مقاله پژوهشی

تأثیر ریزموجودات مفید روی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه UCB1 پسته تحت تنش شوری

عبدالطیف فاضلی‌سلمانی[۱]، غلامحسین داوری‌نژاد[۲]* و بهرام عابدی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۹- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ریزموجودات مفید (EM) بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و جذب برخی عناصر غذایی در پسته پایهUCB1 تحت تنش شوری، آزمایشی بصورت فاکتوریل برپایه طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور EM (صفر و یک درصد) و شوری (۰/۷، ۵، ۱۰ و ۱۳/۶دسی‌زیمنس بر متر) در سه تکرار بر روی نهال‌های یکساله انجام شد. نهال‌های پسته سه ماه بعد از اعمال شوری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت شوری باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a، b و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ شد اما مقدار پرولین، قند محلول و عناصر سدیم و کلر در مقایسه با شاهد افزایش یافت. نتایج کاربرد EM نشان داد که غلظت یک درصد این کود موجب افزایش مقاومت پایه UCB1 به تنش شوری می‌شود. همچنین اثرات متقابل شوری و EM بر مقدار محتوای نسبی آب برگ، پرولین، کلروفیل b، قند محلول و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم و کلر برگ معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ (۸۷/۱۳ درصد)، کلروفیل a (۵/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۲/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، عناصر نیتروژن (۳/۲۱ درصد)، فسفر (۰/۲۵ درصد)، پتاسیم (۲/۶۹ درصد) و کمترین مقدار سدیم (۷/۹۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کلر برگ (۱۲/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار یک درصد EM و سطح شوری (۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد ریزموجودات مفید می‌تواند سبب کاهش خسارات ناشی از تنش شوری گردد.

کلمات کلیدی: پرولین، شوری، عناصر غذایی، کلروفیل، EM

۱- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

* پست الکترونیک: Davarynej@um.ac.ir

مقدمه

پسته (*Pistaciavera* L.) از مهم‌ترین محصولات باغی کشور، جایگاه خاصی در تولیدات کشاورزی دارد و بخش عمده‌ای از صادرات غیرنفتی کشور را به خود اختصاص داده است. اکثر باغات پسته ایران در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک با خاک‌های شور (بدلیل کاهش نزولات آسمانی و افزایش بی‌رویه برداشت آب‌های زیرزمینی) واقع شده است. با وجود اینکه درخت پسته مقاوم به شوری است اما این تنش یکی از مهم ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در این نواحی به شمار می‌آید (کریمی[1] و همکاران، ۲۰۰۹؛ حجت‌نوقی و مظفری[2]، ۲۰۱۲). تنش شوری موجب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان شده و رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تنفس و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (گاپتا و هانگ[3]، ۲۰۱۴). در پسته نیز تنش شوری، از مهمترین عوامل تأثیر گذار بر الگوی پروتئین برگ پسته می‌باشد (سهرابی[4] و همکاران، ۲۰۱۱). پسته UCB1 که به عنوان پایه استفاده می‌شود در نتیجه گرده‌افشانی اینتگریما (والد پدری) و آتلانتیکا (والد مادری) بدست آمده است. یکی از ویژگی‌های بارز این پایه سرعت رشد رویشی بی‌نظیر آن در مقایسه با سایر پایه‌های متداول در دنیا می‌باشد. بر اساس پژوهش‌های انجام شده، پایه‌های بادامی، UCB1، قزوینی و اکبری در مقایسه با سایر ارقام تحمل بیشتری به تنش شوری داشتند (اکبری[5] و همکاران، ۲۰۱۸؛ مومن‌پور و ایمانی[6]، ۲۰۱۸). رئوفی[7] و همکاران (۲۰۲۰) نیز تحمل به شوری پایه‌های مورد مطالعه بر اساس تحمل به شوری را بصورت زیر گزارش کردند: بادامی< قزوینی< ایتالیایی< احمدآقایی<UCB1 = اکبری.

استفاده از کودهای زیستی برای افزایش مقاومت به تنش‌ها، بهبود ویژگی‌های زیستی، فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی توصیه می‌شود. یکی از کودهای زیستی‌که اخیرا توجه بسیاری را به خود جلب کرده، ریزموجودات مفید (EM[8]) هستند. EM ترکیبی از میکروارگانیسم‌های مفیدی است که به صورت کنسانتره مایع می‌باشند. ریزموجودات مفید موجود در این ترکیب شامل باکتری‌های فتوسنتزکننده[9]، مخمرها[10]، باکتری‌های اسیدلاکتیک[11]، قارچ‌های تخمیری[12] و اکتنومیست‌ها[13] می‌باشند (هیگا[14]،۲۰۰۰). این ریزموجودات مفید می‌توانند از طریق افزایش فتوسنتز، تولید ترکیبات فعال زیستی همانند هورمون‌ها و آنزیم‌ها، رشد و عملکرد محصولات را بهبود بخشند (دالی و استوارت[15]، ۱۹۹۹؛ زو[16] و همکاران، ۲۰۰۰). بررسی‌های انجام شده نشان داده که این ترکیب می‌تواند روی کیفیت خاک، رشد گیاه، کیفیت و عملکرد محصول موثر باشد (ایمای و هیگا[17]، ۱۹۹۴). نتایج پژوهش شکوهیان[18] و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که کاربرد ریزموجودات مفید سبب افزایش سطح برگ، ذخیرهٔ پروتئین، کلروفیل، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ در دو ژنوتیپ بادام شده است. همچنین نتایج تحقیق عارف پوریان و همکاران (۱۳۹۳) بر روی انار رقم شیشه‌کپ نشان داد که تمامی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع ساقه اصلی، وزن تر اندام هوایی، طول ریشه، وزن خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، شاخص‌کلروفیل و محتوای پتاسیم و سدیم برگ، در تیمار یک درصد EM به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار بدون EM تحت شرایط شوری بود. همچنین تحت شرایط تنش شدید شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) استفاده از غلظت یک درصد EM موجب کاهش ۱۲/۵ درصدی سدیم و افزایش ۱۱/۵ درصدی پتاسیم برگ، در مقایسه با عدم کاربرد EM شد. اثر مثبت کاربرد ریزموجودات مفید بر روی محصولات برنج، نیشکر، بعضی سبزیجات، مرکبات و سویا (زکریا[19]، ۱۹۹۵) انبه و تمبرهندی (کیومانچین[20]، ۱۹۹۵)، چغندر

