نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 519-508

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 508-519

بررسی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر

زینب یوسف‌پور[1]، علیرضا یدوی[2*]، حمیدرضا بلوچی[3] و هوشنگ فرجی[3]

تاریخ دریافت:1392/02/17
تاریخ پذیرش:1392/08/09

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره و نیتروژنه بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) این آزمایش در مزرعه‌ای در ایوانغرب (استان ایلام) در سال زراعی 90-1389 به صورت اسپلیت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش عامل اصلی شامل چهار تیمار کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (صفر، 33، 66 و 100 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز) و عامل فرعی شامل فاکتوریل کاربرد کود زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در دو حالت (تلقیح و عدم تلقیح) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تلقیح بذور آفتابگردان با کود زیستی نیتروکسین سبب افزایش معنی‌دار 8/4 درصدی کلروفیل a در برگ آفتابگردان گردید. مصرف کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیک آفتابگردان داشت، به طوری‌که کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز نسبت به تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی، باعث افزایش 4/92 درصدی در ارتفاع ساقه آفتابگردان گردید. برهمکنش نیتروکسین و فسفات بارور 2 بـر GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی اثر کاهشی معنی‌داری داشت، به طوری‌که در عدم حضور نیتروکسین، با کاربرد فسفات بارور 2، میزان GDD مورد نیاز تا غنچه-دهی آفتابگردان 38 واحد کاهش یافت. تلقیح بذر با نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش 2/25 و 2/60 درصدی GDD مورد نیـاز برای پر شدن دانه آفتابگردان نسبت به عدم تلقیح شد. در نهایت، با توجه به نتایج حاصله می توان بیان نمود که تلقیح بـذور آفتـابگردان بـا کودهـای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در کنار مصرف کودهای شیمیایی از طریق بهبود صفات مختلف، افزایش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، غنچه‌دهی، فسفات بارور 2، نیتروکسین

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از چهار گیـاه دانـه روغنی مهم جهان است که در بسیاری از نقاط دنیا برای تولید روغن-های خوراکی کشت می‌شود. توقع این گیاه برای عناصـر خـاک بـالا می‌باشد، به طوری‌که وجود تعادل عناصر غـذایی بـرای بـه حـداکثر رسیدن عملکرد دانـه آن بسـیار ضـروری مـی‌باشـد (Khajepoor, 2007). در دهه‌های اخیر تولید محصولات کشاورزی عمدتاً متکی به مصرف نهاده‌های شیمیایی بوده که منجر به مشکلات عمده زیسـت محیطی شده است. هزینه رو به افـزایش تولیـد کودهـای شـیمیایی، آلودگی منابع آب و خاک ناشـی از مـواد شـیمیایی، کـاهش کیفیـت تولیدات کشاورزی و افزایش مقاومت آفات و بیماری‌ها به انواع سموم شیمیایی تنها بخشی از مشکلات زیست محیطی ناشی از کشـاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی هستند. یکی از راهکارهای رفع این مشکل، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بـوم‌نظـام‌هـای زراعی می‌باشد (Nasiri Mahallati et al., 2001). کشاورزی پایدار یک نظام تلفیقی مبتنی بر اصول اکولوژیک است. در ایـن نظـام بـه جای استفاده از نهاده‌های خارجی نظیر کودهای شیمیایی، از بقایـای گیاهی، کودهای دامی، کودهای آلـی و زیسـتی جهـت ذخیـره مـواد غذایی در خاک استفاده می‌شود (Rigby & Caceres, 2001).

اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزموجـودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه بـا تثبیـت

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: Yadavi@mail.yu.ac.ir)

نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Astaraei & Koochaki, 1996). از جمله مهمترین کودهای زیستی که امروزه در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند می‌توان به نیتروکسین (شامل باکتری‌های *Azotobacter* و *Azospirillum*) و فسفات بارور 2 (شامل باکتری‌های *Bacillus* و *Pseudomonas*) اشاره کرد. نتایج تحقیقات انجام گرفته در زمینه استفاده از کودهای زیستی بیانگر تأثیر مکانیسم‌های مختلف این میکروارگانیسم‌ها در بهبود رشد فیزیولوژیک و مورفولوژیک و عملکرد گیاهان می‌باشد (Darzi, 2007).

کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار داده و با تولید بیشتر مواد فتوسنتزی در افزایش تولید و افزایش اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر واقع شدند (Han et al., 2006). طبق گزارشات، تلقیح بذر با کودهای زیستی باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت شده است که دلیل این امر، افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود فتوسنتز و ساخت مواد در اثر افزایش سطح برگ عنوان شده است (Wu et al., 2005). در چغندرقند نیز کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش عملکرد ریشه و اندام‌های هوایی شده است (Cakmakci et al., 2006).

تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر و قابلیت باکتری‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفات از عوامل تأثیرگذاری این کودها بر رشد و فنولوژی آفتابگردان می‌باشد (Akbari et al., 2009). در بررسی اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزاینده‌ی رشد بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، سیستم تغذیه آلی از طریق غلظت مواد معدنی کمتر در مراحل اولیه رشد و وجود عناصر غذایی بیشتر در مراحل پایانی رشد، سبب بهبود کیفیت تغذیه گیاه و خشک شدن دیرتر دانه‌ها در طبق و طولانی شدن زمان رسیدگی آفتابگردان شده است (Akbari et al., 2009). در گندم نیز *Azotobacter* به طور اختصاصی روی جذب و انتقال عناصر تأثیر مثبت داشته و رشد و محتوای کلروفیل را افزایش داده است (Haji Boland et al., 2004). کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاه دارویی رازیانه شده‌اند (Darzi, 2007). گزارشات حاکی از آن است که با استفاده از کود زیستی فسفر بدون کاهش عملکرد دانه، میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفره از 250 کیلوگرم در هکتار به 125 کیلوگرم در هکتار رسیده و با مصرف این کود زیستی در بهار، می‌توان عملکرد دانه کلزا را از 4/99 تن در هکتار به 7/03 تن در هکتار (به میزان 40/8%) افزایش داد (Madani et al., 2010).

لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت آفتابگردان به عنوان یک گیاه روغنی مهم، این مطالعه با هدف ارزیابی بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و مراحل نموی آفتابگردان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای در ایوانغرب واقع در 25 کیلومتری ایلام، با مختصات جغرافیایی 33 درجه و 45 دقیقه عرض شمالی و 46 درجه و 35 دقیقه طول شرقی در سال زراعی 90-1389 به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. عامل اصلی شامل چهار تیمار کود شیمیایی فسفر و نیتروژن (0، 33، 66 و100 درصد کود شیمیایی فسفر و نیتروژن مورد نیاز) و عامل فرعی شامل فاکتوریل کاربرد کود زیستی نیتروکسین (تلقیح و عدم تلقیح) و کاربرد کود فسفات بارور 2 (تلقیح و عدم تلقیح) بود. کود شیمیایی مورد نیاز گیاه براساس نتایج آنالیز خاک (جدول 1)، نیتروژن به صورت کود اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای فسفاته به صورت سوپرفسفات تریپل به میزان 100 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کود زیستی نیتروکسین (یک لیتر در هکتار) که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل *Azotobacter* sp. و *Azospirillium* sp. می‌باشد و کود فسفات بارور 2 (100 گرم در هکتار) که شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس‌های مختلف *Pseudomonas* و *Bacillus* می‌باشد، به صورت بذرمال در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفتند. نحوه کاشت به صورت جوی و پشته بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج پشته به فاصله‌ی 60 سانتی‌متر و طول شش متر و فاصله بوته‌ها در ردیف نیز 20 سانتی‌متر بود. فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی دو پشته (120 سانتی‌متر) و فاصله بین کرت‌های فرعی 60 سانتی‌متر بود. فاصله بین تکرارها نیز سه متر در نظر گرفته شد.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical analysis results of testing soil

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dsm-1)	ماده آلی OC (%)	نیتروژن کل (%) Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available A (ppm)	رس (%) Clay (%)	سیلت (%) Silt (%)	شن (%) Sand (%)	بافت خاک Tissue soil
0-30	7.63	1.07	1.81	0.18	10.5	550	26	49	25	لومی Loam

تاریخ کاشت نیز 25 خردادماه و رقم به کار رفته، رقم یوروفلور بود. عملیات داشت شامل آبیاری و کنترل علف‌های هرز (به صورت دستی و به دفعات مورد نیاز) در زمان‌های مورد نیاز صورت گرفت. در مرحله گلدهی، کلروفیل، کاروتنوئید (Arnon, 1949) و قندهای محلول (Irigoyen et al., 1992) برگ اندازه‌گیری شد. همچنین در طول دوره رشد گیاه، مراحل فنولوژیک براساس مشاهده رسیدن 50 درصد بوته‌ها به آن مرحله در نظر گرفته شد (Schneiter & Miller, 1981). سپس تعداد روز به درجه واحد گرمایی (GDD) تبدیل گشت و با استفاده از معادله 1، میزان GDD برای هر روز تعیین شد.

$$GDD= \sum((T_{min}+T_{max})/2) - T_b \quad \text{معادله (1)}$$

T_{min}: درجه حرارت حداقل با حد پایین 6 درجه سانتی‌گراد، T_{max}: درجه حرارت حداکثر با حد بالایی 30 درجه سانتی‌گراد و T_b: درجه حرارت پایه آفتابگردان (شش درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (Khajepoor, 2007).

در مرحله برداشت نهایی عملکرد دانه از سه متر مربع در هر کرت فرعی و صفات مورفولوژیک ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته از ده بوته در هر کرت فرعی اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت. مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها بر اساس آزمون دانکن و مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها از طریق برش‌دهی اثر کودهای زیستی در هر سطح کود شیمیایی و به روشL.S.Means در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل a برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلروفیل a به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی نیتروکسین قرار گرفت، ولی کود فسفات بارور 2 و هیچ یک از برهمکنش بین تیمارها بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی بر این صفت نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (1/37 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار مصرف 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز و کمترین میزان آن (1/13 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود. مقادیر کاربرد 100، 66 و 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، به ترتیب باعث افزایش 21/23، 10/61 و 7/96 درصدی در میزان کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف) کود شیمیایی شدند (جدول 6). کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر مصرفی باعث می‌شود که میزان نیتروژن در دسترس گیاه افزایش یابد، پس جذب و انتقال آن به برگ‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه سنتز کلروفیل بیشتر می‌شود. طبق گزارش، در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، کلروزیس به وجود می‌آید که باعث کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ‌ها می‌شود. به همین دلیل گزارش شده که کمترین شاخص مقدار کلروفیل برگ ذرت (*Zea mays* L.) در کل مراحل رشد در تیمار عدم کاربرد کود به دست آمده است (Majidian et al, 2008).

