نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 566-551

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 551-566

تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حمیدرضا فنایی[1*]، اقدس ازمل[2] و عیسی پیری[3]

تاریخ دریافت: 1394/02/20
تاریخ پذیرش: 1395/05/05

فنایی، ح.ر.، ازمل، ا.، و پیری، ع. 1395. تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 566-551.

چکیده

جهت بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور زابل در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. رژیم آبیاری در سه سطح شامل: I_1: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد) I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه؛ به عنوان کرت‌های اصلی و منابع کودی شامل، F_1: عدم مصرف کود شیمیایی (شاهد) F_2: مصرف خالص کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به ترتیب 99، 44 و 123 کیلوگرم در هکتار F_3: مصرف نیتروکسین (دو لیتر در هکتار) F_4: مصرف *ازتوباکتر* (دو لیتر در هکتار) F_5: مصرف نیتروکارا (100 گرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد، عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با میانگین 1539 کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط قطع آب در فاز رویشی (روزت، ساقه رفتن و طبق‌دهی) و قطع آبیاری در فاز زایشی (گلدهی و پرشدن) به ترتیب 27 و 45 درصد افزایش داشت. اگر چه در بین کودهای بیولوژیک از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما کود بیولوژیک نیتروکارا نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 19 درصد افزایش نشان داد. با افزایش اثر شدت تنش میزان محتوی نسبی آب برگ نسبت به شاهد کاهش یافت به طوری‌که کمترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار قطع آب در فاز رویشی مشاهده شد، اما با مصرف کودهای بیولوژیک روند تغییرات محتوی نسبی آب برگ افزایشی بود. اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری در همه مراحل رشد به ویژه مراحل حساس به خشکی (گلدهی و پرشدن دانه) و استفاده از کودهای بیولوژیکی سازگار مانند نیتروکارا و نیتروکسین، تأثیر مثبت در بهبود عملکرد کمی و کیفی گلرنگ داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص برداشت، گیاه روغنی، محتوی نسبی آب برگ، نیتروکارا

مقدمه

تنش خشکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که 40 تا 60 درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Reddya et al., 2004). گیاهان از یکسری سازوکارهای مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی برخوردار هستند که به آن‌ها امکان سازگار شدن با خشکی را می‌دهد (Karkanis et al., 2011). گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به دلیل داشتن ریشه‌های طویل، با توان جذب بالا از بخش‌های عمیق تر خاک به

1، 2 و 3- به ترتیب استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور زاهدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: Fanay52@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v8i4.46602

عنوان یک دانه روغنی مقاوم به خشکی به شمار می‌آید. این گیاه می تواند در مناطق با درجه حرارت پایین و سرد و خاک‌هایی با حاصلخیزی کم، رشد و نمو موفقی داشته باشد (Koutroubas & Papadoska, 2005). به طوری‌که استفاده از گلرنگ در شرایط نامناسب محیطی به جای گیاهانی مثل کلزا (*Brassica napus* L.)، سویا (Glycine *max* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و... می‌تواند نقش مهمی در تأمین روغن مورد نیاز کشور، تناوب و الگوی کشت داشته باشد (Movahedi Dehnavi et al., 2006).

جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه، ضریب خاموشی، جذب تشعشع و محتوی کلروفیل در گلرنگ داشت. بهدانی و موسوی فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، گزارش نمودند که با افزایش مدت زمان آبیاری از وزن خشک اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های گلرنگ کاسته شد. فنایی و ناروئی راد (Fanaei & Narouirad, 2014) و امیدی (Omidi, 2009) اعلام داشتند که تنش خشکی انتهای فصل (ظهور طبق‌ها و گلدهی) عملکرد دانه را از طریق تحت تأثیر قرار دادن صفات زراعی و اجزای عملکرد کاهش می‌دهد. محققین گزارش کردند که عملکردهای مطلوب در گلرنگ در شرایط عدم تنش و آبیاری در مراحل حساس رشدی به ویژه فاز زایشی گیاه به دست آمد (Movahedi Dehnavi et al., 2006). هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، اثر سوء بیشتری بر تعداد دانه در طبق خواهد داشت و اعمال تنش خشکی پس از پایان مرحله گلدهی و گرده افشانی، تأثیر اندکی بر تعداد دانه دارد و بیشتر باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Haghighatnia, 2011; Kafi & Rostami, 2007). راستی و همکاران (Rasti et al., 2014) طی بررسی تأثیر کودهای ارگانیک و شیمیایی بر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی شدید (180 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، عملکرد، اجزای آن و شاخص برداشت و افزایش اعداد کلروفیل متر شد.

کمیت و کیفیت گیاهان زراعی به خصوص دانه‌های روغنی تا حدود زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی می‌باشد. بیشتر خاک‌های ایران به دلیل کمبود مواد آلی دارای سطوح پایین نیتروژن می‌باشند (Asadie et al., 2008). لذا تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیکی ضروری می‌باشد. اگرچه کودهای شیمیایی، سریع‌ترین راه برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد و در کوتاه‌مدت سبب دستیابی به عملکرد بالا می‌شود، اما در بلندمدت سبب آلودگی منابع آبی و خاک، از بین رفتن ساختمان خاک، کاهش بازده محصولات کشاورزی می‌شود. کودهای بیولوژیک قادرند طی چندین فرایند زیستی، عناصر غذایی را از شکل غیر قابل استفاده به شکل قابل استفاده برای گیاه تبدیل کنند و کمبود و رفع نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد را جبران نمایند (Aseretal, 2008). کودهای بیولوژیک نیتروکسین، نیتروکارا و *ازتوباکتر* به ترتیب حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*، *آزورایزوبیوم* می‌باشد (Ansari & Rosta, 2008). سلمانی و همکاران (Salmani et al., 2010) اعلام داشتند که کود بیولوژیک نیتروکسین می‌تواند در کشاورزی پایدار به عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی در زراعت گندم (*Triticum aestivum* L.) مطرح باشد اما سیدی و رضوانی مقدم (Sayadei & Rezvani Moghaddam, 2011) اظهار داشتند که در شرایط نبود یا کمبود مواد آلی در خاک، نیتروکسین ممکن است کود بیولوژیک مناسبی جهت تولید گندم نباشد. مقیمی و یوسفی‌راد (Moghimi & Yousefi Rad, 2013) در گلرنگ، شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) در گندم و یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.)، اعلام داشتند که کود بیولوژیک نیتروکسین و استفاده از کود بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر*، بر عملکرد، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام های هوایی گیاه تأثیر معنی‌دار داشتند. کومار و نارولا (Kumar & Narula, 1999) گزارش کردند که *ازتوباکتر* در ناحیه ریزوسفر می‌تواند نقش مؤثری در حل کردن فسفات و تولید هورمون ایندول استیک اسید داشته باشد و *آزوسپیریلیوم* نیز همانند *ازتوباکتر* می‌تواند علاوه بر تثبیت نیتروژن، هورمون‌های تحریک کننده رشد مانند جیبرلین و اکسین را تولید کند. ازتورک و همکاران (Ozturk et al., 2003) گزارش کردند که تلقیح بذرهای گندم با *آزوسپیریلیوم* به طور معنی‌داری منجر به افزایش تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و محتوای پروتئین شد. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) نیز به نقش مؤثر استفاده از کود بیولوژیک در افزایش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی و نیز عملکرد بذر در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) اشاره کردند.

میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) گـزارش کردنـد که تلقیح بذر گلرنگ بهاره با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* علاوه بر افـزایش عملکـرد دانـه و روغـن، موجب افزایش مقاومت در برابر عوامـل نامسـاعد محیطـی و بهبـود کیفیت محصول می‌گردد.

با عنایت به وجود محدودیت‌های نظیر آهکی بودن، pH بالا، کم بودن ماده آلی خاک، تنش خشکی بالا و نامناسب و نامتعادل عناصر غذایی در منطقه به نظر می‌رسد با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، می‌توان شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود کـه گیـاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیـک‌تـر شـده و حـداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند. این آزمایش با هدف مقایسه تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ در شرایط تنش آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه پیام نور زابل (طول جغرافیایی 61 درجه و 29 دقیقه، عرض جغرافیایی 31 درجه و 2 دقیقه شمالی و ارتفاع 487 متر از سطح دریا) در سال زراعـی 92-1391 اجرا گردید. نتایج تجزیه خاک مزرعه در جدول 1 ارائه گردیده است آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شـده بـر پایـه طـرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. رژیم آبیاری در سه سطح شامل، I_1: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد) I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانـه I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبـق‌دهـی و قطـع آبیـاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه؛ به عنـوان کـرت‌هـای اصـلی و منـابع کودی شامل، F_1: عدم مصرف کـود شـیمیایی (شـاهد) F_2: مصـرف خالص کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به ترتیـب 99، 44 و 123 کیلوگرم در هکتار F_3: مصرف نیتروکسین (دو لیتر در هکتار) F_4: مصرف *ازتوباکتر* (دو لیتر در هکتار) F_5: مصرف نیتروکارا (100 گرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی بودنـد. کـود بیولوژیـک *ازتوبـاکتر* شامل مجموعه‌ای از باکتری‌هـای تثبیـت کننـده نیتـروژن از جـنس *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* (تعداد سلول زنده در هر گرم (CFU): تعـداد 10^8 ماده حامل از هر یک از جنس‌های بـاکتری) و کـود بیولوژیـک نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های بـاکتری‌هـای تثبیت‌کننده از جنس *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* و حل کننده فسـفات از جنس *پسودوموناس* (تعداد سلول زنده در هر گرم (CFU): تعداد 10^8 ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری) و کود بیولوژیک نیتروکارا حـاوی بـاکتری *Azorhizobium caulinodans* و *آزوسـپیریلیوم* و *ازتوباکتر* از باکتری‌های جدا شده از طبیعت (تعداد سلول زنده در هـر گرم (CFU): تعداد 10^9 ماده حامل از باکتری) بودند که قبل از کاشت (بر اساس توصیه سازنده کود) به صورت تلقیح با بذر اسـتفاده شـدند (شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا). پس از اطمینان کافی از اختلاط کامل بذرها با مایه‌های تلقیحی، به مدت یک ساعت در سایه خشک و سپس عملیات کاشت در کرت‌هایی شامل چهار خط بـه طـول چهـار متر و فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متـر در اول اسـفندماه بـه صـورت هیرم‌کاری انجام شد. جهت جلوگیری از نشت رطوبـت، فاصـله بـین تکرارها سه متر و فاصله بین کرت‌ها 1/5 متر بود. بر اساس توصـیه آزمایش خاک، 44 کیلوگرم فسفر بر مبنای (P_2O_5) در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و 123 کیلوگرم پتاسیم بر مبنای (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم در هکتار همزمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. 92 کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در هکتار استفاده شد که 1/3 از آن قبل از کاشت و 2/3 باقیمانـده در مرحلـه سـاقه رفـتن و طبق‌دهی استفاده شد. در مرحله 50 درصد گلدهی قبل از رفع تـنش جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ از هر کرت آزمایشی جوان-ترین برگ‌های بالغ جدا و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و وزن تر آن‌ها یاداشت گردید. سپس به مدت 24 ساعت در دمای آزمایشگاه و محیط کم نور داخل ظرف پتری‌دیش حاوی آب مقطر جهـت آمـاس قرار گرفتند. برگ‌ها با کاغذ صافی خشک و با ترازوی حسـاس، وزن آماس سپس به داخل آون الکتریکی با دمای 70 درجـه سـانتی‌گـراد منتقل و بعد از 24 ساعت، وزن خشک برگ‌هـا بـا تـرازوی حسـاس تعیین شد. محتوای آب آن‌ها تعیین گردید. محتوای آب نسبی برگ، با استفاده از معادله (1) محاسبه شد (Nahimie et al., 2014):

$$RWC(\%) = \left[\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)}\right] \times 100 \qquad \text{معادله (1)}$$

در این معادله، FW: وزن تر بـرگ، DW: وزن خشـک بـرگ و TW: وزن برگ در حالت آماس می‌باشد.

با قهوه‌ای شدن براکته‌های اطراف طبق، تعداد پـنج بوتـه از هـر کرت به طور تصادفی انتخاب و تعداد طبق در بوته شمارش شـد. بـا انتخاب 10 طبق تصادفی از هر کرت نیز تعداد دانه در طبـق تعیـین شد. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه 250 تایی با تـرازو بـا دقـت

0/01 گرم مشخص گردید. به هنگام رسیدگی محصول، بوته‌های مربوط به سطحی معادل دو مترمربع با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای برای تعیین عملکرد دانه برداشت شد. قبل از جداسازی دانه از طبق‌ها، وزن کل بوته‌ها با ترازو توزین و عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. درصد روغن به روش غیر تخریبی با دستگاه NMR مدل - H20-18 25A ساخت کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی کرج صورت گرفت. از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه عملکرد روغن محاسبه شد. داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزارExcel استفاده گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experimental field

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabel K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabel P ($mg.kg^{-1}$)	بافت Texture
0-30	4.2	0.33	0.03	8.2	145	8.2	لوم- شنی Sandy- loam

