Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۱۴۱-۱۱۵۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1854.1439

مقاله پژوهشی

تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک جو رقم سهند تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

ندا عبادی، رئوف سیدشریفی*، محمد صدقی
گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک جو رقم سهند تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در روستای ویند کلخوران اردبیل اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل سطوح آبیاری (عدم آبیاری (شرایط دیم)، آبیاری تکمیلی در زمان ۵۰ درصد مراحل آبستنی و سنبله دهی) و کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی (شاهد)، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا) بودند. نتایج نشان داد بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی‌فنل‌اکسیداز، پراکسیداز (به ترتیب ۹۹/۹، ۶۶/۹، ۷۸/۲ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه)، محتوای پرولین و قند محلول (به ترتیب ۱۰/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ و ۱۰۵/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر تحت شرایط دیم به دست آمد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به آبیاری تکمیلی در مرحله آبستنی با کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۲۰۶۵ کیلوگرم در هکتار) تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد دانه جو دیم سهند به‌کاربرده شود

واژه‌های کلیدی: **آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ازتوباکتر، پرولین، میکوریزا**

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است (Passioura, 2007) که به‌طور مستقیم فعالیت‌های حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و درنهایت رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Munns, 2002). آبیاری تکمیلی برای افزایش عملکرد در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است (Oweis and Hachum, 2004). سیستم آبیاری تکمیلی، کاربرد اندازه محدودی آب در زراعت دیم، در مراحل بحرانی رشد گیاه است که بارندگی برای تأمین رطوبت کافی و یا رشد بهینه گیاه کم است (Stone and Schlegel, 2006). توبابیسر و همکاران (Tubabicer et al, 2004) اظهار داشتند که بیش‌ترین عملکرد دانه نخود با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی حاصل شد. حمزه‌ای و سیدی (Hamzei and Seyedi, 2013) گزارش کردند که انجام آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه‌ی جو، عملکرد دانه را به ترتیب ۴۵ و ۹۰ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داد.

کاربرد کودهای زیستی یکی دیگر از راه‌کارهای کاهش یا تعدیل اثر ناشی از تنش خشکی در زراعت دیم و افزایش میکروارگانیسم‌های موجود در خاک است. میکوریزا و ازتوباکتر به‌عنوان کودهای زیستی در خاک‌های معدنی فاقد هوموس و فقیر ازنظر فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی،

* نگارنده پاسخگو: رئوف سیدشریفی. پست الکترونیک: aouf_ssharifi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

نقش مهمی در تغذیه‌ی گیاهان ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که این قارچ‌ها می‌توانند فسفر غیرقابل‌جذب را به‌صورت قابل‌جذب در دسترس گیاهان قرار داده و در افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی اثر قابل‌ملاحظه‌ای داشته باشند (Cooper and Tinker, 2003). افزایش تحمل به تنش خشکی و شوری، جذب بهتر مواد غذایی و بهبود ساختمان خاک (Al-Karaki et al, 2004)، افزایش تولید، تجمع پرولین و سایر متابولیت‌ها جهت تنظیم اسمزی در گیاهان مختلف (Khalafallah and Abo-Ghalia, 2008)، بهبود کیفیت فیزیکی (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ)، شیمیایی (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و بیولوژیکی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) نمونه‌هایی از نقش این قارچ در بوم نظام‌های زراعی است (Cardoso and Kuyper, 2006). بهل و همکاران (Behl et al, 2003) اظهار داشتند تلقیح دوگانه میکوریزا و ازتوباکتر موجب افزایش رشد، گسترش سطح برگ پرچم و عملکرد دانه گندم شد.

بررسی‌های انجام‌شده در شرایط تنش خشکی نشان داده است هم‌زیستی با قارچ میکوریزا ضمن افزایش رشد و عملکرد گیاهان، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و محتوای ترکیباتی نظیر پرولین را نسبت به گیاهان تلقیح نشده، بیشتر افزایش می‌دهند (Porcel and Ruiz-Lozano, 2004). افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش موجب محافظت غشای سلولی، پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌شود (Liang et al, 2013). توران و همکاران (Turan et al, 2013) نشان دادند که تلقیح بذر گندم و جو با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد و این امر تحمل بهتر گیاهان به تنش‌های محیطی (Ahmad and Prasad, 2012) و کاهش آثار مخرب تنش‌های اکسایشی را منجر می‌شود (Mandhania et al,2006). پورسل و همکاران (Porcel et al, 2003) در کاربرد میکوریزا در سویای در معرض تنش خشکی، نشان دادند که گیاهان برخوردار از میکوریزا از آسیب اکسیداتیو کمتری از لیپیدها و پروتئین برخوردار بودند.

