

## بررسی تاثیر کم آبیاری و کودهای فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم سورگوم دانه‌ای (کیمیا و سپیده)

محیا انصاری جونی<sup>۱</sup>، محمدرضا چائی چی<sup>۲\*</sup> و سید محمدرضا احتشامی<sup>۳</sup>  
۱، ۲، دانشجوی دکتری و دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳، استادیار دانشگاه گیلان  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۴ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱/۳۱)

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی فسفر و همچنین کم آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو رقم سورگوم دانه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به اجرا درآمد. کرت‌های اصلی به رژیم‌های آبیاری در دو سطح: آبیاری کامل (IR<sub>N</sub>) و کم آبیاری به صورت آبیاری کامل تا مرحله ۶-۸ برگگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه (IR<sub>S</sub>)، کرت‌های فرعی به عامل رقم در دو سطح: سورگوم دانه‌ای رقم کیمیا (KI) و سورگوم دانه‌ای رقم سپیده (SP) و کرت‌های فرعی به سیستم‌های کودی در چهار سطح: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک (P<sub>0</sub>)، کود شیمیایی فسفر (P<sub>100</sub>)، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا (M+Ps) و تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا + ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر (P<sub>50</sub>+M+Ps) اختصاص یافتند. نتایج تحقیق نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری کامل را رقم سپیده و با کاربرد کود تلفیقی و در شرایط کم آبیاری نیز مجدداً رقم سپیده با کاربرد کود تلفیقی و بیولوژیک تولید کرد. در بررسی اثر تیمارها بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه را در شرایط آبیاری کامل کود شیمیایی (۱۱۶۹۴ kg/ha) و در شرایط کم آبیاری کودهای تلفیقی ۹۴۷۹ و بیولوژیک ۹۱۸۶ کیلوگرم/هکتار تولید کردند. در بین دو رقم مورد آزمایش در مجموع رقم کیمیا از ۸ درصد عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با رقم سپیده برخوردار بود. در رابطه با میزان فسفر و پروتئین خام دانه نتایج نشان داد که رقم کیمیا از میزان فسفر دانه بیشتر اما پروتئین خام دانه کمتری در مقایسه با رقم سپیده برخوردار بود. تنش کم آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار فسفر دانه رقم سپیده شد در حالیکه این تنش تاثیری بر محتوای فسفر دانه رقم کیمیا نداشت. نتایج این تحقیق نشان داد که روش کم آبیاری منجر به صرفه جویی ۴۱ درصدی آب آبیاری شد در حالیکه تنها ۱۷ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. این مطلب کارایی بالای این روش کم آبیاری و سودمندی آن برای کشاورزی ایران را نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** باکتری‌های حل‌کننده فسفات، سودوموناس، میکوریزا، فسفر دانه، پروتئین خام دانه

### مقدمه

مهم‌ترین چالش پیش روی کشاورزی امروز جهان، تامین آب کافی برای تولید غذا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران است. در مناطقی که

تنش خشکی، شدیدترین تهدید برای امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود (Farooq et al., 2008) و

مفید خاکزی نیز می‌توان به قارچ‌های میکوریزی اشاره کرد. مهم‌ترین و معتبرترین تاثیر رابطه همزیستی میکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی و بویژه فسفر در گیاه میزبان است. این تاثیر بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می‌باشد (Ibijbjen et al., 1995). چون باکتری‌های سودوموناس و قارچ‌های میکوریزا موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می‌شوند، می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از کودهای شیمیایی فسفر مصرف شده در اکوسیستم‌های زراعی باشند (Mukerji & Chamola, 2003). در تحقیقی اثر متقابل باکتری‌های حل‌کننده فسفات (جنس سودوموناس) و قارچ‌های میکوریزائی و تاثیر آنها بر روی جذب نیتروژن و فسفر و عملکرد سورگوم در مقایسه با شاهد بدون تلقیح انجام شد. افزایش عملکرد در تلقیح با قارچ + باکتری، ۶ تا ۸ درصد بیشتر از تلقیح با باکتری به تنهایی و ۲۸ تا ۳۰ درصد بیشتر از تلقیح با قارچ به تنهایی بود (Mikanova & Novakova, 2002). همزیستی میکوریزی همچنین مقاومت گیاه میزبان را به تنش خشکی افزایش می‌دهد. افزایش مقاومت گیاه ممکن است با افزایش جذب فسفر توسط گیاه در خاک‌هایی که مقدار فسفر قابل دسترس خاک کم است مرتبط باشد. برخی محققین نیز معتقدند که میکوریزا، روابط آبی گیاه را اصلاح و باعث افزایش جذب آب از خاک می‌شود (Davies et al., 1992). کاربرد این میکروارگانیسم‌ها می‌تواند در شرایط تنش خشکی، کاهش عملکرد گیاهان زراعی را تا حدودی تعدیل نماید و مقاومت گیاه را به تنش خشکی افزایش دهند (Celebi et al., 2010). Feng et al. (2002) در تحقیق خود بر روی تاثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت همزیست با میکوریزا مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجه همزیستی با میکوریزا (جنس گلوموس) افزایش یافت. آنها این موضوع را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقدار الکترولیت‌ها در ریشه نسبت دادند و آن را ناشی از ظرفیت بالای چنین گیاهانی برای تنظیم اسمزی

کشاورزان با محدودیت آب روبرو هستند راهکارهای مختلفی برای افزایش تولید ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به کم‌آبیاری اشاره نمود. کم‌آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب است که طی آن به گیاهان زراعی اجازه داده می‌شود تا مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل کنند (Wang et al., 2001). عملکرد گیاهان تحت تاثیر زمان اعمال کم‌آبیاری قرار می‌گیرد و موفقیت نسبی در کم‌آبیاری کاملاً بستگی به عدم برخورد مراحل حساس فنولوژیکی گیاه به تنش خشکی دارد (Kirda, 2000). بنابراین برای اجرای موفقیت آمیز روش کم‌آبیاری، شناخت مراحل حساس نمو امری ضروری است.

فسفر یک عنصر ضروری برای تمام اندام‌های زنده از جمله اندام‌های گیاهی می‌باشد که چندین نقش کلیدی در گیاه ایفا می‌کند. کود شیمیایی فسفر اصلی‌ترین منبع تامین فسفر در کشاورزی است ولی تقریباً ۷۵ تا ۹۰ درصد از کود فسفر اضافه شده به خاک توسط کمپلکس‌های آهن، آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌شود (Turan et al., 2006). مصرف بی‌رویه این نهاده‌های شیمیایی نه تنها سبب کاهش پایداری در کشت‌بوم‌های زراعی می‌شود بلکه مطالعات بلندمدت نشان می‌دهند که استفاده فشرده از این کودها عملکرد گیاهان زراعی را نیز به مرور کاهش می‌دهد. در نظام‌های کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای برای حفظ و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک با استفاده از نهاده‌های طبیعی و ارگانیک قائل می‌شوند (Sharma, 2004). تعداد بسیار زیادی از باکتری‌ها و قارچ‌های خاک این توانایی را دارند که فسفات معدنی خاک را حل کرده و به فرم قابل جذب برای گیاه تبدیل نمایند (Egamberdiyeva et al., 2003) که اصطلاحاً میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (PSM) نامیده می‌شوند. از جمله این میکروارگانیسم‌ها می‌توان به باکتری‌های جنس سودوموناس اشاره نمود. از مهم‌ترین مکانیسم‌های عمل این باکتری‌های محرک رشد حل کردن فسفات معدنی خاک، سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس‌کننده آهن (Meyer, 2000)، تغییر در الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی (Rashid et al., 2004)، افزایش سطح ریشه (Lucy et al., 2004) و غیره می‌باشد. از دیگر میکروارگانیسم‌های

