. هم چنین سبب کاهش تولید محصول در ۱۰۰ میلیون هکتار از زمینهای قاره آسیا شده است. این تحقیق به منظور ارزیابی اثرات متقابل منابع نیتروژن و سطوح بی کربنات سدیم بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل دو ژنوتیپ سفید و بنفش سیر در گلخانه هیدروپونیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور بی کربنات سدیم در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ میلی مولار)، نیتروژن در سه سطح (سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و نیترات کلسیم با غلظت پنج میلی مولار نیتروژن) و دو ژنوتیپ سیر (سفید و بنفش) با ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد منابع نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم اثر منفی بی کربنات را بر وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه کاهش داد. گیاهان تغذیه شده با سولفات آمونیوم بیشترین مقدار قند محلول در هر دو ژنوتیپ سیر (۱/۴ و ۱/۳۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ به ترتیب در ژنوتیپ سفید و بنفش) را به خود اختصاص دادند. میزان پرولین با افزایش غلظت بی کربنات سدیم در هر دو ژنوتیپ سیر افزایش یافت. بیشترین مقدار رنگیزه های فتوسنتزی تحت تأثیر بی کربنات در گیاهانی مشاهده شد که با نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم تغذیه شده بودند. منابع نیتروژن، بی کربنات سدیم و برهمکنش آنها بر شاخص های فلورسانس کلروفیل تأثیری نداشت و تنها اثر ژنوتیپ بر این صفت معنی دار شد. در مجموع، کاربرد سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی ژنوتیپ های سیر در شرایط تنش قلیائیت شد. براساس یافته های این مقاله می توان به این نکته اشاره کرد که با تغییر در محلول های غذایی مورد نیاز گیاهان در شرایط تنش می توان از میزان خسارت به آنها کاست و از این تغییر سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی گیاهان در شرایط تنش شد.

کلیدواژه ها: آمونیوم، سبزی های پیازی، قلیائیت، کشت بدون خاک، نیترات

مقدمه

بعد از پیاز، سیر پر مصرف ترین گیاه جنس *Allium* با تولید جهانی بیش از ۲۲ میلیون تن در سال است که میزان تولید و مصرف آن روندی به شدت افزایشی داشته است (Chen et al., 2014). آسیا با تولید بیش از ۸۵ درصد از سیر جهان در این زمینه، پیشتاز است و ایران با تولید سالانه بیش از ۱۲۰ هزار تن سیر، رتبه یازدهم تولید این محصول در جهان را به خود اختصاص داده است (FAO, 2017).

قلیائیت (Alkalinity) آب و خاک به یک مشکل زیست محیطی تبدیل شده است و از جمله عوامل مهم محدود کننده بهره‌وری کشاورزی است. ایران از جمله کشورهایی است که بیشتر مناطق آن به علت داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک و عدم شستشوی کربنات‌ها دارای خاک‌های آهکی است. نتایج بررسی‌ها در ایران نشان داده است که ۸۶ درصد آب‌های آبیاری دارای قلیائیت بالا می‌باشند (Malakuti and Shahabi, 2003).

همچنین سازمان جهاد کشاورزی استان کرمان گزارش کرده است که عمده مناطق سیر کاری استان که بیشتر در مناطق خشک مانند بخش شهداد که در استان کرمان واقع شده، دارای درصد بالایی از نمک‌های قلیایی در آب و خاک است. خاک‌های آهکی با محتوای کم عناصر غذایی قابل جذب، محتوای بی کربنات بالا و قلیائیت بالا مشخص می‌شوند (Yang et al., 2011). غلظت یون بی کربنات (HCO_3^-) یکی از معیارهای مورد ارزیابی در رابطه با کیفیت آب آبیاری است (Mamnoei and Sharifi, 2010).

گزارش شده است که مقدار pH بالا ممکن است منجر به تخریب ساختار سلول‌های ریشه، تغییر در دسترسی عناصر غذایی و اختلال در جذب عناصر و در نتیجه کاهش قابل توجه در عملکرد گیاهان شود (Gao et al., 2014).

نتایج هم چنین نشان داده است که بی کربنات می‌تواند تا حدی تنش آمونیم را نیز کاهش دهد (Latef and Tran, 2016). گزارش شده است که حضور بی کربنات با کاهش قابل توجهی پارامترهای فلورسانس کلروفیل مانند حداقل فلورسانس کلروفیل (F_0)، حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسنتز دو (F_v/F_m) همراه است.