با توجه به قرارگیری ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک و اهمیت آبیاری تکمیلی و کودهای زیستی در بهبود عملکرد جو دیم و بررسی‌های محدود انجام‌شده در این راستا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توأم آبیاری تکمیلی و کود زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک جو انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در روستای ویند کلخوران اردبیل با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۶۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک است. عامل‌های موردبررسی شامل سطوح آبیاری (شرایط دیم)، آبیاری تکمیلی در زمان ۵۰ درصد مرحله آبستنی، آبیاری تکمیلی در ۵۰ درصد مرحله سنبله‌دهی) و مصرف کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کودهای زیستی (شاهد)، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، کاربرد توأم ازتوباکتر و میکوریزا) بودند. قارچ میکوریزا مورداستفاده از نوع *G. moseae* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد. ازتوباکتر مورداستفاده سویه خالص ۵ *Azotobacter chrococom* strain بود که از موسسه خاک و آب تهیه شد. مشخصات هواشناسی و خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. جو رقم سهند در تاریخ ۱۰ آبان ۱۳۹۵ با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج‌خط کشت به طول دو متر و فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور اطمینان از عدم تداخل آب آبیاری به کرت‌های مجاور، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. برای تلقیح بذر با باکتری موردنظر، از مایه تلقیحی استفاده شد که هر گرم آن دارای ۱۰۷ عدد باکتری زنده و فعال بود. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریزا به روش استاندارد و توصیه‌شده توسط جیانینازی و همکاران (Gianinazzi et al, 2001) انجام شد. در این راستا ۲۰ گرم قارچ در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) استفاده شد. سنجش آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنولاز به روش کارو و میشرا (Karo and Mishra, 1976)، میزان قندهای محلول به روش دابویس و همکاران (Dubios et al, 1956)، استخراج پروتئین کل از برگ با استفاده از روش برادفورد

www.SID.ir

Archive of SID

(Bradford, 1976)، پرولین برگ پرچم با استفاده از روش بیتز و همکاران (l Bates et al., 1973) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین ارتفاع بوته و طول سنبله تعداد ۸ بوته در زمان رسیدگی و برداشت از بوته‌های موجود در مزرعه به صورت تصادفی از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده انتخاب شدند و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس مورداستفاده قرار گرفت. برای تعیین تعداد پنجه سه بوته یکسان ازنظر مرحله رشد (قبل از آبیاری) در خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده انتخاب شد و تعداد پنجه بوته‌ها شمرده‌شده و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. برای مطالعه خصوصیات ریشه در مزرعه در خطوط اصلی هر کرت قبل از کاشت پلاستیک‌هایی قرار داده شد و تراکم کاشت در داخل پلاستیک‌ها مشابه تراکم دیگر خطوط کشت در نظر گرفته شد. در پایان دوره رشد، پس از خارج‌سازی ریشه‌ها، حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد به‌طوری‌که اختلاف حجم ایجادشده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به‌عنوان حجم ریشه منظور گردید. بعدازآن ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شد و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد.

جدول ۱. شرایط جوی ثبت‌شده در طول دوره رشد جو

Table 1. Climatological recorded condition during the period of barley growth

پارامتر parameter	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar	فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul
میانگین حداقل درجه حرارت (C°) Mean of minimum temperature	2.7	-5.1	-3.9	-8.6	-0.8	2.8	8	11.4	14.5
میانگین حداکثر درجه حرارت (C°) Mean of maximum temperature	12.1	4	5.8	0.5	9	12.8	20.1	25.5	26.4
متوسط درجه حرارت (C°) Mean temperature	7.4	0.6-	0.9	-4	4.1	7.8	14	18.5	20.4
میانگین حداقل رطوبت نسبی (٪) Mean of minimum relative humidity	51	44	38	60	45	41	36.9	31	35.1
میانگین حداکثر رطوبت نسبی (٪) Mean of maximum relative humidity	78	72	64	81	71	78	72.4	77.8	64.8
متوسط رطوبت نسبی (٪) Mean of relative humidity	64.7	58.3	50.9	71.3	57.9	59.5	54.6	54.4	49.9
میانگین بارندگی ماهانه (mm) Mean of monthly rainfall (mm)	74.8	104.7	5.7	82.6	17	42.1	26.7	10.9	9.7
میانگین ساعات آفتابی (hour) Mean of sun shine hours	5.1	5.6	7.2	4.6	7.3	6.5	7.8	10.9	10.3
تبخیر Evaporation	35.4	0	0	0	0	21.2	141.2	194	214
میانگین دمای خاک در عمق پنج سانتیمتر Mean of soil temperature (cm)	7.5	0.6	-0.5	-0.9	2.9	9	16	22.9	25.2
میانگین دمای حداقل سطح زمین Mean of minimum temperature in soil surface	0.9	-7.5	-6.8	-12	-5.3	-0.3	4.9	9.2	12.3

