

## تاثیر کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی و رژیم های آبی بر کارآیی مصرف نور کنجد

چکیده:

به منظور ارزیابی تاثیر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر کارآیی مصرف نور کنجد، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در سال زراعی 1392 اجرا شد. فاکتور کرت اصلی شامل سه سطح آبیاری (100٪، 75٪ و 50٪ تامین نیاز آبی کنجد) و فاکتور کرت فرعی شامل هشت تیمار کود شیمیایی و بیولوژیکی (نیترژن، فسفر، نیترژن+فسفر، نیتروکسین، بیوفسفر، نیتروکسین+بیوفسفر، بیوسولفور و شاهد) بود. نتایج نشان داد که برای تمامی کودهای شیمیایی و بیولوژیکی، کاهش در سطح آبیاری فاکتور اصلی در کاهش شاخص سطح برگ، ماده خشک و کارآیی مصرف نور بود. کاربرد نیترژن+فسفر در سطوح آبیاری 100٪ و 75٪ منجر به حداکثر کارآیی مصرف نور (2/66 و 2/32 گرم بر مگاژول) شد. در بین تیمارهای کودی بیولوژیک تلفیح با نیتروکسین+بیوفسفر در سطح آبیاری 100٪ منجر به حداکثر شاخص سطح برگ (3/32)، ماده خشک (1250 گرم بر متر مربع) و کارآیی مصرف نور (2/43 گرم بر مگاژول) شد. کاهش در سطح آبیاری مهمترین عامل کاهش در کارآیی مصرف نور به دلیل کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای تنش خشکی بود. می توان گفت که کاربرد کودهای شیمیایی و بیولوژیکی نسبت به شاهد، کارآیی مصرف نور کنجد را افزایش داد. اثر کودهای شیمیایی روی کارآیی مصرف نور در شرایط بدون تنش آبی (100٪ و 75٪ تامین نیاز آبی کنجد) نسبت به کودهای بیولوژیکی بیشتر بود (2/66، 2/46 و 2/39 گرم بر مگاژول برای تیمارهای نیترژن+فسفر، نیترژن و فسفر و 2/43، 2/4 و 2/38 برای تیمارهای نیتروکسین+بیوفسفر، نیتروکسین و بیوفسفر). بطور کلی، در شرایط تامین 50٪ نیاز آبی، کودهای بیولوژیکی سبب بهبود ویژگی های رشدی، کارآیی جذب و مصرف نور کنجد به میزان مشابهی با کودهای شیمیایی شدند.

کلمات کلیدی: شاخص سطح برگ، ماده خشک، تنش خشکی، نیتروکسین، بیوفسفر، بیوسولفور

کنجد به عنوان یک محصول زراعی، از امتیازات ویژه ای همچون رشد تحت دماهای بالا، مقاومت به کم آبی و سطوح پایین نهاده برخوردار است. دانه کنجد دارای خواص دارویی و تغذیه ای، آرایشی و بهداشتی بوده و به دلیل کمیت و کیفیت بالای پروتئین و روغن خوراکی ارزش غذایی بالایی دارد و روغن آن بدلیل داشتن آنتی اکسیدان های قوی از ثبات فوق العاده ای برخوردار است (Sabannavar, 2008). فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک با مصرف کود یکی از جنبه های بسیار مهم مدیریت زراعی برای افزایش و بهبود کیفیت محصول است. بکارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای بیولوژیک بعنوان طبیعی ترین و مطلوب ترین راه حل برای زنده و فعال نگهداشتن سیستم حیاتی خاک و جلوگیری از آلودگی در اراضی کشاورزی و تامین عناصر ضروری مورد توجه محققین قرار گرفته است (Darzi et al., 1998). امروزه استفاده از کودهای بیولوژیک در راستای کشاورزی پایدار در حال گسترش است. از طرفی ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته، مقدار مواد آلی خاک پایین بوده و اغلب گیاهان در این مناطق دچار کمبود نیتروژن می باشند (Malekoti & Homaei, 2004). بنابر این باید کمبود عناصر غذایی از یک منبع کود تامین گردد. از طرف دیگر به دلیل مسائل و خطرات زیست محیطی مصرف بی رویه کودهای شیمیایی باید جایگزین مناسبی برای این کودها فراهم شود تا ضمن حفظ عملکرد، افزایش عملکرد هماهنگ با محیط زیست بوده و ذخایر و منابع طبیعی را حفظ کند و کودهای بیولوژیک یکی از این جایگزین ها محسوب می شود. از طرفی تعیین بهترین رژیم آبیاری در حفاظت از منابع آبی در جهت کشاورزی پایدار مهم است. وجود رابطه خطی بین تجمع ماده خشک و تشعشع تجمعی جذب شده در بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده است و کار آبی مصرف نور در واقع شیب خط رگرسیون بین این دو متغیر است (Sinclair et al., 1999). مقدار و چگونگی تثبیت انرژی نورانی در گیاهان از مهمترین شاخصهای آگرواکوفیزیولوژیکی تعیین کننده رشد و عملکرد گیاهان می باشد و باید رابطه آن با انواع کودهای شیمیایی (نیتروژنی و فسفره) و جایگزین آنها (نیتروکسین بجای نیتروژن و بیوسفور بجای فسفر) و برتری هر کدام از کودها مورد آزمون قرار گیرد تا بتوان توصیه مفید کودی در جهت اهداف کشاورزی پایدار ارائه نمود. از طرفی کار آبی مصرف نور تحت تاثیر رژیم رطوبتی (تنش خشکی) قرار می گیرد (Vafabakhsh et al., 2008). از آنجا که کشت کنجد در مناطقی با محدودیت دسترسی به آب صورت می گیرد بررسی نقش آب در کار آبی مصرف نور و عملکرد این گونه زراعی

به منظور جلوگیری از تنش رطوبتی و هدر رفت آب ضروری بنظر می‌رسد. در این زمینه مطالعه کودهای حاوی آزو سپر یلوم، از توبا کتر و باسیلوس روی دو رقم کنجد گیزا- 32 و شانداول-3 بررسی شد (El-Habbasha et al., 2007). نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش عملکرد دانه گردید. سطوح مختلف کود نیتروژن اثر معنی دار بر کارآیی مصرف نور به عنوان یک مولفه موثر بر تولید و تجمع ماده خشک در گیاه کلزا داشت. افزایش مصرف کود نیتروژن بطور معنی داری باعث افزایش کارآیی مصرف نور شد (Karimian et al., 2009). همچنین در مطالعه ای دیگر اثر کاربرد دو کود بیولوژیک تیوباسیلوس و سودوموناس بر رقم ناز کنجد تک شاخه موجب بهبود رشد گیاه شد (Ahmadi, 2009). اثرات مثبت و مفید کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب از طریق تامین عناصر غذایی گیاه بر صفات کمی و کیفی و همچنین بعنوان جایگزین مناسب برای کود شیمیایی در گیاه روغنی بادام زمینی نیز تایید شده است (Basu & Bhadoria, 2008). افزایش کود نیتروژن میزان پروتئین دانه کنجد را بطور معنی داری افزایش می‌دهد (Bohrani & Babaii, 2007). کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین قدرت پنجه زنی، حجم ریشه، ضخامت و طول ساقه و تعداد دانه گندم را در خوشه افزایش داد (Sharifi & Haghnia, 2009). کاربرد کود بیولوژیک بر روی گیاه کنجد بطور معنی داری ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را افزایش داد (Ghosh & Mohiuddin, 2000). کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به میزان 50 کیلوگرم در هکتار در گیاه کنجد بطور معنی داری تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را افزایش داد (Sajadi-Nik et al., 2010). کودهای بیولوژیک حاوی از توبا کتر و آزو سپر یلوم ارتفاع بوته و وزن خشک بوته را در گیاه مریم گلی بطور معنی داری افزایش داد (Youssef et al., 2004). مطالعاتی نیز در مورد تاثیر رژیم رطوبتی روی عملکرد و کارآیی مصرف نور انجام شده است. افزایش دفعات آبیاری بطور معنی داری تعداد دانه در کپسول و بیوماس در واحد سطح را در کنجد افزایش می‌دهد (Dilip et al., 1991). کارآیی مصرف نور در بادام زمینی در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (collino et al., 2001). آگاهی از کارآیی مصرف نور کنجد تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری و کودی یکی از گام های مهم در امکان سنجی تولید گسترده آن در سیستم های بوم سازگار محسوب می‌شود. هدف از این تحقیق تعیین کارآیی مصرف نور تحت شرایط کشاورزی رایج (مصرف کود های شیمیایی) و روشهای جایگزین (مصرف کودهای بیولوژیک) و همچنین تاثیر انواع رژیم های آبیاری در زراعت کنجد بوده و نیز تعیین بهترین رژیم کودی و آبیاری مناسب در راستای افزایش عملکرد گیاه کنجد است.

## مواد و روش ها:

آزمایش بصورت اسپلیت پلات (کرت های خرد شده) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نیاز آبی کنجد در طول دوره رشد 5400 متر مکعب در هکتار است ( Heidari por Kashkoli, 2011 ). کرت های اصلی شامل سه سطح آبیاری معادل 100٪، 75٪ و 50٪ نیاز آبی گیاه و کرت های فرعی شامل شاهد، بیوفسفر، نیتروکسین، بیوسولفور، بیوفسفر+نیتروکسین، کود ازته (اوره 120 کیلوگرم در هکتار) کود فسفره (سوپر فسفات تریپل 100 کیلوگرم در هکتار) و در نهایت کود نیتروژنی به همراه کود فسفره در نظر گرفته شود. ابعاد کرت ها  $2/5 \times 4$  متر در نظر گرفته شد بمنظور جلوگیری از نفوذ کود عرض بندهای بین کرت های اصلی و فرعی به ترتیب 1 و  $0/5$  متر بود. فواصل بین تکرارها نیز 2 متر بود. در هر کرت فرعی تعداد 4 خط کاشت به طول 4 متر و به فواصل  $0/5$  متر ایجاد شد. کاشت بذر در 26 خرداد ماه 1392 انجام گرفته و فاصله بذور 6 سانتیمتر روی ردیف بود. بذور کنجد (توده اسفراین)، بلافاصله قبل از کاشت با مایع تلقیح نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به مطابق توصیه شرکت تولید کننده آغشته شدند. اولین آبیاری در زمان کاشت انجام گرفت و سپس مطابق تیمارهای آزمایشی ادامه یافت. به منظور محاسبه حجم آبیاری مساحت هر کرت فرعی (10 متر مربع) در تعداد کرتها فرعی داخل هر کرت اصلی (8 کرت) و تعداد کل تکرارها (3 تکرار) ضرب شده ( $3 \times 10 \times 8 = 240$ ) و مساحت کل 3 تکرار برای هر سطح آبیاری معادل 240 متر مربع بدست آمد. حجم کل آبیاری برای سطوح آبیاری 100٪، 75٪ و 50٪ به ترتیب برابر 5400؛ 4050 و 2700 متر مکعب آب در هکتار در طول دوره رشد کنجد می باشد. بنابر این کل نیاز آبی گیاه کنجد در مساحت 240 متر مربع در طول دوره رشد برای سطوح آبیاری 100٪، 75٪ و 50٪ به ترتیب برابر  $129/6$ ،  $97/2$  و  $64/8$  متر مکعب می باشد. با تقسیم حجم آب مذکور به طول دوره رشد گیاه کنجد حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری هفتگی معادل  $8/1$ ،  $6/075$  و  $4/050$  متر مکعب بوده که برای اعمال حجم مذکور در هر نوبت آبیاری از کنتور استفاده شد. به منظور جلوگیری از اختلاط حجم تیمارهای آبی برای آب ورودی تمام کرتها شیر آب در نظر گرفته شد و در زمان آبیاری هر سطح شیرهای آب سطوح دیگر بسته بود. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ (Leaf Area Meter , Delta T, Ltd, UK) تعیین شد و ماده خشک در طول فصل رشد از مرحله 4 تا 6 برگی با فواصل 15 روزه اندازه گیری گردید به این منظور از هر کرت فرعی و هر تکرار 3 بوته انتخاب و ماده خشک و سطح برگ اندازه گیری شد. مقدار ضریب خاموشی برای کنجد