1. Karimi
2. Hojjat Nooghi and Mozafari
3. Gupta and Huang
4. Sohrabi
6. Akbari
7. Momenpour and Imani
8. Raoufi
9. Effective Microorganisms
9. Photosynthetic bacteria
10. Yeasts
11. Lactic acid bacteria
12. Fermention fungi
13. Actinomycetes
14. Higa
15. Daly and Stewart
16. Xu
17. Imai and Higa
18. Shokouhian
19. Zachria
20. Keomanichanh

قند (آگامی[1] و همکاران، ۲۰۱۲)، عملکرد گوجه‌فرنگی (کلیبر[2] و همکاران، ۲۰۱۴) گزارش شده است. در گیاه دارویی کاسنی تحت تنش خشکی، بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ، رنگدانه‌های فتوسنتز و عملکرد گل از تیمار آبیاری ۹۰ درصد ظرفیت زراعی خاک توام با کاربرد EM بدست آمد (رضایی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶). کاربرد EM بعنوان ضد شوری باعث بهبود رشد، عملکرد و کیفیت ارقام خرما گردید (ال-خاواگا[3]، ۲۰۱۳). علاوه بر این کوددهی با سولفور پتاسیم، EM و کمپوست باعث کاهش اثرات منفی شوری بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه و مقدار عناصر غذایی در برگ پرتقال والنسیا تحت تنش شوری شد (عبدل‌آل[4] و همکاران، ۲۰۱۳). پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر کاربرد کود زیستی EM بر ویژگی های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پسته پایه UCB1 تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نقش EM در کاهش صدمات ناشی از کاربرد آب شور در پسته پایه UCB1، آزمایش گلدانی در سال زراعی ۹۷-۹۶ در منطقه خواف خراسان رضوی با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۸ دقیقه و ارتفاع حدود ۹۷۰ از سطح دریا انجام شد. آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه در مدت انجام پـژوهش در جدول یک ارایه شده است. نهال‌های UCB1 یکنواخت (یکساله) تهیه گردید و به گلدان‌هایی به قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر حاوی ترکیب خاکی با مشخصات ذکر شده در جدول ۲ منتقل گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح EM (غلظت صفر و یک درصد) و چهار سطح شوری (هدایت الکتریکی ۰/۷ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۳/۶ دسی زیمنس بر متر) بود. تیمارهای شوری بر اساس شرایط طبیعی آب و خاک منطقه انتخاب شدند. آب شور با شوری ۱۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر از چاهی در منطقه تهیه و غلظت‌های دیگر از آب فوق رقیق شدند. پس از استقرار کامل نهال‌ها، اعمال تنش از خرداد ماه آغاز شد. به منظور جلوگیری از وارد آمدن تنش ناگهانی به نهال‌ها، غلظت‌های شوری به تدریج و در طی سه نوبت اعمال گردید. در هر نوبت آبیاری محلول EM با غلظت یک درصد تهیه و به ۵۰ درصد از گلدان‌ها همراه با آب آبیاری به خاک داده شد. تنش شوری نیز هم‌زمان با تیمار EM همراه با آب آبیاری اعمال شد به طوری که نهال‌ها با EM و آب شور حاوی غلظت‌های مدنظر آبیاری شدند. اندازه-گیری هدایت الکتریکی زه‌آب گلدان‌ها بطور مرتب انجام گردید. در نهایت سه ماه پس از شروع اعمال تیمارها صفات ذیل ارزیابی شدند.