جدول ۲. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Physicochemical properties of experimental field

بافت Texture	درصد اشباع SP	pH	Zn	K	P	N	کربن آلی Organic Carbon	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	آهک $CaCO_3$	مشخصه Characteristic
			-----($mg.kg^{-1}$)----				----------(%)----------					
Silty loam	47	7.8	28	212	19.8	0.06	0.62	35	42	23	15	میزان amount

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه از سطحی معادل نیم مترمربع از ردیف‌های اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و Excel استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال آماری یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که آبیاری تکمیلی، کودهای زیستی و ترکیب تیماری این دو عامل بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای پروتئین، پرولین، قند محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز با کاربرد کودهای زیستی هم در شرایط دیم و هم در آبیاری تکمیلی در مراحل سنبله‌دهی و چکمه‌ای شدن افزایش یافت (جدول ۴). بالاترین فعالیت کاتالاز، پلی فنول اکسیداز و پراکسیداز (به ترتیب ۶۶/۹۹،۹/۹ و ۷۸/۲ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر تحت شرایط دیم و کم‌ترین این فعالیت‌ها (به ترتیب ۸۲/۴، ۳۷/۵ و ۵۷/۲ تغییرات جذب در میکروگرم پروتئین بر دقیقه) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و آبیاری در مرحله سنبله‌دهی به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر سطوح آبیاری و کودهای زیستی بر برخی صفات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم سهند.

Table 3. Analysis of variance the effect of irrigation levels and bio-fertilizers on some biochemical traits, yield and yield components of Sahand barley cultivar.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase	پراکسیداز Peroxidase	پروتئین Protein	پرولین Proline	قند محلول Soluble sugars
تکرار Replication	2	5642.8 **	1113.2 **	2084.5 **	52.9 **	20.22 **	2843.4 **
سطوح آبیاری Irrigation (I)	2	385.2 **	1284.6 **	605.2 **	44.8 **	53.32 **	3273.5 **
کودهای زیستی Biofertilizers(Q)	3	38.6 **	123.7 **	58.4 **	5.07 **	7.47 **	381.8 **
آبیاری*کودزیستی I*Q	6	5.64 **	25.4 **	5.84 **	0.44 **	0.69 **	33.4 **
خطای آزمایشی Error	22	1.65	3.74	1.72	0.13	0.16	9.56

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعدادپنجه Number of tiller	حجم ریشه Volume root	وزن ریشه Root weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	63.23**	0.524 **	0.404 ns	998.05 **	13.58 **	2603710 **
سطوح آبیاری Irrigation (I)	2	7.31 ns	7.07**	0.016 ns	42055 **	327.25 **	476403 **
کودهای زیستی Biofertilizers(Q)	3	502.3 **	1.33 **	2.98 **	5062.2 **	30.06 **	32901 **
آبیاری*کودزیستی I*Q	6	1.10 ns	0.26 **	0.022 ns	207.43 **	1.02 **	4694 **
خطای آزمایشی Error	22	2.10	0.075	0.147	51.13	0.25	1308

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر سطوح آبیاری و کودهای زیستی بر برخی صفات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم سهند.