نتایج و بحث

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و کود بیولوژیک بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، از لحاظ آماری معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول 2). همچنین اثر برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 2). از جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد طبق در بوته در شرایط عدم تنش و کمترین مقدار این صفت با 42 درصد کاهش در شرایط تنش خشکی در دوره رویشی وجود داشت (جدول 3). کمبود رطوبت در طی مراحل رشد رویشی، به دلیل اثر نامناسب بر جذب آسیمیلات و کاهش عرضه مواد فتوسنتزی، سبب کمتر تمایز یافتن سلول‌های بنیادی مربوط به تعداد شاخه و کاهش تعداد طبق در بوته می‌گردد. به نظر می‌رسد که اثر تنش و مدت آن از کاشت تا شروع گلدهی نسبت به قطع آب در دوره زایشی بالاتر بوده است. کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007) گزارش کردند که تنش شدید خشکی (قطع آبیاری در مرحله تشکیل طبق‌ها)، تعداد طبق در بوته را کاهش داد. باغخانی و فرحبخش (Baghkhani & Farahbakhsh, 2008) و محسن‌نیا و جلیلیان (Mosennia & Jalilian, 2012) کاهش تعداد طبق در بوته گلرنگ را به رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش در دوره رویشی نسبت دادند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. همان‌طور که از جدول 4 استنباط می‌شود بیشترین تعداد طبق در بوته در تیمارهای کود بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد. به نظر می‌رسد که در شرایط همزیستی گیاه با میکروارگانیسم‌های داخل خاک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد و مواد فعال بیولوژیکی، سبب افزایش در رشد رویشی گیاه و به تبع آن تعداد شاخه جانبی و کپسول در بوته می‌گردد (Shaalan, 2005). یاساری و پات واردهان (Yasari & Patwardhan, 2007) نیز افزایش در تعداد کپسول در دانه کلزا را در اثر تلقیح با کود بیولوژیک *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* ناشی از تولید و ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد توسط ریزجانداران در خاک اعلام که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

بر اساس نتایج حاصل از جدول 3 تعداد دانه در طبق در تیمار عدم تنش خشکی با 23 درصد افزایش نسبت به تعداد دانه در شرایط قطع آب در دوره زایشی برتری داشت (جدول 3). به نظر می‌رسد علت این کاهش، سقط گلچه‌های مولد دانه، تحت تأثیر کمبود رطوبت و افزایش اثر تنش در این شرایط باشد. حقیقت نیا (Haghighatnia,

2011)، کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014) طی آزمایشات جداگانه گزارش کردند که کمبود آب در طی مراحل گلدهی و پرشدن دانه در گلرنگ سبب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد که با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین منابع کود بیولوژیک و کود شیمیایی بیشترین تعداد دانه در طبق در کودهای بیولوژیک نیتروکارا، *ازتوباکتر* و نیتروکسین با حدود 12/5 درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول 4). کودهای بیولوژیک نیتروکسین، نیتروکارا و *ازتوباکتر* که به ترتیب حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *آزورایزوبیوم* می‌باشند، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا در متعادل کردن جذب عناصرغذایی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه و به تبع رشد و تولید اسیمیلات بیشتر در افزایش اندام‌های زایشی چون تعداد دانه در طبق نیز می‌توانند، موثر باشند (Ansari & Aseretal, 2008; Rosta, 2008).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of seed yield and yield components of safflower under irrigation and fertilizer resources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طبق در بوته Head per plant	دانه در طبق Seed per head	وزن هزار دانه 1000- Seed weigh	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	15.354*	1.867^{ns}	0.588^{ns}	7119.421^{ns}
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	243.311**	336.067**	923.315**	1853446.812**
خطای (a) Error (a)	4	1.646	1.833	0.110	13842.063
منبع کود (F) Fertilizer (F)	4	27.268**	32.089**	355.703**	90734.239**
آبیاری × منبع کود I × F	8	1.931^{ns}	0.372^{ns}	6.693**	5098.007*
خطای (b) Error (b)	24	1.296	0.0761	0.153	1661.080
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.29	2.28	0.85	3.49

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

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر آبیاری

Table 3- Mean comparisons of seed yield and yield components of safflower by irrigation

آبیاری Irrigation	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد طبق در بوته No. of head per plant
I_1	1539^{a*}	52^{a}	43^{a}	19^{a}
I_2	1118^{b}	48^{b}	38^{b}	1^{c}
I_3	841^{c}	37^{c}	33^{c}	16^{b}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

I_1: آبیاری در همه مراحل (روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه (شاهد)، I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره رویشی) و I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره زایشی)

I_1: Iirrigation in all stages (rosette, stem elongation, heading, flowering, and seed filling (control)), I_2: Stop irrigation from sowing time to flowering and irrigation in flowering and seed filling stages (stress in vegetative phase) and I_3: Irrigation in growth stages such as rosette, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling stages (stress of reproductive phase)

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر منابع کود بیولوژیک

Table 4- Mean comparisons of seed yield and yield components of safflower by biological fertilizer resources

منبع کود Fertilizer resource	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد طبق در بوته No. of head per plant
عدم مصرف کود (F_1) Non- fertilization	1021^{c*}	37^{d}	35^{d}	12^{c}
مصرف کود شیمیایی (F_2) Chimecal application	1104^{b}	42^{c}	37^{c}	14^{b}
مصرف نیتروکسین (F_3) Nitroxin application	1229^{a}	49^{b}	39^{b}	16^{a}
مصرف *ازتوباکتر* (F_4) *Azotobacter* application	1218^{a}	50^{ab}	39^{b}	16^{a}
مصرف نیتروکارا (F_5) Nitrokara application	1260^{a}	51^{a}	40^{a}	17^{a}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

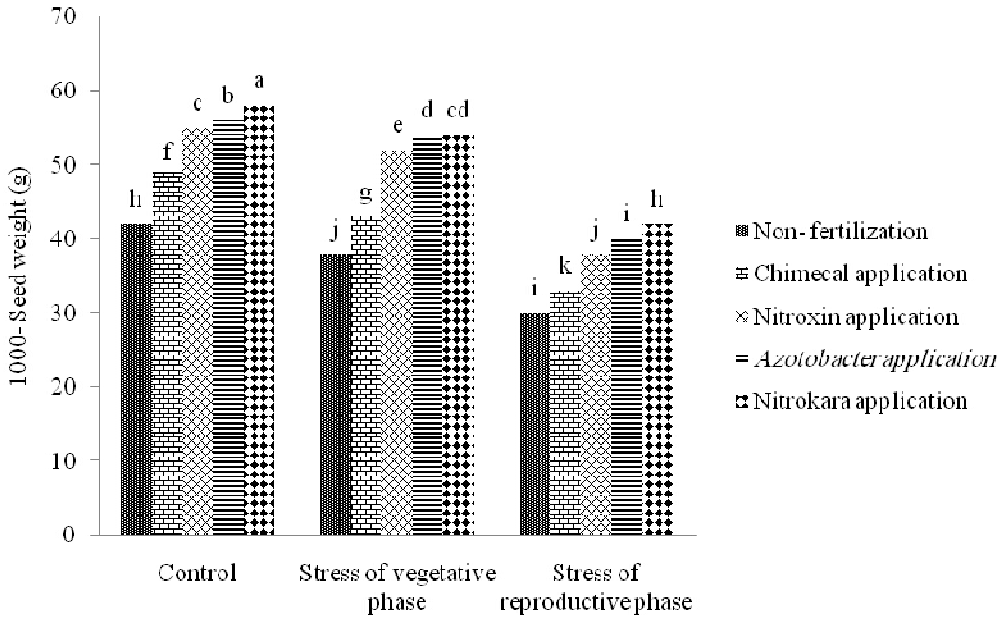
* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

خرم دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) افزایش در تعداد دانه در کپسول سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را در تلقیح با *آزوسپیریلیوم*، *ازتوباکتر* و میکوریزا ناشی از افزایش سطح فتوسنتزی گیاه، تغییر روابط هورمونی گیاه و توحیدی مقدم و همکاران (Toohidi Moghadam et al., 2007) در سویا به فراهمی نیتروژن و همچنین فراهمی سایر عناصر غذایی نسبت دادند.