تلقیح بذر با نیتروکسین، نیز سبب افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل a آفتابگردان گردید، به طوری‌که با تلقیح نیتروکسین، 8/40 درصد در کلروفیل a افزایش ایجاد شده است (جدول 6) که این نتیجه با توجه به اثر مثبت این کود در افزایش جذب عناصر ریزمغذی و همچنین تحریک تولید هورمون‌های رشدی گیاه دور از انتظار نبود.*Azotobacter* به طور اختصاصی روی جذب و انتقال عناصر تأثیر مثبت دارد و رشد و محتوای کلروفیل گندم را افزایش داده است (Haji Boland et al., 2004).

محتوای کلروفیل b برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس نتایج، مشاهده شد که هر سه

تیمار کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2، بر میزان کلروفیل b تأثیر معنی‌داری داشته‌اند ولی برهمکنش این عوامل بر صفت مذکور معنی‌دار نشده است (جدول 2). در بین تیمارهای کود شیمیایی، بیشترین مقدار کلروفیل b (0/90 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز حاصل شد که با تیمارهای 33 و 66 درصد کود شیمیایی، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت (0/58 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز از تیمار شاهد کود شیمیایی حاصل شد (جدول 6). افزایش در مقدار کاربرد کودهای شیمیایی مصرفی، باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود. بنابراین به واسطه ارتباط مستقیم بین غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، افزایش در میزان نیتروژن گیاه، شاخص مقدار کلروفیل را هم افزایش می‌دهد. تحقیقات در ذرت نیز نشان داده که بیشترین مقادیر کلروفیل از برهمکنش کود نیتروژن و کود روی حاصل شده است (Shafee et al., 2011).

تلقیح بذر با نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار 21/12 و 13/50 درصدی در محتوای کلروفیل b برگ آفتابگردان شدند (جدول 6). گزارشات مبنی بر این است که کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و فسفات‌بارور 2 از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (Darzi, 2007).

محتوای کاروتنوئید برگ

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر میزان کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد، ولی برهمکنش بین هیچ یک از تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین کود شیمیایی برای این صفت، بیشترین میزان کاروتنوئید (0/43 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز بود که با کاربرد 66 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت (0/35 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز مربوط به تیمارهای 0 و 33 درصد کاربرد کود شیمیایی مورد نیاز بود که با کاربرد 66 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 6). کاربرد مقادیر بالای کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در خاک، موجب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود و از آنجا که کاروتنوئید با نیتروژن ارتباط مستقیم دارد، با افزایش میزان نیتروژن گیاه، مقدار این صفت هم افزایش می‌یابد.

نیتروژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده‌ی اولیه و ثانویه گیاهان است (Hopkins, 2004). تلقیح بذر با نیتروکسین نیز سبب افزایش معنی‌داری در میزان کاروتنوئید برگ گردید، به طوری‌که با کاربرد نیتروکسین، 20/58 درصد در میزان کاروتنوئید افزایش ایجاد شده است (جدول 6). مقایسه میانگین اثر کود زیستی فسفات بارور 2 بر میزان کاروتنوئید برگ، نیز نشان دهنده افزایش 14/28 درصدی این کود بر صفت مذکور می‌باشد (جدول 7). تحقیقات نشان داده که در اثر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه-های کلروفیل a و b و کاروتن قبل و بعد از گلدهی افزایش یافته و در نتیجه تولید انرژی و در نهایت رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) بیشتر بود (Marius et al., 2005).

قندهای محلول برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که قندهای محلول برگ تحت تأثیر کودهای زیستی قرار نگرفت ولی اثر کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، در سطح احتمال یک درصد برای این صفت معنی‌دار گردید. برهمکنش بین هیچ یک از فاکتورها نیز بر این صفت معنی‌دار نشده است (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین اثر کودهای شیمیایی بر میزان قندهای محلول برگ، می‌توان مشاهده کرد که افزایش مقدار کودهای شیمیایی، باعث سیر صعودی معنی‌دار این صفت شده است، به طوری‌که بیشترین مقدار قندهای محلول (163/84 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مصرفی حاصل شده است که با کاربرد 66 و 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این صفت (133/18 میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با کاربرد 33 درصد کود شیمیایی مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 6). در توجیه علت آن می‌توان اظهار داشت که فراهمی نیتروژن و سایر عناصر ضروری در اختیار گیاه، منجر به افزایش متابولیسم قندها می‌گردد. کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر

مصرفی، علاوه بر تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشه، باعث بهبود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریزمغذی می‌شوند که همگی اثر مثبتی بر فرایند فتوسنتز و تولید قند دارند (Jeffrey & Gyles, 2003).