Table 4. Means comparison of the effect of irrigation levels and bio-fertilizers on some biochemical traits, yield and yield components of Sahand barley cultivar

تیمارها	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase	پراکسیداز Peroxidase	پروتئین Protein	پرولین Proline
	---------- (OD µg Protein min^{-1}) ----------			(%)	(µg/gF)
I_1*Q_1	91.8 cd	50.2 c	69.5 c	7.01 i	7.05 c
I_1*Q_2	94.5 b	61.9 b	72.9 b	8.6 h	8.9 b
I_1*Q_3	93.2 bc	59.3 b	72.4 b	8.3 h	8.39 b
I_1*Q_4	99.9 a	66.9 a	78.2 a	9.9 g	10.25 a
I_2*Q_1	86.3 f	41.9 e	61.4 f	11.7 bc	3.41 g
I_2*Q_2	89.07 e	46.3 d	66.8 de	12.3 b	4.54 f
I_2*Q_3	88.6 e	45.6 d	65.2 e	12.1 b	4.01 fg
I_2*Q_4	90.5 de	48.2 cd	68.1 cd	13.1 a	5.78 e
I_3*Q_1	82.4 h	37.5 f	57.2 h	10.2 fg	5.93 e
I_3*Q_2	83.08 gh	39.2 ef	59.1 gh	10.9 de	6.66 cd
I_3*Q_3	83.7 gh	39.8 ef	59.7 fg	10.6 ef	6.12 de
I_3*Q_4	85.04 fg	41.1 e	60.3 fg	11.4 cd	6.85 c
LSD	*2.22*	*3.27*	*2.17*	*0.61*	*0.68*

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

تیمارها	قند محلول Soluble sugars	طول سنبله Spike length	حجم ریشه Volume root	وزن ریشه Root weight	عملکرد دانه Grain yield
	(mg/gfw)	(cm)	(cm^3)	(g/m^2)	(kg/ha)
I_1*Q_1	83.4 c	6.68 g	99.43 h	31.67 i	2065 h
I_1*Q_2	94.9 b	6.77 fg	120.40 g	33.20 h	2172 fg
I_1*Q_3	92.8 b	6.76 fg	112 g	32.45 hi	2161 g
I_1*Q_4	105.7 a	7.11 efg	140 f	35.60 g	2223 ef
I_2*Q_1	57.5 f	7.86 bc	202.20 d	41.58 c	2465 b
I_2*Q_2	62.3 ef	8.12 b	237.80 b	43.01 b	2526 b
I_2*Q_3	60.6 ef	8.02 b	223.70 c	42.56 b	2513 b
I_2*Q_4	64.7 e	9.41 a	280.20 a	47.54 a	2682 a
I_3*Q_1	65.2 e	7.17 ef	145.10 f	36.60 f	2245 de
I_3*Q_2	78.5 cd	7.43 cde	172.13 e	38.03 e	2305 cd
I_3*Q_3	75.1 d	7.33 de	161.83 e	37.58 e	2280 cde
I_3*Q_4	82.9 c	7.79 bcd	195.90 d	40.54 d	2311 c
LSD	*5.23*	*0.465*	*12.109*	*0.853*	*61.25*

I_3, I_1 I_2: به ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله چکمه‌ای شدن و آبیاری در مرحله سنبله‌دهی؛ Q_4, Q_3, Q_2, Q_1 : به ترتیب شاهد، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، میکوریزا و ازتوباکتر. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد ندارند.

I_1, I_2 and I_3 are no irrigation (rain fed), supplementary irrigation at boot stage and supplementary irrigation at heading stage, respectively; Q_1, Q_2, Q_3 and Q_4 are without Biofertilizer, application of Mycorrhiza, Azotobacter, Mycorrhiza + Azotobacter. Means with similar letters in each column are not significantly different at the 0.01 probability level.

در برخی گیاهان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مثل آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در شرایط محدودیت آبی افزایش می‌یابد (Abdel Latef, 2010) و این امر موجب تحمل بهتر گیاهان به تنش‌های محیطی (Ahmad and Prasad, 2012) و کاهش آثار مخرب تنش‌های اکسایشی می‌شود (Mandhania et al, 2006). محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد کودهای بیولوژیکی به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی منجر به بهبود تحمل گیاهان به خشکی و شوری می‌شود و به گیاهان این امکان را می‌دهد تا در چنین محیط‌هایی زنده بمانند (Ma et al, 2011). گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد، قارچ‌های میکوریزا گیاهان را در برابر گونه‌های فعال اکسیژنی تولیدشده در شرایط تنش، محافظت می‌کند (Khalafallah and Abo-Ghalia, 2008). وانگ و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (Wang et al, 2012) نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد، فعالیت آنزیمی را افزایش و تخریب اکسیداتیو ناشی از خشکی را تعدیل می‌کنند. پورسل و ریزلوزانو (Porcel and Ruiz-Lozano, 2004) افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را در کاربرد میکوریزا عنوان کردند. نوریه و همکاران (Noorieh et al, 2013) بیان کردند که گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد، با افزایش آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی منجر به حفاظت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی می‌شود.