محتوای نسبی آب برگ: برای بررسی وضعیت آب گیاه، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (باستام[5] و همکاران، ۲۰۱۳) بر اساس فرمول زیرمحاسبه گردید:

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

بطوریکه FW، DW و TW به ترتیب نشانگر وزن تر، خشک و آماس نمونه‌های برگی تهیه شده می‌باشد. برای این منظور ابتدا ۱۰ عدد دیسک به قطریک سانتی‌متر از برگ وزن شد و پس از وزن، داخل پتریدیش حاوی آب مقطر به مدت ۵ تا ۶ ساعت در ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا سلول‌های برگ به حالت تورژسانس کامل درآیند. جهت گرفتن رطوبت اضافی برگ‌ها بر روی کاغذ صافی قرار داده شد. پس از توزین برگ‌ها، در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده تا خشک شوند و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

پرولین با استفاده از روش بیتس[6] و همکاران (۱۹۷۳) با معرف ناین هیدرین و در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای سنجش مقدار کلروفیل از روش لیچتنتالر[7] (۱۹۸۷) استفاده شد به این صورت که ۰/۱ گرم از برگ‌های تازه گیاه در هاون چینی ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد و پس از صاف کردن، جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر خوانده شد. میزان قندهای محلول با استفاده ازروش اریگوین[8] و همکارن (۱۹۹۲) بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ تعیین گردید. نیتروژن موجود در برگ‌ها با استفاده از روش کجلدال، فسفر با روش اسپکتروفتومتری، یون‌های سدیم و پتاسیم با

1. Agamy
2. Kleiber
3. El-Khawaga
4. Abdelaal
5. Bastam
6. Bates
7. Lichtenthaler
8. Irigoyen

جدول ۱- شرایط آب و هوایی در طول دوره آزمایش

ماه	میانگین دما (°c)	میانگین رطوبت (٪)	میزان بارندگی (mm)	ساعات آفتابی (ساعت)	مقدار تبخیر (mm)
فروردین	۱۷,۳	۴۶	۱۷	۲۱۳	۲۷۱,۱
اردیبهشت	۲۲,۰	۳۶	۶,۸	۲۴۵,۳	۳۳۲,۹
خرداد	۲۷,۹	۲۴	۰	۳۵۷,۸	۵۰۳,۴
تیر	۳۲,۹	۱۶	۰	۳۸۴,۶	۷۵۳,۹
مرداد	۳۱,۳	۲۱	۰	۳۶۹,۴	۸۸۰,۴
شهریور	۲۵,۷	۱۹	۰	۳۴۰,۳	۴۴۶,۴

جدول ۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

صفت	رس(٪)	سیلت(٪)	شن(٪)	بافت خاک	PH	EC(ds/m)
مقدار	۲۳	۶۴	۱۳	سیلت لوم	۷/۹	۲/۱۵
صفت	کربن آلی(٪)	N(٪)	فسفر قابل جذب(ppm)	پتاسیم قابل جذب(ppm)	ظرفیت زراعی(٪)	رطوبت اشباع (٪)
مقدار	۰/۵۶	۰/۰۴	۸/۷	۲۹۳	۲۱	۳۹/۵

استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، کلسیم با دستگاه جذب اتمی و کلر به روش کالریمتری اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ

نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری، محتوای نسبی آب برگ بطور قابل توجهی کاهش یافت. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که کاربرد EM در شرایط سطوح مختلف تنش سبب حفظ محتوای نسبی آب برگ گردید (جدول ۴). برهمکنش EM و شوری نیز بر مقادیر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار یک درصد EM و سطح ۰/۷ دسی زیمنس بر متر (معادل ۸۷/۱۳ درصد) مشاهده شد که نسبت به استفاده نکردن از EM، ۶ درصد افزایش داشت (جدول ۴). کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تنش شوری توسط محققین مختلفی گزارش شده است (باستام و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریمی و صادقی‌سرشت، ۲۰۱۸). در شرایط تنش شوری گیاهان با یک خشکی فیزیولوژیکی درونی مواجه می‌شوند و یون‌های سدیم و کلر، آب را محصور می‌کنند و پتانسیل آب کاهش می‌یابد در نتیجه آب برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد (فیوزی[1] و همکاران، ۲۰۰۸). تیمار EM از طریق تغییرات مرفولوژیکی ریشه میزبان مثل طویل نمودن آن و همچنین وجود هیف قارچ-های همزیست سبب جذب بیشتر آب شده و روابط آبی گیاه را بهبود می‌بخشد (آیوج[2] و همکاران، ۲۰۱۵). این امر سبب افزایش‌جذب آب نسبت به گیاهان تیمار فاقد EM می‌شود. نتایج مشابهی از افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار یک درصد EM بر روی انار رقم شیشه‌کپ تحت تنش شوری گزارش گردیده است (عارف‌پویان و همکاران، ۱۳۹۳).

کلروفیل a و b

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل a و b تحت تأثیر تنش شوری و EM در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در مقابل، برهمکنش تنش شوری و EM بر مقدار کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما بر مقدار کلروفیل a معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش شوری میزان کلروفیل a و b بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بیشترین مقادیر کلروفیل a و b در تیمارهای EM یک درصد و تنش شوری ۰/۷ دسی زیمنس بر متر و کمترین آن در تنش شوری شدید و عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۴). کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است (کریمی و همکاران، ۲۰۰۹؛ کریمی و صادقی‌سرشت، ۲۰۱۸؛ رئوفی و

1. Fuzy
2. Auge

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی پایه UCB1پسته تحت تنش شوری و تیمار EM

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	پرولین	قند محلول
شوری	۳	۳۹۸/۱۰**	۱/۴۰**	۰/۳۶**	۲۷/۱۱**	۱۰/۴۳**
EM	۱	۹۸/۳۷**	۱/۲۹**	۰/۱۹**	۳۶/۰۸**	۰/۲۱^{ns}
EM *شوری	۳	۵/۶۰*	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۲*	۲/۶۲**	۱/۲۲**
خطای آزمایش	۱۶	۱/۸۸	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۰/۳۲	۰/۰۷۴
CV (%)	-	۱/۸۱	۳/۴۰	۳/۳۴	۵/۱۵	۳/۶۹