شرایط عدم تنش خشکی با میانگین 52 گرم نسبت به شرایط قطع آب در دوره زایشی (گلدهی و پرشدن دانه) 29 درصد افزایش در وزن هزار دانه نشان داد (جدول 3). به نظر می‌رسد که تنش خشکی در این شرایط از طریق کاهش فتوسنتز جاری و کاهش سرعت و طول دوره پرشدن دانه سبب کاهش وزن دانه گردیده است. نتایج کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، بهدانی و موسوی فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، امیدی (Omidi, 2009)، حقیقت‌نیا (Haghighatnia, 2011) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014) بر روی گلرنگ مبنی بر کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی، با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار مصرف کود نیتروکارا که با تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروکسین اختلاف معنی‌دار نداشت، مشاهده شد و کمترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد. به نظر می‌رسد باکتری‌های موجود در این کودها می‌تواند بخش عمده‌ای از نیازهای ازتی گیاهان را تأمین کنند و با انحلال فسفات‌های نامحلول در خاک و تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه و باعث جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند به طوری‌که پیامد این فرایندها افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Copetta et al., 2006)، راندمان انتقال مواد و تجمع ماده خشک به دانه و افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌باشد (Khorramdel et al., 2010). در برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بیشترین وزن هزار دانه در شرایط عدم تنش و نیتروکارا، با میانگین 58 گرم و کمترین با 48 درصد کاهش در شرایط قطع آبیاری در دوره زایشی و عدم مصرف کود به دست آمد (شکل 1).

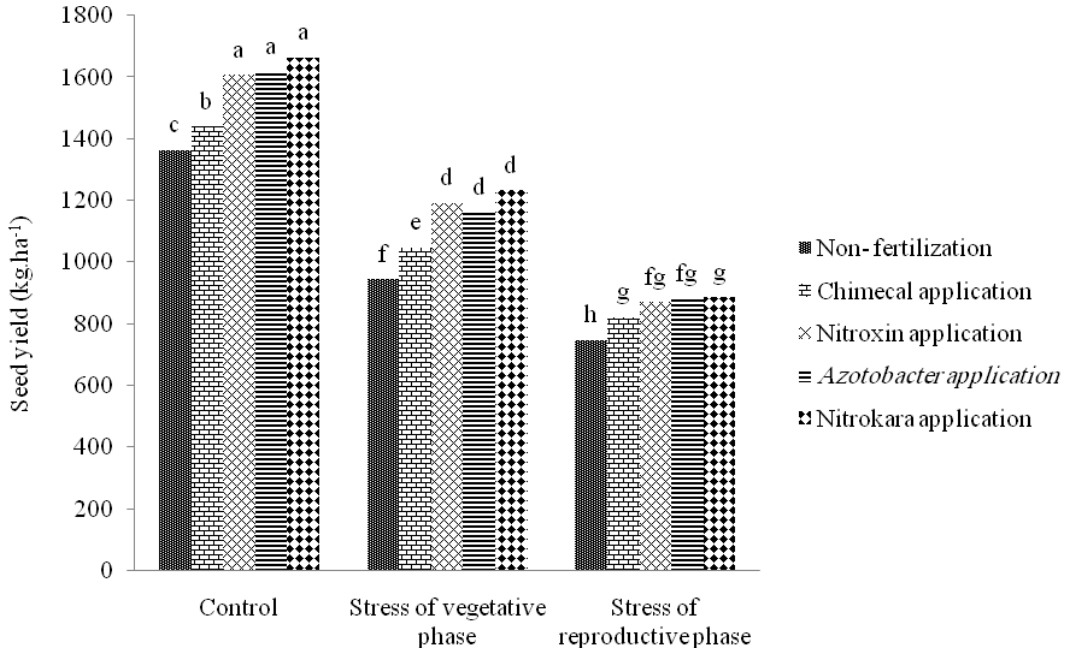
به نظر می‌رسد علاوه بر فراهمی رطوبت، تفاوت در میزان جمعیت میکروبی و انعطاف‌پذیری نژادهای باکتری از جهت هم‌یاری، آنتاگونیسمی، میکروفلور و مقدار مواد آلی خاک در این نتیجه افزایش وزن هزار دانه تأثیرگذار است. منابع کود بیولوژیک در شرایط مختلف محیطی می‌تواند عکس‌العمل متفاوتی را در محصولات مختلف ایجاد کند (Elwan & Abd El-Hamed, 2011).

مقایسه میانگین داده‌ها در سطح ($p\leq0/05$) نشان داد که عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با میانگین 1539 کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط قطع آب در فاز رویشی و قطع آبیاری در فاز زایشی به ترتیب 27 و 45 درصد افزایش داشت (جدول 3). کاهش عملکرد دانه می‌تواند به دلیل کاهش اجزای عملکردی چون تعداد طبق در بوته در شرایط قطع آب در فاز رویشی و تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه به دلیل اثرپذیری بالای آن‌ها از کمبود آب در فاز زایشی باشد.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن هزار دانه گلرنگ

Fig. 1-Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on 1000- seed weight of safflower



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد دانه گلرنگ

Fig. 2- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on seed yield of safflower

محققینی چون حقیقت‌نیا (Haghighatnia, 2011)، کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012)، نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2004) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014)،کاهش عملکردانه گلرنگ را با قطع آب در فاز زایشی (گلدهی به بعد) گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین عملکرد دانه تولیدی در تیمار مصرف کود بیولوژیک نیتروکارا که با تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروکسین اختلاف معنی‌دار نداشت، نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 19 درصد افزایش داشت (جدول 4). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک چون نیتروکارا، نیتروکسین و *ازتوباکتر* در ارتباط با ریزوسفر گیاه اثرات مفیدی را بر رشد گیاه به دنبال داشته است (Kzilkaya, 2008). جذب مواد غذایی و فراهمی نیتروژن (Toohidi Moghadam et al., 2007)، تغییر روابط هورمون (Shaalan, 2005)، افزایش سطح فتوسنتز گیاه (Khorramdel et al., 2010)، افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Copetta et al., 2006) از جمله تأثیرات مثبت کودهای بیولوژیک است که سبب افزایش اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) و نهایتاً عملکرد دانه در گیاه می‌شوند.

