Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
۲۸۱-۲۹۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.584

تأثیر تلقیح سویه‌های مختلف باکتری افزایش‌دهنده رشد گیاهی بر برخی از متابولیت‌ها، عملکرد و خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید (*Anethum graveolens*) تحت شرایط تنش کم‌آبی

آرزو میر مظفری رودسری[۱]، مهرداد یارنیا[۲*]، هادی اسدی رحمانی[۳]، محمود تورچی[۴]
۱. دانشجوی دکتری زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲. استاد گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳. دانشیار موسسه تحقیقات آب‌و خاک، تهران، ایران.
۴. استادگروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۲۷

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی اثر سویه‌های مختلف باکترهای افزایش‌دهنده رشد گیاهی بر محتوای متابولیت‌های سازگاری و رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش کم‌آبی در دو سال زراعی ۹۲ و ۹۳ در شرایط مزرعه‌ای به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل موردمطالعه طرح عبارت بودند از تنش کم‌آبی در سه سطح آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس *A* به‌عنوان عامل اصلی و سویه‌های مختلف باکتری در ۸ سطح به همراه شاهد به‌عنوان عامل فرعی. نتایج حاصل نشان داد کاربرد سویه‌های مختلف باکتری و اعمال تنش بر میزان کربوهیدرات محلول برگ و پرولین مؤثر بودند. بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول و پرولین با تلقیح بذر با باکتری پسودوموناس ۱۶۹ در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس *A* حاصل شد. بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی با ۸۹ میکروگرم در میلی‌لیتر در تیمار آزو سپریلیوم آف و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کمترین آن با ۱۵/۳ میکروگرم در میلی‌لیتر در تیمار عدم کاربرد سویه باکتریایی و آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. همچنین، بیشترین عملکرد اسانس کل با ۴ گرم در تیمار هربا سیلوس و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کمترین آن با ۰/۸۵ گرم در تیمار پسودوموناس ۱۶۸ و آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. در این بررسی، شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید و استفاده از سویه‌های مختلف باکتری‌ها باعث افزایش معنی‌دار تولید پرولین و کربوهیدرات‌های محلول نسبت به شاهد گردید. این امر توانست باعث افزایش عملکرد اسانس بوته در شرایط تنش ملایم و متوسط در مقایسه با شاهد شود. لذا، استفاده از سویه‌های مناسب باکتری همچون ازتوباکتر ۵ و آزوسپیریلیوم ۲۱ می‌تواند در شرایط تنش کم‌آبی متوسط و استفاده از ازتوباکتر ۵ و پسودوموناس ۱۶۹ در شرایط تنش کم‌آبی شدید تولید اسانس، گیاه دارویی را افزایش دهد.

***واژه‌های کلیدی*: اسانس، پرولین، تنش، کربوهیدرات‌های محلول.**

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است (Abedi et al., 2011). کمبود آب بزرگ‌ترین چالش در تولید محصولات زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است که عملکرد گیاهان را در این نواحی با محدودیت مواجه کرده است (Akhondi et al, 2007). یکی از مهم‌ترین تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه است

* نگارنده پاسخگو: مهرداد یارنیا. پست الکترونیک: m.yarnia@yahoo.com & yarnia@iaut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

(Misra and Srivastava, 2000; Pirzad et al., 2006) و گیاه با تغذیه خوب، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت (Lal, 1993). تولید موفق محصولات زراعی در وضعیت آب و هوایی خشک، مستلزم اعمال مدیریتی مناسب است. استفاده از کودهای زیستی سبب بهبود ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود و می‌تواند یکی از راه‌کارهای کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی باشد (Vessey., 2003). کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه، مهم‌ترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه، برای سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (Sharma, 2003). اهمیت جوامع میکروبی در یک اکوسیستم به دلیل نقش مهمی است که آن‌ها در فرآیندهای خاک که تعیین‌کننده تولید گیاه می‌باشد، ایفا می‌کنند (Wu et al., 2005; Mandal et al., 2004). ازجمله فواید کودهای زیستی افزایش جذب عناصر پرمصرف ازجمله فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی (Azcon et al., 2003)، افزایش جذب آب و تحمل به خشکی و ترشح هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و جیبرلین می‌باشد. افزایش در میزان این هورمون‌ها به‌ویژه سیتوکنین‌ها می‌تواند با انتقال یون‌های مؤثر در باز و بسته شدن روزنه و بالا رفتن سطح کلروفیل، موجب افزایش سرعت فتوسنتز و در نهایت افزایش محتوای کربوهیدرات‌ها در گیاهان شود (Selvaraj and Chellappan, 2006). تنظیم اسمزی به‌عنوان جزئی مهم از سازوکار تحمل به تنش خشکی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (Jalili-marandi, 2011). این پدیده در شرایط کمبود آب، در نتیجه تجمع این مواد، پتانسیل اسمزی درون سلول کاهش یافته و آب به درون سلول کشیده می‌شود که به حفظ فشار آماس سلولی کمک می‌کند (Jalili-marandi, 2011). تنش ملایم آب سبب افزایش کلروفیل می‌شود، درحالی‌که کمبود شدید آب موجب کم شدن کلروفیل شد (Jeyaramraja et al., 2005). نتایج آزمایش‌ها نشان داده‌اند که تجمع پرولین و کربوهیدرات محلول جهت تنظیم اسمزی در صورتی روی می‌دهد که پتانسیل آب بیش از یک مگا پاسکال کاهش یابد (Pessarikli, 1999).