برابر 0/7 در نظر گرفته شد (Jahan et al, 2013). شاخص سطح برگ روزانه با برازش تابع لجستیک (معادله 1) به مقادیر LAI اندازه گیری شده تعیین شد.

$$\text{معادله (1): } LAI = a + b \times 4(e^{(t-c)/d}) / (1 + e^{-(t-c)/d})^2$$

که در این معادله a عرض از مبدا، (مقدار LAI در زمان t=0)، b زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c میانگین سرعت نسبی رشد سطح برگ، d زمان شروع رشد خطی شاخص سطح برگ و t روز پس از سبز شدن است. با داشتن مقادیر شاخص سطح برگ روزانه (LAI<sub>t</sub>)، تشعشع جذب شده روزانه (I<sub>abs</sub>) بر حسب مگا ژول بر متر مربع در روز محاسبه شد (معادله 2):

$$\text{معادله (2): } I_{abs} = I_0 \times (1 - e^{-k \times LAI_t})$$

در این معادله I<sub>0</sub> تشعشع روزانه بالای کانوپی (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) و K ضریب خاموشی می باشند. مقدار تشعشع جذب شده روزانه تجمعی با استفاده از اعداد تجمعی حاصل از معادله 2 از زمان سبز شدن تا رسیدگی نهایی محاسبه شد. وزن خشک گیاه نیز همزمان با اندازه گیری های سطح برگ در هر کرت انجام گرفت. در نهایت کارآیی مصرف نور به عنوان شیب رگرسیون خطی بین ماده خشک تجمعی و میزان نور جذب شده بدست آمد. مقدار دو سوم کرت جهت اندازه گیری های تخریبی از بقیه جدا شده و یک سوم برای اندازه گیری بیوماس نهایی باقی می ماند. داده های حاصل از آزمایش تجزیه واریانس شدند و میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده های آزمایش، برازش روابط رگرسیونی و ترسیم شکل ها از نرم افزارهای MS Excel Ver. 14، Slide Write Ver 2 و SAS Ver 9.1 استفاده شد.

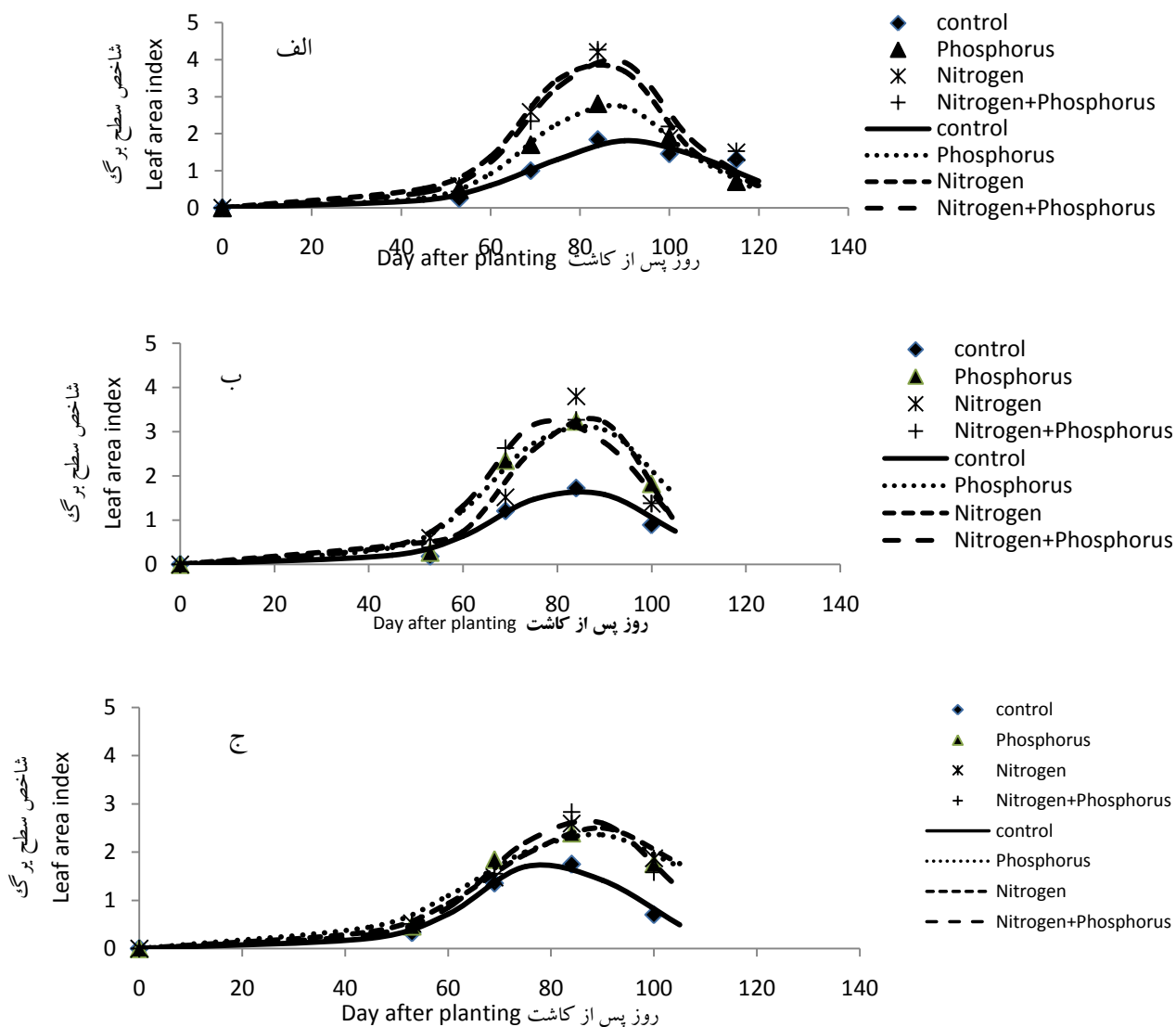
## نتایج و بحث:

### رشد سطح برگ:

مقایسه شاخص سطح برگ در روز هشتاد و پنجم پس از کاشت نشان می دهد که در سطح آبیاری کامل (تیمار شاهد) در بین تیمارهای کود بیولوژیک بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار نیتروکسین+بیوفسفر (شاخص سطح برگ 3/32 و ماده خشک نهایی 1254 گرم بر متر مربع) در تیمار کود شیمیایی بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به ازت+فسفر معدنی (شاخص سطح برگ 4/26 و

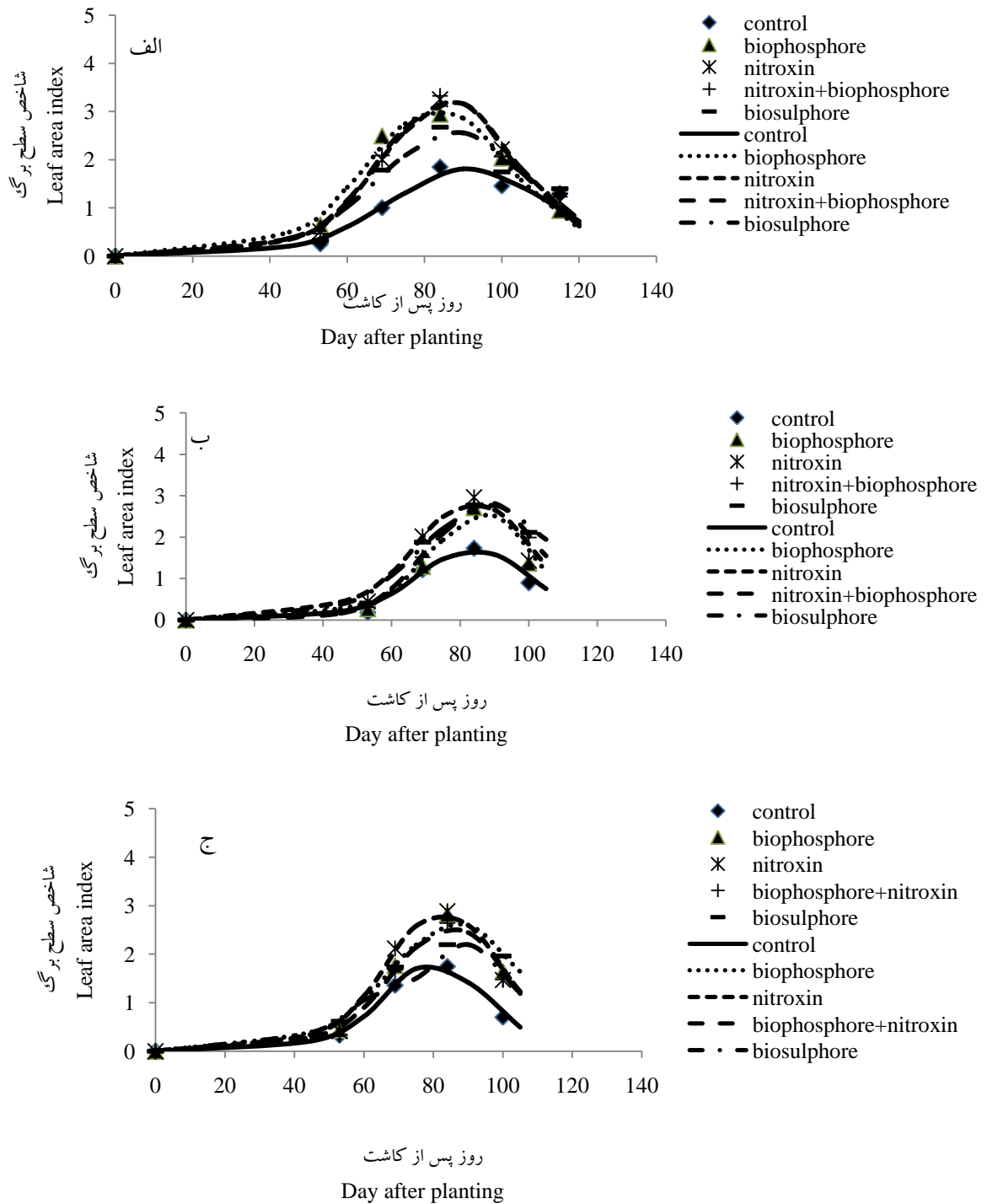
ماده خشک نهایی 1350 گرم بر متر مربع) (جدول شماره 1) می باشد. به نظر می رسد کارآیی مصرف نور بالاتر در تیمارهای نیتروژن+فسفر معدنی و بیوفسفر+نیتروکسین (به ترتیب 2/66 و 2/43 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوستتزی یا 1/33 و 1/21 گرم بر مگاژول تشعشع خورشیدی) در تیمار شاهد آبیاری ناشی از برتری شاخص سطح برگ بود که همبستگی قوی بین تغییرات شاخص سطح برگ و کارآیی مصرف نور را نشان می دهد. در رژیم آبیاری 75٪ تامین نیاز آبی در بین تیمارهای کود بیولوژیک بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر بود. این در حالی است که در بین تیمارهای کود شیمیایی در این سطح آبیاری بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار نیتروژن معدنی بود و بین فسفر و نیتروژن+فسفر تفاوت قابل ملاحظه ای مشاهده نشد. بطور کلی در بین تیمارهای آبیاری 100٪ و 75٪ کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر+نیتروژن از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر برخوردار بودند. با مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن معدنی، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و گیاه توانسته با افزایش تولید سطح برگ شرایط برتری را برای جذب تشعشع خورشیدی نسبت به تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر فراهم سازد. بطور مشابه گزارش شده که عملکرد پیاز خوراکی با مصرف اوره افزایش می یابد (Al-Moshileh, 2002). از طرفی کاربرد نیتروژن به همراه کود زیستی بطور معنی داری باعث افزایش در سطح برگ سیر خوراکی شد (Karimi, 2012). افزایش سطح برگ در کاربرد کود نیتروژن بدلیل سرعت رشد بالاتر سطح برگ بوده که خود به تولید بیشتر ماده خشک بالای سطح زمین می انجامد (Hamzei & Soltani, 2012). البته شاخص سطح برگ در گیاهان تلقیح شده با کود بیولوژیک (بخصوص نیتروکسین) بیشتر از شاهد بود که نشان داد این باکتری ها توانسته اند با فعالیت خود مقدار بیشتری عناصر غذایی (بخصوص نیتروژن، فسفر و گوگرد) در اختیار ریشه ها قرار دهند و باعث رشد رویشی گیاه و افزایش سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شوند. اختلاف زیاد شاخص سطح برگ در تیمارهای مصرف کود شیمیایی و بیولوژیکی نسبت به شاهد بخاطر ریزش زودتر برگها و تولید برگهای کوچکتر در تیمار شاهد بود. تحقیقات نشان داده شاخص سطح برگ گلرنگ تحت تاثیر مثبت تلقیح با ازتوباکتر و میکوریزا و مصرف کودهای نیتروژن و فسفر قرار گرفت (Mirzakhani, 2011). در دو سطح آبیاری 100٪ و 75٪ شاخص سطح برگ کمتر تیمار فسفر شیمیایی نسبت به نیتروژن شیمیایی احتمالاً بدلیل آن است که فسفر نتوانسته باعث بهبود رشد سبزیگی گیاه و افزایش شاخص سطح برگ در شرایط بدون تنش آبی شود. این در حالی است که تیمار بیوفسفر در سطوح آبیاری 50٪ و 75٪ تاثیر تقریباً مشابهی بر شاخص سطح برگ با کودهای نیتروکسین و نیتروکسین + بیوفسفر داشت. این امر را می توان به فراهم بودن عوامل مساعد برای فعالیت باکتری سودوموناس در خاک مثل مقدار بالای ماده آلی خاک، کمبود فسفر در خاک و pH

