نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۰۴-۹۳

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 93-104

بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب در هر نوبت آبیاری بر خصوصیات رویشی و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.)

سرور خرم دل[1*]، پرویز رضوانی مقدم[2]، افسانه امین غفوری[3] و جواد شباهنگ[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب بر برخی خصوصیات رویشی و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه کود بیولوژیک (نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر) و شاهد به‌عنوان فاکتور اول و سه حجم آب در هر نوبت آبیاری (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر ساده کود بیولوژیک و حجم آب بر ارتفاع بوته، فاصله اولین میانگره از سطح خاک، تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، عدد کلروفیل‌متر، درصد رطوبت نسبی برگ و عملکرد دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در نیتراژین و شاهد با ۲۰۴/۴ و شاهد با ۱۰۰/۰ کیلوگرم در مترمربع مشاهده شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در حجم آبیاری ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۲۰۲/۱ و ۱۷۰/۱ کیلوگرم در مترمربع حاصل شد. همچنین اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آب بر ارتفاع بوته و محتوی آب نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. تلقیح با کودهای بیولوژیک بدلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و همچنین تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرّک رشد گیاه باعث فراهمی رطوبت و افزایش دسترسی به عناصر غذایی گردید. افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر احتمالاً به دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین کنجد باعث کاهش خصوصیات رشدی این گیاه گردید. بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک، می‌تواند در بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد دانه این گیاه مقاوم و مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، گیاه دانه روغنی، نیاز آبی، نیتراژین

مقدمه

ایران به‌عنوان یکی از مناطق خشک (۶۵ درصد) تا نیمه خشک (۲۵ درصد) جهان محسوب می‌شود و تنش خشکی یکی از مهمترین مشکلاتی است که تولید محصولات زراعی را در بخش‌های زیادی از کشور تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر کمبود آب و تنش خشکی در کشور، روند افزایش جمعیت در طی سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش مصرف سرانهٔ روغن خوراکی سبب افزایش واردات روغن به کشور شده است. لذا انتخاب محصولات دانه روغنی و مقاوم برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت به سزایی برخوردار است.

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی گرما دوست و سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیا است که طی دورهٔ رشد نیاز به هوای آفتابی و صاف دارد. این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین بوده و ارزش غذایی بالایی دارد (Sadat Lajevardi, 1980). روغن این گیاه به دلیل وجود سزامین و سزامولین از قابلیت ماندگاری بسیار بالایی نسبت به اکسیداسیون برخوردار است، این مواد به علت خاصیت آنتی اکسیدانی قوی از فساد روغن کنجد جلوگیری می‌کنند (Change & Huang, 2002). نتایج برخی از تحقیقات (Gerendas & Pieper, 2001) حاکی از آن است که کنجد گیاهی حساس به خشکی می‌باشد. با این وجود برخی از منابع (Hassanzadeh et al., 2009) نیز کنجد را به‌عنوان گیاهی نسبتاً متحمل به خشکی معرفی کرده‌اند.

عملکرد گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند آب، خاک، هوا قرار می‌گیرد (Fageria, 1992) و در این میان، نتایج برخی بررسی‌ها

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، استاد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)

Jones & Corlett, 1992; Basra & Basra, 1997; Kafi et al., 1999; Munns, 2002) نشان داده است که کمبود آب مهمترین فاکتور محدودکننده رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. تنش رطوبتی اثرات متعدّدی بر متابولیسم، مورفولوژی و فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد (Fageria, 1992). با افزایش تنش خشکی فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد و نتایج نشان داده است که این محدودیت عمدتاً بدلیل بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد (Basra & Basra, 1997). واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان نسبت به کمبود آب، بسته به شدت و طول دوره تنش متغیر می‌باشد. علاوه بر این، مرحله رشد گیاه که با تنش خشکی مواجهه می‌شود نیز در میزان تأثیر تنش بر رشد و نمو گیاه حائز اهمیت است (Kafi et al., 1999; Fathi, 1999; Fageria, 1992).

با این‌وجود، در تولید گیاهان، علاوه بر شرایط آب و هوایی، فاکتورهای خاکی به ویژه عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند؛ لذا مدیریت صحیح چرخه عناصر غذایی در یک سیستم کشاورزی، جهت افزایش عملکرد و پایداری تولید اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به حفظ محیط زیست، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی کمک نموده، ضمن این‌که با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها کاهش و کارایی نهاده‌ها افزایش می‌یابد. بروسارد و فررا-سناتو (Brussard & Ferrera-Cenato, 1997)، اظهار داشتند که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب، منجر به افزایش تعادل نیتروژنی و کارآیی جذب فسفر شد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که استفاده کودهای بیولوژیک مانند باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش عملکرد و همچنین کاهش آلودگی منابع آبی بر اثر استفاده از کودهای نیتروژنه می‌شود (Hungria et al., 1997).

کودهای بیولوژیک منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی نیز از جمله مهمترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌گردند (Manaffee & Kloepper, 1994). از جمله فواید همزیستی با این باکتری‌ها می‌توان به تولید انواع هورمون‌های محرّک رشد گیاه (نظیر اکسین (Lambrecht et al., 2000)، جیبرلین (Bashan & Holguin, 1997) و سیتوکینین (Cacciari et al., 1989)، ترشح انواع مواد فعّال بیولوژیکی مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002)، توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و عناصر غذایی (Kravchenko et al., 1994)، تثبیت بیولوژیک نیتروژن (Ishizuka, 1992) و همچنین حذف عوامل بیماری‌زای خاکزی (Rudresha et al., 2005) اشاره کرد.