در تحقیق میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008)، مقیمی و یوسفی‌راد (Moghimi & Yousefi Rad, 2013) در گلرنگ، خرم‌دل و همکاران، (Khorramdel et al., 2010) در سیاهدانه، شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) در گندم، افزایش عملکرد دانه با کاربرد کودهای بیولوژیک گزارش گردیده است. فاتما و همکاران (Fatma et al., 2006) طی تحقیقی روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) گزارش کردند که کودهای زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* می‌توانند جایگزین کود شیمیایی نیتروژنه در زراعت این گیاه شوند و ضمن کاهش هزینه‌های تولید ناشی از مصرف کود شیمیایی، از وارد شدن آسیب به محیط زیست نیز جلوگیری کنند. در اثر متقابل کود بیولوژیک و تنش خشکی، بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و نیتروکارا، با 55 درصد افزایش، نسبت به شرایط تنش خشکی در دوره زایشی و عدم مصرف کود مشاهده شد (شکل 2). اگر چه بین سه کود بیولوژیک استفاده شده در این آزمایش در هر سه شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما از لحاظ عددی کود بیولوژیک نیتروکارا بالاتر بود که این احتمال می‌تواند باشد که میزان سازگاری و انعطاف-پذیری جمعیت میکروبی حاصل از این کود در شرایط آبی و خاکی این منطقه که دارای محدودیت می‌باشند، بالاتر بوده اگرچه این برداشت نیاز به مطالعه بیشتری در آینده دارد. امیری فارسانی و همکاران (Amire Farsanei et al., 2014) گزارش کردند که مصرف کودهای بیولوژیکی از جمله نیتروکارا با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی از طریق افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم می‌توانند تنفس میکروبی خاک را افزایش دهند. پتانسیل تثبیت نیتروژن هوا و در اختیار قرار دادن آن به سیستم ریشه گیاه، باعث متعادل شدن جذب مواد اساسی مورد نیاز گیاه می گردد و با ترشح هورمون های محرک رشد چون اکسین موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت های هوایی گیاه و افزایش میزان محصول در هر هکتار می گردد (Kumar & Narula, 1999).

عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن، و محتوی نسبی آب برگ

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول 5 نشان داد که اثر تنش خشکی و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن از لحاظ آماری معنی‌دار بود. همچنین اثر برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بر عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول 5). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در جدول 6 نشان داد که قطع آب در فاز رویشی عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد (آبیاری در همه مراحل رشد) 36 درصد کاهش داد. در حالی‌که شاخص برداشت در شرایط قطع آب در فاز رویشی افزایش 18 درصدی نسبت به شاهد و 42 درصدی نسبت به تنش در فاز زایشی نشان داد. محسن نیا و جلیلیان (Mohsennia & Jalilian, 2012) نیز کمترین تجمع ماده خشک را در شرایط قطع آب در مرحله رشد رویشی گلرنگ گزارش و عاملش را بالاتر بودن میزان خسارت ناشی از قطع آب در مراحل رشد سریع گیاه نسبت به اواخر مراحل رشد دانستند (Omidi, 2009). تنش خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود. علت کاهش شاخص برداشت در فاز زایشی، افت بیشتر در اجزای عملکرد و نهایتاً عملکرد دانه در قیاس با

عملکرد بیولوژیک می‌تواند باشد. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2004) اظهار داشتند شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در تحقیقات این محققین تنش شدید خشکی در گلدهی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به شاهد و دیگر سطوح تنش گردید که با نتیجه این تحقیق مطابق بود اما بهدانی و موسوی-فر (Behdani & Mosavifar, 2011) و راستی و همکاران (Rasti et al., 2014) تحت تنش خشکی شدید در گلرنگ کاهش شاخص برداشت را گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت. بیشترین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمارهای مصرف کودهای بیولوژیک مشاهده شد (جدول 6). به نظر می‌رسد فراهم بودن آب و عناصر غذایی، ناشی از فعالیت بیشتر باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک رشد رویشی مطلوب گیاه و افزایش تجمع وزن خشک را به دنبال داشته است.خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) افزایش عملکرد بیولوژیک را در سیاهدانه تحت تأثیر کود بیولوژیک *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلیوم* و میکوریزا و شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) افزایش شاخص برداشت در گندم را تحت تأثیر مصرف کود زیستی نیتروکسین اعلام داشتند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین درصد روغن در شرایط عدم تنش مشاهده شد که نسبت تیمار قطع آب در فاز زایشی 16 درصد بالاتر بود (جدول 6). کوتاه شدن طول دوره پرشدن دانه، ناشی از افزایش دما و تنش خشکی و تغییر در متابولیسم مواد کاهش در درصد روغن را می‌تواند به دنبال داشته باشد. اگر چه نتایج متفاوت از تأثیر تنش بر درصد روغن گزارش گردیده است. در مطالعات کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007) در گلرنگ و جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تغییر در درصد روغن در شرایط تنش خشکی در فاز زایشی (گلدهی و پرشدن دانه) گزارش گردیده که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین درصد روغن در تیمار مصرف کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 23 و 20 درصد افزایش داشتند (جدول 6). تأمین بخش عمده‌ای از نیازهای ازتی گیاهان از طریق باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک گزارش گردیده (Copetta et al., 2006)، که به نظر این فراهمی مناسب از نیتروژن در بهبود متابولیسم سنتز روغن تأثیرگذار باشد. با کاهش میزان آب مصرفی در فاز زایشی، عملکرد روغن 53 درصد در قیاس با شرایط شاهد کاهش یافت (جدول 6). کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در شرایط تنش خشکی در فاز زایشی از گلدهی به بعد در کاهش عملکرد روغن سهیم می‌باشد. از مقایسه میانگین در جدول 6 مشاهده می‌شود که عملکرد روغن با مصرف کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین، 35 و33 درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) برتری نشان داد. افزایش عملکرد روغن با کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین می‌تواند ناشی از تأثیر این کودها در افزایش عملکرد دانه و درصد روغن باشد. لذا این افزایش منطقی می‌باشد. در تحقیقات میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) در گلرنگ و توحیدی مقدم و همکاران (Toohidi Moghadam et al., 2007) در سویا تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک، سبب افزایش عملکرد روغن گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. در اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک بیشترین عملکرد روغن در تیمار عدم تنش و نیتروکارا، با میانگین (460 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که نسبت به تیمار قطع آب در فاز زایشی و عدم مصرف کود 69 درصد افزایش داشت (شکل 3).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، کود بیولوژیک و بر همکنش آن‌ها بر محتوی نسبی برگ از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 5). با افزایش اثر تنش میزان محتوی نسبی برگ نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول 6)، به طوری‌که کمترین محتوی نسبی برگ در تیمار قطع آب در فاز رویشی مشاهده شد. افزایش مدت و شدت تنش در این کاهش تأثیر داشته است. کاهش در محتوی نسبی برگ تحت تنش خشکی توسط بهدانی و موسوی‌فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، در گلرنگ، گزارش شده است. با مصرف کودهای بیولوژیک روند تغییرات محتوی نسبی برگ افزایشی بود، به طوری‌که در تیمار مصرف کود نیتروکارا مقدار محتوی نسبی برگ با میانگین (73 درصد) بالاترین بود و شاهد (عدم مصرف کود) کمترین مقدار این صفت را داشت (جدول 5). کوپتا و همکاران (Copetta et al., 2006) در مطالعه خود اعلام داشتند که کودهای بیولوژیک از طریق بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌گردند.

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کیفی، زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for some of agronomy, qualities and physiologic traits of safflower under irrigation and fertilizer resources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percent	محتوی نسبی آب برگ RWC
تکرار Replication	2	72295.55^{ns}	4.101^{ns}	354.429^{ns}	0.094^{ns}	1.356^{ns}
آبیاری (I) Irrigation	2	22228775.55**	456.419 **	167517.23**	58.083**	340.822**
خطای (a) Error (a)	4	128898.889	3.666	891.655	0.158	1.056
منبع کود (F) Fertilizer (F)	4	826381.11**	5.007*	22211.480**	51.345**	82.856**
آبیاری × منبع کود I × F	8	28856.11^{ns}	0.839^{ns}	1236.933**	0.194^{ns}	2.739**
خطای (b) Error (b)	24	19531.11	0.458	14.806	0.124	0.544
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.54	3.17	4.24	1.49	1.5

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی،کیفی و فیزیولوژیک گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 6- Mean comparisons some of agronomy, qualities and physiologic traits of safflower by irrigation and fertilizer resources

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد روغن Oil percent	محتوی نسبی آب برگ (درصد) Relative Water Crop (%)
آبیاری Irrigation					
I_1	6716^{a*}	22^{a}	391^{a}	25^{a}	73^{a}
I_2	4282^{c}	26^{a}	269^{b}	23^{b}	64^{b}
I_3	5506^{b}	15^{b}	181^{c}	21^{c}	71^{a}
منبع کود Fertilizer resource					
F_1	5064^{c}	20^{b}	214^{d}	20^{e}	66^{b}
F_2	5310^{b}	20^{b}	243^{c}	21^{d}	67^{b}
F_3	5665^{a}	21^{a}	295^{b}	23^{c}	71^{ab}
F_4	5688^{a}	21^{a}	320^{a}	25^{b}	71^{a}
F_5	5780^{a}	22^{a}	329 ^{a}	26^{a}	73^{a}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

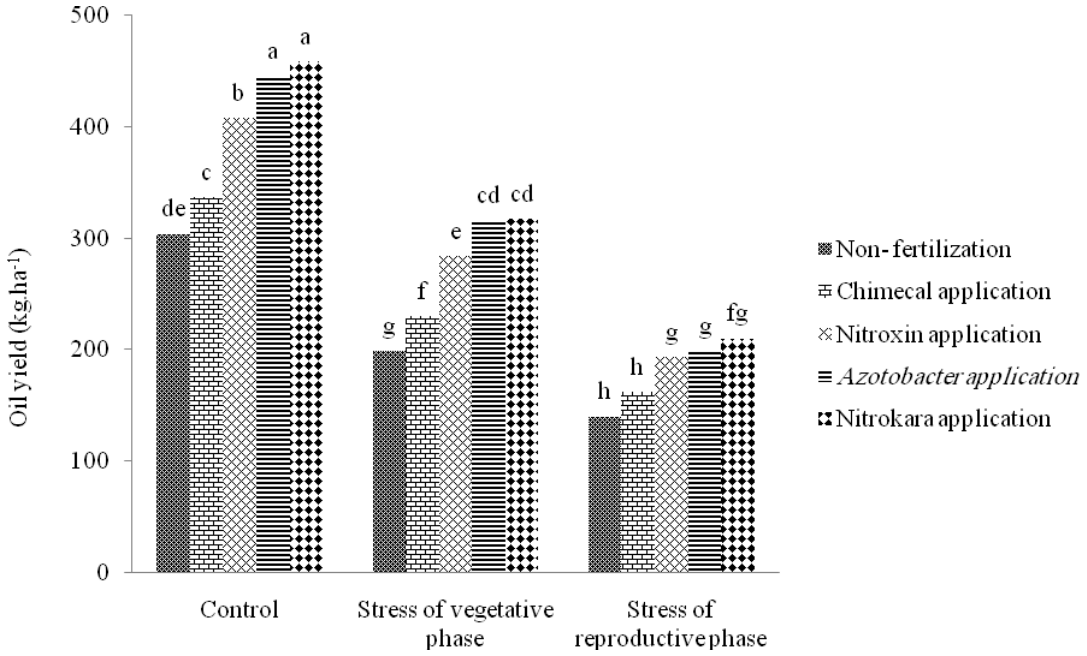
* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

I_1: آبیاری در همه مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه (شاهد)، I_2 : قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره رویشی) و I_3 : آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره زایشی)

I_1: Iirrigation in all stages (rosset, stem elongation, heading, flowering, and seed filling (control)), I_2: Stop irrigation from sowing to flowering and irrigation in growth stages flowering, and seed filling (stress of vegetative phase) and I_3: Irrigation in growth stages rosset, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling (stress of reproductive phase)

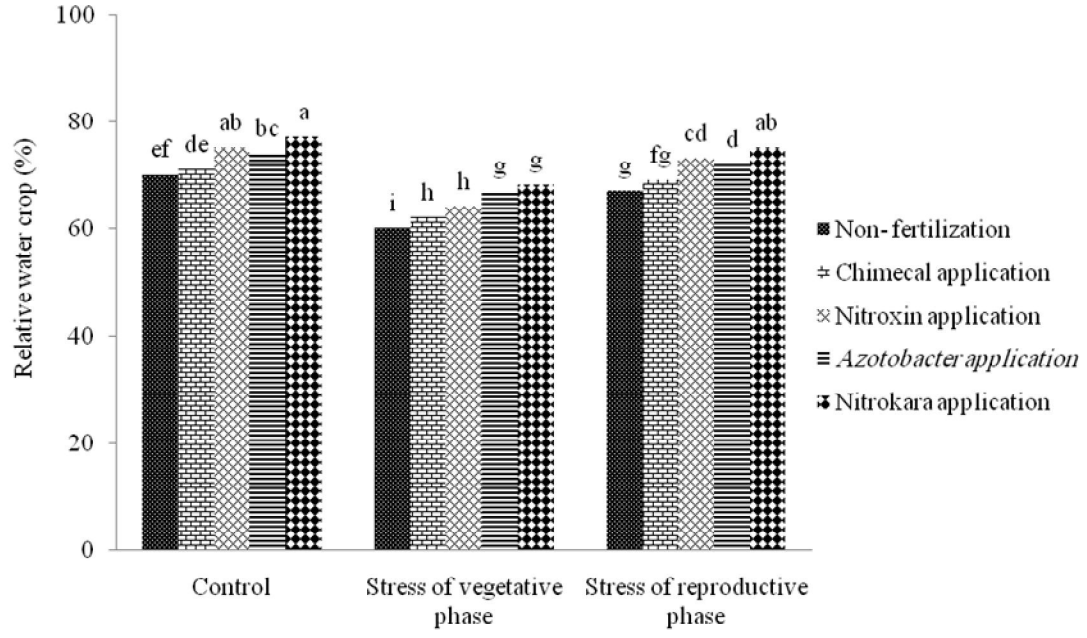
F_1: عدم مصرف کود، F_2 : مصرف کود شیمیایی، F_3 : مصرف نیتروکسین، F_4 :مصرف *ازتوباکتر* و F_5 :مصرف نیتروکارا