نیتروژن به عنوان مهم‌ترین عنصری که در چرخه غذایی شرکت می‌کند از اهمیت بالایی برخوردار است؛ به طوری که کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد را در گیاهان زراعی و باغی افزایش می‌دهند. ولی با این وجود، نوع منبع نیتروژن سبب افزایش کاهش pH در خاک و محلول غذایی گیاهان می‌شود (Delfieh et al., 2017). این عنصر بخش اصلی بسیاری از ترکیب‌های شیمیایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک بوده و قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد. کاهش این عنصر نیز باعث کاهش رشد رویشی گیاهان سبز می‌شود (Aghighi Shahverdi et al., 2019). معمولاً نیترات و آمونیم پس از جذب توسط ریشه گیاه، به صورت‌های مختلفی عمل می‌کنند، به طوری که نیترات می‌تواند وارد آوند چوبی شود و در قسمت‌های هوایی به اسید آمینه تبدیل شود. ولی آمونیم در بافت ریشه به اسید آمینه تبدیل شده و سپس وارد بافت آوند چوبی می‌گردد (Estaji et al., 2017). بین pH و کود نیتروژن از نظر تأثیر بر رشد گیاه و غلظت عناصر برهمکنش وجود دارد (Yang et al., 2011; Soury, 2016). گزارش‌های 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). کاهش رشد در گیاهانی که با آمونیم تغذیه می‌شوند در اثر عواملی مانند کاهش pH در محیط ریشه، اثرات سمیت آمونیم آزاد، کاهش غلظت عناصر غذایی مثل پتاسیم، کلسیم و منیزیم و نیز محدودیت کربوهیدرات ناشی از مصرف بیش از حد قندهای محلول برای آسیمیلایسیون آمونیم است (Estaj et al., 2017). محققین در آزمایش خود بر روی گیاه سیر تحت تیمار نیتروژن به این نتیجه رسیدند که غلظت‌های بالای نیتروژن و فسفر سبب افزایش قابل توجه ارتفاع گیاه و عملکرد سوخک سیر در شرایط مزرعه شد (Sebnie et al., 2018). نیتروژن به فرم آلی و معدنی می‌تواند سبب افزایش وزن تر و خشک زیست توده، تعداد برگ، تعداد سوخک، وزن تر و خشک سوخک سیر شود (Getaneh and Dechassa, 2018; Sachin et al., 2017).

پایینی بوته و قبل از این که برگ‌ها به رنگ قهوه‌ای درآیند و هم‌چنین هم‌زمان با خم شدن ساقه‌ها) برخی صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه اندازه‌گیری شد.

پارامترهای رویشی مورد اندازه‌گیری شامل وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه بودند. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی (قسمت بالای طوقه که شامل ساقه و برگ‌های سیر بود)، و هم‌چنین وزن تر و خشک ریشه و سوخ سیر، با ترازوی با دقت 0.001 اندازه گرفته شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای 72 درجه‌ی سلسیوس قرار داده و سپس وزن شدند. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش ویدرلی استفاده شد (Weatherley, 1951). میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل با استفاده از روش پورا با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد (Ritchie, 2006). برای محاسبه کارتنوئیدها از روش لیچن هالر و ولبورن استفاده شد و میزان جذب در طول موج 470 نانومتر محاسبه شد (Lichtenthaler, 1987). با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورسانس (Hansatech instrument, United Kindom)، فلورسانس کلروفیل در گیاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پرولین از معرف ناین‌هیدرین و روش توسعه‌یافته توسط پاکوئین و لیچاسر استفاده شد (Paquin and Lechasseur, 1979). برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، از معرف آنترون و روش توسعه‌یافته توسط اری‌گوین و همکاران استفاده گردید (Irigoyen et al., 1992). برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کج‌لدال (ساخت ایران، شرکت پکو) استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار SAS 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 مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر دو ژنوتیپ سیر

با توجه به این که خاک و آب مناطق سیرکاری به خصوص بخش شهداد استان کرمان غالباً قلیائی بوده و هر ساله سبب افت محصول از طریق این تنش می‌گردد، سبب شد تا در این تحقیق اثرات مطلوب ناشی از کاربرد منابع نیتروژن بر کاهش اثرات تنش قلیائیت بر خصوصیات مرفولوژیکی گیاه سیر در کشت هیدروپونیک مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۵ (شرایط گلخانه دارای دامنه دمایی 25 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $65-55$ درصد، دوره نوری 12 ± 1 ساعت روشنایی و 12 ± 1 ساعت تاریکی با شدت نور 300 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 (صفر و 10 و 20 میلی‌مولار) (Bagheri et al., 2011)، نوع نیتروژن در سه سطح (سولفات آمونیوم، نترات آمونیوم و نترات کلسیم با غلظت پنج میلی‌مولار نیتروژن) (Estaji et al., 2017) و ژنوتیپ سیر (سفید و بنفش) با ۳ تکرار انجام شد. ابتدا سوخک‌های ژنوتیپ سفید (ژنوتیپ همدان) از مؤسسه 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 توسط سفیدکننده‌ی تجاری (هیپوکلرید سدیم) 5 درصد ضدعفونی شده و 3 بار با آب مقطر شستشو داده شده و به محیط کشت هیدروپونیک با بستر پرلیت (30 درصد) و کوکوپیت (70 درصد) منتقل شدند. از هر ژنوتیپ 5 عدد سوخک در گلدان‌های 5 لیتری کشت شد. بعد از گذشت یک ماه از کاشت ژنوتیپ‌های سیر در بستر کشت و رشد آن‌ها تا مرحله چهار برگ، تیمارهای تنش قلیائیت به مدت دو ماه همراه با محلول غذایی تغییر یافته براساس منبع نیتروژن (Hoagland and Arnon, 1950) اعمال گردید. بعد از اعمال تنش (هم‌زمان با شروع زرد شدن برگ‌های