مساعد برای فعالیت باکتری دانست (Mirzakhani, 2011). ولی در تیمار آبیاری کامل بدلیل عدم محدودیت آبی شاخص سطح برگ به تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر پاسخ بهتری نشان داد. در رژیم آبیاری 50٪ بین شاخص سطح برگ کودهای بیولوژیک اختلاف قابل ملاحظه ای با رژیم 75٪ نبود. به نظر می رسد این عدم تفاوت نشانه تاثیر کمتر تنش آبی (50٪ آبیاری) بر رشد رویشی گیاه در زمان مصرف کودهای بیولوژیک است. این در حالی است که در تیمارهای مصرف کود شیمیایی شاخص سطح برگ در رژیم آبیاری 75٪ بیشتر از 50٪ است. به نظر می رسد این تفاوت نشانه حساسیت بیشتر کنجد به تنش آبی در زمان مصرف کودهای شیمیایی است. بطور عمومی با رفع تنش خشکی (از تیمار آبیاری 50٪ به آبیاری کامل) شاخص سطح برگ و رشد رویشی گیاه بهبود یافت. این نتایج نشان دهنده اثر مستقیم تنش خشکی روی سطح برگ است. کاهش سطح برگ خود می تواند ناشی از فرآیندهای دیگری از درون گیاه باشد که بطور عمده مربوط به فتوسنتز است. این فرآیندها موجب تولید برگهای کوچکتر در تنش خشکی شده و از طرفی موجب زوال زودتر برگ می شوند (Wright et al., 1995). در براسیکا پدیده زوال برگها با افزایش تنش خشکی افزایش یافت (Kumar et al., 1994). الگوی رشد سطح برگ گیاهان طی فصل رشد بصورت سیگموئیدی می باشد بطوریکه در نیمه دوم فصل رشد به حداکثر خود می رسد و سپس با از بین رفتن برگهای پیر کاهش می یابد و این زمانی است که تولید برگهای جدید کفاف سطح برگ از بین رفته را نمی کند (Hay & Walker, 1989). کاهش سطح برگ کنجد در انتهای فصل رشد را می توان به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از برگها به دانه ها، سایه اندازی برگهای بالایی روی برگهای پایینی و ریزش و پیری برگهای پایینی، انتقال مجدد نیتروژن از برگها به دانه و تشدید پیری برگها و نیز به گرمای شدید در انتهای فصل رشد نسبت داد. بطور مشابه تحقیقات نشان داده شاخص سطح برگ در گندم و سورگوم در طول فصل رشد زیاد شده ولی متعاقب آن در طی دوره پر شدن دانه ها و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از برگها به دانه ها شاخص سطح برگ کاهش می یابد (Feltcher et al., 2013). کاهش شاخص سطح برگ ذرت در انتهای فصل رشد بدلیل سایه اندازی برگهای بالای کانوپی بر روی لایه های زیرین و کاهش فتوسنتز برگهای پایینی و پیر شدن این برگها می باشد (Goldani et al., 2011). در گیاهان زراعی دانه ای پیر شدن برگها بطور عمده مربوط به رشد دانه ها و انتقال مجدد ازت از برگها به دانه ها است (Sinclair et al., 2003). تحقیقات نشان داده سطح برگ چغندر قند پس از کاهش نسبتاً شدید در اواخر مرداد ماه در طول شهریور ماه نسبتاً ثابت است. افزایش دما در مردادماه و تنش خشکی سبب کاهش سطح برگ شده و با خنک شدن هوا این پدیده در شهریور ماه تعدیل می شود (Parsa et al., 2007).



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100٪(الف)، 75٪(ب) و 50٪(ج) در تیمارهای کود شیمیایی  
 Fig.1- Variation trend in leaf area index (LAI) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different fertilizer treatments during growing season





شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100٪(الف)، 75٪(ب) و 50٪(ج) در تیمارهای کود بیولوژیک

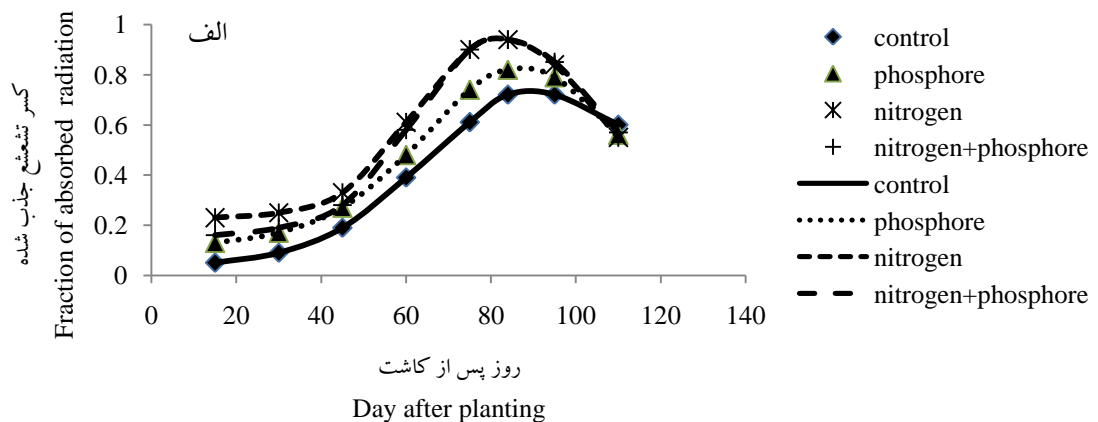
Fig.2- Variation trend in leaf area index (LAI) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different biofertilizer treatments during growing season

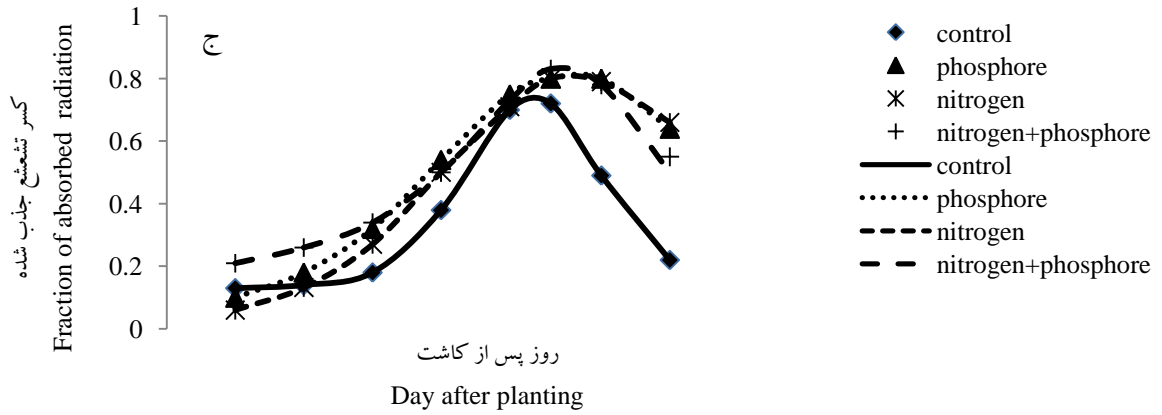
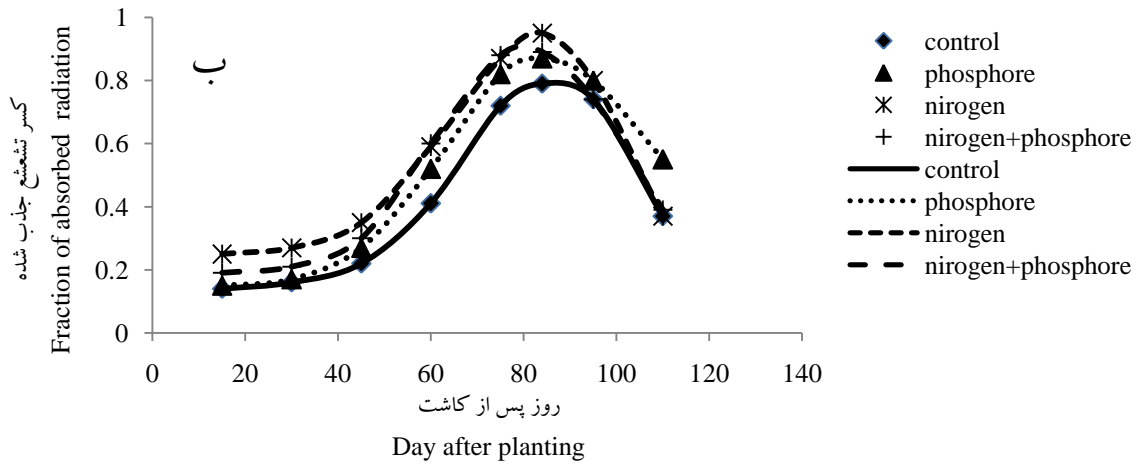
## تشعشع جذب شده توسط کانوپی

حداکثر کسر تشعشع جذب شده برای کلیه تیمارها در حدود 85 روز پس از کاشت (15 مرداد ماه) حاصل شد و بیشترین آن برای کودهای بیولوژیک مربوط به تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوسففر در سطح آبیاری 100٪ (مقدار 86٪ کسر تشعشع جذب شده) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد در سطح آبیاری 50٪ (مقدار 72٪) می باشد (شکل 4). برای کودهای شیمیایی بیشترین کسر تشعشع جذب شده مربوط به تیمارهای نیتروژن معدنی و نیتروژن+فسفر معدنی در سطح آبیاری 100٪ (مقدار 94٪) بود (شکل 3). نتایج مربوط به حداکثر کسر تشعشع جذب شده با نتایج حداکثر شاخص سطح برگ (شکل های 1 و 2) کاملاً مشابه بوده و همخوانی دارد. در مقایسه تیمارهای بیولوژیک با شیمیایی کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و نیتروژن+فسفر) نسبت به بیولوژیک از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار بوده و کسر تشعشع جذب شده در این تیمارها بیشتر بود. با افزایش سطح آبیاری از 50٪ به 75٪ و 100٪ میزان تشعشع جذب شده افزایش یافت. می توان نتیجه گرفت تیمار با آبیاری کامل نسبت تیمارهای تنش خشکی به سبب تولید سطح برگ بیشتر شده و متعاقب آن باعث افزایش کسر تشعشع جذب شده می شود. همچنین با کاهش تنش آبی احتمالاً میزان فتوسنتز افزایش یافته که باعث تولید سطح برگ بیشتر و متعاقب آن دریافت نور بیشتر می شود. گزارشات زیادی مبنی بر اثر منفی تنش خشکی روی تولید سطح برگ وجود دارد. کاهش سطح برگ و کارآیی مصرف نور در شرایط تنش خشکی در بادام زمینی گزارش شده است (Collino et al., 2001). در کلیه ارقام تحت بررسی کلزا با تنش آبی (65٪ و 50٪ تامین نیاز آبی گیاه) نسبت به شاهد شاخص سطح برگ تفاوت قابل ملاحظه ای داشت. این نتایج نشان دهنده اثر مستقیم تنش خشکی روی شاخص سطح برگ می باشد (Vafabakhsh et al., 1999). در بررسی اثر رژیم های مختلف آبیاری را در گلرنگ مشخص شد که در تنش آبی 54٪ تامین نیاز آبی گیاه نسبت به شاهد بطور قابل ملاحظه ای سطح برگ کاهش داشت (Miladi-Lari., 2010). مطالعات در گیاه آفتابگردان نشان دهنده کاهش محسوس سطح برگ گیاه تحت تنش خشکی است (Naderi et al 2004; Razi & Assadi, 1998). سایه انداز گیاهان در مواجهه با تنش خشکی با سرعت کمتری گسترش یافته، اندازه برگها کوچک شده و به واسطه ریزش زود هنگام برگهای پایین سایه انداز گیاه سطح برگ خود را در تنش خشکی با سرعت بیشتری از دست می دهد و در نهایت شاخص سطح برگ تحت شرایط کم آبی کاهش می یابد (Boyer, 1970). تیمارهای کود بیولوژیک نسبت به شاهد دارای سطح برگ (شکل 2) و کسر تشعشع دریافت شده (شکل 4) بیشتری بودند. احتمالاً کودهای بیولوژیک با تامین عناصر ضروری برای گیاه (مثل نیتروژن، فسفر و گوگرد) باعث تحریک رشد

