Archive of SID

Plant Prod., 43(2) (2020) 267-280
DOI: 10.22055/ppd.2019.27413.1666

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

Investigating the Effect of Foliar Application of Glycine Betaine on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Mint (*Mentha spicata* L.) under Salinity Stress

Zeinab Joushan[1], Hamid Sodeizadeh[2]*, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani[3], Rostam Yazdani Biouki[4] and Sarah Khajeh Hosseini[5]

1- M.Sc. Student of Arid Land Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
2- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Arid Land Management and Desert Control, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran (hsodaee47@gmail.com)
3- Associate Professor of Arid Land Management and Desert Control, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
4- Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
5- Ph.D. Student of Deseartification, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

Received: 24 October, 2018 Accepted: 16 January, 2019

Abstract

Background and Objectives
Spearmint is a perennial plant with creeping and underground stems, which belongs to the Labiatae family. After drought, salinity is the second most common environmental agent that restricts agricultural production. Glycine betaine is the most widely used organic solution known for its quadrature ammonium compounds and the largest and most abundant compound in response to stress. The purpose of this experiment was to investigate the effect of glycine betaine on some quantitative and qualitative properties of mint under salinity stress.

Materials and Methods
A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in 2017-18. Experimental factors included salinity stress (4 levels, control, 30, 60 and 90 mM NaCl) and glycine betaine (at 3 levels of 0, 100 and 200 mM). In the present study, some growth traits, height of plant, fresh weight and dry weight of shoot, root volume, fresh and dry weight of root, photosynthetic pigments (chlorophyll a and b and total), protein, proline and soluble sugars were measured.

Results
The results showed that salinity stress was significant for all characteristics, so that by increasing levels of salinity all traits were reduced except chlorophyll b, total chlorophyll, proline and soluble sugars. Salinity reduced plant height (29.47%), fresh weight of shoot (49.56%), dry weight of shoot (56.87%), root volume (47.89%), fresh weight of root (52.15%), dry weight of root (43.92%), photosynthetic pigments (a) (18%) and (b) (29.41%), protein content (17.79%), proline (30.98%) and soluble sugars (3.58%). Application of glycinebetaine reduced the negative effects of salinity stress, but it caused reduced height (9.16%) and chlorophyll b (26.31%) compared to control. Also, interactions between salinity stress and foliar application of

www.SID.ir

Archive of SID

glycinebetaine were significant for shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weigh, root dry weight, proline, protein ($p<0.01$), root volume and soluble sugars ($P<0.05$). The highest values of the studied traits were obtained for the interaction between 7 mM NaCl and 200 mM glycinebetaine.

Discussion

Salinity stress reduces the growth of plants through osmotic stress, ion toxicity and nutritional imbalance. However, glycine betaine, as an important osmolite in plants, increases the osmotic potential and improves the water relations and increases the activity of photosynthesis and the production of hydrocarbon materials. In this way, glycine betaine can protect against the stress of salinity by increasing the mechanisms of tolerance to salinity and will provide better conditions for plant growth in a saline environment.

Keywords: Chlorophyll, Compatible solutions, Growth, Proline

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی تأثیر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نعناع (*Mentha spicata* var. crantz) تحت تنش شوری

زینب جوشن[۱]، حمید سودایی‌زاده[۲]*، محمدعلی حکیم‌زاده اردکانی[۳]، رستم یزدانی بیوکی[۴] و ساره خواجه حسینی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲-***نویسنده مسئول:** دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران (hsodaee47@gmail.com)
۳- دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۴- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۵- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی صفات کمی و کیفی گیاه نعناع در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشگاه یزد اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۱- سطوح مختلف کلرید سدیم در چهار سطح شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار و ۲- محلول‌پاشی گلایسین بتائین در ۳ سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار بود. صفات ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی، حجم، وزن تر و خشک ریشه، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کل)، میزان پروتئین، پرولین و قندهای محلول مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری اثر معنی‌داری بر روی صفات مذکور داشت، به‌طوری‌که با افزایش سطح شوری همه پارامترها به جز رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل b و کل)، پرولین و قندهای محلول کاهش پیدا کرد. شوری باعث کاهش ارتفاع به میزان (۲۹/۴۷ درصد)، وزن تر اندام هوایی (۴۹/۵۶ درصد)، وزن خشک اندام هوایی (۵۶/۸۷ درصد)، حجم ریشه (۴۷/۸۹ درصد)، وزن تر و خشک ریشه (۵۲/۱۵ درصد)، (۴۳/۹۲ درصد)، رنگیزه‌های فتوسنتزی (a) (۱۸ درصد) و (b) (۲۹/۴۱ درصد)، میزان پروتئین (۱۷/۷۹ درصد)، پرولین (۳۰/۹۸ درصد) و همچنین قندهای محلول (۳/۵۸ درصد) گردید. کاربرد گلایسین بتائین به‌طوری معنی‌داری اثرات منفی ناشی از تنش شوری را بهبود بخشید، اما باعث کاهش صفات ارتفاع به میزان (۹/۱۶ درصد) و کلروفیل b به میزان (۲۶/۳۱ درصد) نسبت به شاهد گردید. همچنین اثرات متقابل تنش شوری و تیمار محلول‌پاشی گلایسین بر روی صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، میزان پرولین، پروتئین ($P < ۰/۰۱$)، حجم ریشه و میزان قندهای محلول ($P < ۰/۰۵$) معنی‌دار گردید. بالاترین مقادیر صفات مورد بررسی در تیمار ترکیبی تنش شوری شاهد و محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست‌آمد.