وزن تر ریشه مشاهده شد در سایر تیمارها با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم وزن تر ریشه کاهش یافت. در ژنوتیپ بنفش با افزایش بی‌کربنات سدیم وزن تر ریشه در حضور سولفات آمونیوم افزایش نشان داد اگرچه در گیاهان تغذیه‌شده با منابع نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم، بی‌کربنات در ۱۰ میلی مولار بیشترین وزن تر ریشه را نسبت به غلظت بالاتر (۲۰ میلی مولار) و حتی شاهد نشان داد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک ریشه دو ژنوتیپ سیر نشان داد که در ژنوتیپ سفید، بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک ریشه گیاهان روئیده در منابع نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم بی‌تأثیر بود. اگرچه در حضور سولفات آمونیوم، در ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات بیشترین وزن خشک ریشه به دست آمد. در ژنوتیپ بنفش تنها در حضور سولفات آمونیوم با افزایش بی‌کربنات سدیم وزن خشک ریشه کاهش نشان داد در صورتی که بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک ریشه گیاهان روئیده در منابع نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم تأثیری نداشت (جدول ۱).

نیتروژن یک عنصر کلیدی در رشد و نمو و تولید بهینه عملکرد و کیفیت در گیاهان است (Souri et al., 2017; Dehnavard et al., 2017). این عنصر در شرایط احیایی و بیشتر به شکل یون نیترات (NO_3^-) جذب می‌شود البته بخشی از آن نیز به شکل یون آمونیوم توسط گیاهان جذب می‌گردد. گزارش‌هایی وجود دارد که بیش بود ناشی از مصرف زیاد نیتروژن سبب کاهش نسبت ریشه به شاخه، تغییر ساختار ریشه، غده‌سازی و پیری می‌شود. همچنین بیان شده که نیتروژن در غلظت بالا باعث کاهش درصد قند و آبدار شدن سیتوپلاسم و در نتیجه سبب حساسیت گیاهان در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شود (Noori et al., 2015). اکثر گیاهان می‌توانند از نیترات و آمونیوم به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند؛ ولی نیترات را به آمونیوم ترجیح می‌دهند؛ اگرچه کاربرد همزمان این دو ترکیب اثرات مفیدی بر رشد و محصول دارد، میزان اثربخشی هر کدام از آن‌ها به مرحله رشد گیاه، میزان

نشان داده است که تیمار حاصل از برهمکنش نیترات آمونیوم، بدون بی‌کربنات سدیم (شاهد) 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. در ژنوتیپ سفید، بی‌کربنات سدیم بر وزن تر اندام هوایی گیاهان روئیده در منبع نیترات کلسیم بی‌تأثیر بود ولی در تیمار نیترات آمونیوم با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم وزن تر اندام هوایی کاهش نشان داد اگرچه در حضور سولفات آمونیوم تنها در ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم وزن تر اندام هوایی افزایش و سپس با افزایش غلظت به ۲۰ میلی مولار کاهش یافت. در ژنوتیپ بنفش به‌جز در تیمار نیترات آمونیوم و ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم که افزایش وزن تر اندام هوایی مشاهده شد در سایر تیمارها بی‌کربنات سدیم باعث کاهش وزن تر اندام هوایی شد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر وزن خشک اندام هوایی دو ژنوتیپ سیر نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در حضور نیترات آمونیوم و در غلظت ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ بنفش سیر به دست آمد و کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی از منبع سولفات آمونیوم در غیاب بی‌کربنات سدیم (شاهد) در ژنوتیپ سفید سیر مشاهده شد (جدول ۱). در ژنوتیپ سفید گیاهان تغذیه‌شده با نیترات عکس‌العملی به بی‌کربنات نشان ندادند ولی در گیاهان تغذیه‌شده با آمونیوم، بی‌کربنات در ۱۰ میلی مولار باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شد و با کاربرد غلظت بالاتر (۲۰ میلی مولار) وزن خشک دوباره کاهش یافت (جدول ۱).

بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین وزن تر ریشه از منبع سولفات آمونیوم در غلظت ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ سفید سیر به دست آمد و کمترین مقدار آن در حضور نیترات کلسیم و در غلظت ۲۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم در ژنوتیپ بنفش حاصل شد. در ژنوتیپ سفید به‌جز در منبع سولفات آمونیوم که افزایش

Table 1. Interactive effects of nitrogen sources and bicarbonate levels (Alkalinity stress) on morpho-physiological in two genotypes of garlic in hydroponic culture