سبزی‌نگی گیاه می‌شوند. گزارشات زیادی مبنی بر اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر افزایش زیست توده گیاهی و سطح برگ وجود دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در بررسی اثر ریزوباکترهای محرک رشد بر کنگد گزارش شده که تیمارهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به ترتیب باعث افزایش 44، 28 و 26 درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند (Jahan, et al., 2011). کودهای بیولوژیک حاوی ازتوباکتر آزوسپیریلیوم، باسیلوس و سودوموناس موجب بهبود ویژگی‌های رشد، سطح برگ و عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی زوفا شدند (Koocheki et al., 2008). از آنجا که کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های آزوسپیریلیو و ازتوباکتر است رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی را موجب می‌شود. از طرفی کود زیستی بیوفسفر حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس است که این باکتری‌ها قادرند فسفات نامحلول در خاک را به فرم محلول تبدیل نمایند. بنابر این به دلیل افزایش قابلیت دسترسی عناصری مثل نیتروژن توسط نیتروکسین و فسفر توسط بیوفسفر رشد تاج و بیوماس و شاخص سطح برگ در این تیمارها زیادتر است. در این تحقیق شاخص سطح برگ به کودهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر در سطح آبیاری کامل و 75٪ واکنش بهتری نسبت به سایر کودهای بیولوژیک (بیوفسفر و بیوسولفور) نشان داد. در شرایط عدم تنش احتمالاً باکتری موجود در کود نیتروکسین (ازتوباکتر) باعث تحریک رشد رویشی گیاه و افزایش بیوماس هوایی و سطح برگ شده است. بطور مشابه گزارش شده که باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش رشد و عملکرد گوجه فرنگی شدند (Sendur et al., 1998). کاربرد آزوسپیریلیوم و بیوفسفر تعداد شاخه در گیاه، تعداد برگ در گیاه، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه را در گیاه *Bhunyamalaki (Phyllarthus amarus)* افزایش داد (Chezhiyan et al., 2003). در مطالعه‌ای روی اسپرس گزارش شد تعداد برگ و شاخص سطح برگ بطور معنی‌داری تحت تاثیر کودهای بیولوژیک قرار گرفت و تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین+بیوفسفر بیشترین تعداد برگ و سطح برگ را داشتند (Azadi et al., 2013). یکی از راه‌های افزایش کارآیی جذب تشعشع توسط کانوپی توزیع بهتر نور در کانوپی بوده که خود وابسته به آرایش برگ‌هاست (Rasmusson, 1987). تیمار کود نیتروکسین در سطوح تنش آبی (50٪ و 75٪ آبیاری) شاخص سطح برگ تقریباً یکسانی داشت (جداول 2 و 3) در حالی که بارفع تنش آبی (آبیاری کامل) شاخص سطح برگ از 2/88 به 3/25 افزایش یافت. می‌توان نتیجه گرفت در شرایط رفع تنش سطح برگ کنگد به کود نیتروکسین پاسخ مثبت داد. این در حالی است که در تیمار نیتروژن شیمیایی با افزایش سطح آبیاری از 50٪ به 75٪ شاخص سطح برگ بطور قابل ملاحظه‌ای زیاد شد (از 2/59 به 3/8 رسید) و بطور مشابه با افزایش سطح آبیاری از 75٪ به 100٪ شاخص سطح برگ از 3/8 به 4/2 افزایش یافت. بنظر می‌رسد افزایش

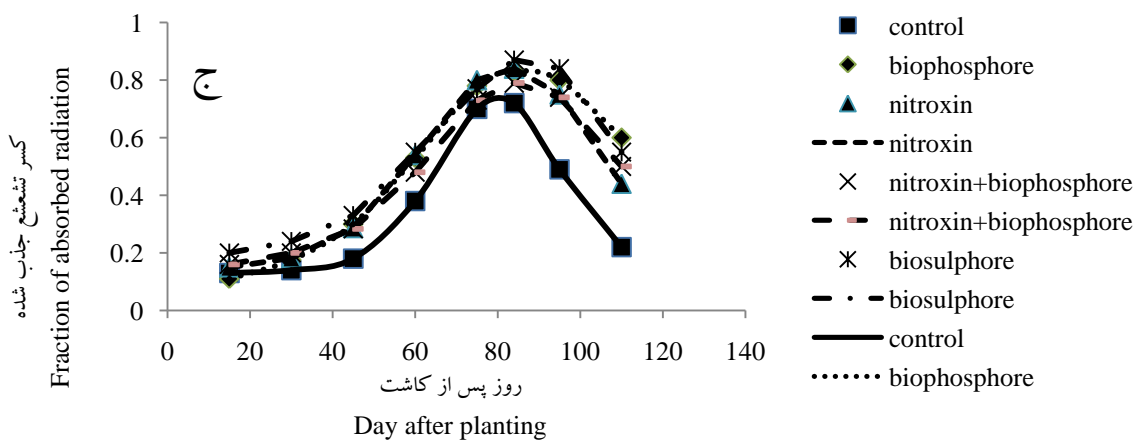
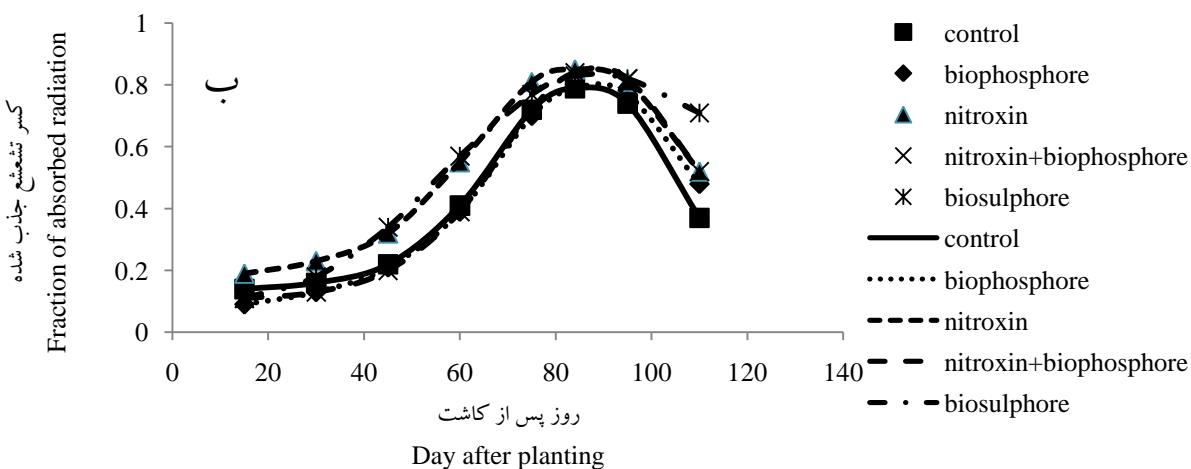
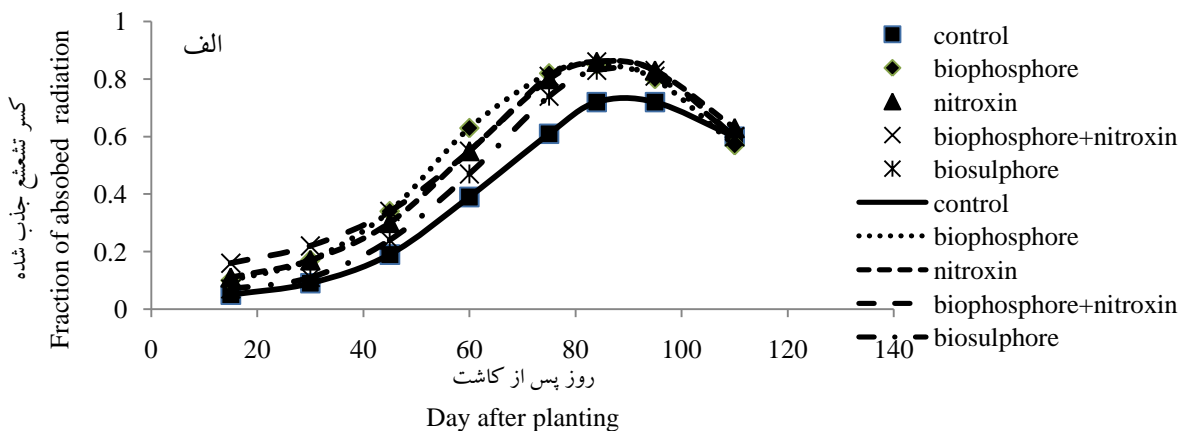
سطح آبیاری باعث می شود که کنگد به تیمار نیتروژن شیمیایی بهتر واکنش دهد. در تیمار نیتروکسین+بیوفسفر با افزایش سطح آبیاری از 50٪ به 100٪ کسر تشعشع جذب شده 7٪ (از 79٪ به 86٪) و شاخص سطح برگ 0/69 واحد افزایش یافت. این در حالی است که در تیمار نیتروژن+فسفر معدنی با افزایش سطح آبیاری از 50٪ به 100٪ کسر تشعشع جذب شده 11٪ (از 83٪ به 94٪) و شاخص سطح برگ 1/43 واحد (از 2/83 به 4/26) افزایش نشان داد. این نشان می دهد در تیمار نیتروژن+فسفر معدنی با افزایش سطح آبیاری و رفع تنش خشکی تاثیر نیتروژن روی افزایش سطح برگ و جذب تشعشع بیشتر خود را نشان می دهد. بطور مشابهی گزارش شده که کود نیتروژن کافی تحت شرایط تنش آبی عملکرد ذرت را به مقدار کم افزایش می دهد اما با آبیاری کامل عملکرد ذرت تحت تاثیر کود نیتروژن قرار می گیرد (Majidian et al., 2007). بطور مشابه بیان شده کاهش فواصل آبیاری از 18 روز به 12 روز و 6 روز و افزایش کود نیتروژن باعث افزایش سطح برگ و بیوماس کنگد شد (Jouyban & Moosavi, 2011).