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه واکنش کودی کنجد بر مبنای مصرف انواع کودهای شیمیایی بوده است و گزارشی مبنی بر واکنش این گیاه نسبت به کودهای بیولوژیک در دسترس نیست. همچنین نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که کنجد در برابر مصرف کودهای شیمیایی واکنش چندانی نشان نمی‌دهد (Sadat Lajevardi, 1980)، لذا شناخت تأثیر کودهای بیولوژیک جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بررسی تأثیر این کودها در مقاومت به تنش خشکی و مطالعه عکس‌العمل این گیاه نسبت به حجم‌های مختلف آبیاری نیازمند مطالعه و تحقیق است. به همین منظور این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه روغنی کنجد انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه و بررسی عکس العمل کنجد توده تک شاخه اسفراین نسبت به حجم‌های مختلف آب در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه نوع کود بیولوژیک شامل نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر و شاهد به‌عنوان فاکتور اول و سه حجم مختلف آب در هر نوبت آبیاری شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. کودهای بیولوژیک در دو مرحله تلقیح بذر قبل از کاشت و به صورت سرک در مرحله گلدهی مصرف شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil before planting

بافت خاک Soil texture	میزان عناصر قابل دسترس (ppm) Available nutrient content (ppm)			هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
	N	P	K		
Silty loam	370.00	10.00	105.00	1.11	8.02

در مرحله اول، بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه کشت شدند. گلدان‌ها به میزان مساوی از مخلوط ۲/۳ خاک مزرعه و ۱/۳ ماسه بادی پُر شدند. به‌منظور جلوگیری از هدررفت و تغییر حجم آب، قبل از پُر نمودن گلدان‌ها با خاک، درون گلدان‌ها پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شد. در هر گلدان ۱۰ بذر کنجد (با رعایت فاصله مناسب) کاشته شد و پس از رسیدن گیاه به مرحله ۴-۳ برگی، تعداد بوته‌ها به سه بوته (با توجه به تراکم مطلوب ۴۰ بوته در متر مربع) کاهش یافت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا مرحله ۴-۳ برگی گیاه به فاصله هر سه روز یکبار انجام شد. بعد از رسیدن بوته‌ها به این مرحله، اعمال تیمار آبیاری به فاصله پنج روز یکبار در طول دوره ۱۵۰ روزه رشد گیاه انجام شد. کودهای بیولوژیک همچنین به صورت سرک و مخلوط با آب آبیاری در مرحله ۷-۶ برگی کنجد مصرف شدند.

جهت تعیین عدد کلروفیل‌متر، در پایان دوره رشد، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD Minolta-502، عدد کلروفیل متر از قسمت وسط جوانترین برگ توسعه یافته کنجد قرائت و ثبت شد.

در پایان فصل رشد صفات رویشی کنجد شامل ارتفاع بوته، فاصله اولین میانگره از سطح خاک، تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و طول و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. محتوی رطوبت نسبی برگ (RWC)[1] با استفاده از روش وترلی (Weatherley, 1950) و معادله (۱) محاسبه شد:

$$RWC=\frac{Wf-Wd}{Wt-Wd} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، Wf: وزن تر برگ (g)، Wd: وزن خشک برگ (g) و Wt: وزن آماس برگ (g) می‌باشد.

به منظور بررسی تأثیر حجم آب در هر نوبت آبیاری و کود بیولوژیک بر رشد ریشه، طول ریشه‌های هر بوته پس از شستشو با استفاده از روش تنانت (Tennant, 1975) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک نیز ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

برای تجزیه آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و Excel (Sabouri Rad et al., 2012) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

اثر کودهای بیولوژیک بر ارتفاع بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در نیتراژین با ۵۲ سانتیمتر و شاهد با ۲۷ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱- الف). چنین به‌نظر می‌رسد که افزایش توانایی فتوسنتزی گیاه در پاسخ به تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث بهبود فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش ارتفاع کنجد شده است. میگاهد و همکاران (Migahed et al., 2004) با بررسی اثر تلقیح *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum* L.) و *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum lipoferum* L.) روی کرفس (*Apium graveolens* L.) به این نتیجه رسیدند که کودهای بیولوژیک باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه نظیر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و چتر گیاه در مقایسه با شاهد شد.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب روند کاهشی در ارتفاع بوته مشاهده شد، بطوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در حجم آبیاری ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۴۶ و ۳۲ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۱- ب). به‌طور کلی، اگرچه در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری، از طریق افزایش میانگره و تعداد گره، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Gardner et al., 1985)، اما چنین به‌نظر می‌رسد که با توجه به خشکی پسندبودن کنجد (Hassanzadeh et al., 2009)، در تیمار ۱۰۰ میلی لیتر بدلیل تأمین حجم مناسب رطوبت برای گیاه و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای رشد رویشی، ارتفاع بوته و به تبع آن سطح فتوسنتزکننده گیاه افزایش یافته است.

اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آبیاری بر ارتفاع بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بیشترین ارتفاع بوته کنجد در نیتراژین و حجم آبیاری ۱۰۰ میلی‌لیتر (۶۲ سانتی‌متر) و کمترین آن در شاهد و حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر (۲۴ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۱).