*،** و^{ns} به ترتیب نشانگر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، یک درصد و غیر معنی دار

جدول ۴-مقایسه میانگین‌های برهمکنش EM و تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی پایه UCB1

EM (٪)	شوری (ds/m)	محتوای نسبی آب برگ (٪)	کلروفیل a (mg/g FW)	کلروفیل b (mg/g FW)	پرولین (µmol/g FW)	قندهای محلول (mg/g FW)
۰	۰/۷	۸۰/۹۹^{b}	۵/۱۵^{c}	۲/۵۶^{bc}	۹/۸۴^{cd}	۵/۳۶^{f}
	۵	۷۸/۴۴^{c}	۴/۹۰^{cd}	۲/۵۳^{bc}	۱۰/۶۴^{c}	۷/۲۴^{d}
	۱۰	۶۸/۵۱^{e}	۴/۷۳^{de}	۲/۳۶^{de}	۱۲/۵۵^{b}	۷/۹۴^{c}
	۱۳/۶	۶۶/۱۴^{e}	۴/۲۲^{f}	۲/۱۱^{f}	۱۶/۰۷^{a}	۸/۵۵^{b}
۱	۰/۷	۸۷/۱۳^{a}	۵/۸۳^{a}	۲/۹۳^{a}	۸/۴۲^{e}	۶/۳۹^{e}
	۵	۸۲/۹۳^{b}	۵/۴۹^{b}	۲/۶۸^{b}	۸/۸۶^{de}	۶/۶۲^{e}
	۱۰	۷۲/۶۰^{d}	۵/۰۲^{cd}	۲/۴۱^{cd}	۱۰/۳۱^{c}	۷/۳۸^{d}
	۱۳/۶	۶۷/۶۱^{e}	۴/۵۰^{ef}	۲/۲۶^{e}	۱۱/۷۰^{b}	۹/۴۷^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن هستند.

همکاران، ۲۰۲۰). بطور کلی کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش سنتز و افزایش تخریب کلروفیل می‌باشد (سیوری‌تپه[1] و همکاران، ۲۰۱۰). کریمی و نصراله‌پورمقدم (۲۰۱۶) نیز گزارش نمودند که کاهش کلروفیل و دیگر رنگیزه‌های فتوسنتزی در طول تنش شوری عمدتا به دلیل آسیب رساندن به ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی در اثر غلظت بیش از حد یون‌های سدیم و کلر، کاهش در سنتز پروتئین و همچنین ناتوانی در سنتز کلروفیل ایجاد می‌گردد. از طرفی EM باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b شد. افزایش رنگیزه-های فتوسنتزی بوسیله کاربرد ریزموجودات مفید در گیاهان مختلف گزارش گردیده است (عارف‌پویان و همکاران، ۱۳۹۳؛ شکوهیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ آگامی و همکاران، ۲۰۱۲). اثرات مثبت کاربرد EM در سنتز کلروفیل‌های مختلف نشان می‌دهد که EM با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و در اختیار گذاشتن آب و مواد غذایی بیشتر (الهوردیو[2] و همکاران، ۲۰۱۱)، توانسته میزان کلروفیل را افزایش دهد. علاوه بر این کود EM موجب پایین آمدن pH خاک می‌گردد که این امر باعث جذب بیشتر آهن و منگنز می‌شود (گورسکی و کلیبر[3]، ۲۰۱۰). این دو عنصر در تشکیل کلروفیل و پایداری کلروپلاست و سنتز تعدادی از پروتئین‌ها نقش عمده‌ای دارند.

پرولین

براساس یافته‌های آزمایش، عدم کاربرد EM و افزایش سطح شوری موجب بالا رفتن غلظت پرولین برگ گردید (جدول۴). اما کاربرد EM در شرایط تنش شوری باعث کاهش این روند صعودی شد (جدول ۴). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقدار پرولین برگ نهال‌های پسته UCB1 در سطوح بالای تنش حدود ۱/۵ برابر نسبت به شرایط بدون تنش افزایش پیدا کرد. افزایش تجمع پرولین در نهال‌های پسته تحت تنش شوری توسط محققین مختلفی گزارش شده است (رضوی‌نسب[4] و همکاران، ۲۰۱۴؛ اکبری و همکاران، ۲۰۱۸؛ رئوفی و همکاران، ۲۰۲۰). گیاهان برای مقابله با شوری، پتانسیل اسمزی خود را با ساخت و تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و گلیسین‌بتائین که در تنظیم اسمزی دخالت

1. Sivritepe
2. Allahverdiyev
3. Gorski and Kleiber
4. Razavi Nasab

دارند، افزایش می‌دهند (مانی‌وانان[1]، ۲۰۰۷). در گیاهان تحت تنش، تجمع پرولین پاسخ دفاعی گیاه برای حفظ فشار اسمزی سلول می‌باشد که با صرف انرژی زیادی همراه است (بایر[2]، ۲۰۰۷). صرف انرژی زیاد جهت تنظیم اسمزی برای مقابله با شوری باعث کاهش کارائی ریشه در تأمین عناصر غذایی و آب برای سایر اندام‌ها می‌شود و سبب کاهش رشد اندام هوایی می‌گردد (کافی و استوارت[3]، ۱۹۹۸). ترکیب EM میزان پرولین را در شرایط تنش به دلیل روابط آبی و تغذیه‌ای بهتر گیاهان تحت تیمار کاهش می‌دهند و قادرند شرایط تنش را بهتر تحمل نموده و کمتر دچار آسیب شوند (پورسل[4] و همکاران، ۲۰۰۴؛ عارف‌پویان و همکاران، ۱۳۹۲). در نتیجه گیاه می‌تواند انرژی بیشتری را صرف رشد اندام‌های هوایی کند.

