

مطالعه اثرات کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط کمبود رطوبت خاک

رضوان کرد زنگنه^۱، سید کیوان مرعشی^{۲*}

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲. استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۱

چکیده

به منظور تعدیل اثرات کمبود رطوبت خاک بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در شرایط آب و هوایی اهواز به موردا اجرا گذاشته شد. عامل اول رژیم آبیاری بر اساس تشتک تبخیر به صورت ۶۰ (عرف منطقه)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر و عامل دوم شامل کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه در چهار سطح به صورت کاربرد: کود شیمیایی سولفات پتاسیم (شاهد)، کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲، کاربرد ۵۰ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ و کاربرد ۲۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ بود. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف رژیم آبیاری تفاوت معنی‌دار از نظر تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت مشاهده شد. تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی به جز شاخص برداشت بر سایر صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل بین رژیم آبیاری و مصرف توأم کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۵۹۷۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار به تیمار آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد ۲۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۲۰۸۱ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. درصد افزایش عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ در مقایسه با تیمار شاهد، ۱۲/۳ درصد بود. نتایج نشان داد کاربرد باکتری مذکور همراه با کاربرد کود شیمیایی توانست رشد گندم را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی با توجه به اینکه در هر سه رژیم آبیاری عملکرد دانه در شرایط ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ نسبت به تیمار عدم استفاده از کودهای زیستی (شاهد) افزایش معنی‌دار داشت، لذا این ترکیب کودی را می‌توان در شرایط تنش رطوبتی و بدون تنش رطوبتی در منطقه توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، سولفات پتاسیم، کود زیستی، عملکرد دانه.

مقدمه

ایران از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک است. پراکنش نزولات در این مناطق اغلب منطبق با نیاز گیاهان زراعی نبوده و محصولات دچار تنش‌های خشکی ممتد و یا موقت می‌شوند، لذا بایستی با یک مدیریت مطلوب امکان استفاده بهینه از منابع آب را افزایش و سطح زیرکشت و بازدهی محصولات را در این مناطق افزایش داد (Heydari and Sharifabad, 2004). کمبود آب در خاک پدیده‌ای متداول در کشت گیاهان است و می‌تواند اثرات منفی قابل‌ملاحظه‌ای را بر رشد و نمو آن‌ها بگذارد (Mojaddam and Modhej, 2012). آن دسته از فرآیندهای گیاهی که به افزایش حجم سلول‌ها (فشار تورگر) وابسته هستند، حساسیت زیادتری به کمبود آب دارند (Kochaki and Sarmadnia, 2000). دو نمونه مهم از این فرآیندها عبارتند از تبادل گازی برگ که به حجم (فشار تورمی) سلول‌های محافظ وابسته است و افزایش سطح برگ که به گسترش سلولی متکی است. بازداری این فرآیندها در شرایط

ایران از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک است. پراکنش نزولات در این مناطق اغلب منطبق با نیاز گیاهان زراعی نبوده و محصولات دچار تنش‌های خشکی ممتد و یا موقت می‌شوند، لذا بایستی با یک مدیریت مطلوب امکان استفاده بهینه از منابع آب را افزایش و سطح زیرکشت و بازدهی محصولات را در این مناطق افزایش داد (Heydari and Sharifabad, 2004). کمبود آب در خاک پدیده‌ای متداول در کشت گیاهان است و می‌تواند اثرات منفی قابل‌ملاحظه‌ای را بر رشد و نمو آن‌ها بگذارد (Mojaddam and Modhej, 2012). آن دسته از فرآیندهای گیاهی که به افزایش حجم سلول‌ها (فشار تورگر) وابسته هستند، حساسیت زیادتری به کمبود آب دارند (Kochaki and Sarmadnia, 2000). دو نمونه مهم از این فرآیندها عبارتند از تبادل گازی برگ که به حجم (فشار تورمی) سلول‌های محافظ وابسته است و افزایش سطح برگ که به گسترش سلولی متکی است. بازداری این فرآیندها در شرایط