گیاهان در شرایط محیطی متفاوت، برای تنظیم پتانسیل اسمزی درون سلول، مواد محلول با وزن مولکولی کم و سازگار را تولید و تجمع می‌دهند. این مواد عموماً شامل اسیدهای آمینه، قندهای محلول و اسیدهای آلی می‌باشند که در بین آن‌ها احتمالاً پرولین گسترده‌ترین نوع اسمولیت است که به نظر می‌رسد تجمع آن در سازگاری به خشکی در بسیاری از گیاهان دخالت دارد (Jafarzadeh et al., 2010). کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش خشکی، به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن می‌باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون (Wise and Naylor, 1989) و در نتیجه تجزیه رنگیزه‌ها می‌گردند (Schutz and Fangmeir, 2001). شوید گیاهی است یک‌ساله که در مناطق مدیترانه‌ای، اروپا، آسیای جنوبی و مرکزی می‌روید. در حال حاضر این گیاه به‌طور گسترده‌ای در آسیای جنوب شرقی می‌روید (Bahramikia and Yazdanparast. 2008).

با توجه به اهمیت زراعت و تولید گیاهان دارویی و کمبود آب آبیاری و نزولات در مناطق مختلف کشور، این آزمایش به‌منظور مطالعه اثر کودهای زیستی بر کاهش اثرات تنش خشکی در شوید از طریق بررسی برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد اسانس این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای تعیین اثرات سویه‌های مختلف باکتری بر گیاه دارویی شوید تحت شرایط متفاوت آبیاری، آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز در ارتفاع ۱۳۶۰ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد و مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه ۵ دقیقه عرض شمالی انجام شد. آمار هواشناسی منطقه آزمایش طی دو سال زراعی۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در جدول ۱ ارایه شده است.

در سال زراعی ۱۳۹۲ نمونه‌برداری از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جهت تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی سطوح آبیاری شامل آبیاری پس از ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به‌عنوان عامل اصلی و سویه‌های مختلف باکتری به‌عنوان عامل فرعی در نه سطح شامل آزوسپیریلوم آف (*Azospirillum brasilense*)، ازتوباکتر ۵ (*Azetobacter chroococcum*)، فلایوباکتریوم ۹ (*Norosphingobium aramaticivorans*)، فلایوباکتریوم ۴۰ (*Microbacterium Sp*)، هرباسپیریلوم (*Herbaspirillum seropodicae*)، آزوسپیریلوم ۲۱

www.SID.ir

Archive of SID

(*Azospirillum lipoferum*)، پسودوموناس ۱۶۹ (*Pseudomonas putida*) به همراه شاهد بدون مصرف (*Pseudomonas fluorescens*) و پسودوموناس ۱۶۸ باکتری بودند.

جدول ۱. آمار هواشناسی فصل زراعی ۱۳۹۲ تبریز.

Table 1. Weather Data of Tabriz in Cropping season 2013.

ماه‌های سال Year months		بارش ماهانه irrigation	درجه حرارت میانگین Mean temperature	درجه حرارت میانگین کمینه Min. Mean temperature	درجه حرارت میانگین بیشینه Max. Mean temperature	درجه حرارت حداقل مطلق Min. Net. temperature
March, April	فروردین	14.2	6.6	1.5	11.7	-9.2
April, May	اردیبهشت	34.5	3.9	0.7	7.1	-3.2
May, June	خرداد	17.5	2.3	-2.4	6.9	-19.1
June, July	تیر	24	4.3	-0.6	9.2	-5.4
July, August	مرداد	41.03	2.6	-2.6	7.8	-14.2
August, September	شهریور	43.5	8.9	2.1	15.6	-15.8
September, October	مهر	2.8	21.2	7.9	14.5	8
October, November	آبان	21.8	19.2	11.7	26.7	7.4
November, December	آذر	11	22.4	16.4	28.3	13.2
December, January	دی	2.1	23.5	16	30.9	12
January, February	بهمن	6.3	21.6	14.7	28.2	10.8
February, March	اسفند	99.7	13.1	8.5	17.6	-0.6

ادامه جدول ۱- آمار هواشناسی تبریز در سال ۱۳۹۳

Table 1- Weather Data of Tabriz in Cropping season 2014.

ماه‌های سال Year months		بارش ماهانه irrigation	درجه حرارت میانگین Mean temperature	درجه حرارت میانگین کمینه Min. Mean temperature	درجه حرارت میانگین بیشینه Max. Mean temperature	درجه حرارت حداقل مطلق Min. Net. temperature
March, April	فروردین	18.4	8.1	2.8	13.4	-2.8
April, May	اردیبهشت	48	4.2	1.3	7.1	-2.8
May, June	خرداد	5.6	1.5	-3.3	6.2	-9.6
June, July	تیر	35.3	3.8	-1.7	9.2	-8.4
July, August	مرداد	8.5	5.5	-0.3	11.3	-5.8
August, September	شهریور	20.6	10.5	4.2	16.8	-6
September, October	مهر	7	22.3	12.6	17.4	28.3
October, November	آبان	10.7	22	15	29	11
November, December	آذر	18	27.1	20	34.2	15.4
December, January	دی	1.3	28.2	21.4	35	17.4
January, February	بهمن	TR	25.5	18.4	32.7	10
February, March	اسفند	84.2	15.5	10.3	20.7	1.2

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 2- Physical and chemical charateristics of the soil.