قندهای محلول

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ریزموجودات مفید بر مقدار قند برگ بی‌تأثیر بود. اما تأثیر تنش شوری و برهمکنش شوری با EM در سطح احتمال یک درصد بر محتوای قندهای محلول معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار قند محلول مربوط به تنش شدید (۱۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار یک درصد EM و کمترین آن مربوط غلظت ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد کود مشاهده گردید (جدول ۴). با افزایش شوری میزان قندهای محلول افزایش می‌یابد (اکبری و همکاران، ۲۰۱۸). بیوسنتز و تجمع محلول‌های سازگار از جمله قندها یکی از واکنش‌های تنظیمی مهم گیاهان در پاسخ به تنش شوری می‌باشد (گاپتا و هانگ، ۲۰۱۴). به این ترتیب که گیاه قندهای محلول را در واکوئل و سیتوپلاسم انباشته می‌کند تا با حفاظت و تعدیل اسمزی بتواند ادامه جذب آب، ذخیره کربن و نیتروژن و پالایندگی رادیکال‌های آزاد اکسیژن را انجام دهد. نتایج حاضر با یافته‌های پژوهش شکوهیان و همکاران (۱۳۹۴) بر روی پایه‌های رویشی بادام تحت تنش خشکی و تیمار EM مطابقت دارد.

عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ

تأثیر تنش شوری، EM و برهمکنش آن‌ها بر میزان محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). در مورد کلسیم اثرات ساده در سطح یک درصد معنی‌دار شد (شکل ۱) ولی اثرات متقابل غیرمعنی‌دار بود. با افزایش سطح شوری غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ اندازه‌گیری شده بطور معنی‌داری کاهش یافت. طبق نتایج حاصل بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ مربوط به تیمار شاهد (۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر) و مصرف کود EM یک درصد و کمترین مقدار آن مربوط به اعمال تنش شوری شدید (۱۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر) و بدون EM بود (شکل ۲). نتایج آزمایش نشان‌دهنده تأثیر مثبت EM بر غلظت عناصر ذکر شده بود که با بررسی‌های محمد[5] و همکارن (۲۰۰۷)، جاوید و باجوا[6] (۲۰۱۱)، گورسکی و کلیبر (۲۰۱۰)، شکوهیان و همکاران (۲۰۱۳)، عارف‌پوریان و همکاران (۱۳۹۲) منطبق می‌باشد. ریزموجودات مفید با ایجاد تغییرات مرفولوژیکی در ریشه سطح جذب را زیاد کرده و شرایط انتقال مواد غذایی بیشتری را فراهم می‌کند (جیمز[7] و همکاران، ۲۰۰۸). به نظر می‌رسد که EM می‌تواند با افزایش فعالیت آنزیم‌نیترات ردوکتاز (شوسونگ[8]و همکاران، ۲۰۰۳) و همچنین افزایش جذب (هیگا، ۱۹۹۳) موجب افزایش غلظت نیتروژن گردد. همچنین قارچ‌های موجود در EM با تولید آنزیم فسفاتاز، فسفات غیرمحلول در خاک را بصورت محلول و قابل استفاده برای گیاه تبدیل می‌نماید (سونگ[9]، ۲۰۰۵). کودهای زیستی از جمله کود EM، pH محیط ریشه را پایین آورده و از این طریق جذب بسیاری از عناصر برای ریشه گیاه راحت‌تر می‌گردد (ساندرا[10] و همکاران، ۲۰۰۲؛ هان و لیی[11]، ۲۰۰۶).

کلر و سدیم برگ

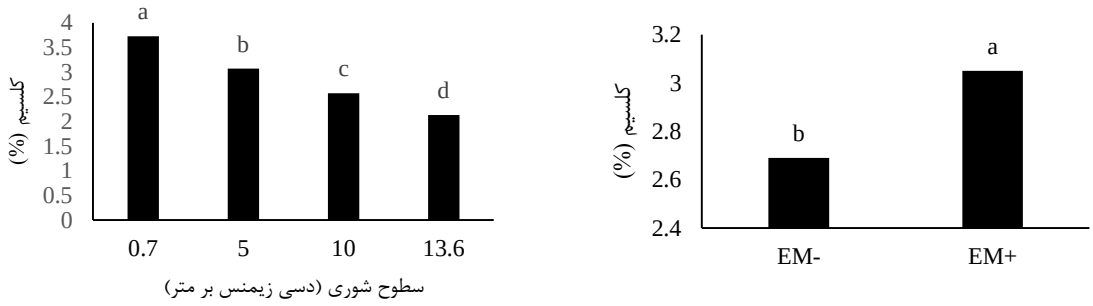
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان غلظت سدیم و کلر برگ تحت تأثیر تنش شوری و EM در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین برهمکنش تنش شوری و EM بر میزان غلظت سدیم در سطح احتمال یک درصد و بر میزان غلظت کلر در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۵). کاربرد EM موجب کاهش