ارتفاع گیاه

در بین تیمارهای آزمایش تنها اثر کود شیمیایی برای صفت ارتفاع گیاه معنی‌دار گردیده است (جدول 2). با توجه به نتایج به دست آمده، با افزایش کود شیمیایی مصرفی، ارتفاع گیاه افزایش یافته است و با توجه به جدول 6 مشاهده می‌شود که با کاربرد 100 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، بیشترین (149/66 سانتی‌متر) و در مقابل در تیمار شاهد کود شیمیایی کمترین (142/03 سانتی‌متر) ارتفاع حاصل شده است. همچنین بین تیمارهای کاربرد 33 و 66 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است. در این پژوهش مصرف مقادیر بالاتر کودهای شیمیایی با گسترش سطح ریشه و افزایش جذب آب و عناصر از خاک، موجب تحریک رشد رویشی گیاه شده و دوره رویشی را افزایش داده و از طریق افزایش سطح برگ و سطح فتوسنتزی گیاه، میزان اسیمیلات‌هایی را که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، افزایش داده و در نتیجه از طریق تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. گزارش شده که ارتفاع کنجد از 127/48 سانتی‌متر در تیمار شاهد نیتروژن به 136/37 سانتی‌متر در تیمار کاربرد 80 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرده است که دلیل این امر اثر مثبت نیتروژن بر رشد سبزینه‌ای گیاه بیان شده که باعث افزایش ارتفاع و حجیم شدن بخش هوایی گیاه می‌گردد (Malik et al., 2003).

قطر ساقه

اثر کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد برای قطر ساقه آفتابگردان معنی‌دار گردید، از سوی دیگر هیچ یک از دیگر تیمارها بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی برای این صفت نشان داد، با افزایش در مصرف کود شیمیایی نیتروژن و فسفر مورد نیاز، قطر ساقه افزایش چشمگیری داشته است و در تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، به حداکثر مقدار (20/75 میلی‌متر) خود رسید. کمترین میزان این صفت (19/02 سانتی‌متر) نیز مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با تیمار کاربرد 33 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 6). در مقادیر بالای کودهای شیمیایی، افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز گیاه سبب افزایش رشد اندام‌های رویشی می‌شود و در نتیجه قطر ساقه نیز افزایش می‌یابد. طبق گزارشات دیگر نیز، کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر، باعث افزایش قطر ساقه آفتابگردان گردیده است (Babaei Aghdam et al., 2009).

تعداد برگ در بوته

در بین تیمارهای اعمال شده تنها اثرات کاربرد کود شیمیایی و نیتروکسین بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی بر تعداد برگ در بوته نشان داد که بیشترین میزان این صفت (30/36 برگ در بوته) مربوط به کاربرد 100 درصد کود شیمیایی مصرفی بود. کمترین میزان این صفت (28/31 برگ در بوته) نیز مربوط به تیمار شاهد کود شیمیایی بود که با کاربرد 33 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت. بین تیمارهای کاربرد 33 و 66 درصد کود شیمیایی نیز از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 6). مشابه با این نتایج، نیز گزارش شده که عنصر نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی ذرت شده و در نتیجه تعداد برگ بیشتر و شاخص سطح برگ بالاتر با کاربرد بیشتر نیتروژن حاصل می‌شود (Ayub et al., 2003). انجام تلقیح بذور با کود زیستی نیتروکسین برای این صفت نیز افزایش معنی‌داری را به دنبال داشته است (جدول 6). احتمالاً ترشح ترکیبات و هورمون‌های محرک رشد توسط باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین در افزایش رشد سبزینگی و در نتیجه افزایش تعداد برگ در بوته نقش داشته‌اند. گزارش شده که در سیب‌زمینی نیز ، تیمار شاهد بدون کود زیستی در مقایسه با تیمارهای مصرف کود زیستی از تعداد برگ، ارتفاع بوته و عملکرد غده پایین‌تری برخوردار بوده است (Ghasem Khanloo et al., 2009).

GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی

بر صفت GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان اثر نیتروکسین و فسفات بارور 2 و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات آفتابگردان تحت تأثیر مقادیر مختلف کودهای شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور ۲

Table 2- Analysis of variance of sunflower traits affected by different amounts of chemical fertilizers, nitroxin and phosphate barvar 2