کلیدواژه‌ها: پرولین، رشد، کلروفیل، محلول‌های سازگار

مقدمه

برای قرن‌ها کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با افزایش شوری خاک روبرو بوده است (Khan and Panda, 2008). شوری بعد از خشکی دومین عامل محیطی فراگیر و محدودکننده تولیدات کشاورزی است که سطح قابل توجهی از زمین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی ایران را فرا گرفته است. کشور ایران پس از هند و پاکستان (Vashev et al., 2010) با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور (Moameni, 2010) در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌گردد. مشکلات شوری در گیاهان عالی در اثر ازدیاد کلرید سدیم به‌صورت سمیت وتنش اسمزی ایجاد می‌شود. شوری بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، ساخت (Synthesis) پروتئین، سوخت و ساز (Metabolism) لیپید و انرژی مؤثر بوده، در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی تا تولید زیست‌توده (Biomass) و تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parida et al., 2004).

نعناع (*Mentha spicata* var. crantz) متعلق به خانواده نعناعیان (Labiatae)، گیاهی علفی، پایا و چندساله، دارای ساقه‌های خزنده و زیرزمینی است. عرق نعناع که از برگ‌های آن به دست می‌آید خواص دارویی زیادی دارد. اسانس نعناع نیروبخش، مقوی معده، ضدنفخ، ضدتشنج، کاهش‌دهنده تراوش‌های معده، تسکین‌دهنده درد، زخم معده و سوزش آن است (Safari Mohamadiye et al., 2015).

افزایش سطح شوری آب آبیاری از طریق تأثیر منفی بر صفاتی از قبیل سطح برگ، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل) باعث کاهش ماده خشک (برگ، ساقه و ریشه) تولیدی در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) شد (Ghorbani et al., 2018). افزایش سطح تنش شوری آب در دو گونه مریم گلی (Salvia) باعث کاهش وزن خشک قسمت‌های هوایی و وزن خشک ریشه گردید (Aghai et al., 2014). در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) با افزایش سطح شوری آب آبیاری ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه کاهش یافت (Archangi and Khodambashi, 2014). در گیاه بابونه شیرازی (*Matricaria chamomilla* L.)، تنش شوری آب سبب کاهش کلروفیل کل و افزایش میزان پرولین گردید (Lotfollahi et al., 2015).

در تنش شوری گیاهان به حفظ پتانسیل پایین آب داخلی خاک و حفظ آماس سلولی و جذب آب برای رشد نیاز دارند. همین امر مستلزم افزایش فعالیت اسمزی به‌واسطه جذب از محلول خاک یا به وسیله سنتز محلول‌های متابولیکی (سازگار) می‌باشد (Roy et al., 2014). محلول‌های سازگار (Compatible Solutes) شامل گروه متنوعی از ترکیباتی از قبیل یون‌ها، کربوهیدرات‌های محلول شامل پلیئول‌ها (قندها، الکل‌ها)، اسیدهای آمینه (پرولین، اکوتین) و ترکیب‌های آمونیوم چهارظرفیتی نظیر گلیسین بتایین را در بر می‌گیرند. (Gorham et al., 1998). گلایسین بتائین معمول‌ترین محلول آلی سازگار می‌باشد که در میکروارگانیسم‌های مختلف، گیاهان عالی و حیوانات وجود داشته و از بین بسیاری از ترکیبات آمونیومی چهارظرفیتی شناخته‌شده، بیشترین و فراوان ترین ترکیب در پاسخ به تنش هاست (Yang et al., 2003). در شرایط تنش از منابع مهم نیتروژن در گیاه محسوب‌شده (Grattan and Griere, 1985) و همچنین موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی از طریق افزایش تجمع کلروفیل‌ها، افزایش جذب CO_2، تسهیل انتقال الکترون، محافظت از فعالیت پروتئین ها و لیپیدهای غشا تیلاکوئیدی در فتوسیستم ۲ می‌شود (William et al., 1992).

محلول‌پاشی گلیسین بتائین بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری خاک (۸ دسی‌زیمنس بر متر) بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی این گیاه را مانند کلروفیل a و b، پروتئین اندام‌های هوایی، پروتئین ریشه و قندهای محلول ریشه در غلظت ۱۰ میلی‌مولار و قندهای محلول اندام‌های هوایی را در غلظت‌های ۵ میلی‌مولار سبب گردید (Aref and Rezaei, 2014).

بیشترین میزان ارتفاع بوته، عملکرد وزن تر، وزن خشک کل اندام هوایی، وزن خشک برگ و میزان پتاسیم از محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار و

www.SID.ir

Archive of SID

عدم تنش شوری در گیاه گاوزبان (*Boago officinalis* L.) تحت تنش شوری خاک به‌دست‌آمد (Khayarbadi and Armin, 2014).

با توجه به این‌که همه گیاهان گلایسین بتائین را به میزان کافی برای دفع اثرات سوء تنشهای غیرزنده تولید نمی‌کنند، رهیافتی که برای افزایش غلظت این ترکیب در گیاهان برای افزایش تحمل به تنش در نظر گرفته شده است، کاربرد خارجی آن‌ها می‌باشد. بنابراین هدف از این آزمایش بررسی اثر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر برخی از ویژگی‌های کمی و کیفی نعناع تحت تأثیر تنش شوری و افزایش تحمل گیاه در این راستا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار، به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل الف: سطوح مختلف کلرید سدیم در ۴ سطح (شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) و ب: محلول گلایسین بتائین در ۳ سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) بود. در هر گلدان یک عدد گیاهچه (۴ برگی)،که از ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد تهیه شده بود کاشته شد. مشخصات خاک مورد استفاده در اجرای این طرح در جدول (۱) ارائه شده است.