پتاسیم کاهش یابد، روزه‌ها به‌طور مطلوب به وظایف خود عمل‌نکرده و فرآیند فتوسنتز و میزان سرعت رشد محصول را مختل می‌کنند (Khaldrin and Islamzadeh, 2005). استفاده از کودهای بیولوژیک تشکیل‌شده از باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌تواند در استفاده بهینه از کودهای مصرفی کمک فراوانی نماید. این کودها با حل کردن ترکیبات معدنی خاک، باعث سهولت جذب عناصر به‌وسیله گیاهان می‌شوند (Vazques et al., 2000). کودهای بیولوژیکی قادر به تولید ترکیبات ضد قارچی علیه بیماری‌های گیاهی بوده و سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاه شده که رشد پایه گیاهی را به دنبال دارد (Saleh Rastin, 2001). این باکتری‌ها با متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی و در نتیجه منجر به افزایش محصول در گیاهان می‌شوند (Black, 1993). آموجویگب و همکاران (Amujoyegbe et al., 2007) و حجتی پور و همکاران (Hojattipor et al., 2014) در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیده بودند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود زیستی باعث حصول بیشترین عملکرد دانه نسبت به مصرف تنهایی هرکدام از کودهای شیمیایی و زیستی می‌شود. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) با کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با کود شیمیایی توانستند کاربرد کود شیمیایی را ۵۰ درصد بدون افت عملکرد دانه ذرت، کاهش دهند. امال و همکاران (Amal Ahmed et al., 2011) نیز اظهار داشتند که در اثر کاربرد کودهای بیولوژیکی، روابط مثبت بین گندم، کود شیمیایی و این باکتری‌ها تقویت‌شده و منجر به بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه شده است. از این رو تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک پتاسیم در جهت تعدیل اثرات کمبود رطوبت خاک بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه شهید سالمی شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا روی گندم (*Triticum aestivum* L.) انجام شد. از نظر اقلیمی،

خشکی می‌تواند به افت قابل‌ملاحظه رشد منجر شود (Soltani et al., 2000). کاهش رشد، کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید مواد غذایی و افزایش تنفس گیاه از عمده‌ترین صدماتی می‌باشند که در اثر کاهش آب در گیاهان بروز می‌کند و گیاهان هنگامی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، برای اینکه از اثرات تنش خشکی فرار کنند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کنند بنابراین به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کمتر می‌شود (Fredrick et al., 1990). در مطالعات متعددی گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش وزن دانه می‌شود (Mohammadian et al., 2004; Mojaddam and Modhej, 2012).

در بین عناصر غذایی، پتاسیم یکی از ترکیبات اصلی پوسته زمین است (Wang et al., 2000). پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر جزء عناصر پرنیاز گیاه است و در گیاه عنصری پویا است که در صورت کمبود، به بافت‌های جوان گیاه منتقل می‌شود و علائمی نظیر کاهش یا توقف رشد رویشی و رنگ‌پریدگی را در گیاه ظاهر می‌سازد (Malekouti and Homae, 2004). پتاسیم باعث فعال شدن حدود ۶۰ آنزیم گیاهی، از جمله فعال‌کننده آنزیم به وجود آورنده ATP شده و بر باز و بسته شدن روزه‌ها نظارت دارد. پتاسیم عنصری است که مقاومت گیاهان را در برابر کم‌آبی، تنش شوری افزایش داده و خاصیت انبارداری و کیفیت محصول را بالا می‌برد (Malekouti and Ghibi, 2000). فعال‌سازی آنزیم‌ها، افزایش‌دهنده فرآیند فتوسنتز، سنتز کربوهیدرات‌ها، نقل‌وانتقال کربوهیدرات‌های سنتز شده در فرآیند فتوسنتز، ساخت پروتئین‌ها، بهبود و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها از جمله وظایف پتاسیم می‌باشند که فوشینگ (Fusheng, 2006) به آن‌ها اشاره کرده است. در آزمایشی ارکوئیرو و همکاران (Arquero et al., 2006) بیان نمودند که تنش آبی باعث افت در آگیری برگ شد که این امر نیز به‌نوبه خود باعث اختلال در انتشار پتاسیم توسط کوتیکول می‌گردد. محمدیان و همکاران (Mohammadian et al., 2004) در آزمایشی اثرات تنش آبی و کود پتاسیم را بر عملکرد ارقام ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار دادند، نامبردگان اظهار داشتند، شاخص‌های رشدی ارقام ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آبی و تیمار پتاسیم قرار گرفت و بیان نمودند که کاربرد پتاسیم تأثیرات مثبتی بر روی میزان محصول و کارایی مصرف آب داشت. اگر میزان

دوره رشد گندم بر اساس میانگین ۲۰ ساله، مربوط به دی‌ماه با ۴۷/۷ میلی‌متر و کمترین میزان در اردیبهشت با ۲/۸ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱).

شهرستان اهواز جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در طول دوره رشد گندم بر اساس میانگین ۲۰ ساله، گرم‌ترین ماه مربوط به اردیبهشت (زمان برداشت) با ۳۲/۸ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه در اواسط رشد رویشی و متعلق به دی‌ماه با ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی در

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1. Physical and chemical properties of soil.

عمق نمونه Sampling depth	پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	نیتروژن Nitrogen	مواد آلی O.C	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
	(mg kg ⁻¹)		(%)	(%)			(%)		
0-30	123	6.8	0.08	0.45	7.5	5.9	35	38	27

کاشت استفاده شد. کود نیتروژن به میزان ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره که دارای ۴۶ درصد نیتروژن خالص بود در دو مرحله به‌صورت پایه قبل از کاشت و سرک در ابتدای مرحله ساقه رفتن استفاده گردید. هر کرت دارای ۷ ردیف کشت به طول ۵ متر و فاصله ردیف کاشت ۰/۲ متر بود.