	میانگین مربعات means of squares											
منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی D.F	کلروفیلa Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	قندهای محلول Soluble sugars	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ در بوته Leaf in plant	GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی GDD needed until budding	GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD needed until physiological grown	GDD مورد نیاز برای پر شدن دانه GDD needed for seed filling	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	0.008^{ns}	0.0035^{ns}	0.0019^{ns}	65.68^{ns}	7.35^{ns}	0.35^{ns}	0.500^{ns}	1316.60^{**}	269.02^{ns}	269.43^{ns}	4957.65^{ns}
کود شیمیایی Chemical fertilizer(a)	3	0.114^{**}	0.2395^{**}	0.0165^{*}	1965.1^{*}	117.5^{**}	7.75^{**}	9.014^{**}	813.53^{ns}	5590.67^{**}	2125.59^{*}	2830172.76^{**}
خطای اصلی Main error	6	0.007	0.0157	0.0025	355.26	1.73	0.06	0.694	1601.57	296.57	247.94	13671.02
نیتروکسین Nitroxin(b)	1	0.111^{*}	0.2760^{**}	0.0520^{**}	788.61^{ns}	2.34^{ns}	0.002^{ns}	1.687^{*}	4414.08^{**}	2505.63^{*}	2231.77^{**}	695310.09^{**}
فسفات بارور ۲ Phosphate barvar2(c)	1	0.005^{ns}	0.1302^{*}	0.0261^{**}	176.71^{ns}	1.40^{ns}	0.015^{ns}	0.007^{ns}	5231.27^{**}	2821.33^{*}	2533.16^{**}	78561.99^{*}
a×b	3	0.003^{ns}	0.0051^{ns}	0.0036^{ns}	299.32^{ns}	2.50^{ns}	0.079^{ns}	0.069^{ns}	85.70^{ns}	65.93^{ns}	377.98^{ns}	82327.18^{**}
a×c	3	0.037^{ns}	0.0097^{ns}	0.0022^{ns}	1464.0^{ns}	3.44^{ns}	0.264^{ns}	0.149^{ns}	13.59^{ns}	294.33^{ns}	61.60^{ns}	57902.70^{**}
b×c	1	0.047^{ns}	0.0005^{ns}	0.0005^{ns}	5.37^{ns}	2.00^{ns}	0.414^{ns}	0.907^{ns}	3486.72^{**}	742.61^{ns}	3.05^{ns}	18380.92^{ns}
a×b×c	3	0.038^{ns}	0.0272^{ns}	0.0065^{ns}	1575.9^{ns}	2.36^{ns}	0.373^{ns}	0.071^{ns}	138.77^{ns}	1101.37^{ns}	360.59^{ns}	7903.39^{ns}
خطا Error	24	0.020	0.0180	0.0028	555.64	3.60	0.187	0.251	213.83	474.99	148.49	10273.60
ضریب تغییرات (٪) CV(%)		11.420	16.9792	14.0794	15.81	1.30	2.191	1.717	1.52	1.14	2.08	4.18

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول3- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در تیمارهای نیتروکسین برای GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان

Table 3- Analysis of variance of Slicing of phosphate barver 2 effect in nitroxin levels for GDD needed until budding sunflower

نیتروکسین Nitroxin	df	میانگین مربعات means of squares GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی GDD needed until budding
تلقیح inoculation	1	88.16 ns
عدم تلقیح non-inoculation	1	8629.83 **

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول 4 -تجزیه واریانس برش دهی اثر نیتروکسین در مقادیر کود شیمیایی برای صفت عملکرد دانه آفتابگردان

Table 4- Analysis of variance of Slicing of nitroxin effect in chemical fertilizer levels for seed yield in sunflower

کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	df	میانگین مربعات means of squares عملکرد دانه Seed Yield
0	1	689138 **
33	1	148474 **
66	1	68071 *
100	1	36609 ns

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

جدول 5- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در مقادیر کود شیمیایی برای صفت عملکرد دانه آفتابگردان

Table 5- Analysis of variance of Slicing of phosphate barver 2 effect in chemical fertilizer levels for seed yield in sunflower

کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	df	میانگین مربعات means of squares عملکرد دانه Seed Yield
0	1	134853 **
33	1	107239 **
66	1	8352.96 ns
100	1	1825.33 ns

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

ns, * and **: No significant, significant on probability of 5 and 1%, respectively

بررسی جدول برش‌دهی اثر فسفات بارور 2 در تیمارهای مختلف نیتروکسین (جدول 3) نشان داد که تنها در تیمار عدم کاربرد نیتروکسین، کاربرد فسفات بارور 2 اثر کاهشی معنی‌داری بر این صفت داشته است، به طوری‌که در عدم حضور نیتروکسین، با کاربرد فسفات بارور 2، میزان GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان 38 واحد کاهش یافته است، ولی در تیمار تلقیح نیتروکسین، کاربرد فسفات بارور 2، تفاوت معنی‌داری بر این صفت ایجاد نکرده است (شکل 1). در اینجا اثرات آنتاگونیستی باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر این صفت مشهود است. با توجه به فراهم شدن بهتر عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد توسط باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2، کاهش GDD مورد نیاز تا غنچه‌دهی آفتابگردان از طریق افزایش سرعت رشد قابل توجیه می‌باشد.