1. Manivannan
2. Bayer
3. Kafi and Stewart
4. Porcel
5. Mohamed
6. Javaid and Bajwa
7. James
8. ShouSong
9. Song
10. Sandra
11. Han and Lee

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس عناصر اندازه گیری شده در برگ پایه UCB1پسته تحت تنش شوری و EM

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	سدیم (mg/gdw)	کلر (mg/gdw)
شوری	۳	۱/۰۶۰**	۰/۰۰۶**	۰/۶۹**	۲/۸۵**	۸۸۵**	۱۴۶۵/۲۳**
EM	۱	۱/۰۶۲**	۰/۰۰۳**	۰/۳۹**	۰/۷۶**	۲۴۵/۷۶**	۳۳۰/۷۸**
EM * شوری	۳	۰/۱۱**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۳**	۰/۰۱۹^{ns}	۱۶/۰۳**	۱۸/۴۵*
خطای آزمایش	۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۹	۱/۵۲	۳/۹۸
CV (%)	-	۱/۵۰	۲/۴۵	۲/۳۹	۱۰/۵۷	۵/۷۰	۶/۲۰

*، ** و ^{ns} به ترتیب نشانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار



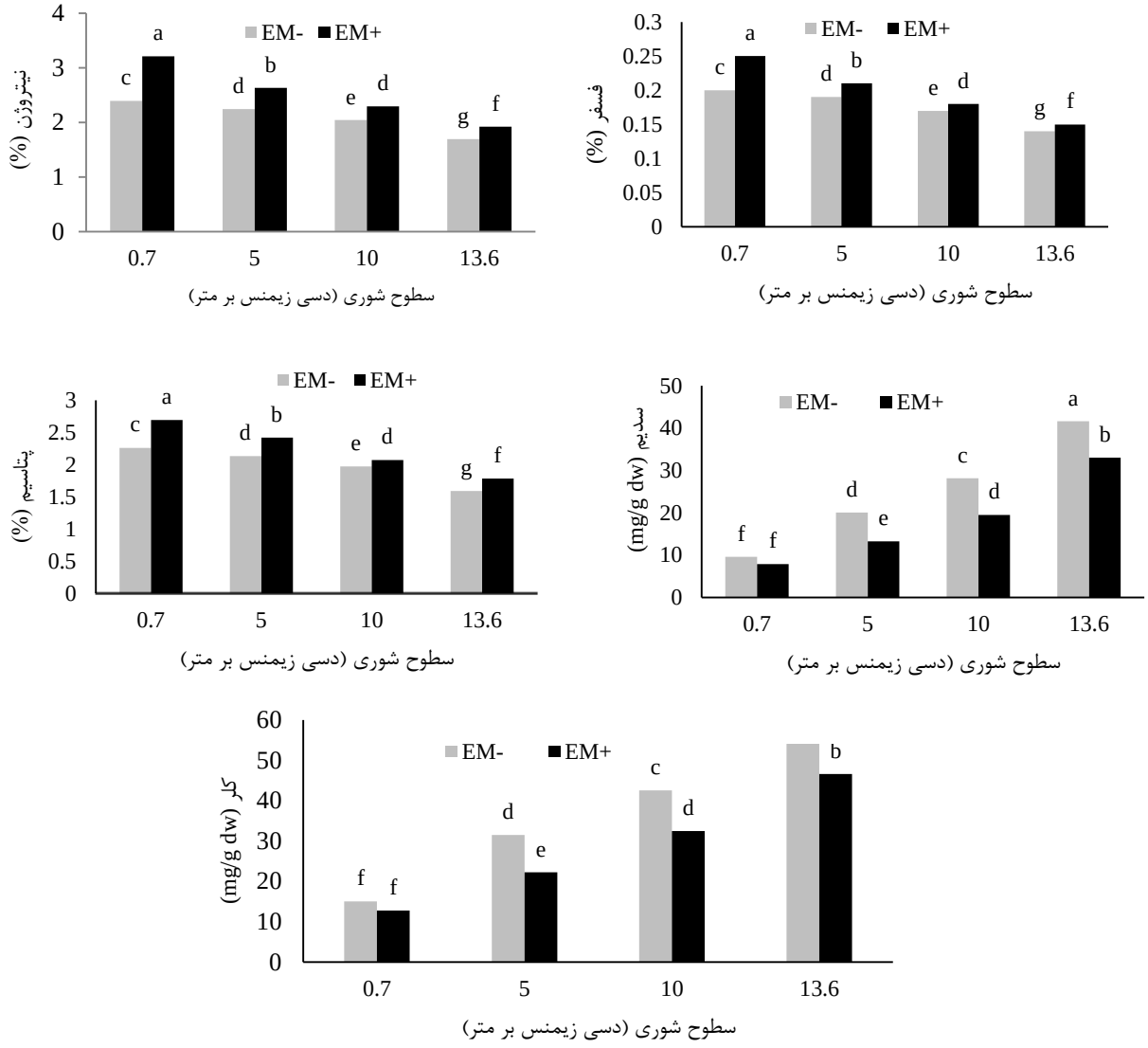
شکل ۱-مقایسه میانگین اثرات ساده EM و تنش شوری بر میزان کلسیم برگ پایه UCB1. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