Garlic genotype	Nitrogen sources (5 mM)	Sodium bicarbonate (mM)	Shoot Fresh Weight (g)	Shoot Dry Weight (g)	Root Fresh Weight (g)	Root Dry Weight (g)	Proline ($\mu\text{mol/g FW}$)	Cholorophyll a ($\mu\text{g/g FW}$)	Cholorophyll b ($\mu\text{g/g FW}$)	Cartenoied b ($\mu\text{g/g FW}$)	Total Cholorophyll ($\mu\text{g/g FW}$)	N (% Dry matter)	
White	Calcium nitrate	0	3.70 ^f	1.63 ^a	4.79 ^b	0.50 ^b	1.18 ^{a-c}	913.8 ^{b-d}	271.9 ^{b-d}	37 ^{b-e}	1185.7 ^{cd}	1.88 ^c	
		10	3.63 ^f	1.5 ^{abc}	4.34 ^c	0.49 ^b	1.19 ^{a-c}	607.1 ^{e-h}	180.71 ^{e-h}	27.46 ^{d-g}	787.8 ^{fgh}	1.84 ^f	
		20	3.90 ^f	1.58 ^a	3.46 ^e	0.55 ^{ab}	1.35 ^a	469.1 ^{ghi}	13.46 ^{ghi}	17.98 ^{gh}	482.5 ^{ghi}	0.68 ^j	
	Ammonium nitrate	0	10.26 ^a	1.22 ^{a-e}	3.79 ^d	0.39 ^{bc}	0.79 ^{b-e}	736 ^{def}	218.87 ^{def}	30.03 ^{c-g}	954.8 ^{de}	1.79 ^d	
		10	8.28 ^{bc}	1.39 ^{ab}	2.78 ^f	0.26 ^{cd}	1.16 ^{a-d}	680.3 ^{d-g}	199.98 ^{d-g}	32.51 ^{b-f}	880.2 ^{fg}	0.46 ^k	
		20	5.85 ^{de}	0.82 ^{def}	2.15 ^g	0.47 ^b	1.20 ^{a-d}	494.7 ^{f-i}	146.49 ^{f-i}	22.53 ^{fgh}	641.1 ^{ghi}	0.94 ^h	
	Ammonium sulfate	0	1.56 ^{de}	0.043 ^f	3.26 ^e	0.07 ^e	0.83 ^{a-e}	692.1 ^{d-g}	205.8 ^{d-g}	22.38 ^{c-f}	897.9 ^e	0.84 ⁱ	
		10	9.40 ^{ab}	1.48 ^a	5.91 ^a	0.67 ^a	1.29 ^{ab}	629.4 ^{e-h}	187 ^{e-h}	29.5 ^{e-g}	816.4 ^{fg}	0.66 ^j	
		20	4.25 ^f	0.70 ^f	3.97 ^d	0.11 ^{de}	1.24 ^{abc}	333.4 ⁱ	99.47 ⁱ	14.66 ^h	432.8 ⁱ	1.67 ^e	
	Purpule	Calcium nitrate	0	6.07 ^d	0.92 ^{b-f}	2.02 ^g	0.16 ^{de}	0.47 ^e	1036.2 ^{abc}	308.08 ^{abc}	43.12 ^b	1342.2 ^{bc}	1.22 ^g
			10	6.63 ^d	0.63 ^f	2.07 ^g	0.15 ^{de}	1.13 ^{a-d}	615.7 ^{e-h}	182.08 ^{e-h}	39.06 ^{bcd}	797.7 ^{fg}	2.62 ^a
			20	4.40 ^f	0.74 ^f	0.80 ⁱ	0.11 ^{de}	0.7 ^{de}	685.2 ^{d-g}	200.83 ^{d-g}	65.01 ^a	886 ^{f-i}	0.68 ^j
Ammonium nitrate		0	4.11 ^f	0.78 ^{ef}	1.42 ^h	0.15 ^{de}	1.12 ^{a-d}	1259.2 ^a	370.6 ^a	40.51 ^{bc}	1629.8 ^a	0.26 ^l	
		10	7.96 ^c	1.65 ^a	2.06 ^g	0.22 ^{de}	0.79 ^{cde}	649 ^{e-h}	192.75 ^{e-h}	30.76 ^{c-f}	841.7 ^{fgh}	0.90 ^{hi}	
		20	4.47 ^f	1.27 ^{a-d}	1.49 ^h	0.14 ^{de}	1.01 ^{a-d}	415.8 ^{hi}	123.69 ^{hi}	23.96 ^{fgh}	538.6 ^{hi}	0.62 ^j	
Ammonium sulfate		0	8.13 ^c	0.89 ^{c-f}	1.47 ^h	0.46 ^b	0.89 ^{a-e}	1123.6 ^{ab}	331.45 ^{ab}	27.66 ^{d-f}	1455 ^{ab}	1.91 ^e	
		10	5.92 ^{de}	0.83 ^{def}	1.34 ^h	0.19 ^{de}	1.29 ^{ab}	839.1 ^{cde}	245.45 ^{cde}	32.37 ^{b-f}	1005.9 ^{de}	2.43 ^b	
		20	4.73 ^{ef}	0.70 ^f	1.98 ^g	0.05 ^e	1.30 ^{ab}	562.4 ^{fi}	166.82 ^{h-i}	25.83 ^{e-h}	729.2 ^{ghi}	1.60 ^e	

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

است (Yang et al., 2008). پرولین اسمولیت سازگاری است که بیشتر در پاسخ به عدم تعادل اسمزی در سیتوپلاسم تولید می‌شود (Paz et al., 2014). پرولین بعد از تنش به سرعت شکسته می‌شود که ممکن است عامل‌هایی را فراهم کند که باعث حمایت از چرخه‌ی فتوفسفوریلاسیون اکسیداتیو در میتوکندری شود و انرژی لازم (ATP) برای برگشت از حالت تنش را فراهم نماید (Sato et al., 2002). مطابق با نتایج این آزمایش گزارش شده است که که غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم به‌طور قابل توجهی باعث افزایش پرولین در واریته‌های کلم شد (Bagheri and Roosta, 2013). هم‌چنین نشان داده شده است که تغذیه آمونومی تحت شرایط هیدروپونیک می‌تواند در برخی گیاهان منجر به تنش و افزایش مقدار پرولین گردد (Hatamian and Sour, 2019; Sour et al., 2009).