عملیات برداشت نهایی در مرحله رسیدگی کامل و پس از زرد و خشک شدن کامل گیاهان انجام شد. عملکرد بیولوژیکی و دانه به ترتیب پس از توزین کل بوته‌ها و سپس خرمن‌کوبی و بوجاری در چهار ردیف میانی به مساحت ۲ مترمربع در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. میانگین تعداد سنبله در مترمربع بر اساس شمارش تعداد سنبله‌ها در سطح برداشت نهایی و اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله اساس شمارش و تعیین میانگین تعداد دانه در ۱۰ سنبله به‌صورت تصادفی در هر واحد آزمایشی انجام شد. به‌منظور محاسبه وزن هزار دانه، دو دسته ۵۰۰ تایی از بذور محصول در برداشت نهایی جدا و در صورتی که اختلاف وزن آن‌ها کمتر از ۶ درصد بود، مجموع وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت گردید. در غیر این صورت از دودسته دیگر ۵۰۰ تایی استفاده گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه آماری Minitab و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.

این مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول شامل رژیم آبیاری بر اساس تشتک تبخیر به‌صورت ۶۰ (شاهد) (I₆₀)، ۹۰ (I₉₀) و ۱۲۰ (I₁₂₀) میلی‌متر و فاکتور دوم شامل کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه در چهار سطح به‌صورت (۱) تماماً از طریق کود شیمیایی سولفات پتاسیم (مطابق عرف منطقه) (K₁₀₀)، (۲) ۷۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₇₅)، (۳) ۵۰ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₅₀)، (۴) ۲۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₂₅) در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در ۱۵ آذرماه به‌صورت کرتی و در تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گردید. آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه و بر اساس عرف منطقه انجام گرفت. اعمال تیمارهای آبیاری در مرحله ابتدای پنجه‌دهی بر اساس میزان تبخیر و تعرق از تشتک تبخیر شروع و تا زمان برداشت نهایی ادامه یافت. در این تحقیق از گندم آبی رقم چمران استفاده گردید. برای آغشته‌سازی بذر با کود زیستی پتابارور ۲ ابتدا بذرها مرطوب و سپس روی سطح پلاستیکی پخش و با کود زیستی پتابارور ۲ بر اساس توصیه شرکت تولیدکننده به میزان ۱۰۰ گرم به ازای مقدار بذر مصرفی در هکتار (۲۴۰ کیلوگرم) آغشته شد. کود پتاسه با توجه به نوع تیمار به میزان ۱۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم که دارای ۵۰ درصد پتاس خالص بود به‌صورت پایه و قبل از

نتایج و بحث

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج نشان داد اثر رژیم آبیاری و کود پتاسیم بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار ولی برهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری نداشت (جدول ۲).

بیشترین تعداد سنبله در مترمربع متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۳۹۸ سنبله و کمترین تعداد به آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۳۵۱ سنبله اختصاص داشت (جدول ۳). از آنجایی که اکثر سنبله‌های بارور در زمان پنجه‌دهی گیاه شکل می‌گیرد، لذا کاهش تعداد سنبله در شرایط اعمال رژیم آبیاری را می‌توان به کاهش در تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح نسبت داد. بری (Bray, 1997) گزارش نمود که افزایش تنش خشکی

در طول دوره رشد سبب می‌گردد رقابت برای جذب آب بین بخش‌های هوایی و زیرزمینی در بوته افزایش یابد در این شرایط گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی از جمله پنجه‌ها رسیده و منجر به کاهش تعداد پنجه‌های بارور و در نهایت باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح می‌گردد. پناهی و همکاران (Panahi et al., 2012) نیز به کاهش تعداد سنبله با افزایش تنش خشکی اشاره کرده‌اند. در بررسی اثر پتاسیم، نتایج نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح به تیمار کودی ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۴۰۰ و کمترین تعداد در به تیمار کاربرد ۲۵ درصد کود سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۳۶۱ سنبله، تعلق داشت (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه بر خصوصیات عملکردی گندم

Table 2. Analysis of variance of the combined effect of chemical and biological fertilizers on wheat yield characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean square		میانگین مربعات			
		تعداد سنبله در مترمربع Ears m ⁻²	تعداد دانه در سنبله Grains ear ⁻¹	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	715.22 *	29.50 *	6.38 ^{ns}	12558.3*	33515.0*	13.14 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime	2	805.77*	38.08 **	26.41 **	15477.2**	41797.4**	25.43 *
پتاسیم Potassium	3	682.11 *	22.67 *	17.35 *	9466.55*	29642.4*	17.61 ^{ns}
آبیاری × پتاسیم Irrigation*Potassium	6	214.33 ^{ns}	12.38 ^{ns}	5.67 ^{ns}	6543.77 *	21228.3*	9.76 ^{ns}
خطای آزمایش Error	22	148.55	5.44	3.82	2301.72	6443.28	7.01
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	3.2	6.8	6	11.2	7.2	7