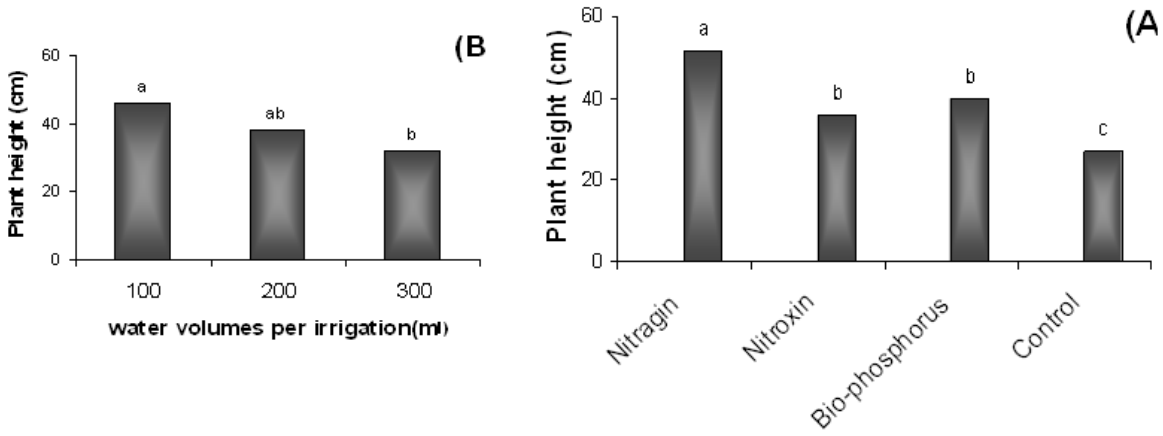
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر فاصله اولین میانگره از سطح خاک داشتند، بطوریکه بیشترین و کمترین فاصله میانگره به ترتیب در نیتراژین (۱۰/۰ سانتی‌متر) و شاهد (۳/۱ سانتی - متر) مشاهده شد (شکل ۲- الف). با توجه به ضرورت وجود نیتروژن برای بهبود رشد رویشی گیاه، چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با این کودها به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن باعث بهبود شرایط برای رشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش فاصله اولین میانگره از سطح خاک شده است. تعداد زیادی از محققین (Kravchenko et al., 1994; Kader, 2002; Migahed et al., 2004; Khorramdel et al., 2008) نیز بهبود رشد گیاهان مختلف را در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن گزارش کرده‌اند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر فاصله اولین میانگره از سطح خاک معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. هر چند که بین حجم آبیاری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی افزایش فاصله آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر باعث کاهش درصدی ۳۶ ارتفاع

1- Relative Water Content

اولین میانگره از سطح خاک شد (شکل ۲- ب). چنین بنظر می‌رسد که افزایش حجم آب در هر نوبت آبیاری به دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین کنجد، سبب کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه گردیده و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی و محدودیت عرضه این مواد، کاهش رشد و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه را به دنبال داشته که آن هم در نهایت باعث کاهش ارتفاع اولین میانگره از سطح خاک شده است.

کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر تعداد برگ در بوته کنجد داشتند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در نیتراژین (۲۵/۱۷ برگ در بوته) و کمترین تعداد آن در شاهد (۵/۶۸ برگ در بوته) بدست آمد (شکل ۳- الف). همان‌گونه که بیان شد، به‌نظر می‌رسد که تلقیح با این کودها به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که عاملی مؤثر در تحریک رشد و فتوسنتز گیاهان می‌باشد، باعث بهبود شرایط برای رشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش فاصله تعداد برگ در بوته کنجد شده است. نتایج تعدادی از مطالعات (Ishizuka, 1992; Kravchenko et al., 1994; Kader, 2002; Migahed et al., 2004) نیز بهبود رشد گیاهان مختلف را در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش فراهمی و بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تائید کرده است.



شکل ۱- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته کنجد

Fig. 1- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on sesame height

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

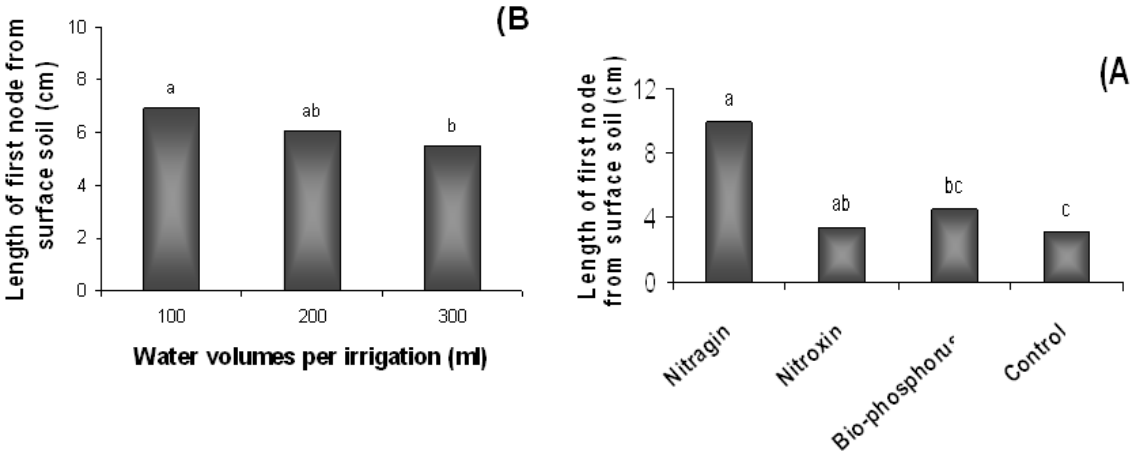
جدول ۱- اثر متقابل تلقیح با کود بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته و محتوی آب نسبی برگ کنجد

Table 2-(A) Interaction effect between inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on sesame height and leaf relative water content

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	محتوی آب نسبی برگ (درصد)
کود بیولوژیک Biofertilizer	حجم آب در هر نوبت آبیاری (میلی‌لیتر) Water volume per irrigation (ml)	Height (cm)	Leaf relative water content (%)
Nitragin	100	62 a*	33.13 ef
	200	53 b	57.07 ab
	300	41 c	48.77 bc
Nitroxin	100	39 cde	53.81 ab
	200	34 cdef	41.73 cde
	300	34 cdef	28.41 f
Bio-phosphorus	100	51 b	45.19 ed
	200	39 cd	44.59 cd
	300	29 efg	60.22 a
Control	100	31 defg	27.81 f
	200	26 Fg	39.23 de
	300	24 g	34.02 f