بافت خاک Texture	پتاسیم قابل‌جذب Available potassium mg/kg soil	فسفر قابل‌جذب Available phosphours mg/kg soil	نیتروژن کل Total nitrogen%	کربن آلی organic carbon%	واکنش خاک soil reaction	هدایت الکتریکی electirical conductivity dS/m	عمق Deep
لومی شنی Sandy loam	420	8.60	0.052	0.62	7.5	1.02	0-30

سویه‌های مختلف باکتری از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه شد. تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۸۱ عدد بود. ابعاد هر کرت اصلی ۱۱×۲/۵ متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی ۴ ردیف کاشت منظور شد. فاصله بین کرت‌ها ۱/۵ متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. کشت بذور در اوایل اردیبهشت در سال زراعی و در عمق ۱-۲ سانتی‌متری انجام گرفت. زمین انتخابی جهت انجام آزمایش در پاییز به‌وسیله گاوآهن شخم زده شد، سپس در فروردین جهت خرد کردن کلوخه و آماده‌سازی از دیسک استفاده شد. قبل از کاشت، ابتدا بذرها بر اساس تیمارهای آزمایشی با سویه‌های مختلف باکتری تلقیح شدند. جهت تلقیح بذرها، برای اختلاط بهتر مایه تلقیح با بذور، بذور شوید به مدت ۱۵ دقیقه در محلول غوطه‌ور شده و پس از خشک نمودن بذور در سایه به مدت ۲ ساعت، اقدام به کشت آن‌ها گردید.

بذور شوید بعد از ۷-۹ روز سبز شده و انجام آبیاری تا استقرار کامل گیاه به‌طور مرتب در همه‌ی واحدهای آزمایشی در هر ۵ روز یک‌بار انجام گرفت. بعد از استقرار بوته‌ها در مرحله آغاز شاخه دهی، تنش کمبود آب در سه سطح، تیمار شاهد (آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با دوره ۵-۷ روزه)، تیمار تنش متوسط با آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (با دوره‌ی حدود ۸- ۱۰ روزه) و تیمار تنش شدید با آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک (دوره‌ی حدود ۱۲ الی ۱۵ روزه) اجرا شد.

اعمال تیمارهای آبیاری پس از آغاز شاخه‌دهی شروع و تا پایان رشد ادامه یافت. هر دور آبیاری بعد از ۵±۴۰، ۵±۸۰ و ۵±۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A انجام گرفت. میزان تبخیر تجمعی روزانه از تشتک، پس از رسیدن به مقدار موردنظر برای هر تیمار (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر)، زمان آبیاری را نشان می‌داد.

برای اندازه‌گیری متابولیت‌های سازگاری از هر گیاه چندین برگ کاملاً توسعه‌یافته در سه تکرار برداشت شد (Nolte et al., 1997). برای استخراج کربوهیدرات‌های محلول و محتوای پرولین از روش ایریگوین (Irrigoyen et al., 1992) استفاده شد. در سال دوم آزمایش مزرعه‌ای اثر آنتی‌اکسیدانی اسانس با روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی (RSC) به کمک ۲،۲ -دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت (Haghirossadat rt al., 2010).

برای تعیین میزان اسانس در دو سال آزمایش (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) از دانه‌های خشک‌شده مربوط به هر تیمار، یک نمونه ۵۰ گرمی انتخاب و بعد از آسیاب کردن، به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در درون بالن قرار داده و سپس توسط دستگاه کلونجر چهار ساعت حرارت داده شده و اسانس زردرنگ دانه جمع‌آوری و با استفاده از سولفات سدیم بدون آب و دی اتیل اتر رطوبت‌زدایی و درصد اسانس محاسبه گردید. عملکرد اسانس دانه در بوته از حاصل‌ضرب اسانس دانه در بیوماس تک بوته برحسب میلی‌لیتر محاسبه گردید.

داده‌های مربوط به آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه‌شده و از Excel جهت رسم شکل‌ها استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث:

اثرات عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات فیزیولوژیک بررسی‌شده در شوید به شرح جدول ۳ معنی‌دار گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات سویه‌های باکتری و تنش آب بر محتوای پرولین معنی‌دار بود (جدول ۳). میزان پرولین در تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی متر تبخیر از تشتک، با کاربرد سویه‌های آزوسپیریلوم آف به میزان ۶۶/۶۷، درصد

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش داشت. در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک غیر از سویه‌ی آزوسپیریلوم آف، بقیه‌ی سویه‌های استفاده شده مقدار پرولین را نسبت به شرایط (عدم استفاده از باکتری) به‌صورت معنی‌دار افزایش دادند. این افزایش حداکثر به میزان ۸۱/۸۲ درصد توسط سویه‌ی آزوسپیریلوم ۲۱ و حداقل به میزان ۲۷/۲۸ توسط سویه‌های ازتوباکترفایو و فلایوباکتریوم ۹ حاصل شد. در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک سویه‌های آزوسپیریلوم ۲۱، پسودوموناس ۱۶۸، هرباسپیریلوم، فلایوباکتریوم ۴۰، پسودوموناس ۱۶۹ غلظت پرولین به ترتیب به میزان ۸۸، ۷۶، ۵۶، ۲۸ و ۸ درصد افزایش داشت (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات بررسی‌شده شوید در اثر باکتری تحت تنش کم‌آبی.