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

^{ns}, * and ** not significant and significant at the P value of 0.05 and 0.01, respectively

افزایش تعداد سنبله در واحد سطح تأثیرگذار بوده‌اند. همچنین بیان شده است که کودهای بیولوژیک به صورت مستقیم با تحریک رشد گیاه از طریق مکانیسم‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی و یا غیرمستقیم از طریق کنترل عوامل بیماری‌زا به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند (Saleh Rastin, 2001). نتایج این آزمایش نشان داد که با افزایش میزان

انصاری و همکاران (Ansari et al., 2015) بیان نمودند که باکتری‌های کودهای زیستی بازدهی یا قابلیت دسترسی کودهای پتاسیمی را برای گیاه افزایش می‌دهند. فردریچ و همکاران (Friedrich et al., 1991) بیان کرده‌اند که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تولید و ترشح اسیدهای آلی در افزایش پتاسیم قابل جذب و نهایتاً در

سطوح بیشتر کودهای شیمیایی تعداد دانه قابل قبولی را تولید نمایند. منصورى (Mansoori, 2013) نیز اعلام نمود که با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و بیولوژیکی تعداد دانه در سنبله گندم افزایش پیدا کرد. فردریچ و همکاران (Friedrich et al., 1991) در تحقیق خود بیان کردند که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی باعث افزایش توان تولید گیاه زراعی می‌گردد.

وزن هزار دانه

اثر رژیم آبیاری و کود پتاسیم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود این در حالی است که برهمکنش رژیم آبیاری و کود پتاسیم اختلاف معنی‌دار از لحاظ آماری نشان نداد (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۳۶ گرم و کمترین مقدار مربوط به آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۲۹ گرم بود (جدول ۳). رمزی و همکاران (Razmi et al., 2001) بیان نمودند که تنش رطوبتی در طی دوره رسیدگی دانه‌ها سبب کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت باعث ریز و چروکیده شدن دانه‌ها می‌شود. لی و همکاران (Li et al., 2004) نیز به کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش کمبود آب اشاره نموده‌اند. نتایج مقایسه میانگین همچنین نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار کود ۷۵ درصد کود سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۳۴ گرم و کمترین مقدار مربوط به کاربرد ۲۵ درصد کود سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۳۰ گرم مشاهده شد (جدول ۳). خلدبرین و اسلام زاده (Khaldrin and Islamzadeh, 2005) گزارش کردند، پتاسیم در تقسیم سلولی، رشد، فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی نقش دارد و با کاربرد پتاسیم محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه افزایش یافته و به تبع آن وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد. نتایج این آزمایش همچنین بیانگر این بود که کاربرد کودهای زیستی همراه کودهای شیمیایی در افزایش وزن هزار دانه مؤثر است. این حالت می‌تواند به تأثیر مثبت باکتری‌ها بر حلالیت عناصر غذایی و توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و به تبع آن جذب بهتر عناصر غذایی نسبت داده شود (Yousefpoor and Yadavi, 2014).

پتاسیم خاک، مقدار بیشتری از این عنصر توسط گیاه جذب و مازاد آن برای رشد رویشی و تشکیل پنجه استفاده شده است، به همین دلیل در سطوح بالاتر پتاسیم هم‌زمان با مصرف کودهای زیستی تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت.

تعداد دانه در سنبله

با توجه به نتایج مشاهده شد، اثر رژیم آبیاری و کود پتاسیم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار اما برهمکنش رژیم آبیاری در کود پتاسیم اختلاف معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در سنبله متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۳۸ دانه و کمترین آن مربوط به ۱۲۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر با ۲۹ دانه در سنبله بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاهش تعداد دانه در سنبله به علت کاهش درصد تلقیح گل‌ها در شرایط افزایش رژیم آبیاری باشد؛ زیرا چنین اظهار شده است که تنش خشکی در طی مرحله تقسیم میوزی سلول مادر دانه گرده موجب رشد غیرطبیعی بساک‌ها و کاهش ضریب باروری سنبله در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌گردد (Mamghani, 1994). فیشر و ماسورر (Fischer and Masurer, 1978) اظهار داشتند که تنش رطوبتی در کمی قبل از گرده‌افشانی به‌طور عمده بر تعداد دانه در سنبله تأثیر دارد. همچنین سپهری و همکاران (Sepehri et al., 2002) بیان نموده است که تلفات دانه در شرایط تنش خشکی می‌تواند مربوط به عدم هم‌زمانی نمو گل‌ها، نمو غیرعادی کیسه جنینی و عدم نمو دانه پس از گرده‌افشانی و باروری باشد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار کودی ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۳۶ دانه و کمترین تعداد مربوط به کاربرد ۲۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۳۲ دانه در سنبله بود (جدول ۳). یوسف پور و یدوی (Yousefpoor and Yadavi, 2014) نقش باکتری‌های محرک رشد را در گیاه آفتابگردان در آزمایش‌های خود مثبت ارزیابی کردند. نامبردگان اظهار داشتند، استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ۷ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. این موضوع توانایی کودهای زیستی در استفاده از کود شیمیایی را بیان می‌کند زیرا این کودها می‌توانند حتی در