بعد از گذشت ۱۵ روز پس از کاشت و استقرار کامل گیاهچه‌ها (ده برگی) اعمال تنش شوری با آب آبیاری در خاک صورت گرفته و تا قبل از شروع اعمال تیمارها، آبیاری با آب شهری (هدایت الکتریکی = ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته کل = ۷/۵) انجام گردید. محلول‌های با هدایت الکتریکی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار، با حل کردن مقدار مشخصی Nacl (با خلوص ۹۹ درصد) در آب تهیه شد (Poljakoff-Mayber et al., 1994). آبیاری به فاصله زمانی هر سه روز یکبار با احتساب ۳۰ درصد حجم آبشویی (ممانعت از انباشت نمک) و باتوجه به حجم زهکش برای هر تیمار صورت گرفت. همچنین به منظور جلوگیری از تجمع نمک در خاک در طی آبیاری‌های متوالی، پس از هر بار آبیاری زه‌آب از هر تیمار برداشت و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. تیمار گلایسین بتائین (مرک آلمان) نیز به‌صورت محلول‌پاشی روی گیاه به میزانی که برگ‌ها کامل خیس‌شده و قطرات محلول از برگ بریزد، در مرحله گل‌دهی (Vadizadeh et al., 2017) دو مرتبه با فاصله زمانی پانزده روز استفاده شد. گیاهان شاهد تنها به‌وسیله آب‌مقطر محلول‌پاشی شدند. در انتهای مرحله گل‌دهی کامل نمونه برداری جهت اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کل)، پرولین، پروتئین، قندهای محلول انجام گردید. میزان کلروفیل از روش (Lichtenthaler, 1987)، پرولین (Bates et al., 1973)، پروتئین (Bradford, 1976) و قند محلول (Kochert, 1978) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پایان دوره رشد ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی و حجم ، وزن تر و خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

ارتفاع گیاه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری ($P < ۰/۰۱$) و تیمارهای محلول‌پاشی بر ارتفاع گیاه ($P < ۰/۰۵$) معنی‌دار بود، اما اثرات برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری به ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار ارتفاع گیاه به‌ترتیب ۶/۶۸، ۱۶/۰۹، ۲۹/۴۷ درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است. به‌طورکلی رشد و ارتفاع بوته به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند وابسته است. یکی از این شرایط، فراهم بودن آب کافی برای گیاه است. در صورت عدم تأمین آب موردنیاز گیاه، فشار تورژسانس سلول‌ها کاهش می‌یابد و با اثر بر اندازه سلول‌ها، کاهش ارتفاع بوته رخ می‌دهد. تنش اسمزی حاصل از تنش شوری نیز موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل شدن سلول‌ها با مشکل مواجه می‌گردد (Mortezainajad et al., 2005).

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1. Results of the physical and chemical properties of the soil used in the test

Soil texture	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	pH
Loamy sand	2	80	18	9.15	7.99

نتایج و بحث

از طرفی در شرایط کمبود آب با بسته شدن روزنه‌ها، CO_2 داخل سلولی کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث تجمع ناقلین الکترون پر انرژی، تشکیل رادیکال‌های آزاد، آشفتگی کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور و افت کارایی فتوسنتز و درنهایت کاهش رشد می‌گردد (Griffiths and Parry, 2002). همچنان که در این آزمایش افزایش شدت تنش شوری کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش کارایی فتوسنتز و درنهایت کاهش رشد را باعث گردید. کاهش ارتفاع با افزایش سطح شوری در تعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، (Rostami et al., 2018) و شنبلیله (*Trigonella foenumgracum*)، نیز گزارش گردید. ارتفاع گیاه با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین از تیمار شاهد به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب با افزایش ۷/۶۵ و ۹/۱۶ درصدی همراه بود و این دو تیمار تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

به‌طورکلی گلایسین بتائین در گیاهان باعث افزایش پتانسیل اسمزی‌شده و در نتیجه ، با جذب آب توسط گیاه آماس سلول‌ها افزایش پیدا می‌کند. ازآنجا که رشد و نمو گیاهان بستگی به سرعت تولید و بزرگ شدن سلول‌های جدید دارد و گیاهان فقط در حالت آماس، قادر به تقسیم سلولی هستند، با ایجاد حالت آماس توسط گلایسین بتائین تقسیم سلولی افزایش پیدا کرده و رشد گیاه در حالت محلول‌پاشی این ماده را سبب شده است (Kadkhodaie et al., 2014).