غلظت سدیم و کلر برگ نسبت به عدم کاربرد EM تحت تنش شوری گردید (شکل ۲). که این با نتایج عارف پوریان و همکاران (۱۳۹۳) بر روی میزان سدیم برگ انار رقم شیشه کپ مطابقت دارد. کاهش میزان سدیم با کاربرد EM می‌تواند بدلیل جایگزینی یون آمونیوم و کلسیم با سدیم باشد و سدیم به شکل محلول در خاک بتدریج به لایه‌های پایین‌تر پروفیل خاک نفوذ می‌کند. در نتیجه آن منطقه از ریزوسفر عاری از املاح مضر می‌شود که باعث افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی در این منطقه و افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه می‌گردد (بهاتیا[1]، ۱۹۹۱).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ریزموجودات مفید موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم برگ و کاهش میزان سدیم و کلر برگ در گیاهان تحت تنش شوری شد. بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از ریزموجودات مفید می تواند خسارات ناشی از تنش شوری را در پایه UCB1 کاهش دهد.

1. Bhatia



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های برهمکنش EM و تنش شوری بر میزان عناصرغذایی برگ پایه UCB1. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

منابع

امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه، نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات آب و خاک.

رضایی‌نیا، ن.، رمرودی، م.، گلوی، م. و فروزنده، م. ۱۳۹۶. تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus*) در واکنش به تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵(۴): ۹۳۸-۹۲۵.

شکوهیان، ع.ا.، داوری‌نژاد، غ.، تهرانی‌فر، ع.، رسول‌زاده، ع. و ایمانی، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی اثرات تنش آبی و ریزموجودات مفید بر خصوصیات شیمیایی پایه‌های رویشی بادام. مجله پژوهش‌های تولیدات گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، ۴(۳): ۵۶۰-۵۴۹.

شکوهیان، ع. ا.، داوری‌نژاد، غ.، تهرانی‌فر، ع.، ایمانی، ع. و رسول‌زاده، ع. ۱۳۹۲. اثر ریزموجودات مفید در شرایط تنش آبی بر تشکیل جوانه گل دو ژنوتیپ بادام. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(۲): ۲۲۶-۲۱۷.

عارف‌پویان، م.، داوری‌نژاد، غ. و سلاح‌ورزی، ی. ۱۳۹۳. تأثیر ریزموجودات مفید روی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی انار رقم شیشه‌کپ تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران، ۴۵(۴): ۴۴۷-۴۴۱.

عارف‌پویان، م.، داوری‌نژاد،غ. و سلاح‌ورزی، ی. ۱۳۹۲. تأثیر ریزموجودات مفید بر کاهش خسارات شوری در انار رقم شیشه‌کپ. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد، ۷۹ ص.

Abdelaal, H. M., Ahmed, F.F., El- Masry, S.E.M.A. and Abdallah, A.A. 2013. Using potassium sulphur as well as organic and biofertilization for alleviating the adverse effects of salinity on growth and fruiting of Valencia oranget. Stem Cell, 4(4): 27-32.

Agamy, R., Hashem, M. and Alamri, S. 2012. Effect of soil amendment with yeasts as bio- fertilizers on the growth and productivity of sugar beet. African Journal of Agricultural Research, 8 (1): 46-56.

Akbari, M., Mahna, N., Ramesh, K., Bandehagh, A. and Mazzuca, S. 2018. Ion homeostasis, osmoregulation, and physiological change in the roots and leaves of pistachio rootstocks response to salinity. Protoplasma, 255 (5): 1349-1362.

Allahverdiyev, S.R., Atik, A., Bayazıt, S.I. and Aida, S. 2011. The response of photosystem II and photosynthetic pigments to salt and Baikal EM1 in tree seedlings. African Journal of Biotechnology, 10(4): 535-538.

Auge, R.M., Toler, H.D. and Saxton, A.M. 2015. *Arbuscular mycorrhizae* symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mychorrhiza, 25(1): 13-24.

Bastam, N., Baninasab, B. and Ghobadi, C. 2013. Improving salt tolerance by exogenous application of salicylic acid in seedlings of Pistachio. Plant Growth Regular, 69: 275-284.

Bates, I.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. 1973. Rapid determination offreeproline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Bayer, C. 2007. Proper proline management needed for effective results. Science of Agriculture. 8: 10-25.

Bhatia, S.C. 1991. Biochemistry in Agricultural Sciences Vol. II. Shree Publishers and Distributors.New Delhi, India.

Daly, M.J. and Stewart, D.P.C. 1999. Influence of effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization-a preliminary investigation. Journal of Sustainable Agriculture, 14: 15-25.

El-Khawaga, A.S., 2013. Effect of anti-salinity agents on growth and fruiting of different date palm cultivars. Asian Journal of Crop Science 5(1): 65-80.

Fuzy, A., Biro, B., Toth, T., Hildebrandt, U. and Bothe, H. 2008. Drought, butnot salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 165: 1181-1192.

Górski, R., and Kleiber, T. 2010. Effect of effective microorganisms (EM) on nutrient contents in substrate and development and yielding of Rose (*Rosa* × *hybrida*) and Gerbera (*Gerbera jamesonii*). Ecological Chemistry and Engineering, 17(4): 505-513.