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه بر خصوصیات عملکردی گندم

Table 3. Mean comparison of the combined effect of chemical and biological fertilizers on wheat yield characteristics

Treatments	تیمارها	Mean of traits		میانگین صفات	
		تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)
		Ears m ⁻²	Grains ear ⁻¹	1000- grain weight (g)	Harvest index (%)
Irrigation regime based on evaporation from evaporation pan					
60 mm	۶۰ میلی‌متر	398.42 ^a	37.66 ^a	35.67 ^a	38.39 ^a
90 mm	۹۰ میلی‌متر	390.81 ^a	34.87 ^{ab}	32.76 ^{ab}	37.82 ^b
120 mm	۱۲۰ میلی‌متر	351.07 ^b	29.40 ^b	28.63 ^b	37.27 ^c
Potassium sources					
منابع پتاسیم					
100% potassium sulfate	۱۰۰ درصد سولفات پتاسیم	383.37 ^{ab}	34.38 ^{ab}	32.70 ^{ab}	37.97 ^a
75% potassium sulfate+ potabarvar 2	۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲	399.59 ^a	35.97 ^a	34.17 ^a	38.10 ^a
50% potassium sulfate+ potabarvar 2	۵۰ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲	376.58 ^{ab}	33.79 ^{ab}	32.02 ^{ab}	37.83 ^a
25% potassium sulfate+ potabarvar 2	۲۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲	360.85 ^b	31.80 ^b	30.52 ^b	37.74 ^a

میانگین‌های عددی با یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

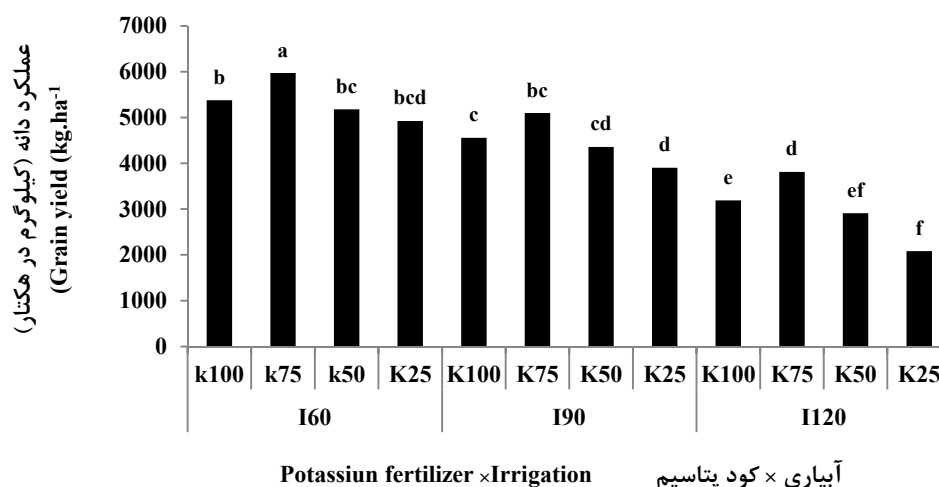
Means followed by same letter in each column are not significantly different at the 5% level of probability according to Duncan test

عملکرد دانه

درصد و در سوپا تا ۲۷ درصد کاهش داد. معصومی و همکاران (Masoume et al., 2013) بیان کردند که عملکرد با افزایش تعداد دفعات آبیاری بیشتر شد. همچنین بیان گردید که اثر تنش کم‌آبی با افزایش کاربرد سولفات پتاسیم، کاهش یافت. صالحی و همکاران (Salehi et al., 2012) نیز گزارش کردند که کاربرد سولفات روی و پتاسیم در شرایط تنش رطوبتی اثرات ناشی از تنش خشکی را تعدیل می‌کند. نتایج برهمکنش تیمارهای مختلف آبیاری و پتاسیم همچنین نشان داد که در هر سه رژیم آبیاری بیشترین عملکرد متعلق به تیمار کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ است (شکل ۲). به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری از طریق افزایش فراهمی زیستی پتاسیم و با تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار داده است (Sturz and Christie, 2003). حجتی پور و همکاران (Hojattipor et al., 2014) در طی آزمایش‌های خود دریافتند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود زیستی باعث حصول بیشترین عملکرد دانه نسبت به کاربرد تنهائی هر کدام از کودهای شیمیایی و