شکل 3- روند تغییرات کسر تشعشع جذب شده کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100٪ (الف)، 75٪ (ب) و 50٪ (ج) در تیمارهای کود شیمیایی

Fig.3- Variation trend in fraction of absorbed radiation (fabs) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different fertilizer treatments during growing season



شکل 4- روند تغییرات کسر تشعشع جذب شده کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100(الف)، 75(ب) و 50(ج) در تیمارهای کود بیولوژیک

Fig.4- Variation trend in fraction of absorbed radiation (fabs) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different biofertilizer treatments during growing season

### تجمع ماده خشک

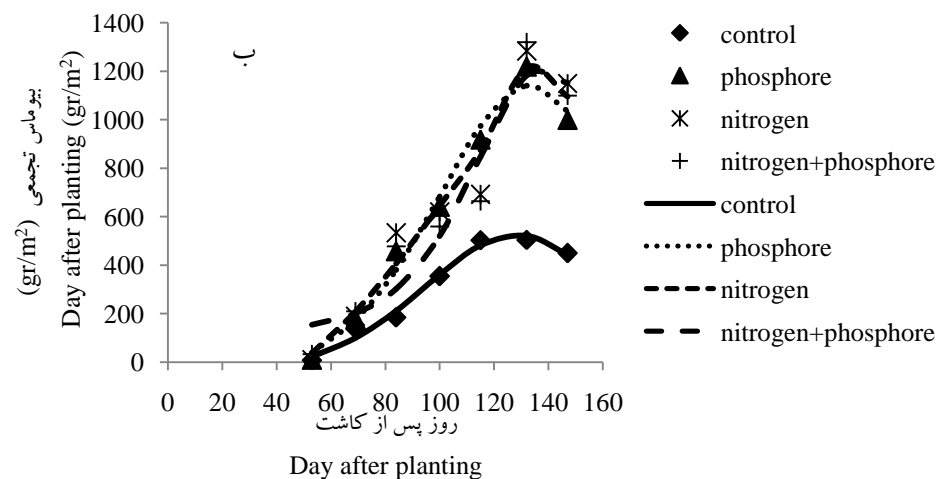
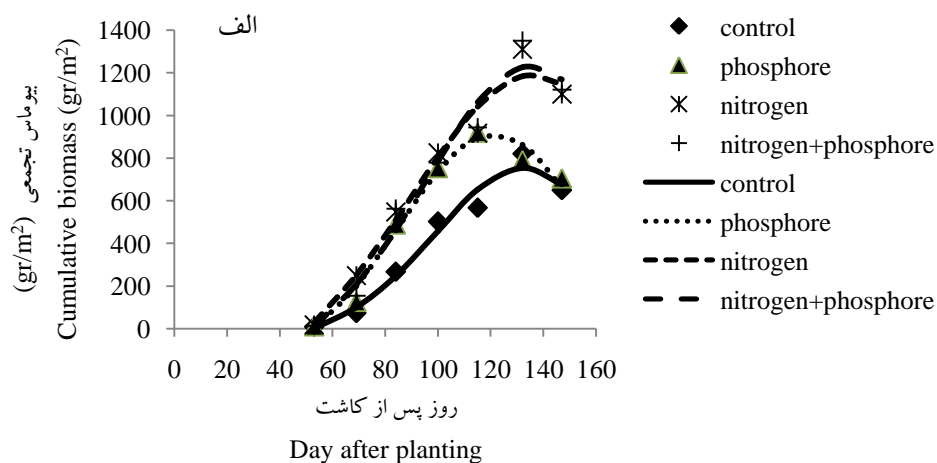
شکل های 5 و 6 روند تجمع ماده خشک در سه سطح آبیاری 100٪، 75٪ و 50٪ را در تیمارهای کود شیمیایی و بیولوژیکی نشان می دهند. روند تجمع ماده خشک با روند تغییرات شاخص سطح برگ (شکل های 1 و 2) و کسر تشعشع جذب شده (شکل های 3 و 4) بطور کامل همخوانی دارد بطوریکه در بین تیمارهای کود بیولوژیک بیشترین ماده خشک جمعیتی مربوط به تیمار نیتروکسین+بیوفسفر در سطح آبیاری کامل (1254 گرم در متر مربع) بود و این در حالی است که بیشترین شاخص سطح برگ در بین تیمارهای کود بیولوژیک مربوط به همین تیمار (نیتروکسین+بیوفسفر) بود (شکل 2-الف). بطور مشابه در بین تیمارهای کود شیمیایی بیشترین ماده خشک جمعیتی مربوط به تیمار نیتروژن+فسفر معدنی در سطح آبیاری کامل (1350 گرم در متر مربع) بود که بیشترین شاخص سطح برگ در بین تیمارهای کود شیمیایی مربوط به همین تیمار (نیتروژن+فسفر معدنی) بود (شکل 1-الف). تنش خشکی مهمترین عامل محیطی محدود کننده تولید ماده خشک می باشد (Betram et al., 2003). در مناطق خشک و نیمه خشک تامین رطوبت یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر عملکرد، اجزای عملکرد و بیوماس کنگد است (Nath & Chakraborty, 2001). در مطالعه ای روی کنگد مشخص شد بیشترین عملکرد مربوط به تیمار سه نوبت آبیاری (نسبت به دو نوبت و یک نوبت آبیاری) بود (Ghosh et al., 1997). تولید کنگد با کاهش سطح آبیاری کاهش می یابد (Tantawy et al., 2007). در پژوهش حاضر صرف نظر از تیمارهای کودی به طور میانگین تولید ماده خشک در روز 130 پس از کاشت در تیمارهای آبیاری کامل و 75٪ به ترتیب 1100 و 1083 گرم بر متر مربع بود. این در حالی است که تیمار آبیاری 50٪ ماده خشک 950 گرم بر متر مربع داشت. به نظر می رسد با افزایش تنش خشکی فتوسنتز گیاه کاهش یافته که این محدودیت عمدتاً از طریق بسته شدن روزنه ها است (Basra & Basra, 1997). همچنین می توان چنین استنباط کرد با تامین رطوبت کافی در طول فصل رشد توسعه برگها و سطح برگ بیشتر شده (شکل های 1 و 2) که خود باعث افزایش دریافت تشعشع خورشیدی (شکل های 3 و 4) و بیوماس نهایی می شود. از طرفی ماده خشک تولیدی در تمام سه سطح آبیاری در تیمارهای کود بیولوژیک بیشتر از شاهد بود (شکل 6). این موضوع را می توان به تولید انواع هورمونهای محرک رشد نظیر اکسین و سیتوکینین و ترشح انواع مواد فعال بیولوژیکی مانند ویتامین های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پانتوتنیک و بیوتین، توسعه سیستم ریشه ای، بهبود جذب آب و عناصر و تثبیت بیولوژیک نیتروژن و همچنین حذف عوامل پاتوژنیک نسبت داد (Lambrecht

( et al., 2000; Cacciari et al., 1989; Kader, 2002; Ishizuki, 1992; Rudresha et al., 2005 ) این عوامل

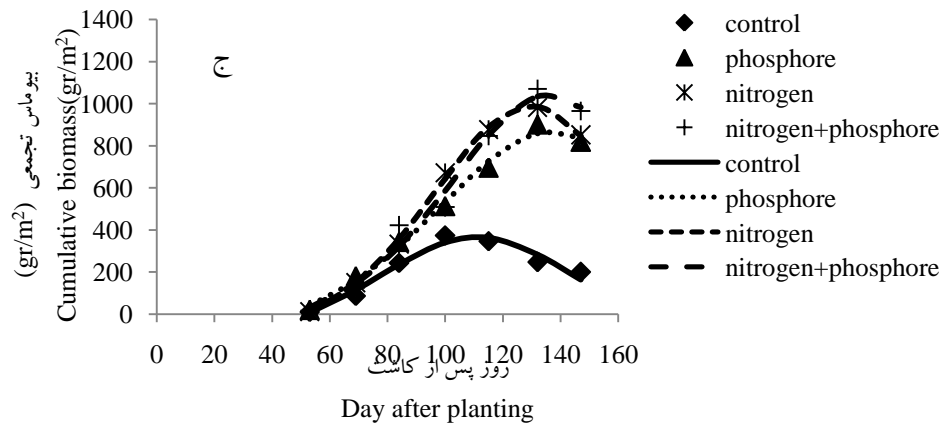
باعث سطح برگ بیشتر و متعاقب آن دریافت تشعشع و تولید ماده خشک بیشتر در تیمارهای کود بیولوژیک نسبت به شاهد می شود.

بیوماس تولیدی در کودهای شیمیایی بیشتر از شاهد بود (شکل 5) که می توان چنین نتیجه گرفت تامین عناصر در این تیمارها نسبت به

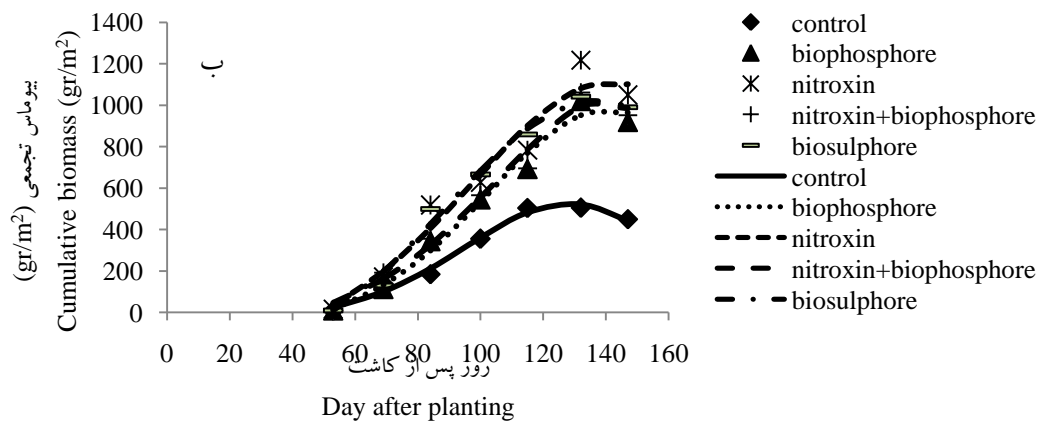
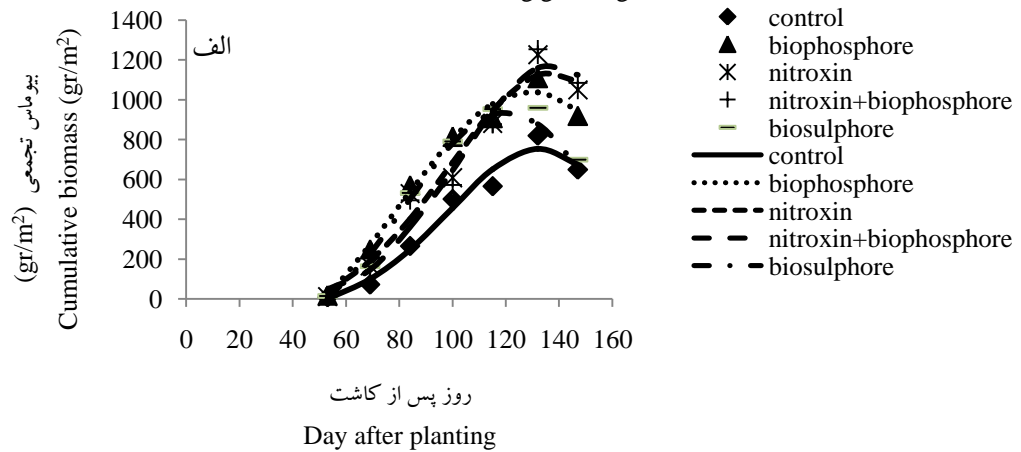
شاهد بیشتر بوده و رشد سبزیگی، سطح برگ، دریافت نور و تولید بیوماس را افزایش می دهد.