وزن تر و خشک اندام هوایی

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری و تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین بر همکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی وزن تر و خشک اندام هوایی معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) بود (جدول ۲). نتایج نشان مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری از تیمار شاهد به ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار وزن تر اندام هوایی به‌ترتیب با ۲۰/۵۰، ۳۶/۳۷ و ۴۹/۵۶ درصد کاهش و وزن خشک اندام هوایی نیز به‌ترتیب با ۲۰/۷۳، ۴۱/۳۲ و ۵۶/۸۷ درصد کاهش همراه بود (جدول ۳). با افزایش محلول‌پاشی گلایسین بتائین نیز وزن تر با افزایش ۲۴/۴۵ درصدی و وزن خشک نیز افزایش ۲۰/۰۲ درصد داشت. بیشترین وزن تر نعناع نیز در ترکیب تیماری تنش شوری شاهد و تیمار محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست‌آمد (جدول ۴). کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی را می‌توان در کاهش رشد گیاه نسبت داد. اضافه شدن نمک در خاک ابتدا توانایی گیاه را برای جذب آب کاهش داده و با ایجاد خشکی فیزیولوژیکی شوری باعث کاهش رشد می‌گردد. از طرف دیگر وارد جریان تعرقی گیاه‌شده و از این طریق به سلول برگ‌های در حال تعرق خسارت وارد کرده و کاهش رشد را در نتیجه اثر ویژه نمک و یا اثر یون زیاد سبب می‌شود (Munns, 2005). از آنجایی که محلول‌های سازگار می‌توانند موجب ایجاد شبکه پیچیده پروتئینی در دیواره گردند و مشخص شده است که در مهار اکسیژن فعال در مجموعه فتوسیستم II نقش دارند، بنابراین از تجزیه مولکولی پروتئین‌های تنظیم‌کننده در مرکز مجموعه جلوگیری می‌کنند (Papageorgiou and Murata, 1995). ممکن است علت افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در نتیجه محلول‌پاشی با گلایسین بتائین به دلیل کاهش خسارت به فتوسیستم II و در نتیجه افزایش فتوسنتز و فراورده‌های فتوسنتزی باشد.

با افزایش غلظت نمک از میزان وزن تر گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، (Setayesh Mehr and Esmaeilzadeh Bahabadi, 2013) و همچنین وزن خشک گیاه دارویی گاو زبان (*Borago Officinalis*)، (Jahanbakhsh Godehkahriz et al., 2017) و بومادران (*Achillea millefolium*)، (Dehghan and Rahimmalek, 2018) کاسته شد.

www.SID.ir

Table 2. Results of ANOVA test of different levels of salinity and glycinebetaine foliar application on evaluated traits in mint

S.O.V.	df	Height	Shoot wet weight	Shoot dry weight	Root volume	Root wet weight	Root dry weight	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Proline	Protein	Soluble sugar
Block	2	28.58	5.59	0.05	9.02	1.01	0.07	0.01	0.00	0.03	0.91	113616.76	1.53
Salinity stress (S)	3	554.76**	1516.65**	246.69**	1141.43**	1799.01**	42.09**	0.03^{ns}	0.01**	0.05^{ns}	30.61**	391723.49**	3.53^{ns}
Glycine betaine (B)	2	60.08*	104.13**	32.63**	71.52**	246.50**	5.78**	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.09*	24.978*	2103661.87**	6.80*
S × B	6	20.04^{ns}	226.87**	1.55**	59.49**	83.63**	4.70**	0.03*	0.01^{ns}	0.06*	27.66**	2288541.80**	10.26**
Error	22	15.58	4.96	0.18	11.3	0.81	0.2	0.01	0.01	0.02	4.76	60706.57	1.58
C.V. (%)	-	7.39	4.99	2.58	7.22	1.73	6.52	23.84	16.65	22.62	17.75	9.93	1.63

ns, * and **, Non-significant and significant at 5% and 1% level of probability.

Table 3. The results of the comparisons of the average effect of different levels of salinity and glycine betaine application on height and chlorophyll b in mint

Salinity stress (mmol)			Glycine betain (mmolar)		
Experimental treatments	Height (cm)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Experimental treatments	Height (cm)	Chlorophyll b (mg/g FW)
Control	61.44^{a}	0.13^{b}	0	55.41^{a}	0.15^{a}
30	57.33^{b}	0.23^{a}	100	53.83^{a}b	0.19^{a}
60	51.55^{c}	0.14^{b}	200	51^{b}	0.16^{a}
90	43.33^{d}	0.15^{b}			

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

Table 4. The results of the comparison of the average interactions between different levels salinity and glycinebetaine foliar application on evaluated traits in mint

Levels of salinity stress (mmol)	Glycine betain	Shoot wet weight (g per plant)	Shoot dry weight (g per plant)	Root volume (ml)	Root wet weight (g per plant)	Root dry weight (g per plant)	Chlorophyll b (mg/g FW)	Total chlorophyll (mg/g FW)	Proline (µM/g FW)	Protein (µg/mg FW)	Soluble sugar (mg/g DW)
	0	56.05^{b}	22.56^{a}	81.54^{a}	8.32^{c}	58.33^{a}	0.4b^{c}	0.49^{bc}	4.66^{e}	1585.193^{e}	78.4^{a}
7 (control)	100	63.49^{a}	21.58^{b}	70.83^{b}	10^{b}	60^{a}	0.54^{ab}	0.72^{ab}	10.24^{b}	2118.666^{d}	77.96^{a}
	200	62.88^{a}	19.37^{c}	60.94^{c}	10.95^{a}	60^{a}	0.58^{ab}	0.73^{ab}	5.81^{cde}	4524.903^{a}	72.5^{c}
	0	40.65^{d}	18.37^{d}	55.07^{d}	7.43^{d}	55^{ab}	0.47^{ab}	0.67^{ab}	4.45^{e}	2202.236^{d}	77.68^{ab}
30 mmol	100	51.50^{c}	17.49^{d}	41.08^{h}	6.21^{e}	51.66^{bc}	0.55^{ab}	0.86^{a}	8.53^{bcd}	3107.53^{b}	76.76^{ab}
	200	52.86^{bc}	14.03^{e}	50.77^{f}	8.22^{c}	46.66^{c}	0.63^{a}	0.85^{a}	6.56^{bcde}	2377.896^{cd}	78.16^{a}
	0	39.88^{de}	13.96^{e}	53.01^{e}	3.95^{g}	38.33^{d}	0.43^{b}	0.56^{bc}	8.88^{bc}	2783.343^{bc}	77.93^{a}
60 mmol	100	51^{c}	12.15^{f}	48.27^{g}	7.78^{cd}	50b^{c}	0.47^{ab}	0.64^{abc}	5.06^{de}	2305.763^{d}	77.36^{ab}
	200	25.19^{g}	11.15^{g}	50.31^{f}	6.38^{e}	38.33^{d}	0.54^{ab}	0.67^{ab}	8.48^{bcd}	2082.83^{d}	77.46^{ab}
	0	24.91^{g}	9.66^{h}	36.01^{j}	4.53^{fg}	31.66^{e}	0.5^{ab}	0.68^{ab}	7.06^{bcde}	1980.113^{de}	77.43^{ab}
90 mmol	100	36.24^{e}	7.53^{i}	36.2^{j}	4.52^{fg}	30^{e}	0.5^{ab}	0.87^{a}	9.22^{bc}	1982.046^{de}	75.56^{b}
	200	30.87^{f}	10.21^{h}	38.94^{i}	4.97^{f}	38.33^{d}	0.23^{c}	0.39^{c}	15.41^{a}	2802.333^{b}	77.36^{ab}