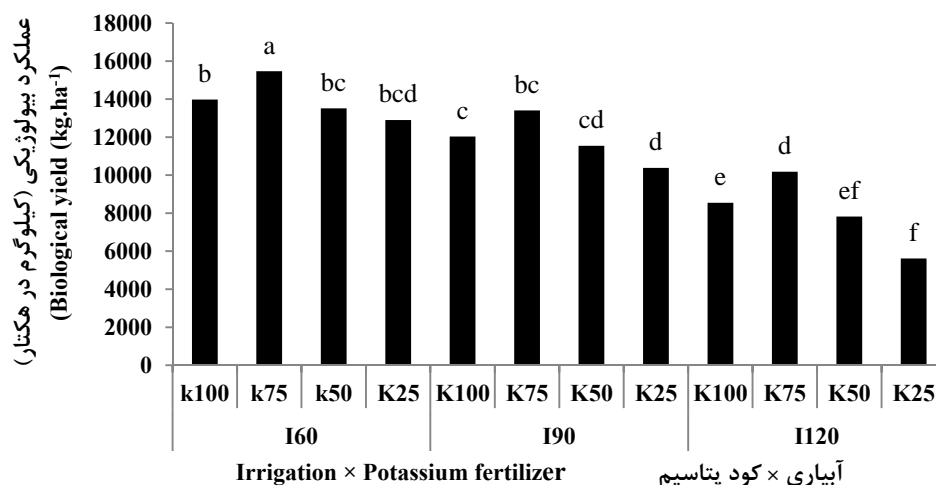
با توجه به نتایج مشاهده گردید که اثر رژیم آبیاری، کود پتاسیم و برهمکنش رژیم آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۵۹۷۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار به تیمار آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد ۲۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ با ۲۰۸۱ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (شکل ۱). افزایش عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ در مقایسه با تیمار تماماً از طریق سولفات پتاسیم (شاهد)، ۱۲/۳ درصد بود. نسیمیت و ریتچی (Nesmith and Ritchie, 1992) بیان کردند که کمبود آب در طول دوره گلدهی و گرده‌افشانی به علت اثرات منفی بر اعضای زایشی، در کاهش عملکرد گیاهان زراعی مؤثر است. کاکس و جولیف (Cox and Jolliff, 2000) در تحقیق خود گزارش کردند که کمبود آب در خاک، عملکرد دانه را در آفتابگردان تا ۲۰

زیستی شد. همچنین بیان شده است که کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌دار دارد (Mirzakhani and Sajedi, 2015).



شکل ۱. اثر متقابل رژیم آبیاری بر اساس تشتک تبخیر به صورت ۶۰ (شاهد) (I₆₀)، ۹۰ (I₉₀) و ۱۲۰ (I₁₂₀) میلی‌متر و کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه به صورت تماماً از طریق کود شیمیایی سولفات پتاسیم (شاهد) (K₁₀₀)، ۷۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₇₅)، ۵۰ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₅₀) و ۲۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₂₅) بر عملکرد دانه (P ≤ 0.05)

Fig. 1. Interaction effect of irrigation regimes in the form of 60 (control) (I₆₀), 90 (I₉₀) and 120 (I₁₂₀) mm based on evaporation pan and combinations of chemical and biological fertilizers of potassium including potassium sulfate fertilizer (control) (K₁₀₀), application of 75% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₇₅), application of 50% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₅₀) and application of 25% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₂₅) on grain yield (P ≤ 0.05)



شکل ۲. اثر متقابل رژیم آبیاری به صورت ۶۰ (شاهد) (I₆₀)، ۹۰ (I₉₀) و ۱۲۰ (I₁₂₀) میلی‌متر بر اساس تشتک تبخیر و کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی پتاسه به صورت تماماً از طریق کود شیمیایی سولفات پتاسیم (شاهد) (K₁₀₀)، ۷۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₇₅)، ۵۰ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₅₀) و ۲۵ درصد از طریق سولفات پتاسیم + کود زیستی پتابارور ۲ (K₂₅) بر عملکرد بیولوژیکی (P ≤ 0.05)

Fig.2. Interaction effect of irrigation regimes in the form of 60 (control) (I₆₀), 90 (I₉₀) and 120 (I₁₂₀) mm based on evaporation pan and combinations of chemical and biological fertilizers of potassium including potassium sulfate fertilizer (control) (K₁₀₀), application of 75% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₇₅), application of 50% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₅₀) and application of 25% of potassium sulfate+Potabarvar2 (K₂₅) on biological yield (P ≤ 0.05)