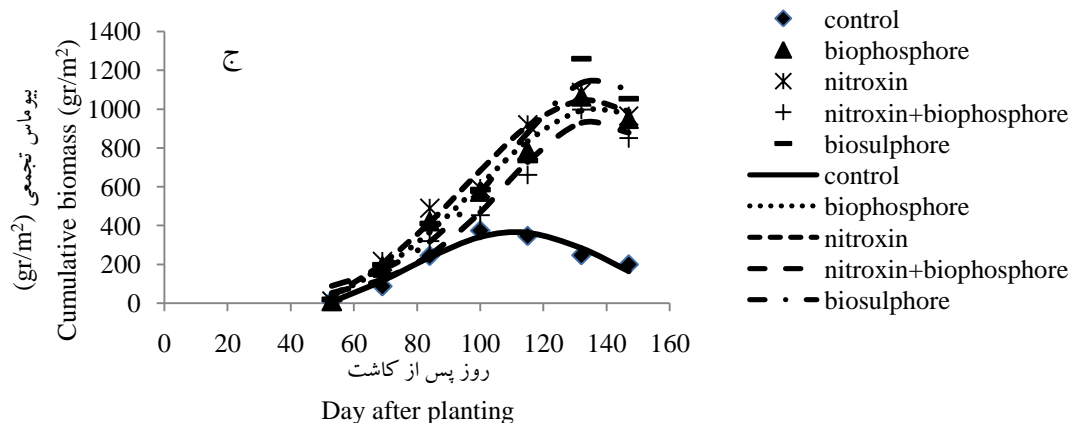






شکل 5- روند تغییرات بیوماس تجمعی (گرم بر متر مربع) کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100٪(الف)، 75٪(ب) و 50٪(ج) در تیمارهای کود شیمیایی  
 Fig.5- Variation trend in cumulative biomass (gr/m<sup>2</sup>) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different fertilizer treatments during growing season



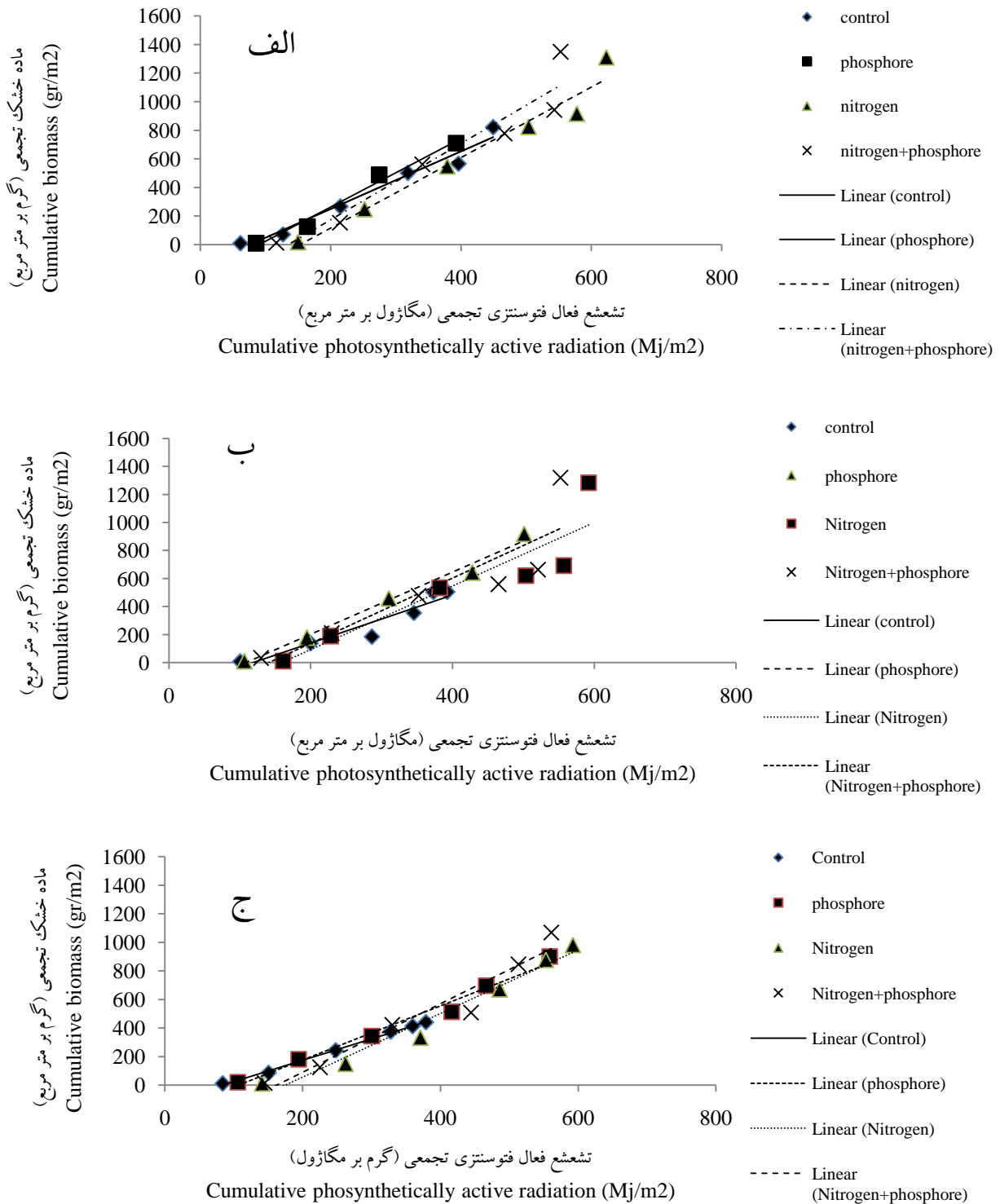


شکل 6- روند تغییرات بیوماس تجمعی (گرم بر متر مربع) کنجد طی فصل رشد در سطوح آبیاری 100٪ (الف)، 75٪ (ب) و 50٪ (ج) در تیمارهای کود بیولوژیک  
 Fig.6- Variation trend in cumulative biomass (gr/m<sup>2</sup>) of sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different biofertilizer treatments during growing season

### کارآیی مصرف نور

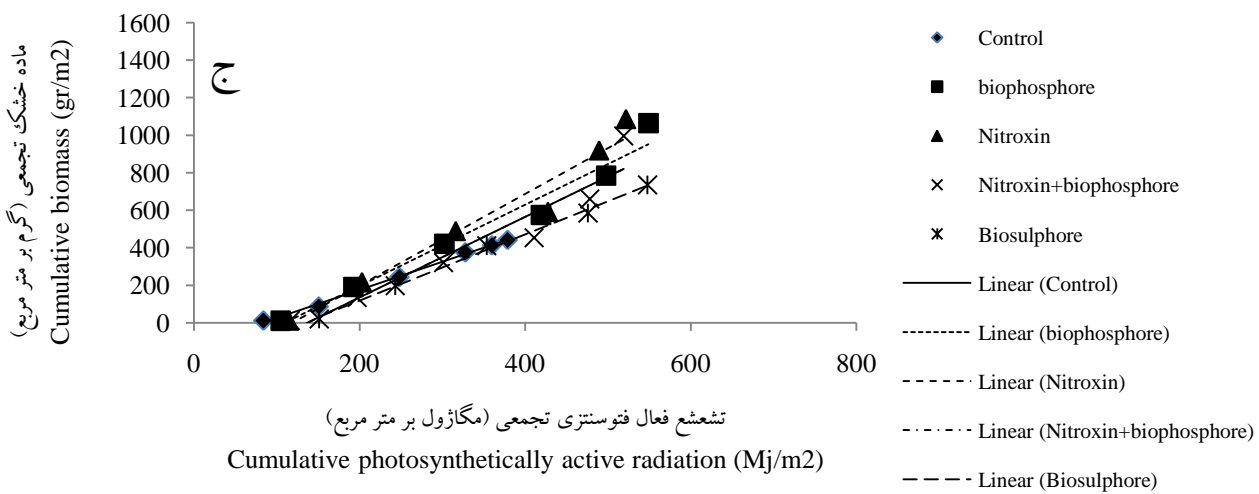
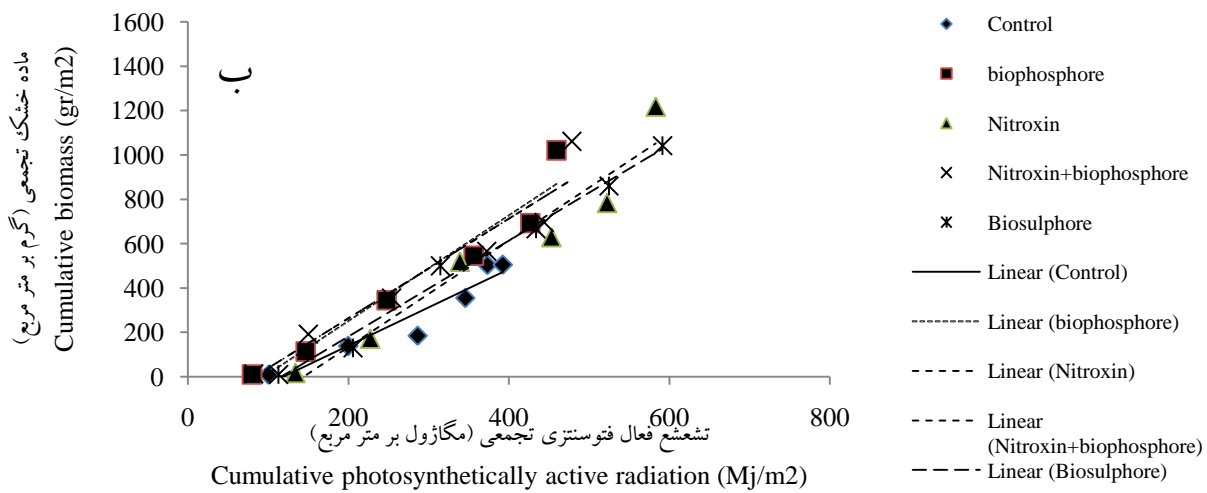
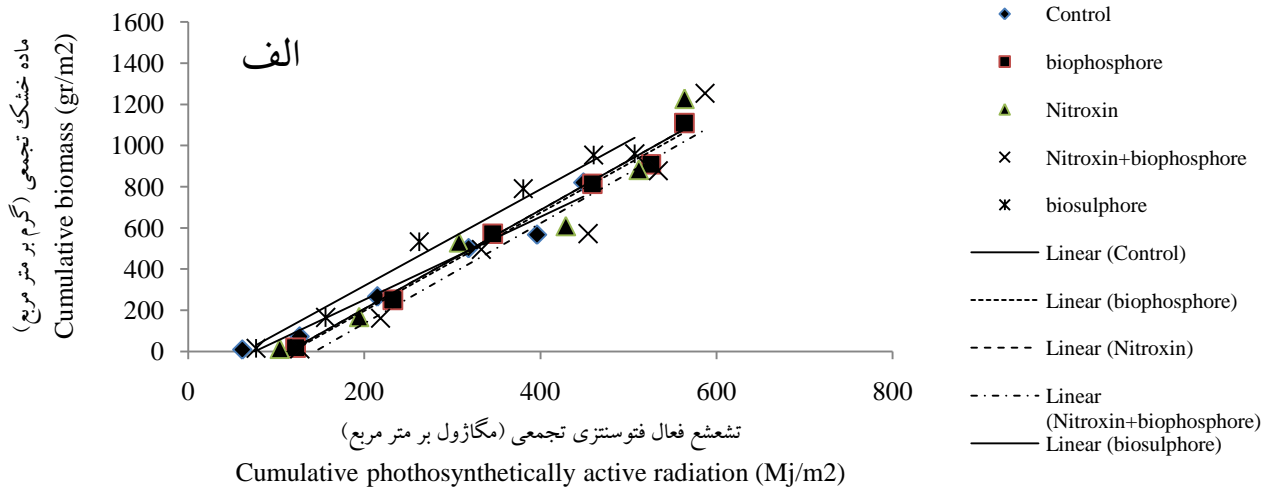
کارآیی مصرف نور به عنوان شیب رگرسیون خطی بین ماده خشک تجمعی و میزان نور جذب شده بوده که ضرایب همبستگی ( $R^2$ ) معادله های آن و شیب خط بعنوان میانگین کارآیی مصرف نور در جداول 1 و 2 و 3 آمده است. این نتایج نشان می دهند که مصرف کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی باعث اثر متغیری در کارآیی مصرف نور می شود. در تحقیق حاضر در کلیه تیمارهای کود بیولوژیک و شیمیایی بالاترین کارآیی مصرف نور مربوط به تیمار آبیاری کامل و بعد از آن متعلق به تیمار آبیاری 75٪ بود و تیمار آبیاری 50٪ پایین ترین کارآیی مصرف نور را داشت. می توان اینگونه نتیجه گیری کرد که تفاوت در کارآیی مصرف نور در سطوح مختلف آبیاری می تواند به دلیل تفاوت در مقدار شاخص سطح برگ، دریافت نور، فتوسنتز و بیوماس تجمعی باشد (جداول 1، 2 و 3). بر اساس نظریه مانیتث کل ماده خشک تولیدی قسمت هوایی (TADM) به صورت فرمول  $TADM=IR \times FRI \times RUE$  تعریف می شود که در آن IR تشعشع برخورد کرده، FRI کسر تشعشع جذب شده و RUE کارآیی مصرف نور است (Monteith, 1977). وقتی تنش خشکی اتفاق می افتد روابط بین این عوامل تغییر کرده و قابلیت جذب نور توسط گیاه زراعی کاهش می یابد (Williams & Boote, 1995). تحت شرایط تنش خشکی کسر تشعشع جذب شده و شاخص سطح برگ به دلیل تنش خشکی کاهش می یابد (Collino et al., 2001). نتایج این تحقیق نشان می دهد که مصرف کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی تأثیرات