F_1: Non- fertilization, F_2: Chimecal application, F_3: Nitroxin application, F_4: *Azotobacter* application and F_5: Nitrokara application



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد روغن گلرنگ

Fig. 3- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on oil yield of safflower



شکل 4- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر محتوی نسبی آب برگ گلرنگ

Fig. 4- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on relative water crop of safflower

جدول 7- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تاثیر آبیاری و منابع کود

Table 7- Correlation coefficients of seed yield and yield components of sufflower under effective irrigation and fertilizer resources

صفات Traits	دانه در طبق Seed per head	طبق در بوته Head per plant	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	عملکرد دانه Seed yield
دانه در طبق Seed per head	1			
طبق در بوته Head per plant	0.44**	1		
وزن هزار دانه 1000- Seed weight	0.89**	0.32*	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.95**	0.49**	0.83**	1

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

*and **: Significant at the 5% and 1% levels

برهمکنش آبیاری و کود بر محتوی نسبی آب برگ از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 5). بیشترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار عدم تنش و کود بیولوژیک نیتروکارا، با میانگین 77 درصد و کمترین با میانگین60 درصد در تیمار قطع آب در فاز رویشی و عدم مصرف کود به دست آمد (شکل 4). همان‌طور که از جدول 7 مشاهده می‌شود از بین اجزاء عملکرد تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه به ترتیب با ضرایب (r=0/95**) (r= 0/83**) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند که نشان بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه از طریق تغییرات در این صفات اعمال گردیده است و افزایش این صفات باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. فنایی و ناروئی راد (Fanaei & Narouirad, 2014) میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) وجود چنین روابطی در گلرنگ را گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که در شرایط این منطقه بالاترین خسارت ناشی از قطع آب در فاز زایشی از گلدهی به بعد بر عملکرد دانه وارد شد لذا تأمین نیاز آبی گلرنگ در مرحله رشد زایشی ضروری به نظر می‌رسد. کاهش آبیاری در مرحله رشد رویشی با تحریک ریشه دوانی در اعماق بیشتر خاک صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده حداکثری از منابع را در مراحل بعدی رشد به دنبال خواهد داشت. در بین تیمارهای کودی بیولوژیک بهترین نتیجه از جهت تأثیر مثبت در افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن در دو کود بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین به دست آمد. از این‌رو می‌توان این کودهای بیولوژیک را برای زراعت گلرنگ در منطقه مورد بررسی پیشنهاد کرد.

منابع

Amire Farsanei, F., Charm, M., and Zamier, A. 2014. The study of effect of biological fertilizer on respiratory variations in two types of texture soil under wheat cultivation. The 13th Iranian Soil Science Congress, Ahvaz, Iran, 28-30 Jan 2014, p. 22. (In Persian)

Ansari, P., and Rosta, M. 2008. Effect of biological fertilizer Nitroxin on some vegetative growth parameters of maize. The 1th National Conference on Management and Development of Sustainable Agriculture in Iran. Ahvaz, Iran 2008, p. 921. (In Persian)

Asadie, R., Asgharzadeh, K., Kharazmie, A., Rejalee, F., and Savahgabee, J.R. 2008. Soil of Biofertility a Suitable Method of Soil Sustainable in Agricultural. Jihad Daneshgahi publication, Tehran, Iran p. 328 (In Persian)

Aseretal, G.K. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). Bioresource Technology 97(6): 98-109.

Baghkhani, F., and Farahbakhsh, H. 2008. Effects of drought stress on yield and some physiological characteristics of three varieties of safflower. Agriculture Resources Water, Soil and Agriculture Plants 8(2): 45-57. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A., and Mosavifar, B. 2011. Eeffect of irrigation deficit on dry matter of plant and Remobilization in three genotypes of spring safflower. Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. *var.* Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.

Elwan, M.W.M., and Abd El-Hamed, K.E. 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Science Horticulture 127(3): 181-187.

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yields of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135. (In Persian with English Summary)

Fanaei, H.R, and Narouirad, M.R. 2014. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes. International Journal of Crop Production 7(3): 33 -51.

Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L., and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and in organic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Desert Research Center, Cairo, Egypt, 212-264.

Haghighatnia, S. 2011. Evaluation some of agronomic traits and yield of safflower under different irrigation regimes in Uromia. MSc thesis. Agricultural University of Urmia, Iran. (In Persian)

Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M.H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of anise. Knowledge of Agricultuer and sustainabel production 21/2(1): 205-216. (In Persian with English Summary)

Jabbari-Orange, J., and Ebadi, A. 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. African Journal of Biological Technological 11(10): 2465-2471.

Jalilian, J., Moddares Sanavie, S.A.M., Saberyali, S.F., and Asilan, K.S. 2012. The combination effects of beneficial microbes and nitrogen on seed yield and seed quality traits under different irrigation regimes. Research Crops 26-34. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iranian Journal Field Crops Research 5: 121-132. (In Persian with English Summary)

Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A. 2011. Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) plants to water stress in a semi-arid environment. Australian Journal Crop Science 5(4): 369-374.

Khorramdel, S., Koocheki, H.R., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of biological fertilizers on yield and components yield *Nigella sativa* medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)

Koutroubas, S.D., and Papadoska, D.K. 2005. Adaptation, seed yield and oil content of safflower in Greece. VI th International Safflower Conference, Istanbol 6-10 June p. 161-167.

Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biological and Fertility of Soils 28(3): 301-305.

Kzilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat *(Triticum aestivum)* inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.

Mirzakhani, M., Ardakani, M,R., Ayane, A.H., Shiranirad, A.H., and Rejalee, F. 2008. Effect of mycorrhizal and azotobacter inoculation, in levels of nitrogen and phosphorus on yield and seed yield components of spring safflower. Proceedings of the 10th Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj, Iran, August p. 413. (In Persian)

Movahedi Dehnavi, M., Modaress sanavie, A.M., Soroshzadea, A., and Jalili, M. 2006. Changes proline, total soluble sugars, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in safflower cultivars under drought stress and spraying zinc and manganese. Desert Journal 9(1): 93-110. (In Persian with English Summary)

Mohsennia, O., and Jalilian, M. 2012. Effect of drought stress and fertilizer resources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary)

Naderi Darbaghshahi, M., Mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shiranirad, A., and Madani, H. 2004. Effects of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Seed and Plant Improvement Journal 20(3): 281-296. (In Persian with English Summary)

Nahimie, M., Jabari, H., and Ghorbani, M. 2014. Workshop learn how to measure water relations in plants under drought stress. National Research Center of Medicinal Plants. Azad University of Ghods Town, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Omidi, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production of Journal 25: 15-31.