شاخص برداشت

شاخص برداشت یکی از معیارهای مهم فیزیولوژیک در محصولات به شمار می‌آید. این مؤلفه کارایی توزیع مواد فتوسنتزی را در اندام‌های مختلف به‌ویژه اندام اقتصادی نشان می‌دهد (Kochaki and Sarmadnia, 2000). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر رژیم آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار ولی اثر کود پتاسیم و برهمکنش تنش رطوبتی در کود پتاسیم اختلاف معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری نشان داد که بیشترین شاخص برداشت متعلق به آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با ۳۸ درصد و کمترین مقدار به آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر از تبخیر تشتک با ۳۷ درصد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاهش دور آبیاری موجب اختلال در تسهیم کربوهیدرات‌ها به دانه و موجب کاهش شاخص برداشت گردیده است؛ به‌عبارت‌دیگر رژیم آبیاری عملکرد دانه را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیکی کاهش داده است. پاندی و همکاران (Pandey et al., 2000) نیز بیان داشتند که کاهش شاخص برداشت ذرت در شرایط تنش شدید خشکی مربوط به حساسیت بیشتر اندام‌زایشی در مقایسه با اندام رویشی است. مجدوم و مدحج (Mojaddam and Modhej, 2012) نیز دلیل کاهش شاخص برداشت ذرت در اثر تنش خشکی را به افت بیشتر عملکرد دانه نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که (الف) با افزایش شدت تنش رطوبتی، صفاتی نظیر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی کاهش یافت. کاهش در عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی بیشتر بود که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر اندام‌زایشی نسبت به اندام رویشی در شرایط تنش رطوبتی است.

(ب) با کاربرد سولفات پتاسیم می‌توان شرایط مناسب برای استقرار گیاه و درنهایت افزایش عملکرد را فراهم کرد. بهترین عملکرد و صفات عملکردی در شرایط ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری از طریق افزایش فراهمی زیستی پتاسیم و یا با تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. از طرفی با توجه به اینکه در هر سه رژیم آبیاری عملکرد دانه در شرایط ۷۵ درصد سولفات پتاسیم + پتابارور ۲ نسبت به عدم استفاده از کودهای زیستی (شاهد) (تماماً از طریق سولفات پتاسیم) افزایش معنی‌دار داشته است لذا این ترکیب کودی را می‌توان در شرایط تنش رطوبتی و بدون تنش رطوبتی در منطقه توصیه کرد.

منابع

- Ansari, S., Sarikhani, M., Najafi, N., 2015. Inoculation effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on corn in presence of indigenous microflora of soil. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 24(4), 33-43. [In Persian with English Summary].
- Arquero, O., Barranco, D., Benloch, M., 2006. Potassium starvation increases stomata conductance in olive trees. *Horticulture Science*. 41(2), 433-436.
- Amal Ahmed, M.A, Ahmed, G., Mohamed Magda, H., Tawfik, M.M., 2011. Integrated Effect of organic and biofertilizers on wheat productivity in new reclaimed sandy soil. *Research Journal of Agriculture Biological Sciences*. 7(1), 105-114.
- Amujoyegbe, B.J., Opbode, J.T., Olayinka, A., 2007. Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of *Zea mays* and *sorghum bicolor*. *African Journal of Biotechnology*. 6(16), 1869-1873.
- Black, C.A., 1993. *Soil Fertility Evaluation and Control*. First Edition. CRS Press, USA. 768p.
- Bray, E.A., 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science*. 2(2), 48-54.
- Cox, W.I., Jolliff, G.D., 2000. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*. 78(2), 226-230.
- Fiscer, R.A., Masurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29(5), 897-912.