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

حجم و وزن تر و خشک ریشه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری و تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین برهمکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی حجم و وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری از تیمار شوری شاهد به ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار وزن تر ریشه به‌ترتیب با ۲۷/۷۴، ۳۲/۳۰ و ۴۷/۸۹ درصد کاهش داشته است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین از شاهد به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب با افزایش ۱۸/۴۱ و ۱۰/۳۱ درصدی همراه بود (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل دوگانه نشان داد که بیشترین وزن تر ریشه در تیمار شاهد تنش شوری و تیمار شاهد محلول‌پاشی به میزان ۸۱/۵۴ گرم در بوته حاصل شد (جدول ۴).

وزن خشک ریشه نیز با افزایش تنش شوری به ۹۰ میلی‌مولار بر متر با ۵۲/۱۵ درصد کاهش همراه بوده است. بیشترین وزن خشک ریشه نیز در تیمار محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به میزان ۷/۹۸ گرم در بوته حاصل شده است که با تیمار شاهد ۲۷/۹۴ درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ریشه را ترکیب تیمار تنش شوری شاهد و محلول‌پاشی با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین (با میانگین ۱۰/۹۵ گرم در بوته) داشت (جدول ۴).

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش میزان تنش شوری از تیمار شوری شاهد به ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار حجم ریشه به‌ترتیب با ۱۴/۰۱، ۲۸/۹۷ و ۴۳/۹۲ درصد کاهش داشته است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین از تیمار شاهد به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب با افزایش ۴/۵۸ و ۱۴/۷۵ درصدی همراه بود (جدول ۳). بیشترین میزان حجم ریشه (۶۰ میلی‌لیتر)در ترکیب‌های تیمار شاهد بدون شوری و غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست‌آمد (جدول ۴). به‌طورکلی در تنش شوری با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2 به کلروپلاست سلول‌های مزوفیل برگی، فتوسنتز کاهش‌یافته و درنهایت منجر به کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه‌هاشده که این رخداد، کاهش ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه را به دنبال خواهد داشت (Hosseinzadeh et al., 2016). همچنان که شوری وزن خشک ریشه را در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (Noorali et al., 2018)، وزن تر ریشه را در گیاه دارویی مورد (*Myrtus communis*) (Vafadar et al., 2018) هچنین حجم ریشه را در گیاه دارویی گل تکمه‌ای (*Gompherena globose* L.) (Kamali et al., 2012) کاهش داد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b)

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری بر روی کلروفیل a و b ($P < ۰/۰۱$)، تیمارهای محلول‌پاشی بر روی کلروفیل a ($P < ۰/۰۵$) و همچنین بر همکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی کلروفیل a ، b تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین اثرات ساده با افزایش تنش شوری کاهش معنی‌داری در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) مشاهده گردید به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل a و b (به‌ترتیب با مقدار ۰/۵۵ و ۰/۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار تنش شوری ۳۰ میلی‌مولار به‌دست‌آمد. به‌طورکلی کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان تحت شرایط شوری عموماً در اثر جلوگیری از بیوسنتز و یا تجزیه آن‌ها صورت می‌پذیرد (Khan et al., 2006). تخریب مولکولی کلروفیل‌ها در گیاهان تحت شرایط تنش می‌تواند به علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و یا فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش باشد (Parvaiz and Satyawati, 2008) در همین راستا

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)، (Selahvarzi et al., 2011)، دو رقم گندم دوروم (Alavi Matin et al., 2015) نیز مشاهده گردید. بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار به‌دست‌آمد. به نظر می‌رسد افزایش غلظت گلایسین بتائین درنهایت موجب افزایش داخلی پیش ماده ساخت کلروفیل (گلوتامات) شده لذا بر میزان ساخت و میزان کلروفیل a افزوده است. به‌طورکلی آمونیوم تولیدشده توسط اکسیداسیون گلایسین در جریان تنفس نوری، به دو مولکول گلوتامات که توسط آنزیم گلوتامین سنتتاز موجود در کلروپلاست کاتالیزمی‌شود، می‌پیوندد و دو مولکول گلوتامین تشکیل می‌شود. یکی از این دو مولکول پس از انجام یک واکنش ترانس آمیناسیون با آلفا-کتوگلوتارات (که از کربن فتوسنتزی و از راه تنفس در سلول میزبان تأمین می‌شود)، دو مولکول گلوتامات که پیش ساز کلروفیل است را تولید می‌کند (Hopkins, 1999).