پروتئین

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین پروتئین برگ پرچم (۱۳/۰۶ درصد) از ترکیب تیماری کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر در شرایط آبیاری در مرحله چکمه‌ای شدن و کم-ترین آن (۷/۰۱ درصد) از عدم تلقیح بذر با کودهای زیستی تحت شرایط دیم به دست آمد (جدول ۴). بالا بودن درصد پروتئین برگ و محتوای کلروفیل در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن نسبت به سایر تیمارها احتمالاً ناشی از افزایش محتوای کلروفیل برگ و جلوگیری از تجزیه‌ی آن باشد. به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی، نتیجه‌ی واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد و یا نتیجه‌ی افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ی پروتئین باشد (Ranjan et al,2001).

پرولین

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد حداکثر پرولین (۱۰/۲۵ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر تحت شرایط دیم به دست آمد (جدول ۴). تجمع پرولین و سایر اسمولیت‌ها برای حفظ تورژسانس سلول‌های گیاهی، قسمتی از مکانیسم مقاومت در برابر تنش خشکی است (Huang and Gao, 2000) و می‌تواند علاوه بر نقش اسمولیتی که در تعادل اسمزی دارد، در پایداری ساختارهای زیر سلولی (غشاها و پروتئین‌ها)، خنثی سازی رادیکال‌های آزاد و تنظیم پتانسیل ردوکس در شرایط تنش با اهمیت باشد. تجمع پرولین تحت شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش اکسیداسیون پرولین یا تحریک سنتز آن از گلوتامات یا افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز باشد (Sharma and Kuhad, 2006). پرولین تجمع یافته تحت تنش‌های محیطی واکنش‌های بیوشیمیایی را محدود نمی‌کند و طی تنش اسمزی نقش یک محافظ اسمزی را ایفا می‌کند؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که پتانسیل اسمزی پایین در بافت‌ها می-تواند ناشی از تجمع پرولین باشد (Cicek and Cakirlar, 2002). گوسان و همکاران (Gusain et al, 2015) اظهار داشتند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش محتوای پرولین شد. اسرار و همکاران (Asrar et al, 2012) اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا محتوای پرولین را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. میتی و همکاران (Maiti et al, 2002) نیز گزارش کردند زمانی که گیاهان در معرض محدودیت آبی قرار می‌گیرند، مقدار پرولین و قندهای محلول برگ‌ها افزایش می‌یابد و با تجمع پرولین به‌عنوان اسمولیت غیر سمی به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی واکوئل‌ها موجب می‌شود تحمل گیاه در برابر تنش افزایش یابد.

قند محلول

مقایسه میانگین‌ها داده‌ها نشان داد حداکثر مقدار قند محلول (۱۰۵/۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر تحت شرایط دیم به دست آمد (جدول ۴). همچنین، کم‌ترین مقدار آن (۵۷/۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن به دست آمد (جدول ۴). ناصم و بانو (Naseem and Bano, 2014) اظهار داشتند که تلقیح بذر گیاهان با باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش غلظت قندهای محلول می‌شود. افزایش قندهای محلول تحت تنش، نشان‌دهنده این است که میزان تنظیم اسمزی در اندام‌های در حال رشد به تأمین متابولیت‌ها بستگی دارد، زیرا این عمل با صرف انرژی همراه است و ترکیبات کربن‌دار برای تولید متابولیت‌ها به تداوم فتوسنتز وابسته هستند. علت تجمع قندهای محلول در طی تنش این است که قندهای نامحلول نشاسته تجزیه‌شده و قندهای محلول را ایجاد می‌کند تا پتانسیل اسمزی را حفظ کرده و خطر دهیدراتاسیون را کاهش دهند (Parvaiz and Satyawati, 2008). معمولاً گیاهان برخوردار از میکوریزا با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون میکوریزا، قادرند از شرایط تنش خشکی به‌طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند، درنتیجه میزان پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون میکوریزا افزایش کمتری نشان می‌دهد (Ruiz-Lozano, 2003).