محتوای نسبی آب برگ

در هر دو ژنوتیپ سیر با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم محتوای نسبی آب کاهش یافت اگرچه این کاهش در ژنوتیپ بنفش سیر بیشتر از ژنوتیپ سفید بود (شکل ۱). از مهم‌ترین معیارهای بررسی واکنش گیاهان به تنش، محتوای نسبی آب برگ است (Roosta et al., 2013). در این آزمایش با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم محتوای نسبی آب برگ کاهش نشان داد. در واقع بی‌کربنات سدیم سبب ایجاد اختلالات تغذیه‌ای در گیاه (Kopittke and Menzies, 2005) و کاهش جذب آب شده است (Yang et al., 2009). پتانسیل آب برگ متفاوت در بین ژنوتیپ‌ها ممکن است به علت تفاوت در توانایی جذب آب بیشتر و توانایی کاهش از دست رفتن آب از طریق روزنه‌ها باشد.

قندهای محلول

بیش‌ترین مقدار قند محلول در حضور سولفات آمونیوم در هر دو ژنوتیپ سیر مشاهده شد و ژنوتیپ سفید سیر در حضور نیترات کلسیم کم‌ترین مقادیر قند محلول را به خود اختصاص داد (شکل ۲).

جذب عناصر غذایی، گونه گیاهی و نسبت نیترات به آمونیوم بستگی دارد (Estaji et al., 2017). در این پژوهش بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر بی‌کربنات سدیم از گیاهان روئیده در حضور سولفات آمونیوم به‌دست آمد. Saidi Goraghani et al. (2014) گزارش کردند که بیش‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی در گیاه جعفری از منبع سولفات آمونیوم به‌دست آمد. Sharma et al. (2002) نیز گزارش نمودند که ارتفاع گیاه، قطر گردن و عملکرد پیاز، همراه با افزایش مقدار گوگرد (از منبع سولفات پتاسیم) افزایش یافته است. در آزمایشی که توسط Estaji et al. (2017) انجام شد، معلوم شد که گیاهان شیرین بیان تغذیه شده با نیترات آمونیوم بیش‌ترین ارتفاع گیاه، قطر ساقه و قطر ریشه، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و عملکرد ریشه را به خود اختصاص دادند. در آزمایشی که توسط Sharma et al. (2002) انجام شد با افزایش تنش قلیائیت، وزن تر اندام هوایی در پیاز کاهش یافت. بر طبق نتایج Tabatabaie (2010) مصرف سولفات آمونیوم سبب افزایش وزن تر در پیاز خوراکی گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. Nasreen et al. (2008) نیز افزودن کود سولفات پتاسیم را در افزایش وزن تر پیاز مؤثر دانستند. بر اساس گزارش‌های Coolong et al. (2005) وزن تر و خشک پیاز توسط کودهای سولفات پتاسیم و نیترات آمونیوم تحت تأثیر قرار گرفت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

پرولین

در این تحقیق نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم (تنش قلیائیت) بر محتوای پرولین در دو ژنوتیپ سیر نشان داد که با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، محتوای پرولین افزایش یافت به‌طوری‌که در ژنوتیپ سفید بیش‌ترین میزان پرولین از منبع نیترات کلسیم در غلظت ۲۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم به‌دست آمد و ژنوتیپ بنفش کم‌ترین میزان پرولین را در حضور نیترات کلسیم و در غیاب بی‌کربنات سدیم نشان داد (جدول ۱). تحقیقات نشان داده است که تجمع پرولین به‌عنوان یک پاسخ عمومی در گیاهان تحت تنش قلیائیت

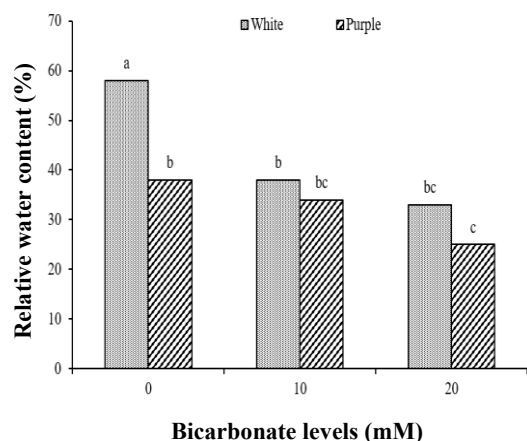


Figure 1. Interaction of sodium bicarbonate levels and garlic genotypes on relative water content in hydroponic culture

امروزه فلورسانس کلروفیل به‌عنوان یک معیار سنجش برای اندازه‌گیری تأثیر تنش‌های محیطی و تعیین میزان مقاومت به تنش‌ها پیشنهاد شده است. در حقیقت مقدار فلورسانس کلروفیل، سالم بودن غشای تیلاکوئید و کارایی نسبی انتقال الکترون را از فتوسیستم II به فتوسیستم I نشان می‌دهد.