Table 3. Variance analysis of studied traits of dill affected by bacteria under water deficite stress.

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S.			
		خاصیت آنتی اکسیدانی Anti oxidant properties	پرولین Prolin	کربوهیدرات محلول Carbohydrate	عملکرد اسانس کل Total essence yield
تکرار Replication	2	4.12**	0.003	3.75	0.10
تنش Stress	2	5.27**	0.55*	408.94**	38.13**
خطای ۱ Error 1	4	0.3	0.002	1.79	0.24
سویه Bacteria	8	44.19**	0.01*	22.26**	1.04**
باکتری ×تنشStress×Bacteria	16	20.14**	0.008**	18.83**	0.88**
خطای ۲ error 2	48	0.8 *	0.0002	1.61	0.05
ضریب تغییرات(%) CV		5.50	10.30	4.68	11.06

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

** and *: significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس نشان داد که رژیم آبیاری و سویه‌های مختلف باکتری و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳). در تیمار آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، میزان کربوهیدرات‌های محلول نسبت به شاهد در سویه‌های فلایوباکتریوم ۴۰، آزوسپیریلوم آف و هرباسپیریلوم به ترتیب به میزان ۸/۵۷، ۱۱/۴۴ و ۷/۱۵ درصد افزایش یافت. در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر میزان کربوهیدرات با استفاده از سویه‌های آزوسپیریلوم ۲۱، پسودوموناس ۱۶۸، فلایوباکتریوم ۹، هرباسپیریلوم و آزوسپیریلوم آف به ترتیب معادل ۲۲/۶۴، ۲۰، ۱۲، ۱۲، ۸ و ۲۸ درصد نسبت به عدم کاربرد باکتری افزایش معنی‌دار یافت. در این ارتباط مشاهده شد که در تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، استفاده از تمامی سویه‌های مختلف باکتری به‌غیر از سویه فلایوباکتریوم ۹، میزان کربوهیدرات را به‌صورت معنی‌دار تغییر دادند. بیشترین مقدار کربوهیدرات‌های محلول برگ در این بررسی در تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد (جدول ۴). در این بررسی مقدار کربوهیدرات‌های محلول با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد. قندهای محلول در شدت‌های متوسط تنش، افزایش قابل توجهی داشته و با شدیدتر شدن تنش خشکی مقدار آن شروع به کاهش نمود. علت افزایش اولیه برای بالا بردن مقاومت گیاه به تنظیم فشار اسمزی سلول بوده ولی با شدیدتر شدن تنش، تولید قندها به‌شدت کاهش یافت که ناشی از کاهش توان فتوسنتزی و میزان دسترسی به انرژی متابولیک می‌تواند باشد (Irrigoyen et al., 1992). کاهش میزان قندهای محلول در تیمار تنش شدید می‌تواند به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی نیز باشد (Irrigoyen et al., 1992)، از طرف دیگر بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با افزایش شدت تنش، سویه‌های مختلف باکتری باعث کاهش میزان تجمع پرولین در برگ‌ها شدند. افزایش غلظت اسمولیت‌های سازگار مانند کربوهیدرات و پرولین تحت تأثیر تنش خشکی به اثبات رسیده است (Heidari

www.SID.ir

Archive of SID

and Karami, 2013). به نظر می‌رسد تجمع ترکیب‌هایی مانند پرولین و کربوهیدرات در بافت سبز گیاه تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاهان به این ترکیب‌های آلی برای تنظیم اسمزی هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از طریق کاهش عملکرد جبران می‌کند (Good and Zaplachiniski, 1994). تجمع میزان قندهای محلول و پرولین در شرایط تنش خشکی توسط سوبارو و همکاران (Subbaro et al., 2000) نیز گزارش شده است. در بررسی روی نعناع فلفلی (*Menth piperita*) گزارش شده است که در شرایط تنش، مقدار پرولین در برگ‌های این گیاه ۱/۴ میلی‌گرم در هر گرم وزن خشک بود، ولی با اعمال تنش کم‌آبی بر میزان پرولین برگ‌ها افزوده شد (Ezade et al.,2009). تحت تأثیر تنش خشکی بر میزان کربوهیدرات های محلول برگ افزوده می‌شود تا از اثرات تنش کمبود آب بر گیاه کاسته شود زیرا با کاهش پتانسیل اسمزی، تورژسانس برگ‌ها حفظ می‌شود (Mendez, 2011). محققین گزارش نموده‌اند که تحت شرایط تنش خشکی کاهش شدیدی در فتوسنتز بعد از گرده‌افشانی اتفاق می‌افتد که این امر منجر به کاهش اسمیلات‌ها در این مراحل می‌شود، درنتیجه کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده در سایر اندام‌ها، ازجمله برگ‌ها و ساقه به اندام‌زایشی منتقل می‌شود (Saeedi pour, 2011).