Ozturk, A., Caglar, O., and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166: 262-266.

Reddya, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandanb, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal Plant Physiologic 161: 1189-1202.

Salmani, A.G., Taheri, H., Ajamnorozi, Y., and Safarzad, H. 2010. The effect of different proportions nitroxin biological fertilizer and urea on yield and yield components of wheat. Fifth National Conference of New Ideas in Agriculture. Azad University of Khorasgan. (In Persian with English Summary)

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. The study of yield, yield components and nitrogen use efficiency in the use of mushroom compost, biological fertilizer and urea in wheat. Journal of Agroecology 3(3): 309-319. (In Persian with English Summary)

Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *(Nigella sativa* L.*)* plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83: 811-828.

Sharifei, Z., and Haghnia, G.H. 2007. Effect of fertilizer Nitroxin biological on wheat yield and yield components of Sabalan. Second National Conference on Ecological Agriculture in Iran p. 123. (In Persian)

Toohidi Moghadam, H., Ghoshche, R.F., Hamidie, A., and Kasraee, P. 2007. Effects of biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of varieties of soybean Williams. Iranian Journal of Agricultural Knowledge 4(2): 205-216. (In Persian with English Summary)

Yasari, E., and Patwardhan, M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6(1): 77-82.

Youssef, A.A., Edris, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultuer Science 49: 299-311.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 551-566

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 566-551

Effect of Biological and Chemical Fertilizers on Oil, Seed Yield and some Agronomic Traits of Safflower under Different Irrigation Regimes

H.R. Fanaei[1*], A. Azmal[2] and I. Piri[3]
Submitted: 10-05-2015
Accepted: 26-07-2016

Fanaei, H.R., Azmal, A., and Piri, I. 2017. Effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 8(4): 551-566.

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a tolerant plant to water deficit due to long roots and capability for high water absorption from soil deeper parts. Safflower can growth successfully in regions with low soil fertility and temperature. Behdani and Mosavifar (2011) reported that drought stress affect on yield by reducing yield components and agronomic traits. Biofertilizer during a biological process chanced the nutrients from unusable to usable form for plants in soils (Aseretal, 2008). Mirzakhani et al. (2008) found that inoculation of seed with free-living bacterium azotobacter and a symbiotic fungus productive mycorrhiza addition to increasing oil and seed cause increasing resistance against two factors of unfavorable environmental and to improve quality of product. In order to study the effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some of agronomic traits of Safflower under irrigation of different regimes an experimental design was conducted.

Materials and methods

In order to study the effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some of agronomic traits of safflower under irrigation of different regimes an experiment was carried out split plot based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in experimental farm of payame-Noor university of Zabol during 2012-2013 growing season. Irrigation regime in three levels include: I_1 (control) irrigation in all growth stages, I_2 stop irrigation from sowing to flowering (irrigation in growth stages flowering, and seed filling), I_3 irrigation in growth stages rosset, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling were as main plots and fertilizer resources in five levels included: F_1 non application chemical fertilizer (control), F_2 pure application chemical fertilizer (NPK) 99, 44 and 123 $kg.ha^{-1}$ respectively, F_3 Nitroxin application (2 $L.ha^{-1}$) F_4 Azotobacter application (2 $L.ha^{-1}$) and F5 Nitrokara application (100 $g.ha^{-1}$) were sub plots. Bio-fertilizers mixed with seeds before planting based on manufacturer's recommendations. Fertilizers were applied at ratio of 123 $kg.ha^{-1}$ potassium based on (K_2O), of sulphatedipotash, 44 $kg.ha^{-1}$ phosphor based on (P_2O_5) of super-phosphate triple respectively, (based on the results of above soil analysis) along with one-third of 99 $kg.ha^{-1}$ pure N based on Urea prior to sowing. Other two-third of N was applied at the start stem and heading stages respectively. All other agricultural practices (weeds control and irrigation), were performed when they were required and as recommended for commercial safflower production. A random sample of five plants was selected from each plot in physiological ripening to estimate the different parameters. Data were analyzed by using Mstat-C statistical package (Mstat-C, Version 1.41, Crop and Sciences Department, Michigan State University, USA). Duncan Multiple Range Test was used to do mean comparisons.

Results and discussion

Analysis of variance showed that the effect of irrigation and fertilizer resources on yield, yield components, oil yield and RWC were significant. Results showed that seed yield in treatment non stress with mean 1539 than stop irrigation in vegetative phase (rosset, stem elongation, heading), and stop irrigation in reproductive phase (flowering, and seed filling) had increased 45 and 27 percent, respectively. High yield by increasing yield

1, 2 and 3- Research Assistant, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, , AREEO, Zabol, Iran. Former MSc Student of Agronomy and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Payame-Noor, Zahedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Fanay52@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.46602

components under water supply reported by Behdani & Mosavifar, (2011). However there was no significant difference from aspect seed yield between biological fertilizers, but Nitrokara bio-fertilizer showed 19 percent increase than non-application - chemical fertilizer (control). Biofertilizer able during a biological process, chanced the nutrients from unusable to usable form for plants in soils. By increasing stress severity, leaf relative water content (RWC) than (control) irrigation in all growth stages decreased, so lowest RWC obversed when irrigation was cut in vegetative phase (rosset, stem elongation, heading). Increasing duration and intensity of stress had an impact on loweringRWC. Reduction in the RWC under drought stress by Behdani & Mosavifar, (2011), has been reported in safflower but with, application bio-fertilizers chances in RWC were increasing. Data analysis showed that interaction effect of bio-fertilizer treatment and drought stress on seed yield was significant.

Conclusion

In general, results of the present study revealed that irrigation in all growth stages, especially in stages sensitive to drought (flowering, and seed filling) and application of biological fertilizers adapted such as: Nitrokara and Nitroxin had positive effects in improving quantitative and qualitative yield of Safflower.

Keywords: Drought stress, Harvest index, Nitrokara, Oil plant, Relativity water crop

References

Aseretal, G.K. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). Bioresource Technology 97(6): 98-109.

Behdani, M.A., and Mosavifar, B. 2011. Eeffect of irrigation deficit on dry matter of plant and Remobilization in three genotypes of spring safflower. Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayane, A.H., Shiranirad, A.H., and Rejalee, F. 2008. Effect of mycorrhizal and azotobacter inoculation, in levels of nitrogen and phosphorus on yield and seed yield components of spring safflower. Proceedings of the Tenth Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj, Iran, August, 2008 p. 413. (In Persian)