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که آبیاری تکمیلی، کودهای زیستی و ترکیب تیماری این دو عامل بر صفات موردبررسی نظیر طول سنبله، حجم و وزن ریشه و عملکرد دانه در سطح احتمال آماری یک درصد اثر معنی‌داری داشت.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۷۱/۶۸ سانتی‌متر) در شرایط کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم-ترین آن (۵۴/۱۵ سانتی‌متر) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی بر ارتفاع بوته و تعداد پنجه رقم جو سهند

Table 5. Means comparison of biofertilizers effect on Sahand barley cultivar plant height and number of tillers

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد پنجه Number of tiller
Q_1	54.15 ^{d}	1.30 ^{c}
Q_2	64.58 ^{b}	2.07 ^{b}
Q_3	59.46 ^{c}	1.74 ^{b}
Q_4	71.68 ^{a}	2.6 ^{a}

Q_4, Q_3, Q_2, Q_1: به ترتیب شاهد، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، میکوریزا و ازتوباکتر

Q_1, Q_2, Q_3 and Q_4 are no Biofertilizer, application of Mycorrhiza, Azotobacter, Mycorrhiza and Azotobacter.

به نظر می‌رسد که هم‌زیستی قارچ میکوریزا با ریشه‌ی جو از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب بهبود برخی اجزای رشدی نظیر ارتفاع بوته شده است. محققان افزایش ارتفاع بوته درنتیجه‌ی کاربرد کودهای زیستی را به افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد ازجمله جیبرلین و اکسین‌ها نسبت دادند (Seyed Sharifi and Namvar, 2016). نتایج این بررسی نیز حاکی از افزایش وزن و حجم ریشه به‌واسطه‌ی تلقیح بذر با کودهای زیستی بود (جدول ۴). ازاین‌رو به‌نظر می‌رسد فراهم بودن عناصر غذایی و تولید و ترشح هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین درنتیجه‌ی استفاده از کودهای زیستی، از طریق افزایش طول میانگره‌ها موجب افزایش ارتفاع بوته جو شد. گزارش شده است که تولید ایندول اسید استیک توسط میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با تحریک رشد گیاهان و افزایش جذب عناصر غذایی موجب بهبود برخی صفات رشدی ازجمله ارتفاع بوته می‌شود (Dobbelaere et al, 2003).

طول سنبله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین طول سنبله (۹/۴۱ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن و کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۶/۶۸ سانتی‌متر) در حالت عدم آبیاری و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). به بیانی دیگر انجام آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌دهی با کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا توانست طول سنبله را نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش دهد.

تعداد پنجه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد پنجه (۲/۶) در کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (۱/۳) در حالت عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۵). تلقیح بذر با کودهای زیستی (میکوریزا و ازتوباکتر) تعداد پنجه را افزایش داد. به نظر می‌رسد علت آن می‌تواند با تأمین مواد غذایی توسط ریشه‌ها در ارتباط باشد. بنرجی و همکاران (Banerjee et al, 2006) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد به دلیل افزایش سطح ریشه موجبات دسترسی بیش‌تر گیاه به آب و مواد غذایی و درنهایت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد را فراهم می‌آورند.

حجم و وزن ریشه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین حجم و وزن ریشه (به ترتیب ۲۸۰/۲۰ سانتی‌متر مکعب و ۴۷/۵۴ گرم در مترمربع) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن و کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین آن (به ترتیب ۹۹/۴۳ سانتی‌متر مکعب و ۳۱/۶۷ گرم در مترمربع) در حالت عدم آبیاری و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). قارچ میکوریزا از طریق تغییر در ساختار ریشه و افزایش طول ریشه موجب بهبود جذب آب می-شود (Manoharan et al, 2008). نتایج مشابهی توسط بنرجی و همکاران (Banerjee et al, 2006) مبنی بر افزایش سطح ریشه گیاه به‌واسطه کودهای زیستی گزارش شده است