در این بررسی برهم‌کنش سویه باکتری و کم‌آبی بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس معنی‌داری بود. بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی با ۸۹ میکروگرم در میلی‌لیتر در تیمار آزوسپریلیوم آف و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کمترین آن با ۱۵/۳ میکروگرم در میلی‌لیتر در تیمار عدم کاربرد سویه باکتریایی و آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. در این مطالعه، در شرایط عدم کاربرد باکتری، کم‌آبی افزایش معنی‌داری را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث شد. در شرایط عدم کاربرد باکتری، با افزایش دور آبیاری از آبیاری پس از ۴۰ به ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک افزایشی به ترتیب ۶۶/۶ و ۱۴۰ درصدی در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید مشاهده گردید (جدول ۴). در صورت کاربرد اغلب سویه‌های باکتری، کم‌آبی بر خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس برگ‌های شوید افزود. آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در شرایط عدم کاربرد باکتری بیشترین افزایش را در میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث شد، ولی در صورت کاربرد باکتری‌ها، افزایش کمتری در خاصیت میزان آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید در شرایط کاهش آب آبیاری مشاهده شد. آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در شرایط استفاده از سویه‌های فلایوباکتریوم، آزوسپریلیوم آف، ازتو فایو، فلایو باکتر نوع ۴۰، پسودوموناس ۱۶۸ و آزوسپریلیوم ۲۱ باعث افزایش به ترتیب افزایش ۲۱/۸، ۱۶/۲، ۲۲/۶، ۱۶/۶، ۱۷/۳ و ۲۳/۳ درصدی در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید شد. همچنین، در سطح آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاربرد سویه‌های فلایوباکتریوم، آزوسپریلیوم آف، ازتو فایو، فلایو باکتر ۴۰، هرباسیلوس و آزوسپریلیوم ۲۱ به ترتیب ۶۱/۸، ۵۶/۷، ۵۰/۸، ۵۸/۳، ۷۰/۷ و ۶۰ درصد بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس افزوده ولی در کاربرد سویه‌های پسودوموناس ۱۶۸ و پسودوموناس ۱۶۹ به ترتیب ۸۱/۱ و ۸۱ درصد از این صفت کاست (جدول ۴). جلیل (Jalil, 2009) نیز در گیاه دارویی *Withania somnifera* افزایش معنی‌داری را در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تأثیر کم‌آبی مشاهده نمود. توکلی و آقاجانی (Tavakoli and Agajani, 2016) نیز افزایش معنی‌دار خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه دارویی *Hyssopus officinalis* را تحت تأثیر کم‌آبی مشاهده نمودند. در این مطالعه در شرایط آبیاری کامل و آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، کاربرد سویه‌های پسودوموناس ۱۶۸ و پسودوموناس ۱۶۹ بیشترین افزایش را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث شد. کاربرد سویه‌های پسودوموناس ۱۶۸ و پسودوموناس ۱۶۹ در سطح آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب ۳۶۰ و ۴۲۶ درصد و در سطح آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، ۲۲۴ درصد بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید افزودند. در سطح آبیاری پس از سویه ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک پس از پسودوموناس ۱۶۸ و پسودوموناس ۱۶۹، سویه‌های فلایوباکتریوم و فلایو باکتر ۴۰ به ترتیب با ۲۶۶ و ۲۲۰ درصد بیشترین افزایش را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث شدند. در این سطح آبیاری کاربرد سویه‌های آزوسپریلیوم آف، ازتو فایو، هرباسیلوس و پسودوموناس ۱۶۸ نیز به ترتیب ۱۴۶، ۱۴۶، ۱۷۳ و ۱۰۰ درصد بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید افزودند؛ اما در سطح آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بعد از سویه‌های پسودوموناس ۱۶۸ و پسودوموناس ۱۶۹، سویه‌های فلایوباکتریوم و ازتو فایو به ترتیب با ۱۶۸ و ۱۸۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین افزایش را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث گردیدند. در این سطح آبیاری نیز سویه‌های آزوسپریلیوم آف، فلایو باکتر ۴۰، هرباسیلوس و آزوسپریلیوم ۲۱ نیز افزایشی به ترتیب ۶۹/۱، ۱۲۴، ۸۸ و ۴۸ درصدی را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث شدند. کم‌آبی باعث تجمع فرم‌های فعال اکسیژن که معمولاً در کلروپلاست تجمع می‌یابد، می‌شود. اغلب فرم‌های فعال اکسیژن رادیکال‌های اکسیژن، هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن هستند. گیاهان تحت شرایط کم‌آبی مکانیسم‌های دفاعی در برابر تنش اکسیداتیو دارند. گیاهان با سطح آنتی‌اکسیدان بالا مقاومت بیشتری به تنش‌های اکسیداتیو دارند (Lum et al, 2014). بررسی‌ها نشان داده که باکتری‌های زیستی میزان تولید آنتی‌اکسیدان‌ها را در گیاهان و ازجمله اسانس گیاهان افزایش می‌دهند (Taei et al., 2010). چرا که باکتری‌ها باعث تحریک تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش فعالیت مسیرهای ثانویه تولیدکننده ترکیب‌های ثانویه آنتی‌اکسیدان مانند فنولیک ها، فلاونویید ها و ویتامین ث می‌شود (Salma et al, 2015).

در بررسی حاضر در سطح آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاربرد سویه‌های فلایوباکتریوم و ازتو فایو به ترتیب با ۱۴۷ و ۱۳۸ درصد بیشترین افزایش را در خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید باعث گردید. در این سطح آبیاری کاربرد سویه‌های آزوسپریلیوم آف، فلایو باکتر ۴۰، هرباسیلوس، پسودوموناس ۱۶۸، آزوسپریلیوم ۲۱ و پسودوموناس ۱۶۹ خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید را به ترتیب ۶۱/۱، فلایوباکتریوم، ۹۴/۴، ۵۵/۵، ۳۳/۳ و ۵۸/۳ درصد در مقایسه با عدم کاربرد باکتری افزایش داد.