می دهد که کربوهیدرات بیشتری را ذخیره کرده و در نتیجه بیوماس گیاه افزایش می یابد. با توجه به مطالب ذکر شده، استفاده از سیستم‌های کم‌آبیاری در کنار استفاده از کودهای بیولوژیک فسفر ترکیب مناسبی از یک مدیریت پایدار برای تولید محصول در شرایط محدودیت آب و حاصلخیزی خاک را فراهم می نماید. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر کم‌آبیاری و کودهای فسفر بر پاره ای از خصوصیات رویشی و عملکرد کمی و کیفی دانه در دو رقم سورگوم دانه‌ای بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج اجرا گردید. برخی از خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک (عمق ۳۰-۰ سانتیمتر)

Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Cu	Mn	Zn	Fe	k	P	N کلاس % بافت	sand	silt	Clay	OC	Ec Ds/m	PH	
(meg/l) محلول			(mg/kg) قابل جذب							%					
۳/۳	۱۱/۵	۲/۷۵	۳۶	۲/۴	۱۲/۲	۱۰۹	۱۶/۲	۰/۰۸	c.1	۳۶	۳۵	۲۹	۰/۸۳	۱/۸۳	۸/۳

(*Glomus intraradices fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) + ۵۰٪ کود شیمیایی فسفر (P<sub>50</sub>+M+Ps) و تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا (M+ Ps) اختصاص یافتند.

سطح کم‌آبیاری اجرا شده در این تحقیق بر اساس نتایج به دست آمده از طرح‌های تحقیقاتی پیشین بوده است که در آنها این سیستم کم‌آبیاری به عنوان بهترین سطح کم‌آبیاری بر اساس مراحل فنولوژیکی رشد سورگوم معرفی شده که توانسته کمترین اثرات سوء را بر عملکرد این گیاه داشته باشد (Khalili, 2005). در واقع در مراحلی که گیاه سورگوم نیاز آبی بالایی دارد آبیاری انجام شد و در مراحلی که حساسیت کمتری به تنش خشکی دارند آبیاری آن مراحل حذف گردید. بر این اساس تعداد دفعات آبیاری در شرایط آبیاری کامل ۱۷ و کم آبیاری ۱۰ مرتبه شمارش شد.

دانستند. از طرف دیگر باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا احتمالاً از طریق سازوکارهایی از قبیل تولید مواد تنظیم کننده رشد، مهار عوامل بیماری‌زای گیاهی و بهبود تغذیه گیاه در افزایش وزن خشک بوته موثر هستند. Celebi et al. (2010) در بررسی تاثیر قارچ میکوریزا بر شاخص‌های رشد ذرت تحت شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری مشاهده کردند که استفاده از میکوریزا منجر به افزایش عملکرد نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط کم‌آبیاری شد. Wu & Xia (2006) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی گیاهان عالی مولکول‌های کوچکی که شامل مواد آلی محلول (قندهای آلی، پرولین و ...) و یون‌های غیرآلی (کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ...) هستند را ذخیره می‌کنند و تجمع این مولکول‌ها در گیاهان تیمار شده با میکوریزا موجب تنظیم اسمزی بیشتر شده و به این گیاهان اجازه

آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۶ تیمار انجام شد. کرت‌های اصلی به سیستم‌های آبیاری در دو سطح شامل: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (IR<sub>N</sub>) و کم آبیاری به صورت آبیاری کامل تا مرحله ۸-۶ و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۲-۱۰ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه (IR<sub>S</sub>)، کرت‌های فرعی به عامل رقم در دو سطح شامل: سورگوم دانه‌ای رقم کیمیا (KI) و سورگوم دانه‌ای رقم سپیده (SP) و کرت‌های فرعی فرعی به سیستم‌های کودی در چهار سطح شامل: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک (P<sub>0</sub>)، استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (P<sub>100</sub>)، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas*)

پس از جدا نمودن برگها از ساقه در پاکت های کاغذی به طور جداگانه، در آون ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. پس از گذشت مدت زمان مذکور نمونه ها وزن گردید. عملیات برداشت پس از رسیدن دانه ها صورت گرفت. بعد از حذف حاشیه با استفاده از کواترات ۱ متر مربعی از ۲ خط میانی هر کرت بوته ها به صورت کامل و همراه با ریشه (تا عمق ۳۰ سانتیمتری) از خاک خارج شدند. پس از خروج کامل بوته از خاک، گیاهان به آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی منتقل شدند و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تیمارهای مختلف اندازه گیری شد. همچنین میزان نیتروژن دانه با استفاده از روش کدال و درصد فسفر دانه با استفاده از روش اسپکتوفتومتر اندازه گیری شد.

آنالیز واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون دانکن با سطح احتمال ۵ درصد و نرم افزار MSTATC استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول ۲ و مقایسه میانگین های اثرات ساده و متقابل تیمارها در جدول ۳ درج گردیده است. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری، رقم و کود که معنی دار شده اند به شرح زیر، صفت به صفت مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

به منظور تامین فسفر مورد نیاز تیمارهایی که بایستی در آنها از کود شیمیایی فسفر استفاده می شد بر اساس نتیجه آزمون خاک، کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل پیش از کاشت و بصورت نواری در فاصله ۵ سانتی متری در زیر بذرها قرار داده شد. باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا استفاده شده در این تحقیق از موسسه تحقیقات خاک و آب واقع در کرج تهیه گردید. برای تلقیح ابتدا بذرها در داخل یک کیسه پلی اتیلنی ریخته شدند. پس از آغشته نمودن کامل سطح بذور با ماده چسباننده (CMC)، باکتری سودوموناس بر روی بذور ریخته شد و برای پنج دقیقه به خوبی تکان داده شد. سپس بذور آغشته به باکتری برای ۱۰ دقیقه در هوای آزاد و در سایه قرار گرفتند. پس از گذشت زمان مذکور قارچ میکوریزا به بذور اضافه گردید و به مدت پنج دقیقه به خوبی تکان داده شد. در پایان بذور آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلومینیومی تمیز در زیر سایه، پهن گردید تا بذور خشک شدند. سپس به سرعت نسبت به کاشت بذور و آبیاری مزرعه اقدام گردید. عملیات کاشت در اواسط تیر ماه و تنک کردن بوته های اضافی پس از استقرار بوته ها و در مرحله ۲ الی ۳ برگی انجام شد تا به تراکم مطلوب سورگوم دانه ای که ۱۷ بوته در مترمربع بود (Khalili, 2005) برسیم. به منظور اندازه گیری وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه، در مرحله گل دهی تعداد ۱۰ بوته از دو ردیف میانی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه انتخاب و

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات سورگوم دانه ای تحت تاثیر تیمارهای مختلف