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

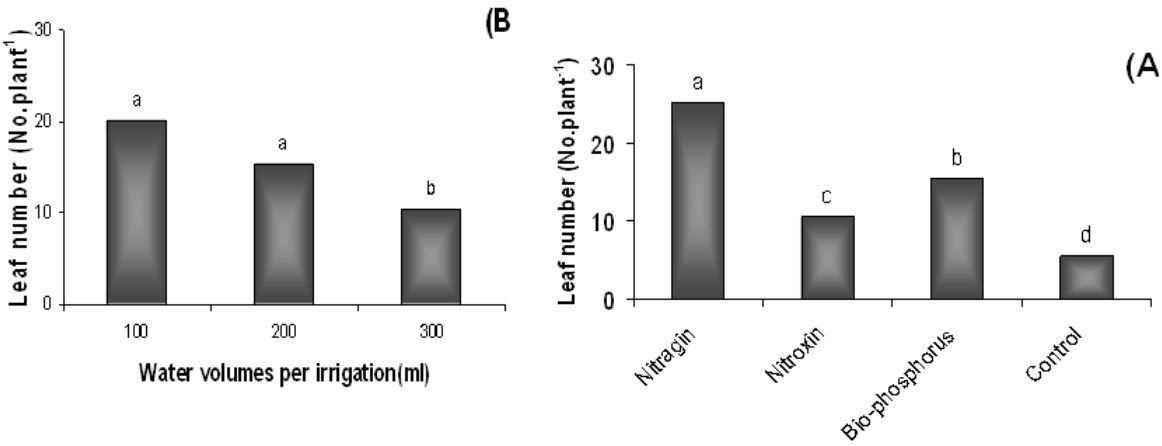


شکل ۲- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر فاصله اولین میانگره کنجد از سطح خاک

Fig. 2- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on length of the first node from surface soil for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۳- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر تعداد برگ کنجد

Fig. 3- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on number of leaves for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر تعداد برگ در بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر روندی کاهشی در تعداد برگ مشاهده شد، به‌طوریکه تعداد برگ از ۲۰/۰ به ۱۰/۴ برگ در بوته کاهش یافت (شکل ۳- ب). همانگونه که قبلاً بیان شد، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً در حجم آبیاری ۱۰۰ میلی‌لیتر شرایط برای رشد رویشی کنجد مطلوب‌تر شده و با توجه به افزایش ارتفاع گیاه در این حجم آب (شکل ۳- ب) و متعاقب آن بهبود سطح فتوسنتزکننده گیاه که تأییدکننده این مطلب، اعمال این میزان آبیاری در نهایت منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه تولید بیشترین تعداد برگ در بوته شده است.

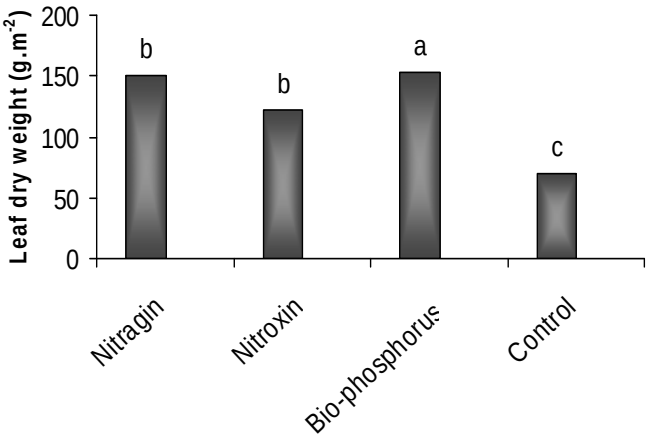
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک برگ کنجد داشتند. بیشترین وزن خشک برگ کنجد در تیمار نیتراژین با ۱۴۹/۹۵ گرم در متر مربع و کمترین میزان آن در شاهد با ۷۰/۱۲ گرم در متر مربع بدست آمد (شکل ۴). افزایش وزن خشک برگ کنجد در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک می‌تواند به‌دلیل بهبود شرایط رشدی برای توانایی این میکروارگانیسم‌های خاکزی در تولید

هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (مانند جیبرلین (Bashan &Holguin, 1997)، سیتوکینین (Cacciari et al., 1989) و اکسین (Lambrecht et al., 2000)) و ترشح انواع مواد بیولوژیکی فعّال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002) و همچنین حذف عوامل بیماری‌زای خاکزی (Rudresha et al., 2005) باشد. همچنین همانگونه که قبلاً نیز بیان شد، تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث افزایش تعداد برگ (شکل ۳ – الف) گردید که به تبع آن وزن خشک برگ نیز افزایش یافت. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) نیز بهبود شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک نیتروژن (*Azotobacter paspali* و *Azospirrillium brasilense*) و فسفر (*Glomus intraradices*) گزارش کردند.

اثر کودهای بیولوژیک بر وزن خشک ساقه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ساقه در نیتراژین (۲۰۴/۰ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در شاهد (۱۳۱/۸ گرم در متر مربع) به‌دست آمد (شکل ۵– الف). چنین به نظر می‌رسد که گیاهان تلقیح شده با کودهای بیولوژیک میزان عناصر بیشتری را از خاک جذب کرده و جذب این عناصر باعث بهبود فتوسنتز، تولید ماده خشک و در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) نیز افزایش تجمع ماده خشک سیاهدانه را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک گزارش کردند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ساقه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب روند کاهشی در وزن خشک ساقه مشاهده شد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه به ترتیب در حجم ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر آبیاری با ۱۹۹/۹ و ۱۶۵/۱ گرم در متر مربع حاصل شد (شکل ۵– ب). همانگونه که بیان شد کاهش حجم آب از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر، احتمالاً به‌دلیل نیاز آبی نسبتاً کم کنجد (Hassanzadeh et al., 2009) باعث بهبود شرایط برای رشد گیاه و افزایش تولید مواد فتوسنتزی شد که در نتیجه بهبود ارتفاع (شکل ۱– ب)، تعداد برگ (شکل ۲– ب) و وزن خشک ساقه را به دنبال داشته است.

کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) را بر طول مخصوص ریشه کنجد داشت. بیشترین طول مخصوص ریشه در بیوفسفر با ۶۹/۵ سانتی‌متر و کمترین میزان آن در شاهد با ۲۳/۸ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۶– الف). بررسی‌های انجام شده (Ma et al., 2001) نشان داده است که فسفر عنصری مؤثر در بهبود رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه می‌باشد. لذا با توجه به این موضوع که بیوفسفر باعث افزایش فراهمی فسفر محلول برای کنجد شده است، افزایش طول ریشه کنجد در شرایط مصرف این کود بیولوژیک منطقی به‌نظر می‌رسد. اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر طول مخصوص ریشه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر منجر به کاهش ۳۷ درصدی طول مخصوص ریشه کنجد شد (شکل ۶– ب). از آنجاکه کمبود آب باعث تحریک رشد ریشه گیاهان می‌شود (Bates & Lynch, 2000)، روند افزایش طول ریشه کنجد با کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر منطقی به‌نظر می‌رسد.

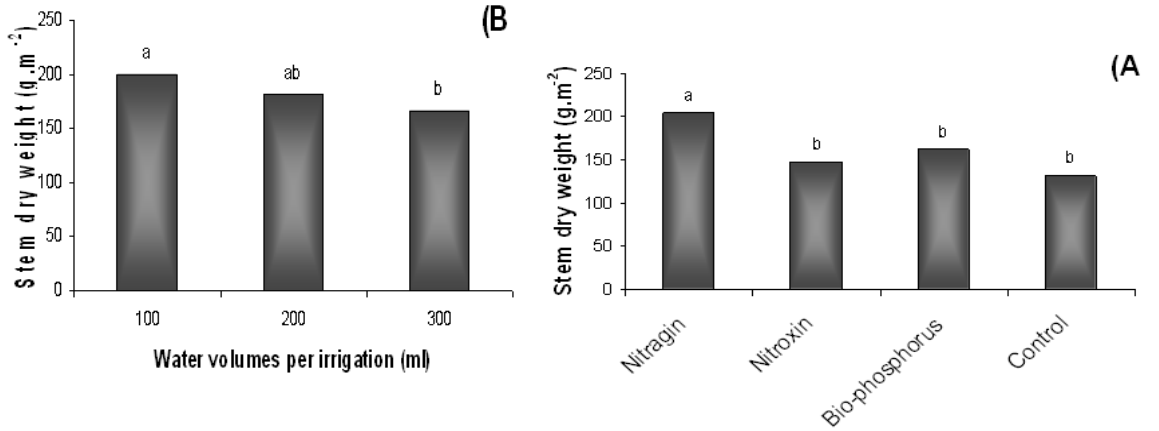


شکل ٤- اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر وزن خشک برگ کنجد

Fig. 4- The effect of inoculation with biofertilizers on leaf dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

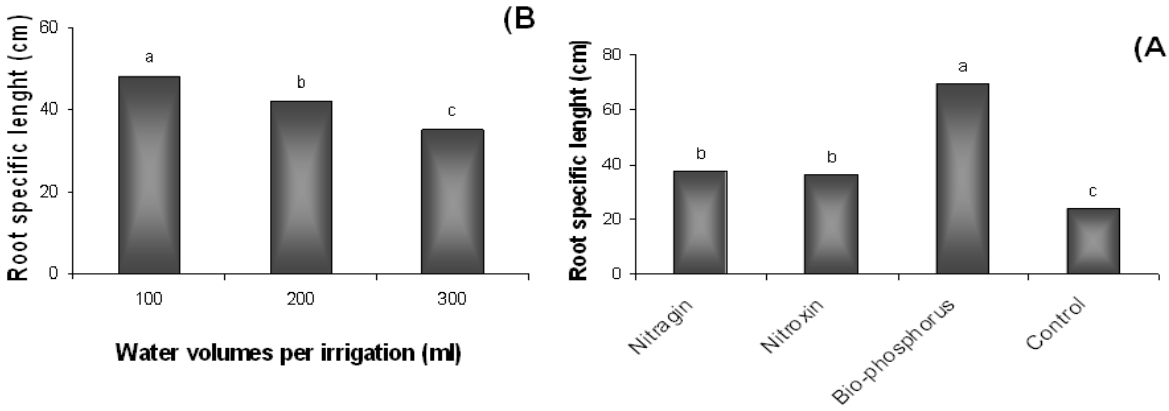


شکل ۵- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ساقه کنجد

Fig. 5- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on stem dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ٦- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر طول مخصوص ریشه کنجد

Fig. 6- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on root specific for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

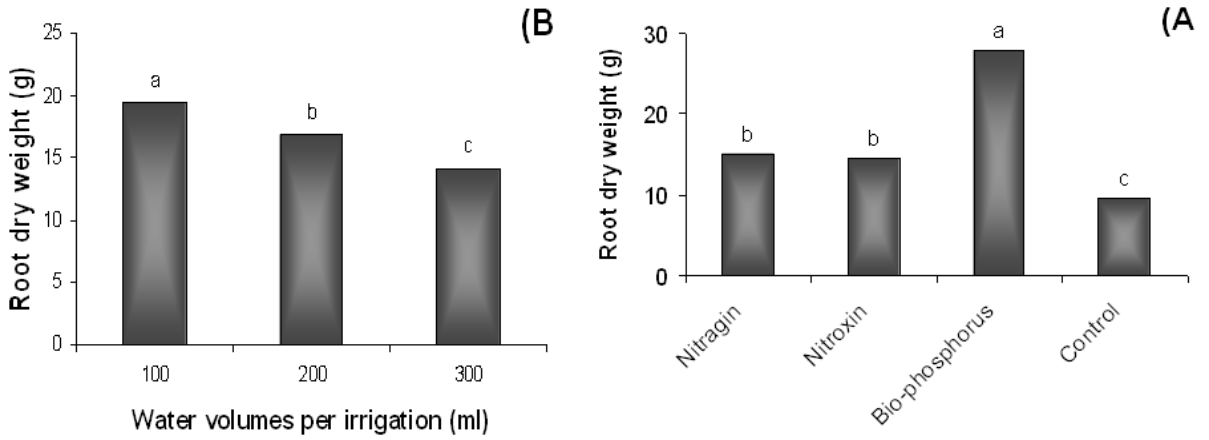
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) را بر وزن خشک ریشه کنجد داشتند، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ترتیب در بیوفسفر (۲۸/۰ گرم) و شاهد (۹/۶ گرم) مشاهده شد (شکل ۷- الف). همان‌گونه که بیان شد، بیوفسفر با افزایش فراهمی فسفر در خاک باعث بهبود طول مخصوص ریشه کنجد شد (۶- الف) که به تبع آن وزن خشک ریشه افزایش یافته است.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ریشه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب در هر نوبت آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر، کاهش ۳۷ درصدی در وزن ریشه کنجد مشاهده شد (شکل ۷- ب). همان‌گونه که قبلاً بیان شد، کاهش فراهمی آب احتمالاً بدلیل تحریک رشد ریشه و بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه برای جذب آب افزایش طول مخصوص ریشه را به‌دنبال داشت (شکل ۶- ب) که این امر در نتیجه باعث افزایش وزن خشک ریشه کنجد شده است.