پروتئین محلول کل

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری، تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین بر همکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی پروتئین محلول کل معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) بود (جدول ۲). با افزایش میزان تنش شوری از تیمار شاهد (۷ میلی‌مولار) به ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌مولار پروتئین محلول کل به‌ترتیب ۲۷/۲۳، ۴۲/۲۷ و ۵۶/۷۰ درصد کاهش داشته است. کاهش در محتوای پروتئین محلول می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم نیتریت ریداکتاز و گلوتامین سنتتاز و گلومین ۲- اگزالوگلوتارات آمینوترانسفراز در اثر تنش شوری باشد (Dolat Abadian et al., 2009). کاهش پروتئین محلول کل نیز در مرزه (*Satureja hortensis* L.) (Pazoki and Niki Esfahlan, 2016) هم گزارش گردید همچنین نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین از تیمار شاهد به ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار پروتئین محلول کل به‌ترتیب با افزایش ۲۴/۹۰ و ۳۷/۸۹ درصدی همراه بود (جدول ۳). بیشترین مقدار پروتئین محلول کل در ترکیب تیماری تنش شوری شاهد و محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌مولار گلایسین بتائین به‌دست‌آمد (جدول ۴).

گلیسین بتائین به‌عنوان یک تعدیل‌کننده اسمزی درسیتوپلاسم در شرایط خشکی ناشی از تنش شوری موجب ثبات درآنزیم‌ها و پروتیین‌ها می‌شود. افزایش در میزان پروتئین‌ها را در این پژوهش می‌توان به کاربرد گلایسین بتائین در افزایش تولید قندهای محلول نسبت داد. به‌طورکلی با افزایش تنش شوری و به دنبال آن با کمبود آب، گروه‌های هیدروکسیل قندها جایگزین آب غشاها و پروتئین‌ها می‌شود تا واکنش آبدوستی در طی پسابیدگی حفظ شود. در این راهکار قندها با پروتئین‌ها و غشاء پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند و از تغییر شکل آن‌ها جلوگیری می‌کنند (Leopold et al., 1994).

پرولین

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری ($P < ۰/۰۱$) و تیمارهای محلول‌پاشی ($P < ۰/۰۱$) و همچنین بر همکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین ($P < ۰/۰۱$)، بر روی میزان پرولین تولیدی درگیاه نعناع معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین میزان پرولین (۰/۷۹ میکرو مول بر گرم وزن تر) در تیمار تنش شوری ۳۰ میلی‌مولار و کمترین میزان پرولین (۰/۴۹ میکرو مول بر گرم وزن تر) در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار شوری به‌دست‌آمد. همچنین در تیمار محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار و شاهد به‌ترتیب بیشترین (۰/۵۵ میکرومول بر گرم) و کمترین (۰/۷۳ میکرومول بر گرم) میزان پرولین تولید گردید و درنهایت اثرات متقابل دوگانه تیمار تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار و تیمار محلول‌پاشی شاهد

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین میزان پرولین تولیدی (۱۵/۴۱ میکرومول بر گرم) را دارا بود (جدول ۴).

در این پژوهش با افزایش تنش شوری میزان پرولین در برگ‌های گیاه کاهش یافت. تحقیقات مختلف نشان‌دهنده این مطلب است که تمامی گیاهان توانایی تجمع محلول‌های سازگار جهت کاهش اثرات زیانبار استرس‌های غیرزنده محیطی را ندارند. البته امکان القای این مواد از جمله گلایسین بتائین به این گیاهان وجود دارد (Rezaei, 2010). نتایج مثبت محلول‌پاشی گلایسین بتائین در افزایش میزان پرولین را می‌توان به دخالت این ماده در افزایش داخلی پیش ماده ساخت پرولین (گلوتامات) نسبت داد (Poorazizi and Mirjalili, 2016).