منابع تغییرات	df	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	فسفر دانه	پروتئین خام دانه
تکرار	۲	۲۰۵/۶۵۷	۳۸۰/۷۳۰	۶۲۵۰۶۸/۵۲	۱۵۶۹۴۷۳/۴۲	۰/۰۰۰	۱/۷۹۳
آبیاری	۱	۲۲۲۸۱/۸۰۶ <sup>**</sup>	۱۳۶۱۵۳/۵۵۹ <sup>°</sup>	۱۴۴۰۸۷۶۸۸/۹ <sup>**</sup>	۳۳۶۸۷۶۵۹/۸۷ <sup>**</sup>	۰/۰۱۶ <sup>*</sup>	۶/۱۴۲ <sup>*</sup>
خطای a	۲	۵۶۱/۵۶۹	۱۹۴۲/۵۶۷	۱۱۶۸۰۲۷/۰۲	۱۳۲۳۱۶/۸۱۱	۰/۰۰۰	۱/۲۲۱
رقم	۱	۶۰۷۴۹/۵۲۴ <sup>**</sup>	۸۶۸۹۴/۱۵۴ <sup>**</sup>	۱۴۸۶۸۴۱۵۶/۶ <sup>**</sup>	۴۳۸۷۵۷۵/۰۰۵ <sup>*</sup>	۱/۵۱۲ <sup>**</sup>	۵۳/۹۹۶ <sup>**</sup>
آبیاری × رقم	۱	۲۷۹۳/۶۹۸ <sup>**</sup>	۶۱۰۱۱/۰۴۱ <sup>**</sup>	۵۶۸۰۷۹۵۸/۶ <sup>**</sup>	۲۸۶۵۴۳۳/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۰/۸۳۰ <sup>ns</sup>
خطای b	۴	۴۲۱/۷۹۵	۱۱۰۲/۳۶۰	۸۸۰۲۴۹/۲۶	۵۵۱۱۹۲/۲۱۶	۰/۰۰۱	۳/۲۵۷
کود	۳	۲۱۷۲/۶۸۷ <sup>**</sup>	۲۷۵۷۶/۵۹۱ <sup>**</sup>	۱۳۷۶۴۵۳۸/۲۸ <sup>**</sup>	۹۱۱۸۱۸۵/۵۵ <sup>**</sup>	۰/۱۲۷ <sup>**</sup>	۴/۹۹۵ <sup>*</sup>
کود × آبیاری	۳	۱۸۲۶/۳۳۵ <sup>**</sup>	۲۰۱۳/۷۹۱ <sup>**</sup>	۱۹۳۷۸۵۲۲/۹۴ <sup>**</sup>	۶۶۳۷۳۰۹/۳۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰۸ <sup>**</sup>	۰/۲۰۹ <sup>ns</sup>
کود × رقم	۳	۴۵۳/۸۸۴ <sup>ns</sup>	۱۰۹۹۹/۸۲۰ <sup>**</sup>	۱۶۲۶۷۲۹/۱۸ <sup>*</sup>	۴۰۸۳۷۴/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۷ <sup>**</sup>	۱/۹۱۲ <sup>ns</sup>
کود × آبیاری × رقم	۳	۸۷/۰۲۴ <sup>ns</sup>	۲۵۸۶/۰۴۳ <sup>°</sup>	۱۷۱۴۹۹۷/۹۵ <sup>*</sup>	۹۷۲۳۱۹/۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۳ <sup>**</sup>	۰/۲۰۵ <sup>ns</sup>
خطای c	۲۴	۲۰۴/۲۱۷	۷۱۷/۰۶۱	۵۳۲۴۳۲/۶۳	۶۸۰۶۵۹/۲۳	۰/۰۰۱	۱/۱۴۸
CV %		۵/۵۳	۴/۷۹	۳/۹۲	۸/۸۷	۸/۰۷	۱۱/۱۵

\*: معنی دار در سطح ۵٪، \*\*: معنی دار در سطح ۱٪ و ns: غیر معنی دار

جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده سورگوم دانه‌ای تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری، رقم و کود

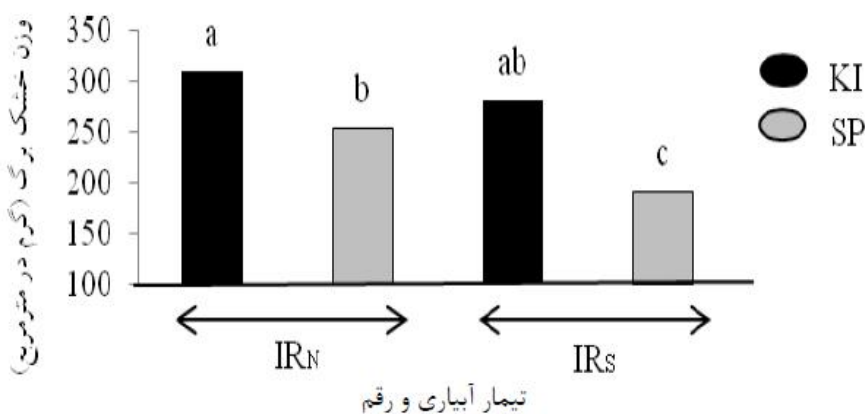
تیمار	وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)	وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	فسفر دانه (درصد)	پروتئین خام دانه (درصد)
<b>IR<sub>N</sub></b>	۲۸۰/۴۸ <sup>a</sup>	۶۱۴/۴ <sup>a</sup>	۲۰۳۸۳ <sup>a</sup>	۱۰۱۴۳ <sup>a</sup>	۰/۴۸ <sup>a</sup>	۹/۹۳ <sup>b</sup>
	۲۳۵/۶۱ <sup>b</sup>	۵۰۲/۹ <sup>b</sup>	۱۶۷۷۹ <sup>b</sup>	۸۴۵۰ <sup>b</sup>	۰/۴۴ <sup>b</sup>	۱۰/۶۵ <sup>a</sup>
<b>KI</b>	۲۹۴/۴۵ <sup>a</sup>	۴۲۲/۹۱ <sup>b</sup>	۱۶۸۲۳ <sup>b</sup>	۹۶۳۶ <sup>a</sup>	۰/۶۴ <sup>a</sup>	۹/۲۳ <sup>b</sup>
	۲۲۱/۶۴ <sup>b</sup>	۶۹۴/۳۸ <sup>a</sup>	۲۰۳۲۸ <sup>a</sup>	۸۹۵۷ <sup>b</sup>	۰/۲۹ <sup>b</sup>	۱۱/۳۵ <sup>a</sup>
<b>P<sub>0</sub></b>	۲۴۶ <sup>b</sup>	۵۱۲/۶۸ <sup>c</sup>	۱۷۳۱۵ <sup>c</sup>	۸۰۵۳ <sup>b</sup>	۰/۳۲ <sup>c</sup>	۹/۴۹ <sup>b</sup>
	۲۵۱/۳ <sup>b</sup>	۵۴۱/۹ <sup>b</sup>	۱۸۴۸۸ <sup>b</sup>	۹۷۶۵ <sup>a</sup>	۰/۴۸ <sup>b</sup>	۱۰/۰۶ <sup>ab</sup>
<b>P<sub>50+M+Ps</sub></b>	۲۷۶/۷۸ <sup>a</sup>	۶۲۵/۷۳ <sup>a</sup>	۱۹۹۳۰ <sup>a</sup>	۹۹۸۴ <sup>a</sup>	۰/۵۷ <sup>a</sup>	۱۰/۸۳ <sup>a</sup>
	۲۵۸/۱۱ <sup>b</sup>	۵۴۸/۶۱ <sup>b</sup>	۱۸۵۹۱ <sup>b</sup>	۹۳۸۶ <sup>a</sup>	۰/۴۶ <sup>b</sup>	۱۰/۸ <sup>a</sup>

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح پنج درصد انجام شد. حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها در هر یک از تیمارهای اصلی می باشد.