متفاوتی روی شاخص سطح برگ، کسر تشعشع جذب شده و کارآیی مصرف نور در سطوح مختلف آبیاری می گذارد. مقادیر بدست آمده برای کارآیی مصرف نور از مقدار 1/49 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی (0/75 گرم بر مگا ژول تشعشع خورشیدی) تا 2/66 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی (1/33 گرم بر مگا ژول تشعشع خورشیدی) به ترتیب برای تیمارهای شاهد در سطح آبیاری 50٪ و ازت+فسفر معدنی در سطح آبیاری کامل متغیر است. بنظر می رسد کارآیی مصرف نور در کنجد بیشتر تحت تاثیر سطح برگ و دریافت نور باشد. مصرف کودهای زیستی علاوه بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک (بوژه در مناطقی که کلسیم خاک بالاست)، با تولید مقادیر قابل ملاحظه ای هورمونهای رشد بطور عمده از نوع اکسین و سیتوکنین بر رشد و تولید سطح برگ و همچنین اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک موثر است (Zahir et al., 2004). احتمالاً کاربرد کود بیوسولفور بدلیل آزاد کردن گوگرد در خاک و آزاد سازی سایر عناصر از طریق اصلاح pH خاک باعث بهبود تولید بیوماس و افزایش کارآیی مصرف نور نسبت به تیمار شاهد شده است. در پژوهش حاضر کنجد به تیمارهای کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) نسبت به بیولوژیک (نیتروکسین و بیوفسفر) واکنش بهتری نشان داد. در تیمارهای کود شیمیایی مصرف نیتروژن و فسفر بصورت توأم باعث اثر هم افزایی (سینرژیسم) شده و کارآیی مصرف نور در تیمارهای نیتروژن+فسفر بیشتر نیتروژن خالص و یا فسفر خالص در کلیه سطوح آبیاری است. در حالی که در تیمارهای کود بیولوژیک در دو سطح آبیاری 50٪ و 75٪ کارآیی مصرف نور در تیمارهای نیتروکسین بیشتر از نیتروکسین+بیوفسفر بود. این موضوع را می توان به کمتر بودن شاخص سطح برگ و ماده خشک تولیدی در تیمار نیتروکسین+بیوفسفر نسبت داد. احتمالاً کاربرد کود بیوفسفر به همراه نیتروکسین در شرایط تنش باعث تحریک تولید ریشه گیاه و کاهش اختصاص آسمیلاتهای فتوسنتزی به قسمت های هوایی شده است. ولی در تیمار آبیاری کامل چون گیاه با کمبود رطوبت مواجه نیست تیمار نیتروکسین+بیوفسفر اثر هم افزایی داشته و مواد فتوسنتزی بیشتری به تاج اختصاص یافته که خود این موضوع باعث می شود از یک طرف بیوماس قسمت های هوایی افزایش یافته و از طرف دیگر با افزایش سطح برگ میزان تشعشع دریافتی تجمعی در طول فصل رشد افزایش یافته و این دو عامل باعث افزایش کارآیی مصرف نور در این تیمار (نیتروکسین+بیوفسفر در سطح آبیاری کامل) می شود.



شکل 7- ارتباط بین مجموع تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب شده و وزن خشک کنگد در سطوح آبیاری 100٪، 75٪ و 50٪ در تیمارهای کود شیمیایی

Fig.7- Relationship between cumulative absorbed PAR and sesame dry matter in sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different fertilizer treatments



شکل 8- ارتباط بین مجموع تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب شده و وزن خشک کنگد در سطوح آبیاری 100، 75، و 50٪ در تیمارهای کود بیولوژیکی

Fig.8- Relationship between cumulative absorbed PAR and sesame dry matter in sesame in A: %100 B: %75 and C: %50 irrigation levels by different biofertilizer treatments

جدول 1- کارآیی مصرف نور ( RUE، گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی )، حداکثر تشعشع دریافتی (f<sub>max</sub>)، حداکثر شاخص سطح برگ (LAI<sub>max</sub>) و حداکثر بیوماس کنجد (DM<sub>max</sub>) تحت تاثیر کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی در سطح آبیاری 100٪.

Table 1-Radiation use efficiency (RUE,gr/Mj), maximum of leaf area index (LAI<sub>max</sub>) and maximum of sesame biomass (DM<sub>max</sub>) by different fertilizer and biofertilizer treatments in %100 irrigation level

DM <sub>max</sub> (gr/m <sup>2</sup> )	f <sub>max</sub> (%)	R <sup>2</sup>	RUE(gr/Mj)	LAI <sub>max</sub>	تیمار
1350a	92a	92%	2.66	4.26a	ازت+فسفر (Nitrogen+phosphore)
1310a	95a	96%	2.46	4.2a	ازت معدنی (Nitrogen)
1200ab	82ab	98%	2.39	2.8abc	فسفر معدنی (Phosphore)
960ab	83ab	97%	2.3	2.67bc	بیوسولفور (Biosulphore)
1254a	86a	93%	2.43	3.32ab	نیتروکسین+بیوفسفر (Nitroxin+biophosphore)
1227a	86a	94%	2.4	3.25abc	نیتروکسین (Nitroxin)
1110ab	85a	99%	2.38	2.94abc	بیوفسفر (Biophosphore)
820b	70b	97%	2	1.84c	شاهد (Control)

جدول 2- کارآیی مصرف نور ( RUE، گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی )، حداکثر تشعشع دریافتی (f<sub>max</sub>)، حداکثر شاخص سطح برگ (LAI<sub>max</sub>) و حداکثر بیوماس کنجد (DM<sub>max</sub>) تحت تاثیر کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی در سطح آبیاری 75٪.

Table 2-Radiation use efficiency (RUE,gr/Mj), maximum of leaf area index (LAI<sub>max</sub>) and maximum of sesame biomass (DM<sub>max</sub>) by different fertilizer and biofertilizer treatments in %75 irrigation level

DM <sub>max</sub> (gr/m <sup>2</sup> )	f <sub>max</sub> (%)	R <sup>2</sup>	RUE(gr/Mj)	LAI	تیمار
1320a	89ab	77%	2.32	3.27a	ازت+فسفر (Nitrogen+phosphore)
1284a	95a	83%	2.27	3.8a	ازت معدنی (Nitrogen)
1220a	90ab	98%	2.21	3.23a	فسفر معدنی (Phosphore)
1042a	80ab	98%	2.16	2.76ab	بیوسولفور (Biosulphore)
1061a	84ab	92%	2.24	2.81ab	نیتروکسین+بیوفسفر

1218a	85ab	93%	2.39	2.96ab	(Nitroxin+biophosphore) نیتروکسین
1021a	79b	94%	2.38	2.71ab	(Nitroxin) بیوفسفر
504b	79b	90%	1.7	1.72b	(Biophosphore) شاهد
(Control)					

جدول 3- کارآیی مصرف نور ( RUE، گرم بر مگازول تشعشع فعال فتوسنتزی )، حداکثر تشعشع دریافتی ( $f_{max}$ )، حداکثر شاخص سطح برگ ( $LAI_{max}$ ) و حداکثر بیوماس کنجد ( $DM_{max}$ ) تحت تاثیر کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی در سطح آبیاری 50٪

Table 3-Radiation use efficiency (RUE,gr/Mj), maximum of leaf area index ( $LAI_{max}$ ) and maximum of sesame biomass ( $DM_{max}$ ) by different fertilizer and biofertilizer treatments in %50 irrigation level

DM <sub>max</sub> (gr/m <sup>2</sup> )	f <sub>max</sub> (%)	R <sup>2</sup>	RUE(gr/Mj)	LAI <sub>max</sub>	تیمار
1069a	87a	94%	2.39	2.83a	ازت+فسفر (Nitrogen+phosphore)
982a	79ab	96%	2.22	2.59a	ازت معدنی (Nitrogen)
902a	80ab	98%	1.89	2.39a	فسفر معدنی (Phosphore)
831a	70ab	97%	1.76	2.2a	بیوسولفور (Biosulphore)
997a	79ab	90%	2.14	2.64a	نیتروکسین+بیوفسفر (Nitroxin+biophosphore)
1087a	84ab	95%	2.44	2.88a	نیتروکسین (Nitroxin)
1065a	83ab	96%	2.16	2.82a	بیوفسفر (Biophosphore)
342b	72b	99%	1.49	1.74a	شاهد (Control)

نتیجه گیری:

تیمارهای کود شیمیایی نسبت به کود بیولوژیک دارای سطح برگ و کسر تشعشع دریافتی بالاتری بوده (جداول 1 و 2 و 3) و کاربرد کود بیولوژیک نسبت به شاهد بخصوص در تیمارهای تنش آبی باعث تخفیف در تنش و تولید بهتر سطح برگ شد.

منحنی روند تغییرات تشعشع دریافتی نسبت به زمان (شکل های 3و4) مشابه با منحنی روند تغییرات سطح برگ نسبت به زمان (شکل های 1و2) بود. در کلیه تیمارهای تنش آبی سطح برگ، دریافت نور و بیوماس تولیدی کمتر از آبیاری کامل بود که این موضوع را میتوان به کاهش فتوسنتز و سطح برگ در تیمارهای تنش آبی نسبت داد. همچنین در تمامی تیمارهای تنش آبی بدلیل تولید سطح برگ کمتر، دریافت نور و تولید بیوماس کاهش یافته و در نهایت میزان کارآیی مصرف نور در این تیمارها کمتر از آبیاری کامل بود. استفاده از کودهای مختلف بیولوژیکی و شیمیایی در تیمار آبیاری کامل سبب استفاده کارآمدتر از نور تابیده به کانوپی می شود. کاربرد کود بیولوژیکی بیوفسفر در شرایط تنش خشکی و محدودیت آب باعث تخفیف در تنش شده و ماده خشک و کارآیی مصرف نور نسبت به کود فسفر شیمیایی می شود.

منابع:

- 1-Ahmadi Vavsari, F. 2009. Investigation the effect of biofertilizers, phosphate solubilizer and Thiobacillus on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). MSc Thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)
- 2-AI-Moshileh, A. M. 2002. Effect of rate and time of nitrogen application on onion production in the central region of Saudi Arabi. *Journal of King University*. 4:33-41.
- 3-Azadi, V., Rezadost, S., Rashidi, M., and Norabadi, E. 2013. Study the effect of biofertilizers application on sainfoin morphological characteristics in Azarbayejan. In *Second Conference on Effects of Climate Change on Agriculture and Environment*, Oromiye, Iran, 2013, p.3994-4006 (In Persian).
- 4- Basra, A.S., and Basra, R.K. 1997. *Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants*. CRC Press 407 pp.
- 5-Basu, M. and P.B.S. Bhadoria. 2008. Performance of groundnut (*Arachis hypogea* L.) under nitrogen fixing and phosphorus solubilizing microbial inoculants with different levels of cobalt in alluvial soils of eastern India. *Agronomy Research* 6 (1): 15-25.
- 6-Betram, K., Janssens, M.J.J., Abdalwahab, A., 2003. Breeding for drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum*). In: *Conference on Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural Development*, 8–10 October, Deutscher Tropentag, Gottingen, p135.