- Fredrick, J.R., Below, F.E., Hesketh, J.D., 1990. Carbohydrate, nitrogen and dry matter of maize hybrids under drought stress. *Annals of Botany*. 66(4), 407-415.
- Friedrich S., Platonova, N.P., Karavaiko, G.I., Stichel, E., Glombitza, F., 1991. Chemical and microbiological solubilization of silicates. *Acta Biotechnologica*. 11(3), 187-196.
- Fusheng, L., 2006. Potassium and water interaction. International workshop on soil potassium and K fertilizer management. Agricultural College Guangxi University. China. 197p.
- Heatherly, L.G., Wesley, R.A., Elmore, C.D., 1990. Corn, sorghum and soybean response to the irrigation in the Mississippi river alluvial plain. *Crop Science*. 30(3), 665- 672.
- Hojattipor, E., Jafari, B., Dorostkar, M., 2014. The effect of integration of biological and chemical fertilizers on yield, yield components and growth indexes of wheat. *Journal of Plant Ecophysiology*, 5(15), 36-48. . [In Persian with English Summary].
- Heydari Sharifabad, H., 2004. Water uptake and transpiration. Ministry of Agriculture- Jihad. National Committee for Drought and Agricultural Drought Publications. 194p. [In Persian].
- Khaldrin, B., Islamzadeh, T., 2005. Mineral nutrition of higher plants, Vol. 1, Shiraz University Press. 328p. [In Persian].
- Kochaki, A., Sarmadnia, G., 2000. Crops Physiology. Mashhad University Press. 476p. [In Persian].
- Li, F.M., Wang, P., Wang, J., Xu, J.Z., 2004. Effects of irrigation before sowing and plastic film mulching on yield and water uptake of spring wheat in semi arid Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. 67(2), 77-88.
- Maerere, A.P., Kimbi, G.G., Nonga, D.L.M., 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of *Amaranthus Cruentus* L). *African Journal of Science and Technology*. 1(4), 14-21.
- Malekouti, M.J., Homae, M., 2004. Fertility of soils in arid zones, problems and solutions. Tarbiat Modares University Press. Tehran. 185p. [In Persian].
- Malekouti, M.J., Ghibi, M.N., 2000. Determination of the critical level of effective food elements in soil and fruit. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural education press. 92p. [In Persian].
- Mamghani, R., 1994. Hybridization of crop plants. Shahid Chamran University Press. Iran. [In Persian].
- Mansoori, A., 2013. Response of promising line N8119 of wheat to application of phosphate bio-fertilizer. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)*. 15(1), 125-133. [In Persian with English Summary].
- Masoume, M.M., Maleki, A., Siaddat, S.A., Beigzade, M., 2013. The effect of zinc and potassium on the quality yield of wheat under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 13(6), 1164-1170.
- Mirzakhani, M., Sajedi A., 2015. Evaluation of biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and yield components of sunflower. *Journal of Agricultural Science*. 25(1), 139-153. [In Persian with English Summary].
- Mohammadian, R., Ahmadi, M., Ghalebi, S., 2004. Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes of sugar beet in furrow irrigation. *Journal of Sugar Beet*. 20(1), 55- 72. [In Persian with English Summary].
- Mojaddam, M., Modhej, A., 2012. Effect of nitrogen levels on water use efficiency, grain yield and yield components of corn under optimum and drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(3), 546-554. [In Persian with English Summary].
- Nesmith, D.S., Ritchie, J.T., 1992. Effect of soil water-deficits during tassel emergence on development of maize (*Zea Mays* L.). *Field Crops Research*. 28(3), 251-256.
- Ouottar, S.R., Jones, R.J., Crookston, R.K., 1987. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science*. 27(4), 726-730.
- Panahi, B., Paknejad, F., Habibi, D., Sadeghi, Nasri, M., Pazaki, A.R., 2012. Evaluation of irrigation regimes on yield and yield components in different cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy*

- and Plant Breeding. 8(2), 185-197. [In Persian with English Summary].
- Pandey, R.K., Maranville, J.W., chetima, M.M., 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46(1), 15-27.
- Rahimi, M.M., Salahizadeh, A.A., 2015. Effect of different levels of irrigation and potassium on qualitative and quantitative characteristics of the beans in Yasooj, Iran. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 4(1), 50-56.
- Razmi, N., Chasemi, M., 2007. Effect of different irrigation regimes on growth, grain yield and its components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars under Isfahan conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9(2), 169-183 [In Persian with English Summary].
- Salehi, R., maleki, A., dehghanzadeh, H. 2012. Effect of potassium and zinc sulphat application on yield and yield componemts of maiz (SC 704) under drought stress conditions. *Crop Production in Environmental Stress*. 4(3), 59-70. [In Persian with English Summary].
- Saleh Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in order to achieve sustainable agriculture. *Journal of Soil and Water. Special issue on Biological Fertilizers* 23, 19-23. [In Persian with English Summary].
- Sepehri, A., Modarres Sanavi, S.A., Gharehyazi, B., Yamini, Y. 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 4(3), 184-201.
- Shata, S.M., Mahmoud, A., Siam, S., 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Reacerch Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3(6), 733-739.
- Soltani, A., Khooieb, F.R., Ghassemi-Golezani K., Moghaddam, M., 2000. Thresholds for chickpea leaf expansion and transpiration response to soil water deficit. *Field Crops Research*. 68(3), 205-210.
- Sturz, A.V., Christie, B.R., 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*. 72(2), 107-123.
- Togay, Y., Togay., N., Cig., F., Erman, M., Celen, A.E., 2008. The effect of sulphur applications on nutrient composition, yield and some yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*. 7(18), 3255-3260.
- Valdabadi, S.A., Aliabadi Farahani, H., 2010. Studying the interactive effect of potassium application and individual field crops on root penetration under drought condition. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*. 2(5), 82-86.
- Vazques, P., Holguin, G., Puente, M.E., 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology and Fertility of Soils*. 30(5), 460-468.
- Wang, J.G., Zhang, F.S., Zhang, X.L., Cao, Y.P., 2000. Release of potassium from K-bearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 56(1), 45- 52.
- Yousefpoor, Z., Yadavi, A., 2014. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative yield of sunflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 24(1), 95-112. [In Persian with English Summary].
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., Esmaili, M.A., 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth-promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. *International Journal Biological and Life Science*. 3(1), 50-52. [In Persian with English Summary].