www.SID.ir

Archive of SID

که می‌تواند بیانگر رابطه تقویتی (سینرژیستی) ترکیب میکوریزا و ازتوباکتر با یکدیگر برای افزایش وزن و حجم ریشه جو باشد. ندیم و همکاران (Nadeem et al, 2010) اظهار داشتند که تلقیح بذر با کودهای زیستی ساخت اتیلن داخلی را کاهش داده که نتیجه‌ی آن تحریک و افزایش رشد ریشه و وزن خشک ریشه خواهد شد و ازاین‌رو تحمل گیاه به تنش افزایش می‌یابد. فنگ و همکاران (Feng et al, 2002) در بررسی تأثیر کودهای زیستی بر میزان تحمل به خشکی ذرت، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی درنتیجه هم‌زیستی با میکوریزا افزایش یافت. آن‌ها این موضوع را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقدار الکترولیت در ریشه‌ها و ظرفیت بالای چنین گیاهانی برای تنظیم اسمزی نسبت دادند.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن با کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و کم‌ترین مقادیر این صفات تحت شرایط دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی به دست آمد (جدول ۴). به بیانی دیگر انجام آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن با کاربرد ازتوباکتر و میکوریزا توانست عملکرد دانه را ۲۹/۸ درصد نسبت به زراعت دیم و عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش دهد. کالدرینی و اورتیز موناستریو (Calderini and Ortiz-Monasterio, 2003) گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه با آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی به دست آمد و با تأمین رطوبت و برآورد نیازهای تغذیه‌ای گیاه طی مراحل حساس رشدی جو، تعداد مناسب سنبلچه در سنبله و گلچه در سنبلچه تشکیل می‌شود. یانگ و همکاران (Yang et al, 2001) نیز گزارش کردند که تنش در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه، به‌شدت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. کاسان و همکاران (Cassan et al, 2009) بخشی از بهبود عملکرد دانه ذرت و سویا در شرایط کاربرد کودهای زیستی را به توانایی تولید هورمون‌های اکسین و جیبرلین توسط این باکتری‌ها نسبت دادند. درواقع کودهای زیستی با توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش قابلیت دسترسی بیش‌تر به آب و مواد غذایی (Gusain et al, 2015) موجبات افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازند.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم، به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پرولین و قندهای محلول منجر شد. کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن، عملکرد و بیشتر صفات مرتبط با عملکرد را نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۶۸۲ و ۲۰۶۵ کیلوگرم در هکتار) در زمان آبیاری تکمیلی در مرحله چکمه‌ای شدن با کاربرد توأم میکوریزا و ازتوباکتر و عدم کاربرد کودهای زیستی تحت شرایط دیم به دست آمد. گرچه تحت شرایط دیم وجود تغییرات زیاد در شاخص‌های مختلف آب و هوایی ازنظر مقدار و پراکنش بارندگی‌ها، سرما، گرما و دیگر پارامترهای جوی در طی سال‌های مختلف، موجب می‌شود که با یک‌بار آزمایش و در یک سال زراعی (که ممکن است شرایط آب و هوایی آن با سال‌های قبل و یا آتی تفاوت بسیاری داشته باشد) نتوان به نتایج قطعی دست‌یافت و لازم است آزمایش به‌صورت چندساله اجرا شود، ولی به نظر می‌رسد تحت شرایط موردبررسی در سال آزمایش، کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی می‌تواند به‌عنوان راه‌حل مناسبی برای تعدیل اثر ناشی از محدودیت آبی در جو سهند تحت شرایط دیم توصیه شود.

منابع

Abdel Latef, A.A., 2010. Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. Cereal Research Communications. 38, 43-55.

Ahmad, P., Prasad, M.N.V., 2012. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer, New York Dordrecht Heidelberg London.

Al-Karaki, G.N., McMichael, B., Zak, J., 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14, 263-269.

Asrar, A.A., Abdel-Fattah, G.M., Elhindi, K.M., 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirhinum majus* L.) plants grown under well-watered and

www.SID.ir

Archive of SID

water stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. Photosynthetica. 50, 305–316.

Banerjee, M.R., Yesmin,L., Vessey, J.K., 2006. Plant-growth- promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In: Rai, M.K. (ed.), Handbook of Microbial Biofertilizers. Food Production Press, U.S.A. pp. 137-181.

Bates, I.S., Waldern, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207

Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., Singh, K.P., 2003. Effect of dual inoculation of mycorrhiza and Azotobacter on above flag leaf characters in wheat. Archive of Agronomy and Soil Science. 49, 25 – 31.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72, 248-254.

Calderini, D.F., Ortiz-Monasterio I., 2003. Grain position affects grain macronutrient and micronutrient concentrations in wheat. Crop Science. 43, 141-151.

Cardoso, I.M., Kuyper, T.W., 2006. Mycorrhizal and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment. 116, 72-84.

Cassan, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C., Luna, V., 2009. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L). European Journal of Soil Biology. 45, 28- 35.

Çiçek, N., Çakirlar, H., 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 28, 66-74.

Cooper, K.M., Tinker, P.B., 2003. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhiza. Uptake and translocation of phosphorus, zinc and sulfur. New Phytologist. 81, 43-52.