- 7-Bohrani, M., and Babaii, G.H. 2007. Effects of plant density and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and qualitative characteristics of two sesame varieties. *Iran Agronomy Journal*. 3:237-245. (In Persian)
- 8-Boyer, S. (1970). Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower of various leaf water potentials. *Plant Physiology*, 58, 398-401.
- 9-Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T., and Pietrosanti, W. 1989. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. *Plant and Soil* 115: 151-153.
- 10-Chezhiyan, N., Saraswathy, S. and Vasumathi, 2003, Studies on organic manures and biofertilizers on plant density, on growth, yield and alkaloid content of bhumyamalaki (*Phyllarthus amarus* Schum and Thonn.). *South Indian Hortic.*,51 ; 96-101.
- 11-Collino, D.J., J.L. Dardanelli, R. Sereno, and R.W. Racca. 2001. Physiological responses of argentine varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. *Field Crops Res.*70: 177-184.
- 12-Darzi, M.T., Ghalavandi, A., an Rajaii, F. 1998. Effect of biofertilizers on N-P-K uptake and grain yield of fennel plant. *Iran Journal of Medicinal Plants*. 1:1-19. (In Persian)
- 13-Dilip, K., M. Ajumdar , & S. Roy.1991. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing & plant population. *Indian Journal of Agronomy*. 37: 758-762
- 14-El-Habbasha, S.F., A.b.d. El Salam, M.S., and M.O. Kabesh. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(6): 567- 571.
- 15-Feltcher, A. L., P.R Johnstons and E.Chakwizira.2013. Radiation capture and radiation use efficiency in response to N supply for crop species with contrasting canopies. *Field Crops Research* 150 :126–134.
- 16-Ghosh, P., Jana, P.K., Sounda, G., 1997. Effect of sulfur and irrigation on growth, yield, oil content and nutrient uptake by irrigated summer sesame. *Environ. Ecol.* 15,83–89.
- 17-Ghosh, D.C., and M.Mohiuddin. 2000. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to biofertilizer and growth regulator. *Agricultural Science* 20(2): 90-92
- 18-Goldani, M., Rezvanimighadam, P., Nassiri Mahalati, M., and Kaffi, M. 2011. Study of phonological and physiological indices of corn hybrids in different plant densities. *Crop Production Researches Journal* 7(1):1-27. (In Persian)

- 19-Hamzei, J., and Soltani, J. 2012. Deficit irrigation of rapeseed for water-saving: Effects on biomass accumulation, light interception and radiation use efficiency under different N rates. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 155 : 153– 160.
- 20-Hay, R. K. M., and Walker, A. J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman, Essex, GB. 292 p.
- 21-Heidaripor Kashkoli, R. 2011. Effect of irrigation and nitrogen on water use efficiency of corn, sesame and sugar beet. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
- 22-Ishizuka, J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant and Soil* 11: 197-209.
- 23-Jahan, M., Aryaii, M., Amiri, M., and Ehyaii, H. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on qualitative and quantitative characteristics of *Sesamum indicum L* with application of cover crops of *lathyrus sp* and Persian clover (*Trifolium responatum L*). *Agroecology Journal*. 5(1): 1-15. (In Persian)
- 24-Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M.B., and Ehyayi, H.R. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. *Industrial Crops and Products*. 43:606-611.
- 25-Jouyban, Z., and Moosavi, S.G. 2011. Study of Effects of Different Levels of Irrigation Interval, Nitrogen and Superabsorbent on Seed Yield and Morphological Traits of Sesame. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10): 1317-1323.
- 26-Kader, M.A. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Science* 2: 259-261.
- 27-Karimi, K., Bolandnazar, S., and Ashori, S. 2012. Effects of nitrate ammonium and biofertilizers on allium yield and vegetative characteristics. In First National Conference on Agriculture & Environment Science. Iran. 6 February 2012, p.1-7.
- 28-Karimian, M., Kochaki, A., and Nassiri Mahalati, M. 2009. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on radiation absorption and radiation use efficiency of two canola cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Research*. 7(1): 163-172. (In Persian)
- 29-Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 127-139. (In Persian with English Summary)

- 30-Kumar, A., J. Elston, and P. Singh. 1994. Leaf area growth of two Brassica species in response to water stress. *Crop Res.* 8: 594-602.
- 31-Lambrecht, M., Okon, Y., Vande Broek, A., and Vanderleyden, J. 2000. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signaling molecule in bacteria-plant interactions. *Trends in Microbiology* 8(7): 298-300.
- 32-Majidian. M., Ghalavandi, A., Kamkar Haghghi. E., and Kardimian, N. 2007. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure in different growth stages on corn agronomic characteristics. In *Second Proceeding of 2<sup>nd</sup> Congress of Ecological Agriculture of Iran*, Gorgan, Iran, 2007. (In Persian)
- 33-Malekoti, M.J., and M. Homaei. 2004. *Fertility of Arid and Semi arid*. 2nd Ed. TarbiatModarres University Press.Tehran .pp 494. (In Persian)
- 34-Miladi Lari, A ., and Ehsanzade, P.2010. The negative effect of drought on safflower grain yield thought impact on photosynthetic surfaces and on efficiency. *Iranian Journal of Filed Crop Science.* 41(2):375-384. (In Persian)
- 35-Mirzakhani, M. 2011. Response of safflower growth indices to nitrogen and biological fertilizers. *The First National Conference of New Concepts in Agriculture*, Saveh, Iran,2011. (In Persian)
- 36-Monteith, J.L., 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philos.Trans. R. Soc. London B* 281, 277–294.
- 37-Naderi D, M. R., Nour Mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shrani Rad, A. H., & Madani, H.(2004). Effects of drought stress and plant density on echophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. *Journal of Seed and Plant*, 20(3), 281-296. (In Persian)
- 38-Nath, P.K., Chakraborty, A., 2001. Effect of climatic variations on yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) at different date of sowing. *Agron. J. Crop. Sci.* 186, 97–102.
- 39-Parsa, S., Kochaki, A., Nassiri Mahalati, M., and Ghaemi, A. 2007. Seasonal variation of radiation interception and radiation use efficiency in sugarbeet. *Iranian Journal of Field Crop Research.* 5(2): 229-238. (In Persian)
- 40-Rasmusson, D. C. 1987. An evaluation of ideotype. *Crop Sci*, 27:1140.

- 41-Razi, H. and Assad, M. T. (1998). Evaluating variability of important agronomic traits and drought tolerance criteria in sunflower cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 2(1), 31-42((In Persian)
- 42-Rudresha, D.L., Shivaprakasha, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Terichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer artienium* L.). *Applied Soil Ecology* 28: 139-146.
- 43 -Sabannavar, S.J., and H.C. Lakshman.2008. Interactions between Azotobacter, Pseudomonas and arbuscularmycorrhizal fungi on two varieties of(*Sesamum indicum* L.). *Journal Agronomy and Crop Science* 194:470-478.
- 44-Sajadi Nik, R., Yadavi, E., and Balochi, H. Effect of nitrogen, vermincompost and nitroxin biofertilizer on yield and yield components of sesame. *Proceeding of 11<sup>th</sup> Congress of Agronomy and Plant Breeding*, Iran, Shahid Beheshti University, 2010, p. 1366-1369. (In Persian)
- 45-Sendur, K. S., Natarajan, S. and Thamburaj, S., 1998, Effect of organics and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of tomato. *South Indian Hortic.*, 46 (3-4) :203-205.
- 46-Sharifi, Z., and Haghnia, G. Effect of nitroxin biofertilizer on yield and yield components of wheat (*Sabalan* cultivar). In *Second National Conference Ecological Agriculture of Iran*, Iran, 2009. P.137-140. (In Persian)
- 47-Sinclair, T. R. , J. R. Farias, N. Neumaier, and A. L. Nepomuceno. 2003. Modelling nitrogen accumulation and use by soybean. *Field Crops Res*, 81: 149-158.
- 48 -Sinclair, T. R., and R. C. Muchow. 1999. Radiation use efficiency. *Adv. Agron*, 65: 215-265.
- 49-Tantawy, M.M., Ouda, S.A., Khalil, F.A., 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. *J. Appl. Sci. Res.* 3,7–12.
- 50-Vafabakhsh. G., Nassiri Mahalati, M., and Kochaki, A. 1999. Effects of drought stress on yield and radiation use efficiency of winter canola. *Iranian Agronomy Field Crop Researches*. 6(1):193-204. (In Persian)
- 51-Wright, P.R., J.M. Morgan, R.S. Jessop, and A. Gass. 1995. Comparative adaptation of Canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. *Field Crops Res*. 42: 1-13.
- 52-Williams, J.H., Boote, K.J., 1995. Physiology and modelling predicting the unpredictable legume. In: Pattee, H.E., Stalker, H.T. (Eds.), *Advances in Peanut Science*. Am. Peanut Res. Educ. Soc., Stillwater, OK.

53-Youssef,A.A., A.E. Edris, and A.M.Gomaa. 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 Agricultural Science* 49: 299-311.

54- Zahir, A.Z., M. Arshad, and W. F. Frankenberger.2004. "Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture" *Adv. Journal of Agronomy*,2550,01:11-150

### **Abstract**

Effect of chemical and biological fertilizers and irrigation regimes on radiation use efficiency of  
sesame

In order to evaluate the effect of chemical and biological fertilizers on radiation use efficiency (RUE) of sesame a field experiment was performed using a split plot experiment based on completely randomized design with three replications at Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season of 2013. Main plots were three levels of irrigation (%100, %75 and %50 of sesame water requirement) and sub plots were eight different biological and chemical fertilizers (nitrogen, phosphorus, nitrogen + phosphorus, nitroxin, biophosphore, nitroxin+biophosphore, biosulphur and control). Results showed that for all fertilizer and biofertilizer treatments reduction in of irrigation levels was the major factor in reduction of leaf area index (LAI), dry matter (DM) and RUE. Application of N+P fertilizer in 100% and 75% sesame water requirement led to maximum RUE(2.66 and 2.32 gr/Mj, respectively). Among biofertilizer treatments in 100% sesame water requirement application of the nitroxin+biophosphore led to maximum sesame LAI(3.32), DM(1254gr/m<sup>2</sup>) and RUE(2.43gr/Mj). Reduction of irrigation levels was the major factor in reducing RUE due to a decrease in LAI in drought stress treatments. Use of different chemical and biological fertilizers compared with control increased RUE. Under stress free conditions (100 percent of sesame irrigation requirement), chemical fertilizer exhibited more RUE than biofertilizers(2.66, 2.46 and 2.39 for nitrogen+phosphore, nitrogen and phosphore fertilizers and 2.43, 2.4 and 2.38 for nitroxin+biophosphore, nitroxin and biophosphore, respectively). In general, biofertilizers particularly nitroxin inoculation, improved growth characteristics and radiation interception & use efficiency of sesame, under 50% water requirement supply, the same as chemical fertilizer.

Keywords: Leaf area index, Dry matter, Drought stress, Nitroxin, Biophosphore, Biosulphore

عنوان مقاله: تاثیر کودهای مختلف شیمیایی و بیولوژیکی و رژیم های آبی بر کارآیی مصرف نور کنبجد

نویسندگان:

1-علیرضا کوچکی، درجه علمی: استاد، آدرس: مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تلفن: 38795620 پست الکترونیکی: [akooch@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:akooch@ferdowsi.um.ac.ir)

2-مهدی نصیری محلاتی، درجه علمی: استاد، آدرس: مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تلفن: 38795620 پست الکترونیکی: [mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:mnassiri@ferdowsi.um.ac.ir)

3-محسن جهان، درجه علمی: دانشیار، آدرس: مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تلفن: 38795620 پست الکترونیکی: [jahan@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:jahan@ferdowsi.um.ac.ir)

4-نویسنده مسئول: پیمان رضایی، دانشجوی دکتری بوم شناسی، آدرس: مشهد بلوار خیام، بلوار ارشاد، ارشاد 9، مجتمع مسکونی خیام

بلوک 17 واحد 6 منزل اخترمنش-پیمان رضایی تلفن: 09151002831 و 37610697 پست

الکترونیکی: [Reza\\_0012003@yahoo.com](mailto:Reza_0012003@yahoo.com)

Article title: Effect of chemical and biological fertilizers and irrigation regimes on radiation use efficiency of sesame

1-Alireza Kochaki, Professor, Address : Faculty of agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Iran.

2-Mahdi Nassiri Mahalati, Professor, Address : Faculty of agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Iran.

3-Mohsen Jahan, Associated Professor, Address : Faculty of agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Iran.

4-Peyman Rezaee, PhD student. Mashhad Kahayam Blv , Ershad Blv, Ershad 9, Khayam Residential Complex.