قندهای محلول

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمار تنش شوری و محلول‌پاشی ($P < ۰/۰۱$) و همچنین بر همکنش تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی قند محلول معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین میزان قندهای محلول تولیدی (۷۷/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد تنش شوری و کمترین میزان قندهای محلول (۷۵/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار به‌دست‌آمد. در تیمار محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان قندهای محلول (۷۷/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و در تیمار شاهد کمترین میزان قندهای محلول (۷۶/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) تولید گردید. درنهایت اثرات متقابل دوگانه تیمار تنش شوری شاهد و توام با تیمار محلول‌پاشی گلایسین بتائین با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان قند محلول تولیدی (۷۸/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) را و کمترین میزان قند محلول در تیمار تنش شوری ۹۰ میلی‌مولار و توأم با تیمار محلول‌پاشی شاهد (۷۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مشاهده شد (جدول ۴). کاهش میزان قندهای محلول در تنش‌های شدید می‌تواند به‌دلیل مصرف قندها در سنتز محلول‌های سازگار همچون پرولین و گلایسین بتائین در اندام هوایی باشد (Ririgoyen et al., 1992). از طرفی افزایش میزان قندهای محلول را در نتیجه محلول‌پاشی با گلایسین بتائین می‌توان به دلیل بالابردن توان فتوسنتزی گیاه در شرایط تنش شوری احتمال داد. ازآنجا که انجام عمل فتوسنتز نیاز به شرایط آبی مناسب دارد و گلایسین بتائین باعث بهبود روابط آبی گیاه می‌شود درنتیجه شرایط مناسبی را برای عمل فتوسنتز فراهم می‌شود لذا با انجام عمل فتوسنتز بیشتر، محصولات فتوسنتزی از جمله کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول افزایش می‌یابد (Gorham et al., 2000).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سطوح مختلف شوری سبب کاهش صفات کمی و کیفی مانند ارتفاع، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، حجم، وزن تر وخشک ریشه و همچنین رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کل) و میزان پروتئین شد. از طرفی باعث افزایش میزان پرولین و قند تولیدی در گیاه نعناع گردید. محلول‌پاشی با گلایسین بتائین در سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار، باعث افزایش میانگین صفاتی نظیر وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام‌هوایی، وزن‌تر ریشه، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کل) و میزان پروتئین و همچنین کاهش پرولین نسبت به تیمار شاهد باعث گردید. همچنین اثرات متقابل شوری و گلایسین بتائین به‌جز بر روی ارتفاع و کلروفیل b در سایر صفات معنی‌دار بود. بنابراین گلایسین بتائین می‌تواند در برابر تنش شوری از سلول محافظت کرده و با افزایش مکانیسم‌های تحمل به شوری، شرایط بهتری را برای رشد گیاه در محیط شور فراهم کند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از دانشگاه یزد و کلیه افرادی که در انجام این تحقیق به هر نحوی همکاری نمودند تشکر و قدردانی بعمل می‌آورند.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Aghai, K., Talai, N., Kanani, M. and Yazdani, M. (2014). Effect of salt stress on some physiological and biochemical parameters of two *Salvia* species. *Journal of Plant Process and Function*, 3(9), 85-96. [In Farsi]

Alavi Matin, S. M., Rahnema, A. and Meshkarabashi, M. (2015). Effect of potassium application on the activity of some antioxidant enzymes of two durum wheat cultivars in Salinity conditions. *Plant Productions*, 38(4), 1-12. [In Farsi]

Archangi, A. and Khodambashi, M. (2014). Effects of salinity stress on morphological characteristics, essential oil content and ion accumulation in basil (*Ocimum basilicum*) plant under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 17(1), 125-138. [In Farsi]

Aref, M. and Rezaei, M. A. (2014). Evaluation of ascorbate and glycine betaine and their combined effect on photosynthetic pigments, Protein, soluble sugars and catalase enzyme activity in pea (*Cicer arietinum* L.) Under soil salinity stress. *Iranian Journal of Plant Ecophysiology, Special Issue: Plant Physiology Research*, 9(33), 161-174. [In Farsi]

Bates, L., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

Dehghan, A. and Rahimmalek, M. (2018). The effect of salt stress on morphological traits and essential oil content of Iranian and foreign yarrow (*Achillea millefolium* L.) genotypes. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*; 9(2), 23-38. [In Farsi]

Dolat Abadian, A., Modares Sanavi, S. A. M. and Chashmi, N.A. (2009). The Effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin c) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under Conditions of Salt Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(3), 206-213.

Ghorbani, M., Movahedi, Z., Kheiri, A. and Rostami, M. (2018). Effect of salinity stress on some morphophysiological traits and quantity and quality of essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Enviromental Stresses in Crop Sciences*, 11(2), 413-420. [In Farsi]

Gorham, J., Bridges, J., Jokinen, K. and Tiihonen, K. (1998). *Exogenously-applied glycine betaine is not rapidly retranslocated in cotton.* Proceedings of the World Cotton Research Conference-2, Athens, Greece.

Gorham, J., Jokinen, K., Malik, M. N. A. and Khan, I. A. (2000). *Glycine betaine treatment improves cotton yields in field trials in Pakistan.* Presented at the World Cotton Research Conference 2th, Athens, Greece.

Grattan, S. R. and Griere, C. M. (1985). Betaine status in relation to nitrogen stress and transient stress. *Plant and Soil*, 85, 3-9.

Griffiths, H. and Parry M. A. J. (2002). Plant response to water stress. *Annals of Botany*, 89(7), 801-803.

Hopkins. W. G. (1999). *Introduction to plant physiology* (4th ed.). Tehran: University of Tehran Prees. [In Farsi]

Hosseinzadeh, S. R. Amiri, H. and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic

www.SID.ir

Archive of SID

characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92. [In Farsi]

Ririgoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanches, D. M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugares in modulated alfalfa (*Medicago sativa*). *Plants Physiologia Plantarum*, 84(1), 55-60.

Jahanbakhsh Godehkahriz, S., Khadem Sedighi, S., Ebadi, A., Tavakol, N. and Davar, M. (2017). Effect of calcium on Effect of calcium on salt tolerance protein expression and activity of antioxidants in borage under salinity condition. *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, 6(1), 117-129. [In Farsi]

Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M. and Pessarakli M. (2014). Selecting sesame genotypes for drought tolerance based on some physiochemical traits. *Agronmy Journal*, 106(1), 111-118

Kamali, M., Shoor, M., Goldani, M., Selahvarzi, Y. and Tehranifar, A. (2012). Interaction effect of irrigation with saline water and Co_2 enrichment on some morphophysiological characteristics of (*Gomphrena globosa* L.). *Journal of Water and Soil*, 25(6), 1457-1467. [In Farsi]

Khan, M. A., Ahmad, M. Z. and Hameed, A. (2006). Effect of sea salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*, 67(3), 535-540.

Khan, M. H. and Panda, S. K. (2008). Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinitystress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(81), 91-89.