در این مطالعه بیشترین عملکرد اسانس کل با ۴ گرم در تیمار هرباسیلوس و آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و کمترین آن با ۰/۸۵ گرم در تیمار پسودوموناس ۱۶۸ و آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. تیمار کم‌آبی آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در سویه‌های فلایوباکتر ۹، فلایوباکتر ۴۰، هرباسیلوس، پسودوموناس ۱۶۸ و آزوسپریلیوم ۲۱ افزایشی به ترتیب ۸۷/۳، ۷۰/۳، ۱۱۶، ۵۸/۸ و ۷۹/۵ درصدی را در عملکرد اسانس کل باعث گردید، ولی در سایر سویه‌ها تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مقایسه با آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نداشت. تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نیز در سویه‌های فلایوباکتر ۹، ازتوفایو، فلایو باکتر ۴۰، هرباسیلوس، پسودوموناس ۱۶۸، آزوسپریلیوم ۲۱ و پسودوموناس ۱۶۹ عملکرد اسانس کل را به ترتیب ۱۲۰، ۶۱، ۸۰/۴، ۳۱۹، ۲۴۴، ۶۱/۲ و ۱۹۳ درصد در مقایسه با دور آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک افزایش داد (جدول ۴). با توجه به نتایج، بیشترین افزایش تحت تأثیر کم‌آبی مربوط به سویه‌های هرباسیلوس و پسودوموناس ۱۶۸ بود. در بررسی‌های مشابه، افزایش در عملکرد اسانس توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. ال-مکاوی (El-mekawy, 2013) تأثیر کم‌آبی را در گیاه *Achiella santolina* بررسی و مشاهده نمود که کم‌آبی در این گیاه افزایش معنی‌دار ۹/۱۱ درصدی را در عملکرد اسانس باعث شد.

در بررسی حاضر در شرایط آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، تنها سویه ازتوفایو افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس کل شوید باعث شد، ولی سایر سویه‌ها تأثیر مثبتی در این سطح آبیاری بر عملکرد اسانس کل نداشتند. در سطح آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، سویه ازتوفایو ۴۳/۹ درصد بر عملکرد اسانس کل افزود. سویه‌های هرباسیلوس و پسودوموناس ۱۶۸ از این صفت به ترتیب ۳۸/۲ و ۴۵/۸ درصد از عملکرد اسانس کل کاست. سایر سویه‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح آبیاری پس از ۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نداشت. در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، سویه‌های بیشتری افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس کل باعث شد. در این سطح آبیاری، سویه‌های فلایوباکتر ۹، ازتوفایو، فلایوباکتر ۴۰، هرباسیلوس و آزوسپریلیوم ۲۱ به ترتیب ۴۲/۹، ۵۲/۵، ۳۹/۷، ۳۴/۶ و ۶۳/۴ درصد بر عملکرد اسانس کل افزودند. در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، تمامی سویه‌ها افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس کل افزودند که بیشترین افزایش مربوط به دو سویه ازتوفایو و هرباسیلوس ۱۶۸ بود. این دو سویه به ترتیب ۱۰۱ و ۱۲۴ درصد بر عملکرد اسانس کل افزود. سویه‌های آزوسپریلیوم آف، فلایوباکتر ۹، فلایوباکتر ۴۰، پسودوموناس ۱۶۸، آزوسپریلیوم ۲۱ و پسودوموناس ۱۶۹ نیز به ترتیب ۲۷/۶، ۴۴/۷، ۲۷/۶، ۶۱/۸، ۲۶/۵ و ۷۸/۴ درصد بر عملکرد اسانس کل افزود. تأثیر مثبت کاربرد سویه باکتریایی بر عملکرد اسانس گیاهان در شرایط کم‌آبی، توسط سایر محققان گزارش شده است. کاظمی‌نسب و همکاران (Kazeminasab et al., 2015) تأثیر کاربرد کود زیستی را در گیاهان دارویی *Melissa officinalis* مورد مطالعه قرار

www.SID.ir

Archive of SID

داده و مشاهده نمودند که کاربرد کود زیستی پسودوموناس افزایش ۲۲ درصدی را در عملکرد اسانس این گیاه دارویی ایجاد نمود. در این مطالعه ازتوفایو از بهترین سویه‌ها از نظر عملکرد اسانس کل در هر سه سطح آبیاری بود، با این وجود در سویه هرباسیلوس بیشترین افزایش در عملکرد اسانس تحت تأثیر کم‌آبی به دست آمد. اثر افزایشی کودهای زیستی بر جذب عناصر، عملکرد دانه و وزن ساقه برنج در مقایسه با استفاده از کودهای شیمیایی نیز ثابت شده است (Wijebandara et al .,2009). در این بررسی مشاهده گردید که استفاده از برخی از سویه‌های باکتری حتی در شرایط تنش کمبود آب با افزایش تحمل به تنش کم‌آبی از طریق افزایش محتوای متابولیت‌های سازگاری و در نتیجه انجام پدیده تنظیم اسمزی، توانمندی گیاه را در ادامه جذب آب در شرایط تنش افزایش می‌دهند، از طرف دیگر افزایش محتوای کلروفیل‌ها توسط تعدادی از باکتری‌ها در شرایط تنش کم‌آبی، امکان افزایش فتوسنتز جاری را بالا برده است که در نتیجه این تغییرات افزایش عملکرد اسانس بوته دور از انتظار نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش اثبات می‌کند که در شرایط تنش ملایم و شدید، استفاده از سویه‌های مختلف باکتری‌ها، باعث افزایش معنی‌دار در تولید پرولین و کربوهیدرات‌ها و کلروفیل a و b نسبت به تیمار شاهد گردید، این امر توانست باعث افزایش عملکرد اسانس بوته در شرایط تنش ملایم و متوسط در مقایسه با شاهد شود. در این تحقیق نشان داده شد که استفاده از سویه‌های مناسب باکتری از جمله ازتوباکتر ۵ و آزوسپیریلیوم ۲۱ می‌تواند در شرایط تنش متوسط و ازتوباکتر ۵ و پسودوموناس ۱۶۹ تولید محصول این گیاه دارویی را افزایش دهد.