Gupta, B. and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical and molecular characterization. International Journal of Genomics, 2014: 1-18.

Han, H.S. and Lee, K.D. 2006. Effect of coculationwith phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment, 52: 130-136.

Higa, T. 1993. An Earth Saving Revolution. Sunmark Publishing Tokyo, Japan

Higa, T. 2000. What is EM technology? EM World Journal, 1: 1-6.

Hojjat Nooghi, F. and Mozafari, V. 2012. Effect of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling. Australian Journal of Crop Science, 6: 711-716.

Imai, S. and Higa, T. 1994. Kyusei nature farming in Japan. Effect of EM on growth and yield of spinach. In: Proceedings of 2 nd International Conference on Kyusei Nature Farming, Brazil, Oct. 7–11, 1991, 92–96.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changing concentration of Prolin and total soluble sugars in nodulated alfafa plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.

James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E. and Tariq, H. 2008. Effect of vesicular arbescular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany, 40(5): 2217-2224.

Javaid, A. and Bajwa, R. 2011. Field evaluation of effective microorganisms (EM) application forgrowth, nodulation, and nutrition of mung bean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35: 443-452.

Kafi, M. and Stewart, D.A. 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. Agrotechnology and Food Sciences, 12(1): 77- 85.

Karimi, H.R., Nasrolahpour-Moghadam, S. 2016. Male pistachio seedling exhibit more efficient protective mechanisms than females under salinity stress. Scientia Horticulturae, 211: 118-125.

Karimi, H.R., Sadeghi-Seresht, E. 2018. Effects of salinity stress on growth indices physiological parameters and element concentration in Banebaghi (Pistacia sp.) as rootstock for pistachio. Journal of Plant Nutrition, 41(9): 1094-1103.

Karimi, S., Rahemi, M., Maftoun, M., Eshghi, and Tavallali, V. 2009. Effect oflong–term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera*L.) rootstocks. Australian Journal of Basic and Applied Science Science, 3: 1630-1639.

Keomanichanh, K.1995. Effect of EM application on fruit trees and paddy rice. Proc. Of Second Conference of Effective Microorganisms, 87-89.

Kleiber, T., Starzyk, J., Górski, R., Sobieraski, K., Siwulski, M., Rempulska, A. and Sobiak, A. 2014. The studies on applying of effective microorganisms (EM) and CRF on nutrient contents in leaves and yielding of tomato. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 13 (1): 79-90.

Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembra-nes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.

Manivannan, P., Jaleel, C.A., Sankar, B., Kishorekumar, A., So- masundaram, R., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in Helianthus annuus L. as induced by drought stress, Colloids Surf. B: Bioin-terfaces, 59(2):141-149.

Mohamed, F., Sahain, M., Elham, Z., Motty, A., Mohamed, H., Shiekh, El. and Laila, F. 2007. Effect of some biostimulant on growth and fruiting of anna apple trees in newly reclaimed areas. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3(5): 422-429.

Momenpour, A. and Imani, A. 2018. Evaluation of salinity tolerance in fourteen selected pistachio (*Pistacia vera* L.) genotype. Advanced Horticulture Sciences, 3 (2): 249-264.

Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany, 55: 1743–1750.

Raoufi, A., Rahemi, M., Salehi, H. and Pessarakli, M. 2020. *Pistacia vera* L. genotypes; a potential rival for UCB-1 rootstock for cultivating under salt stress conditions. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 25: 101515.

Razavi Nasab, A., Tajabadi Pour, A. and Shirani, H. 2014. Effect of salinity andnitrogen application on growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistaciavera* L.). Journal of Plant Nutrition, 37: 1612-1626.

Sandra, B., Natarajan, V. and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane sugar yields. Field Crop Research, 77: 43-49.

Shokouhian, A.A., Davarynejad, GH., Tehranifar, A., Imani, A. and Rasoulzadeh, A. 2013. Investigation of effective Microorganisms (EM) Impact in Water Stress Condition on Growth of Almond (*prunus dulcis* Mill) Seedling. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 3(2s): 86-92.

ShouSong, Y., CuiPing, W., HuiLian, X. and Jun-Ying, D. 2003. Effects of foliar application with effective microorganisms on leaf metabolism and seed yield in soybean."Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming held at Christchurch, New Zealand.

Sivritepe, N., Sivritepe, O., Celik, H. and Katkat, V. 2010. Salinity responses of graftedgrapevines: Effects of scion and rootstock genotypes. Notulae Botanicae HortiAgrobotanici Cluj-Napoca, 38(3): 193-201.

Sohrabi, N., Tajabadipour, A., Motamed, N. and Seyedi, M. 2011. A change in leaves protein patternof some pistachio cultivars under salinity condition. International Journal of Nuts and Related Sciences, 2: 67-74.

Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. Electronic Journal of Biology, 1(3): 44-48.

Xu, H.L., Wang, R., Amin, M. and Mirdha, U. 2000. Effect of organic fertilizers and a microbial inoculants on leafphotosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. Journal of Crop Production, 3: 173-182.

Zachria, P.P. 1995. Studies on the application of effective microorganisms (EM) in paddy, sugarcane and vegetables in India. Proc, of Second Conference on Effective Microorganisms, pp. 31-41.