ولی منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ رقم سپیده شد (شکل ۱). این مسئله احتمالاً می‌تواند نشان دهنده مقاومت بیشتر رقم کیمیا به تنش کم آبیاری در مقایسه با رقم سپیده باشد.

### وزن خشک برگ

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو رژیم آبیاری، رقم کیمیا از وزن خشک برگ بالاتری در مقایسه با رقم سپیده برخوردار بود. تنش کم آبیاری بر وزن خشک برگ رقم کیمیا تاثیر معنی داری نداشت



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن خشک برگ سورگوم دانه ای

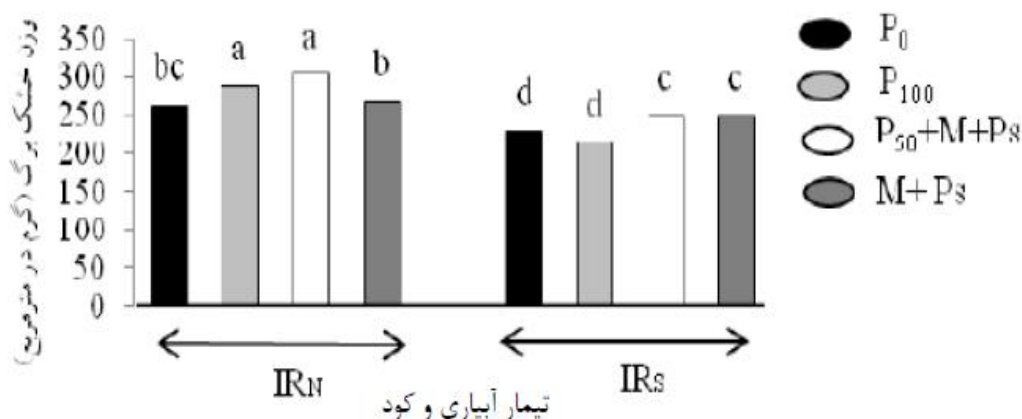
**IR<sub>N</sub>**: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تبخیر، **IR<sub>s</sub>**: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه **KI**: رقم کیمیا، **SP**: رقم سپیده

برگ نبود. تحت شرایط کم آبیاری کود تلفیقی و کود بیولوژیک منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ شدند ولی کود شیمیایی تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (شکل ۲). تحقیقات نیز نشان داده‌اند که باکتری

در شرایط آبیاری کامل، کود شیمیایی و کود تلفیقی موجب افزایش وزن خشک برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند (به ترتیب ۹ و ۱۴ درصد)، این در حالی بود که کود بیولوژیک به تنهایی قادر به افزایش وزن خشک

2010) آنها می‌شود که با نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز مطابقت دارد. همچنین Valentine et al. (2006) افزایش فتوسنتز گیاهان تیمار شده با قارچ میکوریزا در شرایط خشکی را به افزایش وزن مخصوص برگ (نسبت وزن خشک برگ به سطح برگ)، افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و میزان انتقال الکترون نسبت دادند.

های جنس سودوموناس از طریق بهبود پارامترهای رشد در شرایط تنش خشکی (Abdul Jaleel et al., 2007) و قارچ میکوریزا (با استفاده از مکانیزم‌های مختلفی همچون افزایش سطح ریشه، افزایش جذب آب در شرایط کمبود آب از طریق هیف‌های تولید شده توسط میکوریزا، تنظیم اسمزی، افزایش فتوسنتز و ...) موجب افزایش مقاومت گیاهان تلقیح شده به تنش کم‌آبی و افزایش عملکرد ماده خشک و وزن برگ (Celebi et al., )



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن خشک برگ سورگوم دانه ای

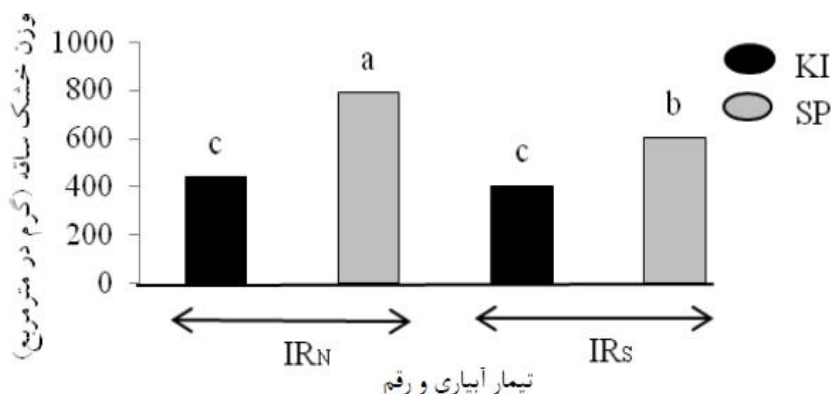
IRN: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IRS: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۸-۶ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تربیل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

نداشت. در سیستم کم آبیاری، استفاده از کود شیمیایی فسفره منجر به ۹ درصد کاهش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شد و این در حالی بود که دو سیستم کودی دیگر یعنی کود تلفیقی و کود بیولوژیک موجب افزایش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شدند، هرچند بین آنها تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۴). در واقع کودهای شیمیایی با بالا بردن ضریب پژمردگی مقدار آب قابل استفاده در خاک را کاهش می‌دهند و در نتیجه موجب کاهش جذب آب توسط گیاه و کاهش رشد آن می‌شوند (Mazaheri & Majnoun Hosseini, 2006). همچنین نتایج تحقیق Celebi et al. (2010) نشان داد که کاربرد قارچ میکوریزا هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش

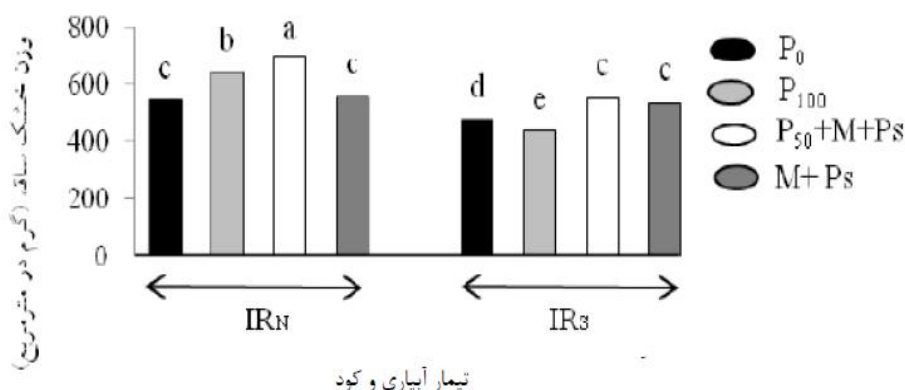
### وزن خشک ساقه

نتایج به دست آمده نشان دادند که رقم سپیده در هر دو رژیم آبیاری از وزن خشک ساقه بالاتری نسبت به رقم کیمیا برخوردار بود. تنش کم آبیاری بر کاهش وزن خشک ساقه رقم سپیده تاثیر معنی‌داری داشت (۲۴ درصد کاهش)، این در حالی بود که این تنش تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه رقم کیمیا نداشت (شکل ۳). در بررسی اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن خشک ساقه، در شرایط آبیاری کامل کود تلفیقی نسبت به سایر کودها بیشترین وزن خشک ساقه را تولید کرد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳ درصد بیشتر بود. استفاده از کود شیمیایی نیز منجر به افزایش وزن خشک ساقه گردید اما کود بیولوژیک با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری

کم آبیاری منجر به تولید وزن ساقه بالاتری نسبت به تیمارهای عدم تلقیح با قارچ میکوریزا می شود.