Dobbelaere, S., Anderleyden, J.V., Yaacov Okon, Y., 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews in Plant Sciences. 22, 107-149.

Dubios, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Roberts, P.A., Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annals of Chemistry, 28, 350-356.

Feng, G., F. S. Zhang, C. Y. Tian, C. Tang, Z. Rengel, 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza. 12, 185-190.

Gianinazzi,S., Schuepp, H., Barea, J.M., Haselwandter, K., 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza. 13, 53-54. Lovato, P. Book review.

Gusain, Y.S., Singh, U.S., Sharma, A.K., 2015. Bacterial mediated amelioration of drought stress in drought tolerant and susceptible cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Biotechnology. 14, 764-773.

Hamzei, J., Seyedi, M., 2013. Response of yield and yield components of barley cultivars to supplementary irrigation under rainfed condition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 23, 159-168. [In Persian with English summary].

Huang, B., Gao, H., 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivar. Crop Science. 40, 196-203.

Karo, M., Mishra, D., 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activity during rice leaf senescence. Plant Physiology. 57, 315-319.

Khalafallah, A.A., Abo-Ghalia, H.H., 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research. 4, 559-569.

Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K., Becker, D. F., 2013. Proline Mechanisms of Stress Survival. Antioxidant and Redox Signaling Journal. 19, 998–1011.

Ma, Y., Prasad, M. N.V., Rajkumar, M., Freitas, H., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. Biotechnology Advances. 29, 248-258.

Mandhania, S., Madan, S., Sawhney, V., 2006. Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum. 50, 227-231.

www.SID.ir

Archive of SID

Maiti, R. K., Moreno-limon, S., Wesche-ebeling, P., 2002. Responses of some crops to various abiotic stress factors and its physiological and biochemical basis of resistances. Agricultural Reviews. 21, 155-167.

Manoharan, P., Pandi, M., Shanmugaiah, V., Gomathinayagam, S., Balasubramanian, N., 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiology and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. African Journal of Biotechnology. 7, 3431-3436

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25, 239-250.

Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Ashraf, M., 2010. Microbial ACC-deaminase: prospects and applications for inducing salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 29, 360-393.

Naseem, H., Bano, A., 2014. Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize. Journal of Plant Interactions. 9, 689-701.

Noorieh, B., Arzanesh, M.H., Mahlegha, G., Maryam, S., 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters, antioxidant enzymes and microelements of canola under salt stress. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 3, 17-27.

Oweis, T., Hachum, A., 2004. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity for dry farming systems in West Asia and North Africa. ICARDA. Aleppo. Syria for Presentation at the 4th International Crop Science Congress 26th Sept. to 1st Oct.

Parvaiz, A., Satyawati, S., 2008. Salt stress and phyto-blochemical responses of plants. Plant Soil and Environment. 54, 89-99.

Passioura, J.B., 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany. 58, 113-117.

Porcel, R., Barea, J.M., Ruiz-Lozan, J.M., 2003. Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress and their possible relationship to the process of nodule. New Phytology. 157, 135–143

Porcel, R., 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, 1743–50.

Ranjan, R., Bohra, S.P., Jeet, A.M., 2001. Plant Senescence. Jodhpur, Agrobios, pp.18-42.

Ruiz-Lozano, J.M., 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress, new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza. 13, 309-317.

Seyed Sharifi, R., Namvar, A., 2016. Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardebil press. Ardebil. PP. 263. [In Persian].

Sharma, K.D., Kuhad, M.S., 2006. Influence of Potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of Brassica Species (*Brassica napus* L.). Brassica Journal 8, 71-74.

Stone, L.R., Schlegel, A.J. 2006. Yield–water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. Agronomy Journal, 98, 1359-1366.

Tuba Bicer. B., Narin Kolenderand, A., Akar, D.A., 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. Journal of Agronomy Asian Network for scientific Information. 3, 154-158.

Turan, M., Gulluce, M., Çakmak, R., Şahinm, F., 2013. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. Journal of Plant Nutrition, 731-748.

Wang, C.J., Yang, W., Wang, C., G.u, C., Niu, D.D., Liu. H.X., Wang, Y.P., Guo, J.H., 2012. Induction of drought tolerance in cucumber plants by a consortium of three plant growth-promoting rhizobacterium strains. Plos one, 7, e52565.

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q., Liu, L., 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal, 93, 196-206

www.SID.ir