وقتی مولکول‌های کینون (اولین کینون گیرنده الکترون فتوسیستم II) در وضعیت کاملاً اکسید شده هستند سیستم دارای کم‌ترین فلورسانس (F_o) است که به تدریج با افزایش احیا شدن این مولکول‌ها، فلورسانس افزایش می‌یابد. این روند تا احیای کامل مولکول‌های آن ادامه پیدا می‌کند. در چنین حالتی مرکز فتوسیستم در حالت احیای کامل بوده و دارای بیشترین فلورسانس (F_m) است (Saidi Goraghani et al., 2014). بر اساس F_v/F_m برخی گزارش‌ها ارقام متحمل به تنش‌ها نسبت F_v/F_m بالاتری نسبت به ارقام حساس دارند؛ به عبارت دیگر، کار آبی سیستم نوری II در رقم مقاوم بیشتر بوده است. متغیر F_v/F_m نشان‌دهنده‌ی حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II و شاخص حساسی برای عملکرد فتوستتری گیاه است (Khan et al., 2010). گزارش‌های کمی درباره اثر تنش قلیائیت بر روی فتوستتر، مخصوصاً کلروفیل فلورسانس

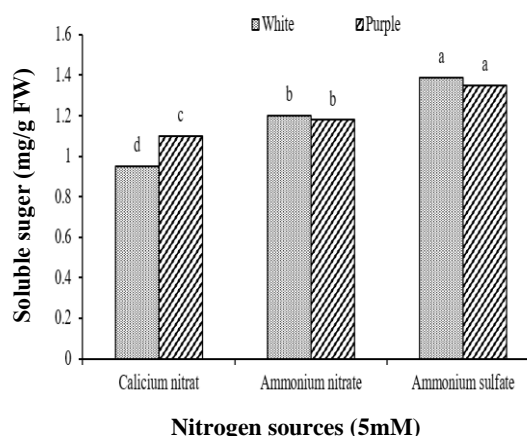


Figure 2. Interaction of nitrogen sources and garlic genotypes on soluble sugar of garlic genotypes in hydroponic culture

با افزایش غلظت بیکربنات مقدار قندهای محلول در برگ افزایش یافت. تحقیقات نشان داده است که تجمع قندهای محلول به‌عنوان یک پاسخ عمومی در گیاهان تحت تنش قلیائیت است (Yang et al., 2008). قندهای محلول در شدت‌های متوسط تنش، افزایش داشته و با شدیدتر شدن تنش قلیائیت مقدار آن شروع به کاهش می‌نماید. علت افزایش اولیه برای بالا بردن مقاومت گیاه بوده ولی با شدیدتر شدن تنش، تولید قندها به شدت کاهش می‌یابد. کاهش میزان قندهای محلول در تیمارهای تنش شدید می‌تواند به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام‌های هوایی باشد (Momeni Demneh and Panahi, 2016).

شاخص حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو (F_v/F_m)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ بر شاخص حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. ژنوتیپ بنفش سیر تأثیر بیشتری بر شاخص حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو گذاشت و تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ سفید سیر نشان داد (شکل ۳).

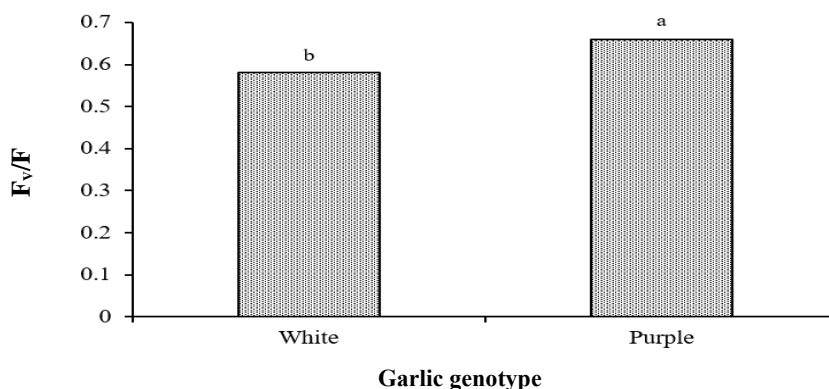


Figure 3. Effect of garlic genotypes on the quantum efficiency of photosystem II in hydroponic culture

رسیدن بی کربنات به ۲۰ میلی مولار کارتنوئید کاهش یافت (جدول ۱).

کلروفیل‌ها، رنگدانه‌های فراوان در دستگاه فتوسنتز و مولکول‌های مهمی هستند که در جذب نور در طول فتوسنتز و رشد گیاه نقش دارند. مقدار کلروفیل در پاسخ به تنش‌های بی‌هوازی یا پیر شدن برگ به علت کاهش سنتز و افزایش تخریب کاهش می‌یابد (Hu et al., 2016). کلروفیل a به‌عنوان رنگ‌دانه‌ی کلیدی و آنتن جمع‌آوری نور عمل می‌کند و نقش مهمی در تبدیل انرژی‌های غیرشیمیایی نور توسط فتوسنتز دارد (Yang et al., 2011). در یک آزمایش بر روی لوبیا، افزایش سطح کربنات سدیم در محیط کشت با کاهش تدریجی در غلظت کلروفیل a و b در برگ همراه بود (Radi et al., 2012). البته فراهمی نیتروژن نیز اهمیت زیادی به دلیل نقش آن در سنتز کلروفیل دارد (Hore et al., 2014). در تحقیقات مختلف نشان داده شده است که کاربرد نیتروژن و فرم نیتروژنی می‌تواند سبزی‌نگی برگ گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. معمولاً با کاربرد نیتروژن میزان سبزی‌نگی برگ افزایش می‌یابد به هر حال شدت افزایش با نوع نیتروژن کاربردی متفاوت است به طوری که بیشترین غلظت کلروفیل اغلب با کاربرد اشکال آمونیومی نیتروژن همراه است (Hatamian et al., 2018; Sourı and Dehnavard, 2017).

نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به مقدار

وجود دارد (Liu and Shi, 2010). با این وجود، بازداشتن فتوسنتز و به تأخیر انداختن رشد گیاه بر اثر تنش قلیائیت در برخی پژوهش‌ها گزارش شده است (Yang et al., 2008).

کلروفیل a، b، کل و کارتنوئیدها

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم در دو ژنوتیپ سیر نشان داد که در هر دو ژنوتیپ سفید و بنفش سیر با افزایش بی‌کربنات سدیم، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در هر سه منبع نیتروژن کاهش نشان داد. بیشترین میزان این رنگیزه‌ها در حضور نترات آمونیوم در ژنوتیپ بنفش و در غیاب بی‌کربنات سدیم مشاهده شد و کم‌ترین میزان آن‌ها در ژنوتیپ سفید در بالاترین غلظت بی‌کربنات (۲۰ میلی مولار) از منبع سولفات آمونیوم حاصل شد (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع نیتروژن و غلظت‌های بی‌کربنات سدیم در دو ژنوتیپ سیر نشان داد که در ژنوتیپ سفید در غلظت ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم در حضور منابع نترات و سولفات آمونیوم کارتنوئید افزایش یافت اگرچه با رسیدن بی‌کربنات به غلظت بالاتر (۲۰ میلی مولار) کاهش نشان داد. البته در حضور نترات کلسیم با افزایش بی‌کربنات سدیم کارتنوئید کاهش یافت. در ژنوتیپ بنفش کارتنوئید در منبع نترات کلسیم برخلاف منبع نترات آمونیوم، با افزایش بی‌کربنات افزایش نشان داد در صورتی که در حضور سولفات آمونیوم در ۱۰ میلی مولار بی‌کربنات سدیم افزایش کارتنوئید مشاهده شد و سپس با

نیترژن برگ را نسبت به نیترات بیشتر افزایش می‌دهد (Roosta et al., 2013).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش با افزایش غلظت بی‌کربنات سدیم، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل کاهش و پروکلین افزایش یافت. این تحقیق نشان داد که اثرات غلظت‌های بی‌کربنات سدیم و منابع نیترژن و برهمکنش آن‌ها بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل تأثیر معنی‌داری نداشت و تنها اثر ساده ژنوتیپ بر این صفات معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که منابع نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم اثر منفی بی‌کربنات را بر خصوصیات روشنی گیاه سیر کاهش دادند و سبب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی ژنوتیپ‌های سیر در شرایط تنش قلیائیت شدند.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از مسئولین محترم آزمایشگاه گروه علوم باغبانی و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان سپاس‌گذاری می‌شود.

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. 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 نیترات آمونیوم در ژنوتیپ بنفش افزایش نشان داد (جدول ۱). منبع نیترژن بر روی pH محلول غذایی تأثیر زیادی دارد به گونه‌ای که نیترات باعث افزایش pH محلول و قلیایی شدن آن می‌شود، در صورتی که آمونیوم، باعث کاهش pH و اسیدی شدن محلول می‌شود (Estaji et al., 2017). غلظت نیترژن کل در تیمار بی‌کربنات در گیاهان تنباکو (Pearce et al., 1999) 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

References

- Aghighi Shahverdi, M., Amini Dehaghi, M., Ataei Somagh, H., & Mamivanad, B. (2019). the effect of different nutritional systems with nitrogen and phosphorous fertilizers on quantitative and qualitative traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Plant Productions*, 41(4), 1-14. [In Farsi]
- Alhendawi, R. A., Romheld, 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.
- Bagheri, V., & Roosta, H. R. (2013). Effect of different concentrations of sodium bicarbonate (alkalinity stress) On some varieties of cabbage in hydroponic system. *Envromental Stress in Crop Science*, 5(1), 67-80. [In Farsi]
- Bagheri, V., Manzari tavakoli, M., Roosta, H. H., & Hosieni, M. R. (2011). *The effect of different levels of sodium bicarbonate on vegetative and physiological characteristics of lettuce in hydroponic conditions*. 7th Iranian Horticultural Science Congress, 5 to 8 september 2011, University of Isfahan. [In Farsi]
- Chen, S., Chen, W., Shen, X., Yang, Y., Qi, F., Liu Y., & Meng, H. (2014). Analysis of the genetic diversity of garlic (*Allium sativum* L.) by simple sequence repeat and inter simple sequence repeat analysis and agro-morphological traits. *Biochemical Systematics and Ecology*, 55(1), 260-267.
- 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.
- Dehnavard, S., Souri, M. K., & Mardanlu, S. (2017). Tomato growth responses to foliar application of ammonium sulfate in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 40(3), 315-323.