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن خشک ساقه سورگوم دانه ای  
 IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>s</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده

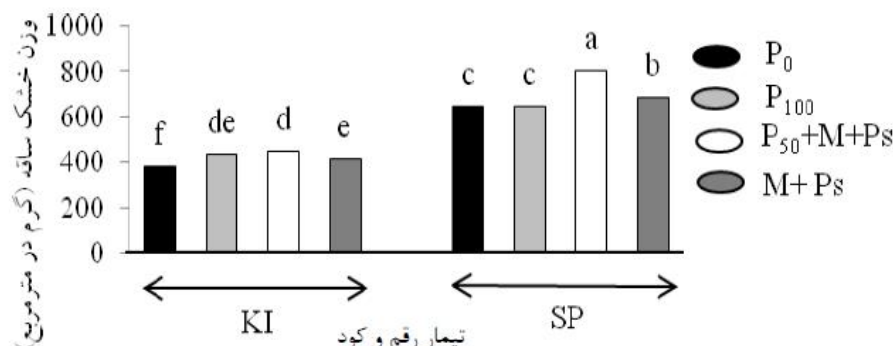


شکل ۴- اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن خشک ساقه سورگوم دانه ای  
 IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>s</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (Pseudomonas fluorescens) و قارچ میکوریزا (Glomus interaradicec) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

تولید نمودند که به ترتیب ۱۴ و ۱۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند. رقم سپیده نسبت به کودهای به کار رفته واکنش متفاوتی نشان داد. بیشترین وزن خشک ساقه را کود تلفیقی تولید نمود که منجر به افزایش ۲۰ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد گردید. اما در کل با توجه به نتایج به دست آمده هر دو

در بررسی اثر متقابل رقم در کود بر وزن خشک ساقه، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم کیمیا استفاده از کود شیمیایی، کود تلفیقی و کود بیولوژیک منجر به افزایش وزن خشک ساقه شدند که تفاوت معنی داری را با تیمار شاهد داشتند اما در این میان کود شیمیایی و کود تلفیقی بالاترین وزن خشک ساقه را

رقم کیمیا و سپیده نسبت به کود تلفیقی واکنش بهتری را نشان دادند (شکل ۵).



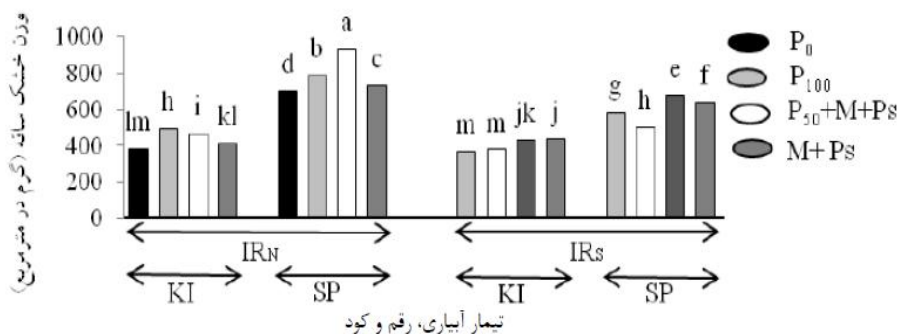
شکل ۵- اثر متقابل رقم و کود بر وزن خشک ساقه سورگوم دانه ای

رقم کیمیا، SP: رقم سپیده

P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

سیستم کم آبیاری بود که با کود شیمیایی در همین سیستم آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶).

بالاترین وزن خشک ساقه متعلق به رقم سپیده و به دنبال استفاده از کود تلفیقی در شرایط آبیاری کامل بود و کمترین مقدار متعلق به رقم کیمیا در تیمار شاهد و



شکل ۶- اثر متقابل آبیاری، رقم و کود بر وزن خشک ساقه سورگوم دانه ای

IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>s</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

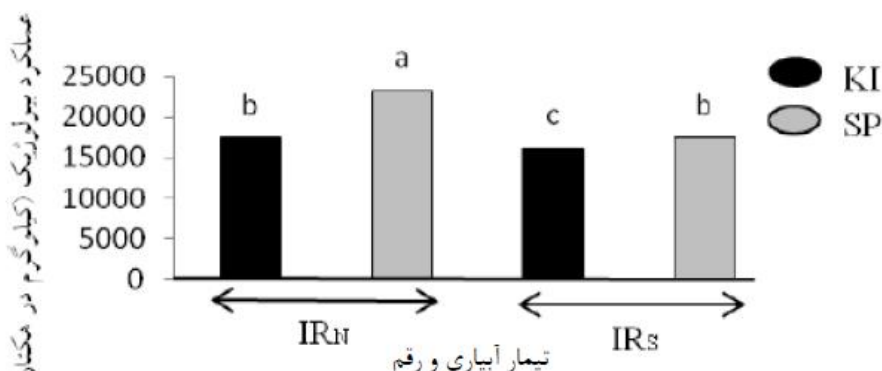
بود (شکل ۹). این موضوع نشان می دهد که توان فتوسنتزی رقم سپیده در تولید ماده خشک بسیار بیشتر از رقم کیمیا می باشد. در شرایط مطلوب رطوبتی کود شیمیایی و کود تلفیقی بالاترین عملکرد بیولوژیک را تولید کردند. ولی در شرایط کم

### عملکرد بیولوژیک

در هر دو شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری، بالاترین عملکرد بیولوژیک را رقم سپیده تولید کرد. عملکرد بیولوژیک رقم سپیده در شرایط تنش خشکی برابر با عملکرد بیولوژیک رقم کیمیا در شرایط مطلوب رطوبتی



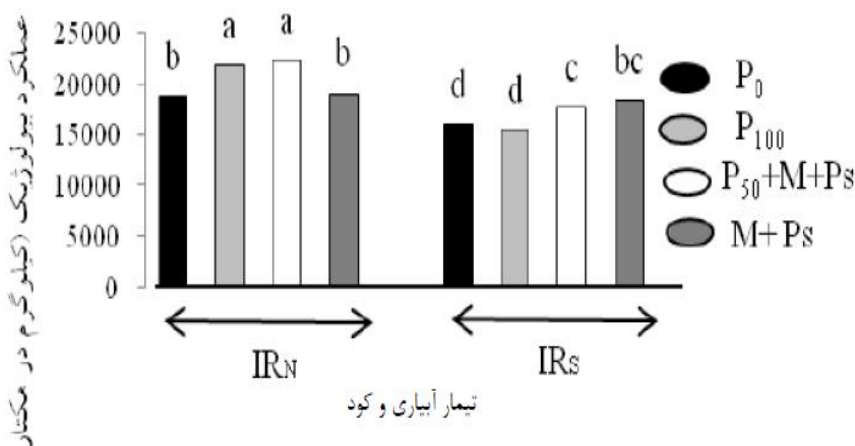
آبیاری بیشترین عملکرد بیولوژیک توسط کود تلفیقی و کود بیولوژیک تولید شد در حالی که کود شیمیایی بر آن بی تاثیر بود (شکل ۱۰).