جدول ۴- مقایسه میانگین متابولیت‌های سازگاری و خاصیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از سویه‌های مختلف باکتری و تنش کم آبی.

Table 4- Means comparison of acclimation metabolites and antioxidant properties affected by bacteria and water deficit

تنش	سویه	کربوهیدرات **Carohydrate** (mg/gdw)	پرولین **Proline** (mg/gdw)	خاصیت آنتی اکسیدانی **Anti oxidant properties** (µg/ml)	عملکرد اسانس کل **Total essence yield** (g)
	Azoff	26	0.05	55.33	1.96
	F_9	21	0.02	37	1.19
	A_0	23.33	0.03	15.33	1.57
	Azto5	19	0.02	57.33	2.26
S_1	F_{40}	25.33	0.02	48.66	1.28
	Herbas	25	0.04	41	0.97
	P168	23.66	0.02	69.33	0.85
	Azos21	20	0.01	30	1.42
	P169	23	0.04	79.33	1.10
	Azoff	27	0.11	67	2.01
	F_9	28	0.14	43.33	2.23
	A_0	25	0.11	25.66	1.56
	Azto5	24.66	0.14	70.33	2.38
S_2	F_{40}	23.66	0.15	56	2.18
	Herbas	28	0.16	47	2.10
	P168	30	0.17	81	1.35
	Azos21	30.66	0.20	37	2.55
	P169	32	0.15	81.33	1.39
	Azoff	30	0.21	89	2.31
	F_9	28.33	0.22	58	2.62
	A_0	28	0.25	36.66	1.81
	Azto5	31	0.25	86.66	3.64
S_3	F_{40}	32	0.27	76	2.31
	Herbas	27	0.32	70	4.07
	P168	33	0.39	13.66	2.93
	Azos21	32	0.44	48	2.29
	P169	34.32	0.47	15.20	3.23
LSD 0.01		1.03	0.01	6.2	0.43

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abedi, T., Pakniyat, H., 2010. Antioxidantenzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape *(Brassica napus* L.*)*. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 46 (1), 27–34.

Akhondi, M., Safarnejad, A., Lahoti, M., 2006. Effect of drought stress on proline accumulation and changes in elements in Yazdi, Nikshahri and Ranjer alfalfa (*Medicago sativa* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 10(1), 165-174. [In Persian with English Summary].

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO. ISBN 92-5-104219-5

Azcon, R., Ambrosano, E., Goss, M.J., 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with brady *Rhizobium japonicum* and soybean. Mycorrhiza. 16(3), 167-173.

Ebrahimi, A., Naghavi, M.R., Sabokdast, M., 2010. Evaluation and comparison of different species of native atmospheres the amount of chlorophyll, carotenoids, proteins and enzymes. Iranian Journal of Crop Science. 41(1), 57-65. [In Persian with English Summery].

Egamberdiyeva, D., 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology. 36, 184-189.

Egamberdiyevaa, D., Hoflich, G., 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in differentsoils and temperatures. Soil, Biology, Biochemistry. 35, 973–978.

El-Mekawy, M., 2013. Response of *Achiella santolia* to fertilizers under different irrigation intervals. Asian Journal of Crop Science. 5, 155-164.

El-Sayed, H. 1992. Proline metabolism during water stress in sweet pepper *(Capsicum annumL.)* plant. Phyton (Horn, Austria). 32, 255-261.

Ezade, Z., Esnaashare, M., Ahmadvand, G., 2009. The impact drought stress on yield, proline, soluble sugar, chiorophyll, relative water content and the amount of essential oil of peppermint. Journal of Horticultureal Science and Thechnology. 10(3), 347-358.

Good, A.G., Zaplachiniski, S.T., 1994. The effects of drought on free amino acid accumdulation and protein synthesis in Brassica napus. Physiologia Plantarum. 90, 9-14.

Haghirossadat, F., Bernard, F., Kalantar, M., Sheikhha, M.H., Hokmollahi, F., Azimzadeh, M., Hoori, M., 2010. *Bunium persicum* (Black Caraway) of Yazd province: Chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects**.** Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 18(3):284-291. [In Persian with English Summery].

Heidari, M., Karami, A.V., 2013. Examine the effects of stress and strains of mycorrhiza on yield, yield components, chlorophyll and biochemical composition of sunflower. Environmental Stresses in Crop Sciences. 6(1), 17-26. [In Persian with English Summery].

Irrigoyen, J.H., Emerich, D.W., Sanchez Diaz, M., 1992. Water stress induced changes inconcentration of prolin and total soluble sugours in nodulated alfaalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum. 84, 55-63.

