



بررسی اثر کود نیتروژن، ورمی کمپوست و نیتروکسین بر شاخص‌های رشد، مراحل فنولوژیک و عملکرد دانه کنجد

رحمان سجادی نیک^۱ و *علیرضا یدوی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج،

^۲ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۳/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نیتروژن، ورمی کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر شاخص‌های رشد و مراحل نمو کنجد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در تابستان ۱۳۸۸، در شهرستان بهبهان اجرا شد. عامل اول شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی منطقه، عامل دوم شامل صفر، ۵ و ۱۰ تن کود ورمی کمپوست در هکتار و عامل سوم شامل کود زیستی نیتروکسین با ۲ سطح تلقیح و نبود تلقیح با بذر بود. نتایج نشان داد که تلقیح نیتروکسین و کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به ترتیب موجب افزایش ۷/۱۰، ۲۳/۱۱ و ۳۱/۱۹ درصدی در LAI حداکثری کنجد شد. با افزایش مصرف کود نیتروژن، ورمی کمپوست و تلقیح با نیتروکسین CGR حداکثر کنجد افزایش معنی‌داری یافت. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد کود ورمی کمپوست و نیتروکسین تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مراحل فنولوژیک کنجد داشته است به طوری که با کاربرد ورمی کمپوست میزان GDD مورد نیاز سبز شدن در کنجد به صورت قابل توجهی کاهش پیدا کرد. همچنین تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین باعث کاهش طول دوره سبز شدن به میزان ۱۷/۴۲ درصد شده است. با کاربرد ورمی کمپوست طول دوره کاشت تا کپسول‌دهی افزایش یافت، به گونه‌ای که در تیمار ۵ تن در هکتار به بالاترین میزان خود رسید. کاربرد نیتروکسین افزایش ۸/۵۰ درصدی عملکرد دانه را سبب شد. با توجه به اثر متقابل نیتروژن و ورمی کمپوست، بیش‌ترین عملکرد دانه کنجد (۱۳۵۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ تن ورمی کمپوست به همراه ۷۵ درصد نیتروژن معمول منطقه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کنجد، مراحل فنولوژیک، نیتروژن، نیتروکسین، ورمی کمپوست.

* مسئول مکاتبه: yadavi53@yahoo.com

مقدمه

مدیریت عناصر غذایی به روش متداول امروزی با کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به تخریب بوم نظام‌های کشاورزی و به خطر افتادن سلامت انسان می‌گردد. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و هزینه‌های تولید این کودها، تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات را ضروری ساخته است (نقوی‌مرمتی و همکاران، ۲۰۰۷). در بحث تولید محصولات ارگانیک، گیاهان روغنی از اهمیت به‌سزایی برخوردارند. کنجد گیاهی یک‌ساله بوده و یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی مناطق گرم و نیمه‌گرم محسوب می‌شود که از روغن خوراکی بسیار خوب (۴۲-۵۴ درصد) و پروتئین بالایی (۲۵-۲۲ درصد) برخوردار است.

کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاک‌زی می‌باشند که همراه با مواد نگه‌دارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آن‌ها می‌شوند. مهم‌ترین باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن ازتوباکتر و آزوسپریلیوم هستند که در محیط ریزوسفر خاک حضور داشته و به‌صورت هتروتروف از بقایای آلی موجود در خاک استفاده می‌کنند و البته محدود به زندگی با هیچ گیاه خاصی نیستند. کود بیولوژیک نیتروکسین شامل هر دو باکتری مزبور می‌باشد (احمد و همکاران، ۲۰۱۰). سلیمانی‌فر و سیادت (۲۰۱۱) گزارش کردند که تلقیح بذور گلرنگ با باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر باعث افزایش ۳۵ و ۲۱ درصدی عملکرد و اجزاء عملکرد دانه این گیاه می‌شود. آن‌ها علت این افزایش را بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک موردنظر بیان نمودند. سینگ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد گیاهی و سنتز اسیدهای آلی سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد بذور گندم تأثیرگذار می‌باشد. در برخی موارد مشاهده شده است که حتی در سطوح و مقادیر کافی کودهای نیتروژنی، تلقیح گیاهان با باکتری‌های دی‌ازتوتروف از جمله ازتوباکتر موجب افزایش رشد و نمو گیاهان شده است که در این صورت احتمالاً وجود مکانیسم‌های دیگری به غیر از تثبیت نیتروژن، از جمله مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین علت افزایش رشد گیاه بوده است (کادر، ۲۰۰۲). حفیظ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که سبزشدن سریع‌تر بوته‌های پنبه در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به‌دلیل تولید ترکیباتی مانند ایندول-۳-استیک اسید می‌باشد که توسط این باکتری‌ها ترشح می‌شود. همچنین افزایش وزن خشک ریشه و ساقه پنبه در اثر تلقیح با این باکتری‌ها را گزارش کردند.

از دیگر منابع کودی آلی می‌توان به کود ورمی‌کمپوست اشاره کرد که نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی است. با کاربرد ورمی‌کمپوست، به‌علت حالیت بیش‌تر عناصر ریزمغذی در خاک و در نتیجه اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک، گیاه در شرایط خوبی از نظر عناصر غذایی رشد کرده با افزایش طول دوره رشد رویشی و دوره گل‌دهی، تشکیل کپسول و اندام عملکردی را در راستای استفاده بیش‌تر از منابع رشدی به تأخیر می‌اندازد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴). درزی و حاج‌سیدهادی (۲۰۱۲) با کاربرد سطوح مختلف کود ورمی کمپوست (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار) در گیاه شوید گزارش کردند که حداکثر عملکرد بیوماس و ارتفاع بوته به‌ترتیب در سطوح ۴ و ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد. ردی و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی معمول منطقه باعث افزایش تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، تعداد غلاف و عملکرد در نخودفرنگی می‌شود. روئستی و همکاران (۲۰۰۶) دلایل افزایش عملکرد توسط کود ورمی‌کمپوست را حفظ و نگهداری عناصر غذایی خاک و جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن، افزایش فعالیت بیولوژیک و بهبود ساختمان خاک بیان کردند. بیشتر مطالعات انجام شده در مورد نیاز غذایی کنجد به عناصر غذایی بر مبنای مصرف کودهای شیمیایی بوده است و به‌دلیل کمبود اطلاعات در مورد واکنش این گیاه به کودهای زیستی و آلی و نیز اثرگذاری این کودها بر خصوصیات رشدی و مراحل فنولوژیک کنجد، لازم است که اثر کودهای زیستی و آلی اضافه شده به خاک را بر صفات مختلف رویشی و عملکرد محصول مطالعه شود. بنابراین هدف از انجام این مطالعه ارزیابی اثرات کودهای زیستی و آلی در رشد و مراحل مختلف فنولوژیک کنجد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در تابستان ۱۳۸۸، در شهرستان بهبهان اجرا شد. مزرعه محل آزمایش در ۳۰ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی در منتهی‌الیه جنوب‌شرقی شهرستان بهبهان واقع شده و به‌طور متوسط ۳۲۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. خصوصیات خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. عامل‌های آزمایش شامل کاربرد کود شیمیایی نیتروژن (به فرم اوره) با ۳ سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی معمول منطقه (معمول منطقه ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بوده که براساس مصاحبه شخصی با کشاورزان منطقه و نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های کودی نیتروژن

در کنجد (الحانی و حقیقت‌نیا، ۲۰۰۶) تعیین شد، کاربرد کود ورمی‌کمپوست با ۳ سطح صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار و کاربرد کود زیستی نیتروکسین (شامل دو باکتری آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) با ۲ سطح تلقیح و نبود تلقیح با بذر، با غلظت ۰/۵۰ لیتر برای ۹ کیلوگرم بذر بود. نوع رقم استفاده شده توده محلی بهبهان بود که هر ساله بالغ بر ۱۵۰۰ هکتار در شهرستان بهبهان به زیر کشت این رقم می‌رود. خصوصیات شیمیایی کود ورمی‌کمپوست استفاده شده در جدول (۲) آورده شده است. هر کرت آزمایشی شامل ۵ پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر و طول ۷ متر بود. فاصله بین بوته‌ها بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین تکرارها ۳ متر در نظر گرفته شد. کاشت به صورت نم‌کاری انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت در شروع مرحله جوانی (مرحله ۳ برگی) صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی براساس نیاز گیاه، درجه حرارت و شرایط جوی هر ۷-۱۲ روز یک‌بار انجام گردید. برای تجزیه شاخص‌های رشد در فواصل مشخص وزن خشک گیاه و سطح برگ آن، در ۷ مرحله نمونه‌گیری انجام شد. نمونه‌برداری اول ۲۰ روز بعد از کاشت صورت گرفت و نمونه‌برداری‌های بعدی با فواصل هر ۱۰ روز یک‌بار تا مرحله بلوغ (۸۰ روز پس از کاشت) صورت پذیرفت. جهت نمونه‌برداری تعداد بوته مشخص از سه خط میانی هر کرت انتخاب و از محل طوقه قطع گردید. در مرحله اول و دوم تعداد ۱۵ بوته (۰/۷۵ متر مربع)، مرحله سوم و چهارم ۱۲ بوته (۰/۶ متر مربع) و مابقی مراحل نمونه‌گیری تا آخر (به دلیل بزرگی بوته‌ها)، تعداد ۶ بوته از سه ردیف میانی (۰/۳ متر مربع) نمونه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، ساقه و برگ گیاه از هم تفکیک شده و سطح برگ جهت محاسبه شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد. بعد از خشک کردن نمونه‌ها، وزن خشک هر کدام نیز محاسبه گردید. جهت خشک شدن، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت برای اندام‌های نرم گیاه و ۷۲ ساعت برای اندام‌های چوبی (ساقه و شاخه‌ها) در آون و در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. لازم به ذکر است برگ‌های خشک ریزش شده از گیاه در مراحل آخر نمونه‌برداری جزئی بوده و وزن آنها محاسبه نشد.

سپس با استفاده از رابطه‌های ریاضی (سرمدنیا و کوچکی، ۱۹۹۲؛ یدوی و همکاران، ۲۰۰۷) شاخص‌های رشد محاسبه گردید. برای تعیین مراحل نموی کنجد روزانه کرت‌های آزمایشی مورد بررسی قرار گرفته و براساس رسیدن ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به مرحله نموی خاص، زمان آن مرحله ثبت گردید (ویس، ۲۰۰۰). سپس با استفاده از آمار دمای روزانه هواشناسی در فصل رشد میزان

درجه روز رشد تجمعی (GDD) لازم برای هر یک از مراحل نموی کنجد با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

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

که در آن، T_{min} : درجه حرارت حداقل با حد پایین ۱۰ درجه سانتی‌گراد، T_{max} : درجه حرارت حداکثر با حد بالایی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و T_b : درجه حرارت پایه کنجد (۱۰ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (ویس، ۲۰۰۰). برای تعیین عملکرد دانه از ۳ ردیف میانی هر کرت با رعایت حاشیه، برداشت صورت گرفت. محاسبه‌های آماری داده‌ها با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SAS انجام شد. برای تجزیه واریانس صفات شاخص‌های رشد از مقادیر حداکثر آن‌ها در طول فصل رشد استفاده گردید. مقایسه میانگین‌های اثرات ساده تیمارها با استفاده از آزمون LSD و مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارها از طریق برش‌دهی و روش L.S. Means در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

ماده	EC	pH	OC	N	P	K	رس	سیلت	شن	بافت
آلی	(دسی‌زیمنس بر متر)		(درصد)	(درصد)	(بی‌بی‌ام)	(بی‌بی‌ام)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	خاک
۲/۴۳	۰/۷۳۲	۷/۴	۱/۵۴	۰/۱۲	۹/۷۴	۳۶۴/۳۷	۱۴/۷	۴۷/۳۰	۲۳/۶۰	لومی شنی

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده.

مواد آلی	Fe	pH	EC	C/N	OC	P	K	N
(درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(دسی‌زیمنس بر متر)		(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
۵۹/۸۴	۲۸۴۶/۲۱	۸/۲۰	۵/۳۴	۱۶/۷۴	۱۹/۱۴	۰/۵۳	۰/۴۹	۲/۰۷

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): در این آزمایش تغییرات شاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشد در تیمارهای کودی مختلف روند به‌نسبت یکسانی داشت، به‌طوری‌که در ابتدای فصل، رشد کند و تدریجی داشت و با شروع تولید شاخه‌های فرعی و متناسب با آن تولید برگ فراوان توسط گیاه، با سرعت زیادی افزایش یافت و در مرحله گل‌دهی (۶۰ روز پس از کاشت) و بعد از آن به حداکثر

مقدار خود رسید (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تیمار کود نیتروژن، ورمی‌کمپوست و نیتروکسین در سطح احتمال ۱ درصد و برهم‌کنش نیتروژن و نیتروکسین در سطح احتمال ۵ درصد، بر حداکثر شاخص سطح برگ، تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین حداکثر شاخص سطح برگ کنجد نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری در این صفت ایجاد کرد که البته مصرف ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست اختلاف قابل توجهی با هم نداشته و بالاترین شاخص سطح برگ (۴/۷۶) در تیمار ۱۰ تن در هکتار و در مقابل کم‌ترین مقدار آن (۳/۷۵) در تیمار استفاده نکردن از ورمی‌کمپوست به‌دست آمده است (جدول ۴). جاشانکار و وهاب (۲۰۰۴) با ترکیب کود شیمیایی معمول منطقه با ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیش‌ترین افزایش را در شاخص سطح برگ گیاه کنجد مشاهده کردند. سارکر و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند شاخص سطح برگ برنج تحت تأثیر کاربرد انواع منابع کود آلی و شیمیایی افزایش یافته است. همچنین براساس نتایج مطالعه حسن‌زمان و همکاران (۲۰۱۰) ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری روی شاخص سطح برگ برنج داشته است. با توجه به این‌که عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان زراعی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که به افزایش عملکرد منجر می‌شود.

داس و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده کردند کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش سطح برگ، تجمع ماده خشک و دیگر پارامترهای رشدی گیاه نخود فرنگی می‌شود. روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست نشان داد که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، شاخص سطح برگ افزایش یافت و در تیمار ۱۰ تن در هکتار برتری نسبی نسبت به تیمارهای ۵ تن در هکتار و کاربرد نداشتن ورمی‌کمپوست داشت (شکل ۱). با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش نیتروژن و نیتروکسین بر حداکثر شاخص سطح برگ، برش‌دهی اثر نیتروکسین در سطوح مختلف کود نیتروژن برای این صفت انجام شد و نتایج نشان داد که تأثیر کود نیتروکسین بر حداکثر شاخص سطح برگ تنها در سطح‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن معمول منطقه معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین برهم‌کنش نیتروژن و نیتروکسین بر این صفت نشان داد، که با افزایش کود نیتروژن مصرفی، شاخص سطح برگ کنجد روند افزایشی پیدا کرد و تلقیح با نیتروکسین در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به ترتیب افزایش ۷۰، ۱۰/۷۰ و ۲۸ درصدی در این صفت ایجاد کرد که البته این افزایش در سطح ۷۵ درصد کود نیتروژن معمول منطقه معنی‌دار نبود (جدول ۶). این نتایج همچنین نشان‌دهنده این است که در مقادیر بالای کود

شیمیایی نیتروژن تأثیر نیتروکسین بر این صفت کاهش می‌یابد. مطالعات ردی و همکاران (۱۹۹۸) نیز نشان داد که مصرف کافی کودهای نیتروژن در اوایل فصل رشد سبب گسترش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید مواد پرورده بیش‌تر می‌گردد. همچنین ال-بارک (۲۰۰۶) گزارش کرد که مصرف نیتروژن سبب افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ در کلزا شده است. این پژوهش‌گر بیان داشت که جذب نیتروژن توسط گیاه سبب افزایش رشد، تولید شاخه فرعی بیش‌تر و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. مطالعات آدرنادیم و همکاران (۲۰۰۹) در گیاه ذرت نشان داد که کود نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد برگ داشته است به طوری که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین تعداد برگ به دست آمده است. آن‌ها همچنین بیان نمودند که شاخص سطح برگ با افزایش نیتروژن افزایش معنی‌داری نشان داد، به طوری که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ به ترتیب با کاربرد ۱۵۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شده است.

داس و همکاران (۲۰۰۲) و ایوب و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که عنصر نیتروژن سبب افزایش رشد رویشی شد و در نتیجه با کاربرد بیش‌تر نیتروژن تعداد برگ بیش‌تر و شاخص سطح برگ بالاتری به دست می‌آمد. از سوی دیگر باکتری‌های موجود در کود نیتروکسین، از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، توسعه اندام هوایی و تولید برگ در کنجد را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بررسی حمیدی و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با آزوسپریلیوم، تعداد برگ‌های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن‌ها دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش شاخص سطح برگ شده است. نتایج مطالعات رجایی و همکاران (۲۰۰۷) بیانگر تأثیر مثبت تلقیح ازتوباکتر بر صفاتی مانند تعداد برگ و سطح برگ بوته، در گندم می‌باشد. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که تا ۳۰ روز پس از کاشت بین تیمارهای مختلف برهم‌کنش کود نیتروژن و نیتروکسین تفاوتی از نظر شاخص سطح برگ وجود نداشت ولی از این زمان به بعد در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن منطقه به همراه تلقیح نیتروکسین شاخص سطح برگ کنجد روند افزایش شدیدتری پیدا کرد و در ۶۰ روز پس از کاشت (دوره گل‌دهی) بیش‌ترین اختلاف را با تیمارهای دیگر نشان داد. کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن منطقه بدون تلقیح نیتروکسین باعث کم‌ترین شاخص سطح برگ در مراحل مختلف رشد کنجد شده است.

جدول ۳- میانگین مربعات به‌دست آمده از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی تحت تأثیر سطح کود نیتروژن، ورمی کمپوست و کود زیستی نیتروکسین.

عملکرد دانه	GDD										منابع تغییر
	کاشت تا فیزیولوژیکی	کاشت تا کپسول‌دهی	کاشت تا گل‌دهی	کاشت تا جوانی	کاشت تا سبز شدن	دوام سطح برگ	حداکثر تجمع ماده خشک	سرعت رشد محصول	حداکثر شاخص برگ	درجه آزادی	
۹۹۸۹۴/۰۰ ^{ns}	۱۴/۰۴ ^{ns}	۴۵۵/۱۶ ^{ns}	۲۲۹۵/۱۳ ^{ns}	۹۲۲/۶۸ ^{ns}	۱۸۵/۷۸ ^{ns}	۱۱۲۴۵/۰۰ ^{ns}	۱۸۵۵۳۱/۴۰ ^{ns}	۲۸۷۴/۲۳ ^{ns}	۲۵/۴۱ ^{ns}	۲	نیتروژن (A)
۲۱۱۶۹۲/۰۰ ^{ns}	۵۷۷۹ ^{ns}	۱۳۳۵/۵۴ [*]	۱۱۷۴۵/۴۳ ^{ns}	۱۰۰/۰۹ ^{ns}	۲۹۶/۴۹ ^{ns}	۱۷۵۲/۸۴ [*]	۷۶۹۵۳۹/۶۳ ^{ns}	۱۶۶۱/۵۹ ^{ns}	۴/۹۷ ^{ns}	۲	ورمی کمپوست (B)
۱۳۳۷۰۹/۰۰ ^{ns}	۱۶/۶۳ ^{ns}	۳۲۲/۶۶ ^{ns}	۴۹۶۸/۹۶ [*]	۱۹۱۹/۱۷ ^{ns}	۵۶۰/۱۸۵ ^{ns}	۹۶۸۳/۶۴ ^{ns}	۶۹۴۲۰۹/۸۶ ^{ns}	۱۵۶۸۸۹۲ ^{ns}	۲۵/۰۳ ^{ns}	۱	نیتروکسین (C)
۱۸۱۱۳۳/۰۰ ^{ns}	۶۷/۶۳ ^{ns}	۹۸/۸۵ ^{ns}	۳۱۵۵ ^{ns}	۳۳۳/۰۳ ^{ns}	۲۸۹/۳۵ ^{ns}	۳۴۸/۴۳ ^{ns}	۴۴۴۰۸۳ ^{ns}	۱۷۰/۳۳ ^{ns}	۰/۹۷ ^{ns}	۴	BxA
۱۳۴۴۴/۰۰ ^{ns}	۳۳/۲۹ ^{ns}	۲۷۱/۱۶ ^{ns}	۲۱۸۷/۵۸ ^{ns}	۶۱۸/۷۸ ^{ns}	۱۸۵/۱۷ ^{ns}	۱۳۳۶/۰۰ [*]	۳۳۹۱۹۲/۰۴ ^{ns}	۱۴۵ ^{ns}	۲/۸۴ [*]	۲	CxA
۲۱۶۵۴/۰۰ ^{ns}	۶۷/۹ ^{ns}	۲۵/۰۴ ^{ns}	۲۷۷/۶۹ ^{ns}	۱۱۱/۲۵ ^{ns}	۱۷۵/۷۸ ^{ns}	۴۲۹/۱۴ ^{ns}	۷۱۳۲۸/۳۰ ^{ns}	۹۹۷۷ ^{ns}	۱/۴۰ ^{ns}	۲	BxC
۱۷۳۰۰/۰۰ ^{ns}	۱۳/۴۱ ^{ns}	۶۱۵/۸۷ ^{ns}	۳۶۶/۱۵ ^{ns}	۷۳۸/۰۳ ^{ns}	۲۸۹/۳۵ ^{ns}	۵۵۷۷/۳۳ ^{ns}	۱۰۰۵۹۵۸/۰۳ ^{ns}	۱۵۷۷/۸۷ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۴	AxBxC
۶۷۴۵/۰۰ ^{ns}	۸/۶۷/۸۱	۳۴/۱/۱۲	۱۰۲۹/۶۵	۶۷۱/۹۱	۷۰/۷۰	۶۵۵/۴۲	۴۶۶۶/۰۵	۷۰/۶۵	۰/۶۱	۳۳	خطای آزمایش
۶/۸۰	۰/۷۰	۱/۶۶	۲/۶۰	۳/۹۱	۱۰/۲۸	۱۷/۸۷	۱۹/۷۳	۱۸/۸۰	۱۸/۰۲		ضریب تغییرات (درصد)