شکل ۷- اثر متقابل آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای  
 IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>s</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده

حاضر با نتایج Celebi et al. (2002) و Feng et al. (2010) و Wu & Xia (2006) مطابقت دارد.

بنابراین در شرایط تنش کم آبیاری استفاده از کود بیولوژیک می تواند اثرات تنش کم آبیاری را بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای تعدیل نماید که نتایج تحقیق

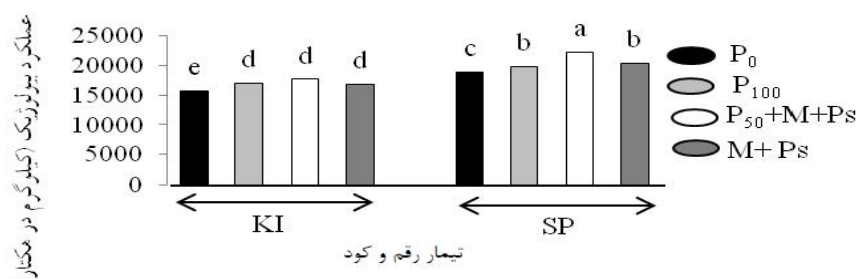


شکل ۸- اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای  
 IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>s</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

سپیده بیشترین تاثیر بر عملکرد بیولوژیک را کود تلفیقی داشت. در واقع نتایج نشان داد که این دو رقم نسبت به سیستم های کودی به

در رقم کیمیا کود شیمیایی، کود تلفیقی و کامل بیولوژیک به یک اندازه عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. این در حالی بود که در رقم

کار رفته واکنش متفاوتی را نشان می دهند (شکل ۱۱).



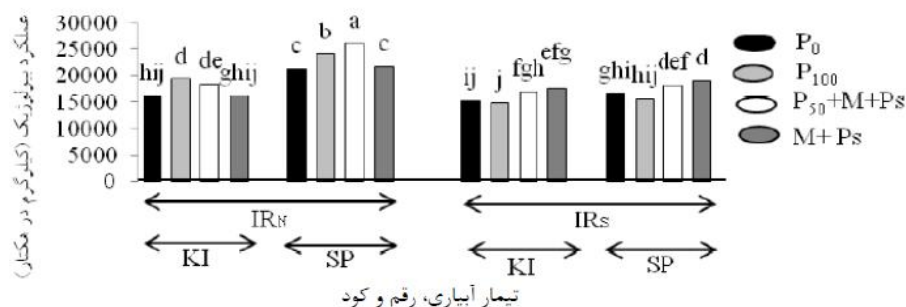
شکل ۹- اثر متقابل رقم و کود بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای

KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده

P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

بود که در شرایط کم آبیاری نیز کود تلفیقی و همچنین کود بیولوژیک منجر به افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک شدند (شکل ۱۰). تحقیقات نشان داده است که قارچ میکوریزا می تواند واکنش سورگوم به خشکی را به دلیل تاثیر بر هدایت روزه ای گیاه بهبود بخشد (Choa *et al.*, 2006).

در رقم کیمیا و تحت شرایط آبیاری کامل، کود شیمیایی و کود تلفیقی به یک اندازه عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند اما با اعمال تنش کم آبیاری، کود تلفیقی و کود بیولوژیک منجر به افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد شدند. در رقم سپیده و تحت شرایط آبیاری کامل کود تلفیقی بالاترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود و این در حالی



شکل ۱۰- اثر متقابل آبیاری، رقم و کود بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای

IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>S</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۸-۶ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

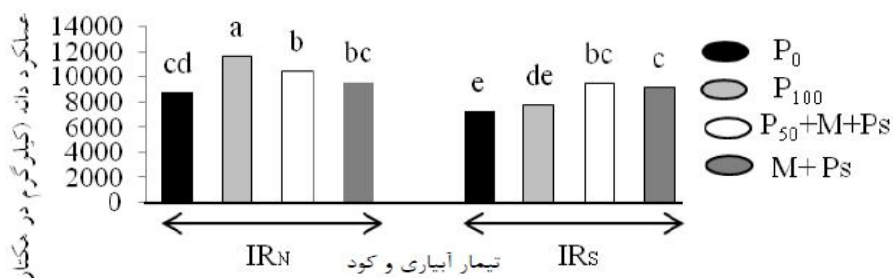
از طریق کاهش سطح برگ و پیری زودرس (Fereres *et al.*, 1986) موجب افت عملکرد دانه می گردد. به نظر می رسد مصرف متعادل آب در مراحل نمو منجر به

#### عملکرد دانه

تنش کم آبیاری منجر به کاهش عملکرد دانه سورگوم دانه ای گردید (جدول ۳). در واقع تنش خشکی

(1999) نیز در بررسی تاثیر تلقیح توام باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر شاخص‌های رشد گندم مشاهده کردند که تلقیح توام این دو ریزسازواره عملکرد دانه و میزان جذب فسفر را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین تاثیر زمانی حاصل می‌شود که باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا با کود فسفر نیز همراه باشند. نتایج تحقیق Arshad et al. (2007) بر روی نخود نیز بیانگر افزایش عملکرد دانه به دنبال کاربرد باکتری سودوموناس بود. در شرایط آبیاری کامل بیشترین عملکرد دانه را کود شیمیایی تولید کرد. در شرایط کم آبیاری کود تلفیقی و کود بیولوژیک منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه شدند اما بین کود شیمیایی و تیمار شاهد تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱۱). این امر نشان می‌دهد که در شرایط تنش کم آبیاری استفاده از کود بیولوژیک و کود تلفیقی می‌تواند تاثیر گذاری بیشتری بر افزایش عملکرد دانه ارقام سورگوم دانه‌ای در مقایسه با کود شیمیایی فسفر داشته باشد. Sylvania et al. (1993) نیز در بررسی اثر مستقیم قارچ میکوریزا گلوموس بر بوته‌های ذرت تحت تنش کم آبی نشان دادند که تلقیح ذرت با میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه در تمام تیمارهای آبیاری می‌شود.

بهبود عملکرد دانه می‌شود و بهره مندی بیشتر از امکانات محیطی در شرایط آبیاری کامل با افزایش طول رسیدگی می‌تواند نقش بسزایی در ارتقاء عملکرد محصول داشته باشد. اما نکته قابل توجه در این تحقیق این است که در میزان آب مصرفی ۴۱ درصد (تعداد دفعات آبیاری در شرایط آبیاری کامل ۱۷ و کم آبیاری ۱۰ مرتبه) صرفه‌جویی شد و تنها ۱۷ درصد کاهش عملکرد مشاهده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از این آزمایش رقم کیمیا دارای ۸ درصد عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم سپیده بود (جدول ۳) و از آنجاییکه وزن خشک برگ در رقم کیمیا بیش از رقم سپیده برآورد شد و در واقع برگ‌ها اندام اصلی فتوسنتز کننده در گیاه می‌باشند و موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تامین اسمیلات‌های لازم برای پر کردن دانه‌ها و افزایش عملکرد می‌شوند (Thakur & Panwar, 1997)، این انتظار می‌رفت که رقم کیمیا از عملکرد دانه بیشتری برخوردار باشد. در بررسی اثر کود بر عملکرد دانه، کود شیمیایی، کود تلفیقی و کود بیولوژیک منجر به افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شدند و بین این سه سطح کودی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). Singh & Kapoor