Jafarzadeh, L., Omidi, H., Jafari, N., 2010. The effect of drought stress on vegetative grouth, essential oil and proline content of *Calendula officinalis* L., 4th International Conference of Biology, Iran. 1261-1262. [In Persian].

Jaleel, C.A., 2009. Non-enzymatic antioxidant changes in *Withania somnifera* with varying drought stress levels. American-Eurasian Journal of Scientific Research. 4(2), 64-67.

Jalili-Marandi, R., 2011. Physiology environmental stresses and mechanisms of resistance in garden plants. Urmia University Jahad Press. 636 pp. [In Persian].

Jeyaramraja, P.R., Meenakshi, S.N., Kumar, R.S., Joshi, S.D., Ramasubramanian, B., 2005. Water deficit induced oxidative damage in tea *(Camelia sinensis)* plants. Plant Physiology. 162, 413-419.

Kazemi Nasab, A., Yarnia, M., Lebaschy, M.H., Mirshekari, B., Rejali, F., 2015. The response of drought stressed lemon balm (*Melissa officinalis* L.) to vermicompost and PGPR. Biological Forum. 7(1), 1336-1344.

www.SID.ir

Archive of SID

Lal, P., Chhipa, B.R., Kumar, A., 1993. Salt Affected Soil and Crop Production: A Modern Synthesis. Agro Botanical Publishers, India, 375 p.

Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R., 1985. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf in different solvents. Proceedings and Transactions of the Liverpool Biological Society. 11, 591-592.

Lum, M.S., Hanafi, M.M., Rafii, Y.M., Akmar, A.S.N., 2014. Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. The Journal of Animal & Plant Sciences. 24(5), 1487-1493.

Mandal, A., Patra, A.K., Singh, D., Swarup, A., Ebhin Masto, R., 2007. Effect of long-term applicationof manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. Bioresource Technology. 98, 3585–3592.

Mendez, A.M., Castillo, D. del Pozo, A., Matus, I., Morcuende, R., 2011. Differences in stem soluble carbohydrate contents among recombinant chormosome substitution linses *(RCSLs)* of barly under drought in a Mediterranean type Enviroment. Agronomy Research. (Special Issue). 9, 433-438.

Misra, A., Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 7, 51-58.

Nolte, K.D., Hason, A.D., Gage, P.A., 1979. Proline accumulation and methylation to proline betative in citrus implication for genetic engering of stress resistance. Journal of American Horticultural Science. 122, 8-13.

Pessarkli, M., 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 Pages.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., Mohammadi, A., 2006. Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Journal of Agronomy. 5(3), 451-455. [In Persian with English Summery].

Saeedipour, S., 2011. Effect of drought at the post –anthesis stage on remobilization of carbon reservers in two wheat cultivars differing in senescence properties. International Journal of Plant Physiology & Biochemistry. 3(2), 15-24.

Sajid, M., Zahir, N., Zahir, A., Naveed, M., Arshad, M., Shahzad, S.M., 2008. Variation in growth and ion up take of maize dut to inoculation with plant growth promoting rhizobacterium under stress. Soil and Environment. 25(2), 78-84.

Salam, M.A., 1995. Studies of drought resistance in *Sorghum bicolor* L. Muench. Leaf water parameters in different growth stages. Die Bodenkultur. 46, 107-176.

Salama, Z.A., El Baz, F.K., Gaafar, A.A., Fathy Zaki, M., 2015. Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 14, 91-99.

Schutz, M., Fangmeir, E., 2001. Growth and yield response of spring wheat (*Tirticum aestivum l.CV. minaret)* to elevated CO_2 and water limitation. Environmental Pollution. 114, 184 -194.

Selvaraj, T., Chellappan, P., 2006. Arbuscular mycorrhizae: A diverse personality. Eurpean Journal of Agriculture. 7, 349-358.

Sharma, D.K., 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. P: 407.

Subbaro, G., Nam, N.H., Chauhan, Y.S., Johansen, C., 2000. Osmotic adjustment, water relation and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. Journal of Plant Physiology. 157, 651-659.

Tabatabai, J. 2009. Principles of mineral nutrition of plants. Teacher Press, Tabriz. 314 pp. [In Persian].

Taie, H., Salama, Z., Radwan, S., 2010. Potential activity of basil plants as a source of antioxidants and anticancer agents as affected by organic and bio-organic fertilization. notulae botanicae. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38, 121-128.

Tavakoli, M., Aghajani, Z., 2016. The effects of drought stress on the components of the essential oil of *Hyssopus officinalis* L. and determining the antioxidative properties of its water extracts. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 6(2), 31-36.

Vessey, J.K., Sharma A.K., 2003. Plant Growth. Biofertilizer for Sustainable Agriculture. Agrobios *(India)*. 218 pp.

Wijebandara, D.M.D.I., Dasog, G.S., Patti, P.L., Manjuna, P., 2009. Response of rice to

www.SID.ir

Archive of SID

nutrients and biofertilizers under conventional rice intensification methods ofcultivation in tungabhadra command of Karnataka. Karnataka Journal of AgriculturalScience. 22(4), 741-750.

Wise, R.R., Naylor, A.W., 1989. Chilling enchanced photo- oxidation the pexoiedative destruation of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrasrature. Plant Physiology. 83, 278-282

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., Wong, M.H., 2005. Effects of biofertilizer containing N-fix, P, and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma. 125, 155–166.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir