

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

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک جو رقم سهند تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، آزمایش فاکتوری در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در روستای ویند کلخوران اردبیل اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی 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، پلی فنل اکسیداز، 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 میلی گرم 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. از این رو به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای افزایش عملکرد دانه جو دیم سهند به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، ازتوباکتر، پرولین، میکوریزا

مقدمه

(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 راه کارهای کاهش یا تعدیل اثر ناشی از تنش خشکی در زراعت دیم و افزایش میکروارگانیسم‌های موجود در خاک است. میکوریزا و ازتوباکتر به عنوان کودهای زیستی در خاک‌های معدنی فاقد هوموس و فقیر از نظر فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی،

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا است (Passioura, 2007) که به طور مستقیم فعالیت‌های حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و در نهایت 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

زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک جو انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به صورت 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 مورد بررسی 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 مورد استفاده از نوع *G. moseae* بود که از شرکت زیست فناوریان توران تهیه شد. ازتوباکتر مورد استفاده سویه خالص ۵ *Azotobacter chroococom strain* بود که از موسسه خاک و آب تهیه شد. مشخصات هواشناسی و خصوصیات فیزیکی 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 پنج خط کشت به طول دو متر و فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتی‌متر بود. به منظور اطمینان از عدم تداخل آب آبیاری به کرت‌های مجاور، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. برای تلقیح بذر با باکتری مورد نظر، 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 بذر ها به مدت دو ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. تلقیح با قارچ میکوریزا به روش استاندارد و توصیه شده 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 میشر (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

نقش مهمی در تغذیه‌ی گیاهان ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که این قارچ‌ها می‌توانند فسفر غیر قابل جذب را به صورت قابل جذب در دسترس گیاهان قرار داده و در افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی اثر قابل ملاحظه‌ای 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 ریشه‌های 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 انجام شده 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 (Mandhanian 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 انجام شده در این راستا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر توأم آبیاری تکمیلی و کود

(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 رقابت‌کننده انتخاب شدند و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین تعداد پنجه سه بوته یکسان از نظر مرحله رشد (قبل از آبیاری) در خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت‌کننده انتخاب شد و تعداد پنجه بوته‌ها شمرده شده و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل 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 ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به‌عنوان حجم ریشه منظور گردید. بعد از آن 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 ثبت شده در طول دوره رشد جو

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

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

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Physicochemical properties of experimental field

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	درصد				
Characteristic	CaCO ₃	Clay	Silt	Sand	Organic Carbon	N	P	K	Zn	pH
میزان	amount	----- (%) -----					---- (mg.kg ⁻¹) ----			
Silty loam	15	23	42	35	0.62	0.06	19.8	212	28	7.8

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).

عملکرد دانه از سطحی معادل نیم مترمربع از ردیف‌های اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد شد. برای تجزیه و تحلیل 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.

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	تعداد پنجه 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 $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

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

تیماها	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

تیماها	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

I₁, I₂ and I₃: به ترتیب عدم آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله چکمه‌ای شدن و آبیاری در مرحله سنبله‌دهی؛ Q₁, Q₂, Q₃ و Q₄: 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.

I₁, I₂ and I₃ are no irrigation (rain fed), supplementary irrigation at boot stage and supplementary irrigation at heading stage, respectively; Q₁, Q₂, Q₃ and Q₄ 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.

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

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 (Mandhanian et al, 2006). محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد کودهای

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 می‌تواند 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).

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 کم‌ترین 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

میکروارگانسیم‌های موجود در ریزوسفر مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با تحریک رشد گیاهان و افزایش جذب عناصر غذایی موجب بهبود برخی صفات رشدی از جمله 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 می‌شود (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.

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 کم‌ترین 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

Q₁, Q₂, Q₃ و Q₄: به ترتیب شاهد، کاربرد میکوریزا، ازتوباکتر، میکوریزا و ازتوباکتر

Q₁, Q₂, Q₃ and Q₄ 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 در نتیجه‌ی کاربرد کودهای زیستی را به افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید هورمون‌های رشد از جمله 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). از این‌رو به‌نظر می‌رسد فراهم بودن عناصر غذایی و تولید و ترشح هورمون‌های محرک رشد نظیر اکسین در نتیجه‌ی استفاده از کودهای زیستی، از طریق افزایش طول میانگرمه‌ها موجب افزایش ارتفاع بوته جو شد. گزارش شده است که تولید ایندول اسید استیک توسط

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 وجود تغییرات زیاد در شاخص‌های مختلف آب و هوایی از نظر 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.

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 در نتیجه 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

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 (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and

- 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 proline 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., Sgroi, 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., Çakırlar, 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.

- 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., Mahlegah, 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-biochemical 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