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور ۲ برای خصوصیات کیفی برگ آفتابگردان

Table 6- Averages comparing simple effects of chemical fertilizer, nitroxin and phosphate barvar 2 for leave quality features in sunflower

تیمارهای آزمایش Experimental Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کاروتنوئید Carotenoid ($mg.g^{-1}$)	قندهای محلول Soluble Sugars ($mg.g^{-1}$)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد برگ در بوته Leaf in plant	GDD مورد نیاز تا رسیدگی فیزیولوژیک GDD needed until physiological grown	GDD مورد نیاز برای پر شدن دانه GDD needed for grain filling
کود شیمیایی نیتروژن و فسفر (درصدی از مقدار مورد نیاز) Phosphorus and nitrogen chemical fertilizer (Percent of content requirements)	0	1.13^{c}	0.58^{b}	0.35^{b}	133.18^{b}	142.03^{c}	19.02^{c}	28.31^{c}	1882.05^{b}	566.60^{b}
	33	1.22^{b}	0.82^{a}	0.35^{b}	146.48^{ab}	145.25^{b}	19.17^{c}	$28.86b^{c}$	1894.06^{b}	582.38^{a}
	66	1.25^{b}	0.85^{a}	$0.38a^{b}$	152.81^{a}	145.70^{b}	20.02^{b}	29.23^{b}	1920.71^{a}	588.81^{a}
	100	1.37^{a}	0.90^{a}	0.43^{a}	163.84^{a}	149.66^{a}	20.75^{a}	30.36^{a}	1927.56^{a}	598.24^{a}
نیتروکسین Nitroxin	تلقیح inoculation	1.29^{a}	0.86^{a}	0.41^{a}	153.13^{a}	145.44^{a}	19.75^{a}	29.38^{a}	1913.32^{a}	590.82^{a}
	عدم تلقیح Non-inoculation	1.19^{b}	0.71^{b}	0.34^{b}	145.03^{a}	145.88^{a}	19.73^{a}	29.00^{b}	1898.87^{b}	577.19^{b}
فسفات بارور ۲ Phosphate barvar 2	تلقیح inoculation	1.23^{a}	0.84^{a}	0.40^{a}	151.00^{a}	145.49^{a}	19.76^{a}	29.20^{a}	1913.76^{a}	591.27^{a}
	عدم تلقیح Non-inoculation	1.25^{a}	0.74^{b}	0.35^{b}	147.16^{a}	145.83^{a}	19.72^{a}	29.18^{a}	1898.43^{b}	576.74^{b}

در هر ستون و برای هر گروه تیماری، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند.

In each column and for each treatment, the means with least a similar letter do not have statistically different at a five percent probability level based on Duncan's test.

تأثیر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه‌های کلروفیل a و b و کاروتن قبل و بعد از گلدهی شده و در نهایت موجب رشد سریع‌تر آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) شد (Marius et al., 2005).

GDD مورد نیاز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که بر این صفت، فاکتورهای کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2 تأثیر معنی‌دار داشته‌اند (جدول 2). با توجه به جدول 5، کاربرد کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار GDD مورد نیاز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک شد، به طوری‌که بیشترین میزان GDD مورد نیاز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (1927/56) مربوط به تیمار کاربرد 100 درصد کود شیمیایی بود که با تیمار کاربرد 66 درصد کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن (1882/05) به تیمار شاهد کود شیمیایی اختصاص یافت که با تیمار کاربرد 33 درصد کود شیمیایی مصرفی تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به جدول 6 مشاهده می‌شود که تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش 76 و 81 درصدی میزان GDD مورد نیاز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک شده است. کودهای شیمیایی و زیستی با تأثیرگذاری بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، اثر مستقیمی بر مقدار فتوسنتز در واحد سطح برگ دارد و همچنین از طریق افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود و با حفظ دوام شاخص سطح برگ، امکان تولید مواد فتوسنتزی بیشتر جهت پر شدن دانه را فراهم نموده که این مسئله می‌تواند به طولانی‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک منجر شود. طبق گزارشات، سیستم تغذیه آلی از طریق غلظت مواد معدنی کمتر در مراحل اولیه رشد و وجود عناصر غذایی بیشتر در مراحل پایانی رشد، سبب بهبود کیفیت تغذیه گیاه و خشک شدن دیرتر دانه‌ها در طبق و طولانی شدن زمان رسیدگی آفتابگردان شده است (Akbari et al., 2009).

GDD مورد نیاز پر شدن دانه

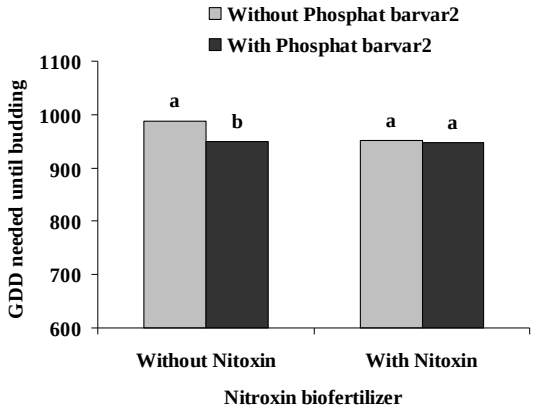
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود شیمیایی و کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 بر میزان GDD مورد نیاز پر شدن دانه آفتابگردان معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین کود شیمیایی برای این صفت نشان می‌دهد که با کاربرد کود شیمیایی مورد نیاز، GDD مورد نیاز پر شدن دانه افزایش می‌یابد و بین مقادیر کاربرد 33، 66 و 100 درصد کود شیمیایی مصرفی از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول 6). تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 نیز به ترتیب باعث افزایش 2/36 و 2/52 درصدی میزان GDD مورد نیاز پر شدن دانه آفتابگردان شده است (جدول 6). کاربرد کودهای شیمیایی و کودهای زیستی باعث می‌شود که گیاه در شرایط خوبی از نظر عناصر غذایی رشد کرده و طول دوره پر شدن دانه را در راستای استفاده بیشتر از منابع رشدی افزایش می‌دهد. تأثیر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر و قابلیت باکتری‌ها در تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفات از عوامل تأثیرگذاری این کودها بر رشد و نمو فنولوژی آفتابگردان می‌باشد، به طوری‌که با افزایش فعالیت فتوسنتزی و حفظ شاخص سطح برگ، باعث طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه در راستای افزایش عملکرد دانه می‌شود (Akbari et al., 2009).