- Delfieh, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Farhoudi, R. (2017). Investigating the effects of plant density, seed inoculation with bacteria and different nitrogen fertilizing methods on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Plant Production*, 40(1), 111-123. [In Farsi]
- Estaji, A., Roosta, H. R., & Raghmi, M. 2017. Comparison of vegetative traits and root yield of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) influenced by different sources of nitrogen in several soilless and soil culture systems. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 8(2), 105-117. [In Farsi]
- FAO. (2017). *FAO Land and plant nutrition management service*. Available at (online): <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/>. Accessed 25 April 2014.
- 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(1), 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.
- Hatamian, M., & Souri, M. K. (2019). Postharvest quality of roses under different levels of nitrogenous compounds in holding solution. *Open Agriculture*, 4(1), 79-85.
- Hatamian, M., Rezaie Nejad, A., Kafi, M., Souri, M. K., & Shahbazi, K. (2018). Interactions of Lead and Nitrate on Growth Characteristics of Ornamental Judas Tree (*Cercis siliquastrum*). *Open Agriculture*, 3(), 386-392.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. California agricultural experiment station, Circular-347. California Agricultural Experiment Station, University of California-Berkeley, Berkeley, CA.
- Hore, J. K., Ghanti, S., & Chanchan, M. (2014). Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Crop and Weed*, 10(2), 14-18.
- Hu, L., Xiang, L., Li, S., Zou, Z., & Hu, X. H. (2016). Beneficial role of spermidine in chlorophyll metabolism and D1 protein content in tomato seedlings under salinity-alkalinity stress. *Physiologia Plantarum*, 156(4), 468-477.
- Irigoyen, J. J., Einerich, D. W., & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1), 55-60.
- Khan M. N., Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Naeem, M., & Khan, M. M. A. (2010). Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(1), 121-130.
- Kopittke, P. M., & Menzies, N. W. (2005). Control of nutrient solutions for studies at high pH. *Plant and Soil*, 266(1), 343-354.
- Latef, A. 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(1), 243.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148(1), 350-382.
- Liu, J., & Shi, D. C. (2010). Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, inorganic ion and organic acid accumulations of sunflower in responses to salt and salt-alkaline mixed stress. *Photosynthetica*, 48(1), 127-134.
- Malakuti, M., & Shahabi, A. (2003). *The role of bicarbonate in the development of nutritional defects in fruit trees*. Tehran: Sena Press. [In Farsi]

- Mamnoei, E., & Sharifi, R. S. (2010). Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield. *Iranian Journal of Plant Biology*, 2(5), 51-62. [In Farsi]
- Momeni Demneh, J., & Panahi, F. (2016). Investigation of biochemical properties in cheradagh plant. (Nitraria schoberi L under alkaline water stress. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 6(3), 61-73. [In Farsi]
- Nasreen, S., Haque, M. M., Hossain, M. A., & Farid, A. T. M. (2008). Nutrient uptake and yield of onion as influenced by nitrogen and sulphur fertilization. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 32(3), 413-420.
- Noori, M., Dashti, F., & Bayat, F. (2015). Changes in vegetative growth charactrices and garlic yield at different sources and levels of nitrogen fertilizer. *Journal of Vegetables Science*, 1(1), 21-32. [In Farsi]
- Paquin, R., & Lechasseur, P. (1979). Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57(18), 1851-1854.
- Paz, R. C., Reinoso, H., Espasandin, F. D., Gonzalez Antivilo, F. A., Sansberro, P. A., Rocco, R. A., & Menendez, A. B. (2014). Akaline, saline and mixed saline-alkaline stresses induce physiological and morpho-anatomical changes in Lotus tenuis shoots. *Plant Biology*, 16(6), 1042-1049.
- 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.
- 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.
- Ritchie, R. J. (2006). Consistent sets of spectrophotometric chlorophyll equations for acetone, methanol and ethanol solvents. *Photosynthesis Research*, 89(1), 27-41.
- Roosta, H., Rashidi, M., Karimi, H., Alaei, H., & Tadayyonnejhad, M. (2013). Comparison of vegetative growth and minituber yield in three potato cultivars in aeroponics and classic hydroponics with three different nutrient solutions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 4(2), 73-80. [In Farsi]
- 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(1), 559-562.
- Saidi Goraghani, H., YazdaniBiouki., R., Saidi Goraghani, N., & Sodaeezadeh, 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 Crops Research*, 12(2), 327-316. [In Farsi]
- Satoh, R., Nakashima, K., Seki M., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2002). ACTCAT, a novel cis-acting element for proline-and hypoosmolarity-responsive expression of the ProDH gene encoding proline dehydrogenase in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 130(2), 709-719.
- 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 and 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. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 72(1), 26-28.
- Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem: a review. *Open Agriculture*, 1(1), 118-123.

- Souri, M. K., & Dehnavard, S. (2017). Characterization of tomato growth and fruit quality under foliar ammonium sprays. *Open Agriculture*, 2(1), 531-536.
- Souri, M. K., Neumann, G., & Romheld, V. (2009). Nitrogen forms and water consumption in tomato plants. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 50(5), 377-383.
- Souri, M. K., Sooraki, F. Y., & Moghadamyar, M. (2017). Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an amino chelate fertilizer. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58(6), 530-536.
- Tabatabaie, J. (2010). *New methods for supplying nutrients to plants in time*. Tehran: Sena Publishing. [In Farsi]
- Weatherley, P. E. (1951). Studies in the water relations of the cotton plant. *New Phytologist*, 50(1), 36-51.
- Yang, C. W., Xu H. H., Wang, L. L., Liu J., Shi, D. C., & Wang, D. (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), 179-185.
- Yang, J. Y., Zheng, W., Tian, Y., Wu, Y., & Zhou, D.W. (2011). Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. *Photosynthetica*, 49(2), 275-284.
- 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.