شکل ۱۱- اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه ای

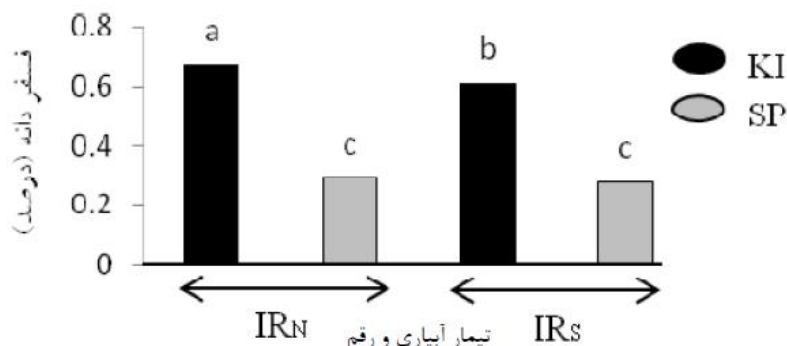
IRN: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IRs: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

کاهش معنی داری پیدا کرد، درحالی که فسفر دانه در رقم سپیده در هر دو رژیم آبیاری از سطوح یکسانی برخوردار بود (شکل ۱۲). البته این در حالی بود که

#### درصد فسفر دانه

با اعمال تنش کم آبیاری درصد فسفر دانه رقم کیمیا در مقایسه با شرایط آبیاری کامل

درصد فسفر دانه رقم کیمیا در مجموع بالاتر از رقم سپیده بود.

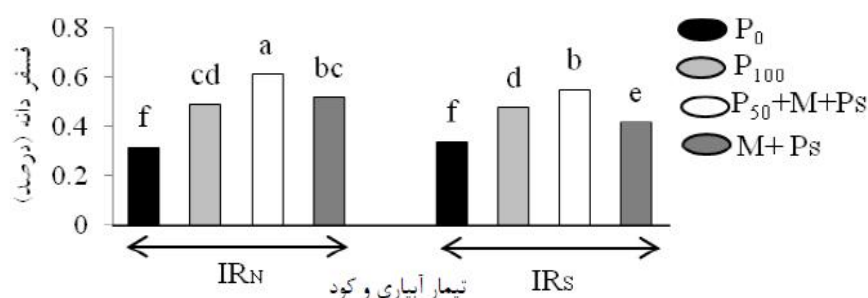


شکل ۱۲-متقابل آبیاری و رقم بر درصد فسفر سورگوم دانه ای

IRN: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IRs: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، KI: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده

تاثیر قارچ میکوریزا بر رشد گندم تحت تنش خشکی نشان دادند که این قارچ منجر به افزایش فسفر، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در شاخساره و دانه ها می شود. Subramanian et al. (2006) گزارش کردند که قارچ میکوریزا بدون اینکه شرایط خشکی بر این رابطه تاثیر گذار باشد، منجر به افزایش محتوای فسفر ریشه و شاخساره می شود.

در شرایط آبیاری کامل بالاترین درصد فسفر دانه را کود تلفیقی تولید کرد. کود شیمیایی و کود بیولوژیک نیز به یک اندازه منجر به افزایش فسفر دانه نسبت به تیمار شاهد شدند. با اعمال تنش کم آبیاری نیز کود تلفیقی بالاترین درصد محتوای فسفر دانه را تولید کرد و پس از آن کود شیمیایی منجر به افزایش فسفر دانه گردید که تاثیر آن بیش از کود بیولوژیک بود (شکل ۱۳). Abo-Ghalia & Khalafallah (2008) در بررسی



شکل ۱۳- اثر متقابل آبیاری و کود بر درصد فسفر دانه سورگوم دانه ای

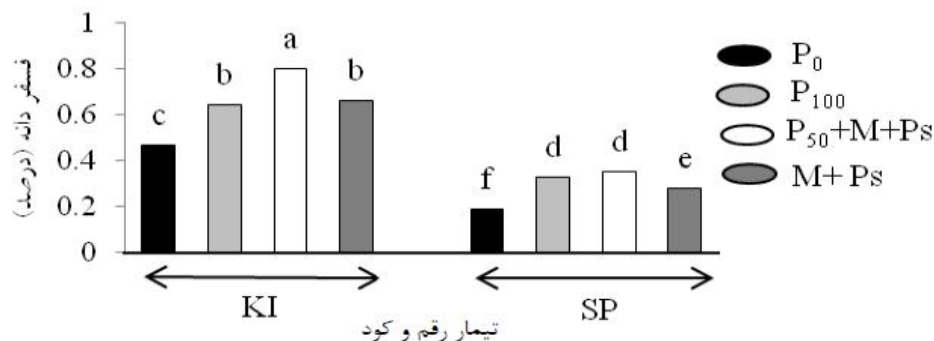
IRN: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IRs: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) +۵۰٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

درصد فسفر دانه گردید. در رقم سپیده کاربرد کود شیمیایی و کود تلفیقی به یک

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در رقم کیمیا استفاده از کود تلفیقی منجر به تولید بالاترین

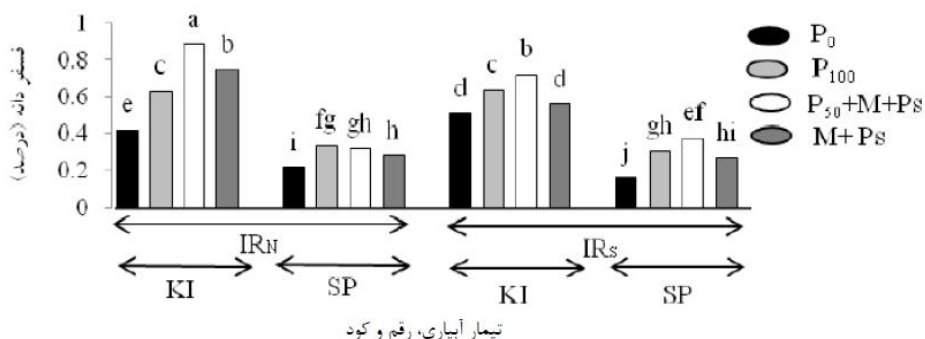
کیمیا و در اثر کاربرد کود تلفیقی مشاهده شد (شکل ۱۵).

اندازه درصد فسفر دانه را افزایش دادند (شکل ۱۴). در مجموع بالاترین فسفر دانه در هر دو رژیم آبیاری در رقم



شکل ۱۴- اثر متقابل رقم و کود بر درصد فسفر دانه سورگوم دانه ای

کی: رقم کیمیا، SP: رقم سپیده، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) ۵۰+٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا



شکل ۱۵- اثر متقابل آبیاری، رقم و کود بر درصد فسفر دانه سورگوم دانه ای

IR<sub>N</sub>: آبیاری کامل بر اساس ۷۰ میلیمتر تبخیر از سطح تشک تبخیر، IR<sub>S</sub>: کم آبیاری به صورت کامل تا مرحله ۶-۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰-۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه، رقم کیمیا، SP: رقم سپیده، P<sub>0</sub>: بدون کود شیمیایی فسفر و کود بیولوژیک، P<sub>100</sub>: استفاده از کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، P<sub>50</sub>+M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس سویه ۹۳ (*Pseudomonas fluorescens*) و قارچ میکوریزا (*Glomus interaradicec*) ۵۰+٪ کود شیمیایی فسفر، M+Ps: تلقیح بذر با باکتری سودوموناس و قارچ میکوریزا

بین دو رقم مورد آزمایش درصد پروتئین خام دانه رقم سپیده ۲/۱۲ درصد بیش از رقم کیمیا بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کود تلفیقی و کود بیولوژیک باعث افزایش معنی دار درصد پروتئین خام دانه نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۳). Subramanian & Charest (1998) گزارش کردند که

#### درصد پروتئین خام دانه

با اعمال تنش کم آبیاری پروتئین خام دانه کمتر از یک درصد نسبت به آبیاری کامل افزایش پیدا کرد (جدول ۳). افزایش درصد پروتئین خام در اثر تنش خشکی در ذرت (Crasta & Cox, 1996) و یونجه (deetz et al., 1996) پیش از این گزارش شده است. در

باکتری منجر به ۱۹/۸ درصد افزایش در محتوای نیتروژن دانه نسبت به شاهد می شود.

### سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی "قطب به زراعی، به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهان علوفه‌ای" دانشگاه تهران صورت گرفته است. مجریان این طرح بر خود لازم می‌دانند تا از مسئولان بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب به ویژه آقای دکتر خاوازی و خانم مهندس اسماعیل‌زاده تشکر و قدردانی نمایند.

پروتئین‌های محلول و کل محتوای نیتروژن در گیاهان ذرت میکوریزایی شده نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بالاتر بود. آنها همچنین عنوان کردند که ارتقاء فعالیت‌های آنزیم‌های تثبیت نیتروژن و ترکیبات نیتروژنه در ذرت می‌تواند حاکی از انتقال  $\text{NO}_3$  از طریق هیف‌های میکوریزا باشد. Pacovsky (1988) گزارش کرد که تلقیح توام سورگوم با آزوسپریلیوم و میکوریزا محتوای نیتروژن گیاه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. Zahir et al. (2003) در بررسی اثر باکتری سودوموناس بر گیاه ذرت مشاهده کردند که تلقیح بذور با این

### REFERENCES

1. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Original Research Article Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60,7-11.
2. Abo-Ghaila H. & Khalafallah, A. (2008). Responses of Wheat Plants Associated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Short-term Water Stress Followed by Recovery at Three Growth Stages. *Journal of Applied Sciences Research*, 4, 570-580.
3. Arshad, M., Shaharoon, B. & Mahmood, T. (2008). Inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of water stress on growth, yield and ripening of *Pisum sativum* L. *Pedosphere*, 18 (5), 611-620.
4. Celebi, S. Z., Demir, S., Celebi, R., Durak, E. D. & Yilmaz, I. H. (2010). The effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) applications on the silage maize (*Zea mays* L.) yield in different irrigation regimes. *European Journal of Soil Biology*, 46(5), 302-305.
5. Choa, K., Tolera, H., Leeb, J., Ownley, B., Stutz, J. C., Moore, J. L. & Yilmaz, R. M. X. (2006). Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. *Journal of Plant Physiology*, 163, 517-528.
6. Crasta, O. R. & Yilmaz, W. J. X. (1996). Temperature and soil water effects on maize growth, development, yield, forage quality. *Crop Science*, 36, 341-348.
7. Davies, F. T., Potter, J. R. & Linderman, R. G. (1992). Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P-concentration response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87, 45-53.
8. Deetz, D. A., Jung, H. G. & Buxton, D. R. (1996). Water-deficit effects on cell-wall composition and in vitro degradability of structural polysaccharides from alfalfa stems. *Crop Science*, 36, 383-388.
9. Egamberdiyeva, D., Juraeva, D., Poberejskaya, S., Myachina, O., Teryuhova, P., Seydalieva, L. & Aliev, A. (2004). Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. In: Proceedings of 26<sup>th</sup> Southern Conservation Tillage Conference. June 8-9. Raleigh, North Carolina. North Carolina Agricultural Research Service, pp. 322
10. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S. (2008). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, pp.1-28.
11. Feng, G., Zhang, F. S., Li, X. L., Tian, C. Y., Tang, C. & Rengel, Z. (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.
12. Fereres, E., Gimenez, C. & Fernandez, J.M. (1986). Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I-Yield relationships. *Australian Journal of Agricultural Research*, 37, 573-582.
13. Ibjibjen, J., Ismaili, M. & Karima, E. A. (1995). The use of  $^{15}\text{N}$  and  $^{32}\text{P}$  isotopes in investigations of soil fertility under different cropping systems. *Applied Radiation and Isotopes*, 46, 611-612.
14. Khalili, A. (2005). *Study of deficit irrigation, phosphorus fertilizer and biofertilizer on yield and seed characteristics of Sorghum bicolor cv. Kimia*. Ms Dissertation. Tehran University, Iran.
15. Kirda, C. (2000). *Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance*. Publishing and Multimedia service, Information Division, FAO, Rome, Italy.



16. Lucy, M., Reed, E. & Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
17. Mazaheri, D. & Majnoun Hosseini, N. (2006). *Fundamental of Agronomy* (5<sup>th</sup> Ed.). Tehran University Press.
18. Meyer, D. M. (2000). Pyoverdins: Pigments siderophores and potential taxonomic markers of *fluorescent pseudomonads* species. *Archives of Microbiology*, 174, 135-142.
19. Mukerji, K. G. & Chamola, B. P. (2003). *Compendium of Mycorrhizal Research*. A. P. H. Publisher. New Delhi.
20. Pacovsky, R. S. (1988). Influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Glomus fasciculatum* on sorghum nutrition. *Plant and soil*, 110, 283-287.
21. Rashid, M., Khalil, S., Ayub, N., Alam, S. & Latif, F. (2004). Organic acids productions solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7, 187-196.
22. Mikanova, O., & Novakova, J. (2002). Evaluation of the P-solubilizing activity of soil microorganisms and its sensitivity to soluble phosphate. *Rostlinna Vyroba*, 9, 397-402.
23. Sharma, A. K. 2004. *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agrobios (India) publications.
24. Singh, S. & Kapoor, K. K. (1999). Inoculation with PSM and a VAM fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biology of Fertility Soils*, 28, 139-144.
25. Subramanian, K. S. & Charest, C. (1997). Nutritional, growth and reproductive responses of maize (*zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasseling. *Mycorrhiza*, 7, 25-32.
26. Subramanian, K. S., Santhanakrishnan P. & Balasubramanian, P. (2006). Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Science and Horticulture*, 107, 245-253.
27. Sylvia, D. M. & Williams, S. E. (1992). Vesicular- arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: mycorrhizae in Sustainable Agriculture. G. J. Bethlenfalvay and R. G. Linderman (eds). *ASA special Publication*, 54, 101- 124.
28. Thakur, A. K. & Panwar, J. D. S. (1997). Response of rhizobium- vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in greengram (*Phaseolus radiates*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 67, 254-248.
29. Turan, M., Ataoglu, N. & Sahin, F. (2006). Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28, 99-108.
30. Valentine, A. J., Mortimer, P. E., Lintnaar, A. & Borgo, R. (2006). Drought responses of Arbuscular mycorrhizal grepvines. *Symbiosis*, 41, 127-133.
31. Wang, H., Zhang, L., Dawes, W. R. & Liu, C. (2001). Improving water use efficiency of irrigated crops in North China plain- measurements and modeling. *Agric. Water Manage*, 48, 151-167
32. Wu, Q. S. & Xia, R. X. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under wellwatered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology*, 163, 417-425.
33. Zahir, A. Z., Arshad, M. & Frankenberger, W. T. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.