عملکرد دانه

با توجه به نتایج آنالیز آماری داده‌ها مشاهده می‌شود که مصرف کود شیمیایی، نیتروکسین و فسفات بارور 2، همچنین برهمکنش کود شیمیایی و نیتروکسین و کود شیمیایی و فسفات بارور 2 اثر معنی‌داری را در میزان عملکرد دانه آفتابگردان ایجاد کردند (جدول 2). با توجه به معنی‌دار شدن برهمکنش کود شیمیایی و نیتروکسین بر عملکرد دانه و با توجه به جدول 4 مشاهده شد که تنها در مقادیر صفر، 33 و 66 درصد کاربرد کود شیمیایی مورد نیاز، تلقیح نیتروکسین از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد، به طوری‌که کاربرد نیتروکسین در این تیمارها به ترتیب باعث افزایش 31/64، 9/78 و 5/73 درصدی در عملکرد دانه آفتابگردان شده است (شکل 2). اگر چه در تیمار 100 درصد کود شیمیایی مورد نیاز، نیتروکسین از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد، اما کاربرد نیتروکسین در این تیمار نیز افزایش 3/97 درصدی در عملکرد دانه ایجاد کرده است (شکل 2). براساس نتایج پژوهش دیگر محققین، عملکرد دانه آفتابگردان در اثر به کارگیری کودهای آلی در تلفیق با کودهای

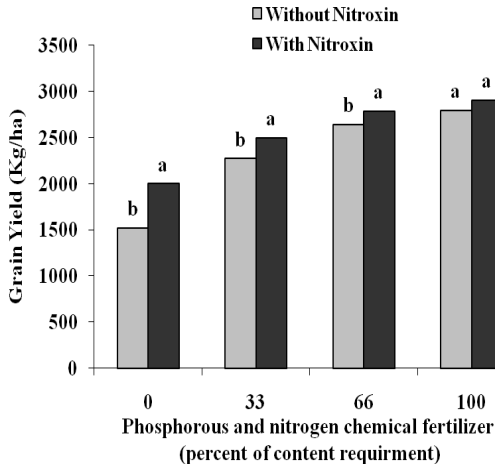
شیمیایی در مقابل استفاده از کودهای شیمیایی به تنهـایی، افـزایش قابل توجهی نشان داد (Gholam Hoseini et al., 2008).

همچنین بررسی جدول 5 نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین کاربرد و عدم کاربرد فسفات بارور 2 در مقادیر صفر و 33 درصد کود شیمیایی، از لحاظ عملکرد دانه بود. به طوری‌که بـا کـاربرد فسـفات بارور 2، در این تیمارها عملکرد دانه افزایش یافت ولی در مقادیر 66 و 100 درصد کود شیمیایی، کاربرد فسفات بارور 2 نتوانسته، نسبت بـه عدم کاربرد آن تفـاوت معنـی‌داری ایجـاد کنـد (شـکل 3). بنـابراین عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تلفیقی از کود زیستی همراه با کود شیمیایی افـزایش یافتـه اسـت. سیسـتم تلفیقـی کـود شیمیایی و زیستی با گسـترش توسـعه ریشـه و افـزایش طـول دوره رویشی گیاه و در نتیجه افزایش سطح فتوسنتز کننده، سبب افـزایش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه می‌شود که در نهایت وزن هزاردانه و عملکرد و اجـزای عملکـرد گیاه افزایش می‌یابد. پژوهشگران دلیل افزایش عملکـرد در سیسـتم-های تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتـروژن قابـل دسـترس خـاک بـا نیازهـای گیـاه مـی‌داننـد (Mooleki et al., 2004)، بـه طوری‌که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است، میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است ولی در مراحل رشد زایشی به علـت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت زمان طولانی‌تری ادامه پیـدا می‌کند.