اعمال تیمارهای مختلف کود بیولوژیک روی عدد کلروفیل متر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود، به‌طوری‌که تیمار نیتراژین بیشترین (۳۶/۴) و شاهد (۳۰/۴) کمترین اثر را بر عدد کلروفیل متر داشتند (شکل ۸- الف). از آنجا که میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه با غلظت کلروفیل موجود در برگ‌ها دارای ارتباط مستقیم است، در نتیجه می‌توان با اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، وضعیت گیاه را از نظر میزان نیتروژن مورد ارزیابی قرار داد. برخی از محققین (Madakadze et al., 1999; Gerendas & Pieper, 2001) نیز استفاده از قرائت

کلروفیل‌متر را برای ارزیابی میزان نیتروژن برگ و تعیین وضعیت گیاه توصیه کرده‌اند. با توجه به اینکه نیتراژین در مقایسه با دو کود بیولوژیک دیگر حاوی میزان نیتروژن بیشتری می‌باشد، چنین بنظر می‌رسد که تلقیح با این کود باعث افزایش بیشتر محتوی نیتروژن برگ و در نتیجه بهبود عدد کلروفیل متر در مقایسه با سایر کودهای بیولوژیک شده است. نتایج مطالعات پانور (Panwer, 1991) افزایش غلظت کلروفیل در گندم (*Triticum aestivum* L.) تلقیح شده با میکوریزا و *آزوسپیریلوم* و نتایج بررسی‌های حاجی بلند و همکاران (Haji Bolandi et al., 2004) افزایش غلظت کلروفیل گندم را در شرایط تلقیح با *ازتوباکتر* نشان داده است. همچنین نتایج برخی بررسی‌ها تأیید نموده است که تلقیح با باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، محتوای نیتروژن قابل استفاده برای گیاه در خاک را افزایش می‌دهد (Kennedy et al., 2004).

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عدد کلروفیل‌متر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی لیتر عدد کلروفیل متر ۱۴ درصد افزایش یافت (شکل ۸-ب).

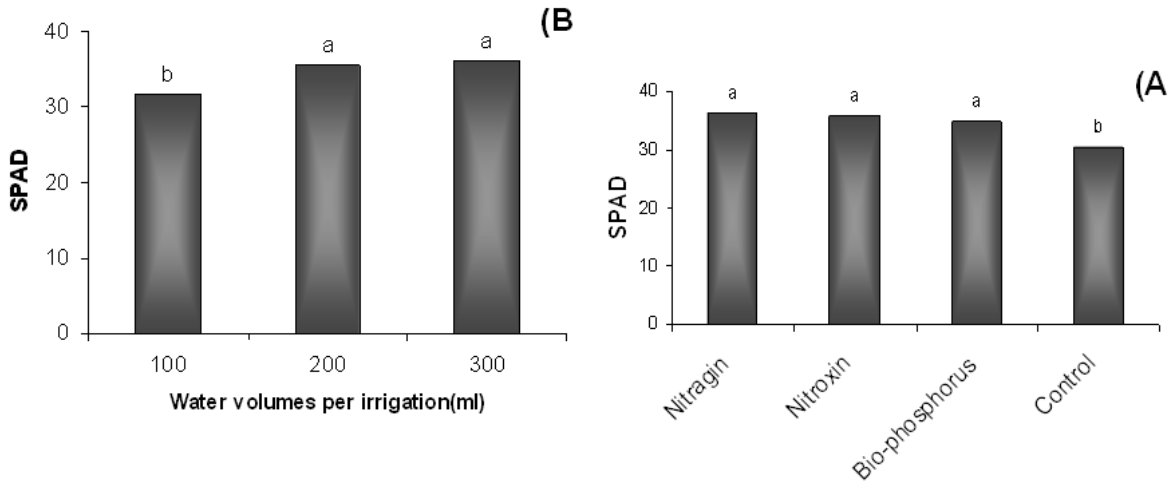


شکل ۷- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ریشه کنجد

Fig. 7- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on root dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۸- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عدد کلروفیل متر کنجد

Fig. 8- The effects of (A) inoculation with biofertilizers (nitragin, nitroxin, bio-phosphorus and control) and (B) water volume per irrigation (100, 200 and 300 ml) on SPAD reading for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