^{ns} معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns} معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.



رحمان سجادی نیک و علیرضا یدوی

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد تحت تأثیر اثرات ساده نیتروژن، ورمی کمپوست و نیتروکسین.

تیمارهای آزمایش	شاخص	رشد محصول	ماده خشک	دوام سطح برگ
	شاخص سطح برگ	(گرم بر مترمربع در روز)	(گرم بر مترمربع)	(شاخص سطح برگ در روز)
۵۰ درصد	۳/۳۷ ^c	۳۳/۳۲ ^c	۲۹۶۴/۰۰ ^c	۶۹/۲۸ ^c
۷۵ درصد	۳/۹۷ ^b	۴۲/۳۹ ^b	۳۳۹۷/۶۰ ^b	۸۱/۵۴ ^b
۱۰۰ درصد	۵/۶۶ ^a	۵۸/۲۸ ^a	۴۰۳۶/۴۰ ^a	۱۱۷/۳۸ ^a
صفر	۳/۷۵ ^b	۳۴/۹۰ ^c	۸۸۱/۶۹ ^c	۷۸/۵۴ ^b
ورمی کمپوست (تن در هکتار)	۴/۵۱ ^a	۴۵/۱۳ ^b	۱۱۳۶/۱۲ ^b	۹۱/۸۵ ^a
۵	۴/۷۶ ^a	۵۳/۹۱ ^a	۱۳۱۹/۳۵ ^a	۹۷/۸۱ ^a
۱۰	۳/۶۶ ^b	۳۹/۲۸ ^b	۹۹۹/۰۰ ^b	۷۶/۰۱ ^b
نیتروکسین	۵/۰۲ ^a	۵۰/۰۶ ^a	۱۲۲۵/۷۷ ^a	۱۰۲/۷۹ ^a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کود نیتروکسین در سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی صفات.

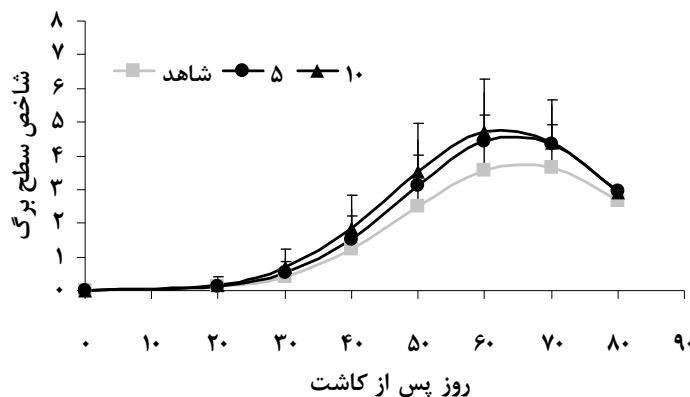
کود نیتروژن (درصدی از درجه آزادی)	میانگین مربعات	میانگین سطح برگ	ماده خشک	دوام سطح برگ
۵۰ درصد	۱	۱۳/۹۵ ^{**}	۹۳۶۲۵۷/۰۰ ^{**}	۶۰۲۹/۸۵ ^{**}
۷۵ درصد	۱	۰/۸۹ ^{ns}	۴۰۰۰۲/۰۰ ^{ns}	۱۹۵/۶۲ ^{ns}
۱۰۰ درصد	۱	۱۵/۸۱ ^{**}	۴۵۶۳۴۵/۰۰ ^{**}	۶۲۱۰/۱۷ ^{**}

^{**} معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی دار.