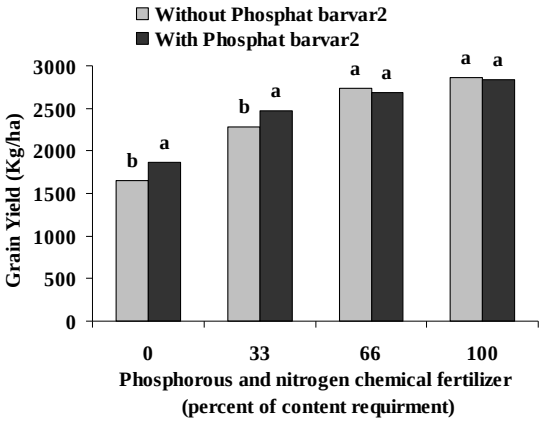
شکل 1- مقایسه میانگین برهمکنش نیتروکسین و فسفات بارور 2 برای GDD مورد نیاز کاشت تا غنچه‌دهی

Fig. 1- Average comparing interaction nitroxin and phosphate barver 2 for GDD needed until budding



شکل 2- مقایسه میانگین برهمکنش نیتروکسین و کود شیمیایی برای عملکرد دانه

Fig. 2- Average comparing interaction nitroxin and chemical fertilizer for seed yield



شکل 3- مقایسه میانگین برهمکنش فسفات بارور 2 و کود شیمیایی برای عملکرد دانه

Fig. 3- Average comparing interaction phosphate barver 2 and chemical fertilizer for seed yield

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح بذور آفنابگردان با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور 2 در کنار کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر از طریق افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئید) و بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه و همچنین افزایش طـول دوره پر شدن دانه باعث افزایش پتانسیل تولید شـده بـه طـوری‌کـه

افزایش عملکرد دانه آفتابگردان را به دنبال داشتند. لذا بر این اساس می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی این گونه کودهای زیستی به همراه کودهای شیمیایی از طریق تأمین عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف گیاه و حفظ ویژگی‌های بیولوژی خاک می‌تواند باعث بهبود تولید آفتابگردان شده و با توسعه بیشتر کشاورزی پایدار، استفاده متوالی و بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن می‌سازد.

منابع

Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, A.M. 2009. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Crop Production 2(3): 119-134. (In Persian with English Summary)

Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24(1): 15.

Astaraei, A.R., and Koochaki, A. 1996. Application of biological fertilizers in sustainable agriculture (Translation). Mashhad Jahad-e-Daneshgahi Press, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

Ayub, M., Ather-Nadeem, M., and Tanveer, A. 2003. Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality of odder maize. Pakistan Journal of Life Society Science 1: 59-61.

Babaei Aghdam, J., Abdi, M., Seifzade, S., and Khiavi, M. 2009. The effect of nitrogen fertilizer and bush density on seed yield and yield components of Azargol sunflower cultivar in Takestan region, Iran. Journal of New Agricultural Science (Modern Science of Sustainable Agriculture) 4(14): 1-12. (In Persian with English Summary)

Cakmakci, R., Donmes, F., Aydin, A., and Sahin, F. 2006. Growth promotion of plants by plant growth–promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry 38: 1482-1487.

Darzi, M. 2007. Effect of bio-fertilizers application on fennel quantity and quality yield in order to achieve a sustainable agricultural system. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghasem Khanloo, Z., Nasrollahzade Asl, A., Alizade, A., and Haji Hasani Asl, N. 2009. Effect of Barvar-2 phosphate biofertilizer on yield and yield components of potato varieties in chaldran. Journal of Research in Crop Science 1(3): 1-13.(In Persian with English Summary)

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., and Jamshidi, A. 2008. The Effect of irrigation regimes and fertilizer treatments on grain yield and elements concentration in leaf and grain of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pajouhesh and Sazandegi (79): 91-100.(In Persian with English Summary)

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. (In Persian with English Summary)

Han, H., Supanjani, K., and Lee, D. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environment 52(3): 130-136.

Hopkins, W.G. 2004. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons. New York. 557 pages.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.

Jeffrey, V., and Gyles, R. 2003. Controlled release urea as a nitrogen source of corn in southern Minnesota. Annual Report to Agrium U. S. Inc.

Khajepoor, M.R. 2007. Industrial Plants. Esfahan University Jihad Publishing, Iran. 250 pp. (In Persian)

Madani, H., Naderi Borojerdi, G.R., Aghajani, H., and Pazaki, A.R. 2010. Comparison of Effects phosphate fertilizers and phosphate solubilizing bacteria on grain yield, biological and tissues phosphorus relative content in winter rapeseed. Journal of Agronomy and Plant Breeding 6(4): 93-104.

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N.A., and Kamkar Haghighi, A.A. 2008. Effect of Nitrogen Fertilizer, manure and irrigation water on yield and yield components of maize. Electronic Journal of Crop Production 1(2): 67-85.(In

Persian with English Summary)

Malik, M.A., Farrukh Saleem, M., Cheema, M.A., and Ahmed, S. 2003. Influence of different nitrogen levels of productivity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology 4: 490-492.

Marius, S., Octavita, A., Eugen, U., and Vlad, A. 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pakistanian Journal of Biological Science 6(6): 539-543.

Mooleki, S.P., Schoenau, J.J., Charles, J.L., and Wen, G. 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of feedlot cattle manure on soil nitrogen availability crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskatchewan. Canadian Journal of Soil Science 84: 199-210.

Nasiri Mahallati, M., Koochaki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Mashhad University Jihad Publishing, Iran. 457 pp. (In Persian)

Rigby, D., and Caceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural system. Agricultural System 68: 21-40.

Schneiter, A.A., and Miller, J.F. 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science 21(5): 901-903.

Shafee, L., Safari, M., Emam, Y., and Mohammadinezhad, G. 2011. Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Seed and Plant Production Journal 2(2): 235-246. (In Persian with English Summary)

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizer containing N fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.