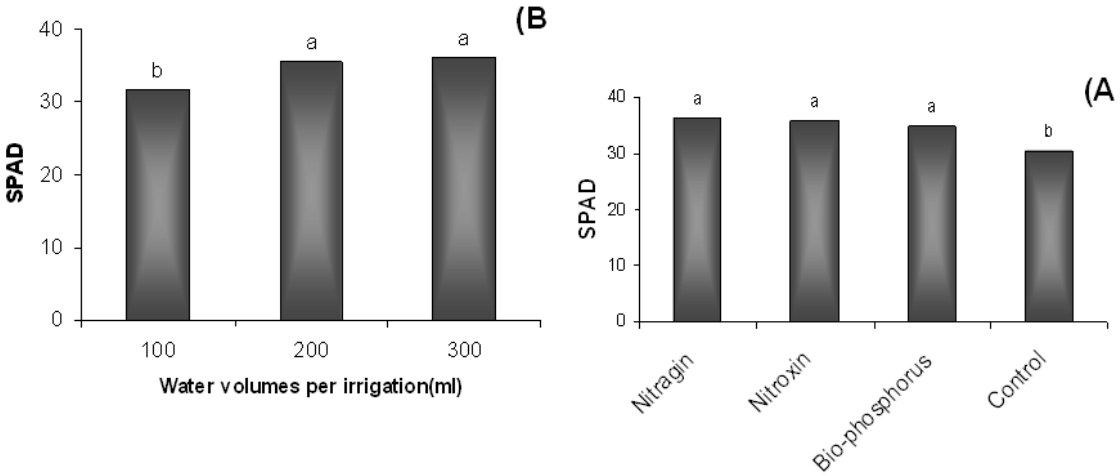
از آن‌جا که جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه تحت تأثیر فرآیند انتشار توده‌ای و حضور آب انجام می‌شود (Gardner et al., 1985)، لذا چنین بنظر می‌رسد که کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری باعث کاهش میزان ورود این عنصر به گیاه و کاهش میزان نیتروژن برگ شد و به تبع آن عدد کلروفیل متر کاهش یافته است. آنتولین و همکاران (Antolin et al., 1995) نیز کاهش میزان کلروفیل برگ یونجه (*Medicago sativa* L.) را در شرایط کاهش میزان آب گزارش نمودند.

تیمارهای مختلف کود بیولوژیک از نظر درصد رطوبت نسبی برگ تفاوت معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) نشان دادند. همانگونه که در شکل ۹- الف نشان داده شده است، بیوفسفر با ۴۶/۴۸ درصد بیشترین و شاهد با ۳۷/۲۱ درصد کمترین محتوای رطوبت نسبی برگ را به خود اختصاص دادند. چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با بیوفسفر احتمالاً بدلیل تأثیر مثبت فراهمی فسفر بر توسعه سیستم ریشه‌ای (شکل ۶- الف و ۷- الف) و به تبع آن افزایش فراهمی رطوبت باعث افزایش جذب رطوبت و به تبع آن بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ کنجد در مقایسه با سایر کودهای بیولوژیک شده است. نتایج برخی از بررسی‌های انجام شده (Malik et al., 2003; Grichar et al., 2001) نیز نشان داده است که فسفر نقش مؤثری را بر بهبود طول ریشه گیاهان اعمال می‌کند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر محتوی آب نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر روندی افزایشی در محتوی آب نسبی برگ (از ۳۴/۷۶ به ۴۷/۱۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۹- ب). با توجه به این موضوع که افزایش حجم آب در هر نوبت باعث افزایش رطوبت در دسترس گیاه شده است، روند افزایش محتوی رطوبت نسبی برگ کنجد با افزایش حجم آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر منطقی به‌نظر می‌رسد. بنابراین، می‌توان از محتوی رطوبت نسبی برگ برای تعیین وضعیت رشدی گیاهان و استفاده نمود. سینگ و سینگ (Singh & Singh, 1995) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) در شرایط مزرعه‌ای بیان داشتند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش درصد آب نسبی برگ شد.

اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آبیاری بر درصد رطوبت نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین درصد رطوبت برگ در بیوفسفرو حجم آبیاری ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۴۷/۱۵ درصد و کمترین آن در شاهد و حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ۳۴/۷۶ درصد حاصل شد (جدول ۱).

اثر کود بیولوژیک بر عملکرد دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در نیتراژین با ۲۰۴/۴ کیلوگرم در متر مربع و شاهد با ۱۰۰/۰ کیلوگرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۱۰-الف). استفاده از کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیّت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرّک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین، اسید پنتوتنیک و غیره) (Lambrecht et al., 2000) و نیز فراهمی عناصر غذایی همچنین نیتروژن و فسفر سبب بهبود رشد، فتوسنتز و کلیه خصوصیات رشدی کنجد شده که در نهایت عملکرد دانه را افزایش داده است.

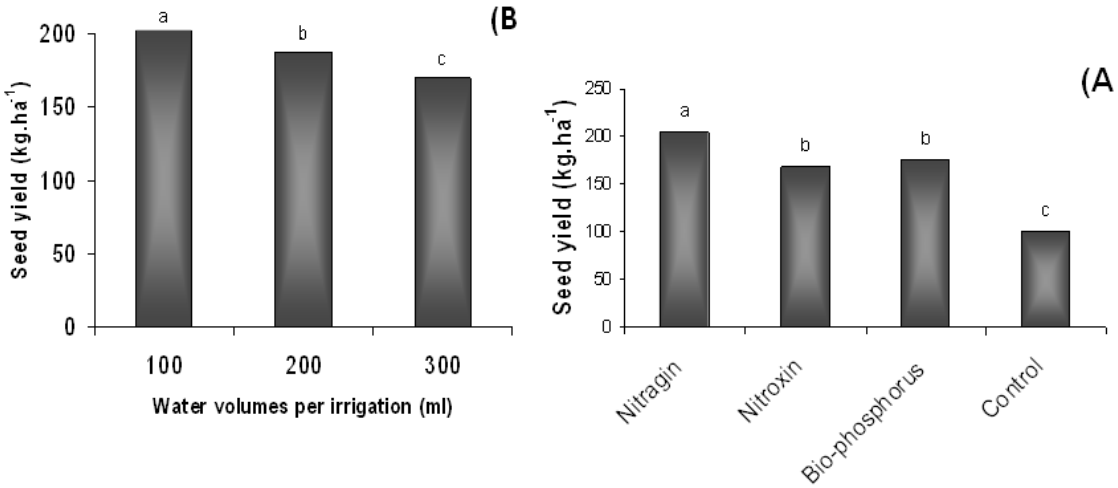


شکل ۹- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر محتوی آب نسبی برگ کنجد

Fig. 9- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on relative water content for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۱۰- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عملکرد دانه کنجد

Fig. 10- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on grain yield for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

حجم آب در هر نوبت آبیاری اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد دانه کنجد داشت. با افزایش حجم آب روند کاهشی در عملکرد دانه مشاهده شد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در حجم آب ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۲۰۲/۱ و ۱۷۰/۱ کیلوگرم در متر مربع حاصل شد (شکل ۱۰- ب). همان‌گونه که بیان شد کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری، از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر، احتمالاً به‌دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین گیاه خشکی دوست کنجد (Hassanzadeh et al., 2009) باعث مناسب‌تر شدن شرایط برای رشد و تولید گیاه شد، به‌طوریکه با کاهش حجم آب رشد و فتوسنتز گیاه افزایش یافت که این امر در نهایت بهبود عملکرد دانه کنجد را موجب شده است.

دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد. کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری احتمالاً به دلیل نیاز آبی پایین کنجد باعث بهبود شرایط رشدی آن شد. همچنین تلقیح با کودهای بیولوژیک به‌دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای از یک‌طرف باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و از طرف دیگر، منجر به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرّک رشد گیاه شد و در نتیجه بهبود رشد و عملکرد آن را در پی داشت. بنابراین، چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک، می‌تواند در بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد کنجد مفید و مؤثر واقع گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تطبیق حجم آب آبیاری با نیاز آبی گیاه، برای

منابع

1- Antolin, M.C., Yoller, J., and Sanchez– Diaz, M. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixing alfalfa plants. Plant Science 107: 159-165.
2- Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121.
3- Basra, A.S., and Basra, R.K. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. CRC Press 407 pp.
4- Bates, T.R., and Lynch, J.P. 2000. Plant growth and phosphorus accumulation of wild type and two root hair mutants of *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). American Journal of Botany 87: 958-963.
5- Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, USA. 168 pp.
6- 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.
7- Change, L., and Huang, W. 2002. Antioxidan activity of sesame coat. Food Chemistry 78: 347-354.

8- Fageria, N.K. 1992. Maximizing Crop Yield. Technology and Engineering, CRC Press 274 pp.
9- Fathi, G. 1999. Growth and Nutrient of Crops. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 369 pp. (In Persian)
10- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 1985. Iowa State University Press 327 pp.
11- Gerendas, J., and Pieper, I. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiol nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. Developments in Plant and Soil Sciences 92: 716-717.
12- Grichar, W.J., Sestak, D.C., Brewer, K.D., Besler, B.A., Stichler, C.R., and Smith, D.T. 2001. Sesame (*Sesamum indicum* L.) tolerance and weed control with soil-applied herbicides. Crop Protection 20(5): 389-394.
13- Haji Bolandi, R., Asghar Zadeh, N., and Mehrfar, Z. 2004. Ecological study of *Azotobacter* and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat in two pastures of Azerbaijan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90.
14- Hassanzadeh, M.J., Asghari, A., Jamaati-e-Smarin, S., Saeidi, M., Zabihi-e-Mahmoodabad, R., and Hokmalipour, S. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan region. Research Journal of Environmental Sciences 3(1): 116-121.
15- Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriro e milho em monoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira 32: 807-818.
16- Ishizuka, J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. Plant and Soil 11: 197-209.
17- Jones, H.G., and Corlett, J.E. 1992. Current tropics in drought physiology. Journal of Agricultural Science, Cambridge 119: 291-296.
18- Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science 2: 259-261.
19- Kafi, M., Lahouti, M., Zand, E., Sharifi, H., and Goldani, M. 1999. Crop Physiology. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 732 pp. (In Persian)
20- Kennedy, I.R., Choundhury, A.T.M.A., and Kecskes, M.L. 2004. Mycorrizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. Agronomy Journal 86: 949-958.
21- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application Effects of nitrogen and phosphorous biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian whit English Summery)
22- Kravchenko, L.V., Leonova, E.I., and Tikhonovich, I.A. 1994. Effect of root exudates of non-legume plants on the response of auxin production by associated diazotrophs. Microbial Releases 2: 267-271.
23- 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.
24- Ma, Z., Walk, T.C., Marcus, A., and Lynch, J.P. 2001. Morphological synergism in root hair length, density, initiation and geometry for phosphorus acquisition in *Arabidopsis thaliana*: a modeling approach. Plant and Soil 236(2): 221-235.
25- Madakadze, I.C., Stewart, K.A., Madakadze, R.M., Peterson, P.R., Coulman, B.E., and Smith, D.L. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. Journal of Plant Nutrition 22(6): 1001-1010.
26- Malik, M.A., Saleem, M.F., Cheema, M.A., and Ahmed, S. 2003. Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology 5(4): 490-492.
27- Manaffee, W.F., and Kloepper, J.W. 1994. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: "Soil biota management in sustainable farming systems". Eds. by C.E. Paankburst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P.R. Grace. pp. 23-31. CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.
28- Migahed, H.A., Ahmed, A.E., and Abd El-Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolens* under calcareous soil. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences 12: 511-525.
29- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
30- Panwer, J.D.S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology 34: 357-361.
31- Rudresha, D.L., Shivaprakasha, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizating bacterium and *Terichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer artienium* L.). Applied Soil Ecology 28: 139-146.
32- Sabouri Rad, S., Kafi, M., Nezami, A., and Banayan Aval, M. 2012. Evaluation of germination behavior of kochia seed (*Kochia scoparia* L. Schard.), under different temperatures and salinity stress levels. Journal of Agroecology 4(4): 282-293.
33- Sadat Lajevardi, N. 1980. Oil Crops. Tehran University Publication, Tehran, Iran 217 pp. (In Persian)
34- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* L. Huds. Environmental and

Experimental Botany 52: 131–138.
35- Singh, B.R., and Singh, D.P. 1995. Agronomic and physiological responses of *sorghum*, *maize* and *pearl millet* to irrigation. Field Crops Research 42: 57-67.
36- Weatherley, P.E. 1950. Studies in water relation of cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist 49: 81-87.