Khayarbadi, E. and Armin, M. (2014). *Salinity stress mitigation by glycin in peppermint (Boago officinalis.)*. M.Sc. Thesis of Agriculture and Veterinary, Islamic Azad University of Sabzevar Branch, Sabzevar, Iran. [In Farsi]

Kochert, G., (1978). Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid metod. In: J. A. Helebust and S. Craig (Eds.), *Hand book of phycologia and biochemical methods* (pp. 95-97). London: Cambridge University Press.

Leopold, A. C., Sun, W. Q. and Bernal-lugo, L. (1994). The glassy state in seeds: Analysis and function. *Seed Science Reasearch*, 4(3), 267-274.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigment photosynthetic membranes. *Methods Enzymol*, 148, 350-382.

Lotfollahi, L., Torabi, H. and Omidi, H. (2015). Determination of quantitative changes, phytochemical and tolerance threshold in german chamomile medicinal plant (*Matricaria chamomilla* L.) under salinity and pH condition. *Journal of Medicinal Plants*, 4(56), 168-178. [In Farsi]

Moameni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Iranian Journal of Soil Research*, 24(3), 203-215. [In Farsi]

Mortezainajad, F., Khavarinajad, R. A. and Emami, M. (2005). Evaluation of some performance parameters and proline rice varieties under salt stress. *New Agricultural Science*, 2(4), 65-70. [In Farsi]

Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: Bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.

Noorali, E., Nadian, H., Jafari, S. and Heidari, M. (2018). Effect of salinity and cadmium on some micronutrient growth and Micronutrients absorption by coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Enviromental Stresses in Crop Sciences*, 11(3), 737-748. [In Farsi]

Papageorgiou, G. C. and Murata, N. (1995). The unusually strong stabilizing effects of glycine betaine on the structure and functi on of the oxygen-evolving Photosystem II complex. *Photosynthesis Research*, 44(3), 243-252.

www.SID.ir

Archive of SID

Parida, A. K., Das, A. B., Mittra, B. and Mohanty, P. (2004). Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Zeitschrift Fur Naturforschung C*, 59(5-6), 408-414.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-blochemical responses of plants. *Journal of Plant, Soil and Environmental*, 54(3), 89-99.

Pazoki, A. and Niki Esfahlan, E. (2016). The effect of ascorbate and gibberellin on non-enzymatic mechanisms of satureja (*Satureja hortensis L*.) in salinity conditions. *Enviromental Stresses in Crop Sciences*, 9(3), 291-301. [In Farsi]

Poljakoff-Mayber, A. Somers, G. F. Werker, E. J. and Gallagher I. (1994). Seeds of Kosteletzkya virginica (*Malvaceace*), their structure, germination and salt tolerance. *American Journal of Botany*, 81(1), 54-59.

Poorazizi, E. and Mirjalili, S. A. (2016). *Plant biochemitry* (Vol.2), Tehran: Jahad Daneshgahi Publication. [In Farsi]

Rezaei, M. A. (2010). Effects of exogenous glycine betaine on morphophysiological characteristics and yield of soybean (*Glycine max* L.). *Journal on Plant Science Researches*, 17(1), 44-54. [In Farsi]

Rostami, G. H., Moghaddam, M., Ghasemi Pirbalouti, A. and Tehrani, A. (2018). The effect of folier application iron and zinc To form sulfate and nanoparticles on morphological and biochemical peppermint (*Mentha piperita L.)* under salt stress. *Enviromental Stresses in Crop Sciences*, 11(3), 707-720. [In Farsi]

Roy, S. J., Negrao, S. and Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 115-24.

Safari Mohamadiyeh, Z. Moghaddam, M. Abedy, B. and Samiei, L. (2015). Effects of salinity stress on some yield parameters and morphological characteristics of spearmint (*Mentha spicata L*.) in hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(3), 97-107. [In Farsi]

Selahvarzi, Y., Goldani, M., Nabati, J. and Alirezaei, M. (2011). The effects of ascorbic acid on some changes physio-chemical (*Origanum majorana* L.) under salinity stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(2), 159-167. [In Farsi]

Setayesh Mehr, Z. and Esmaeilzadeh Bahabadi, S. (2013). Effect of salt stress on some phological and biochemical characteristics in (*Coriandrum sativum* L.). *Plant Productions*, 20(3), 111-128. [In Farsi]

Vadizadeh, P., Sarajoughi, M. and Mir Taheri, S. M. (2017). Study of salicylic acid and glycine effect on some agronomic traits of alfalfa under wet stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 13(2), 2-14.

Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M. R. and Nikbakht, A. (2018). Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle (*Myrthus communis*). *Journal of Plant Process and Function*, 7(23), 33-46. [In Farsi]

Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana, T., de Vries, T. and Stahr, K. (2010). *Biosa-for project deliverable. cropping potentials for saline areas in india, pak-istan and bangladesh*. Hohenheim: University of Hohenheim.

William, W. P., Brain, A. P. R. and Dominy, P. J. (1992). Induction of non-bilayer lipid phase separation in chloroplast thylakoid membranes by compatible solutes and its relation to the thermal stability of photosystem II. *Biochemistry and Biophysic Acta*, 2(21), 137-141.

www.SID.ir

Archive of SID

Yang, W. J., Rich, P. J., Axtell, J. D., Wood, K. V., Bonham, C. C., Ejeta, G., Mickelbart, M. V. and Rhodes, D. (2003). Genotypic variation for glycinebataine in sorgohum. *Crop Science*, 43(1), 162-169.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

www.SID.ir