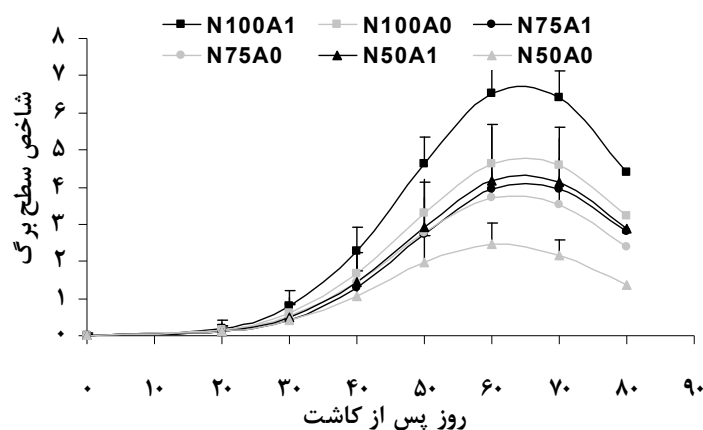
جدول ۶- مقایسه میانگین‌های برهم کنش نیتروژن و نیتروکسین، بر صفات مورد مطالعه.

تیمار	نیتروژن	نیتروکسین	شاخص سطح برگ	ماده خشک	دوام سطح برگ
۵۰ درصد	تلقیح	۴/۲۵ ^a	۱۰۴۴/۱۰ ^a	۱۸۷/۵۸ ^a	۵۰/۹۸ ^b
۷۵ درصد	عدم تلقیح	۴/۲۰ ^a	۱۰۲۰/۵۰ ^a	۸۴/۸۴ ^a	۷۸/۲۵ ^a
۱۰۰ درصد	تلقیح	۳/۷۵ ^a	۱۱۱۴/۸۰ ^a	۱۳۵/۹۶ ^a	۹۸/۸۱ ^b
	عدم تلقیح	۴/۷۳ ^b	۱۲۹۴/۲۰ ^b		

در هر ستون در هر سطح نیتروژن میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بدون اختلاف آماری، در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.



شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر کود ورمی کمپوست (تن در هکتار).



شکل ۲- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر کود نیتروژن و نیتروکسین (N= نیتروژن، A_۰= بدون تلقیح نیتروکسین و A_۱= تلقیح با نیتروکسین).

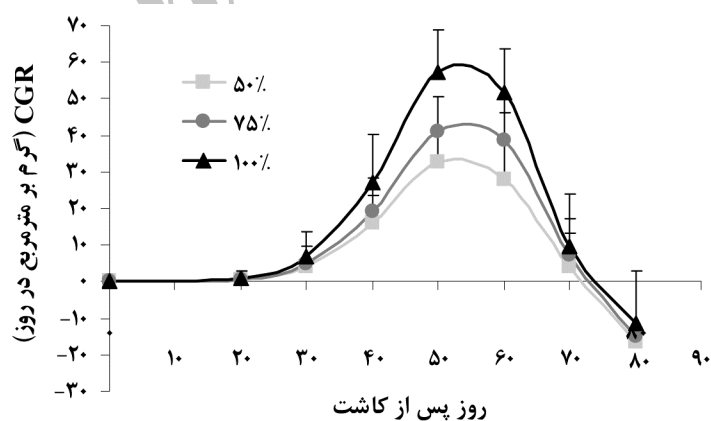
سرعت رشد محصول CGR: نتایج آزمایش بیانگر روند مشابه سرعت رشد محصول در طول فصل رشد در همه تیمارهای مورد مطالعه می‌باشد، به طوری که در ابتدای فصل رشد به دلیل داشتن سطح برگ کم، سرعت رشد محصول کند بود. در ۳۰ روز پس از کاشت به دلیل توسعه سطح برگ گیاه و افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول شدت یافت و در اواسط

دوره رشد (۶۰-۵۰ روز پس از کاشت) به حداکثر میزان خود رسید. پس از این مرحله سرعت رشد محصول دچار کاهش شدید شد و در ۸۰ روز پس از کاشت در همه تیمارها، به دلیل زردی برگ‌ها و افزایش تنفس بیش از فتوستتوز گیاه و همچنین ریزش برگ‌ها سرعت رشد محصول منفی شد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). چنین روندی به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی، هم‌زمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد که با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوستتوز خالص، سرعت رشد محصول کاهش یافته است. همچنین بالا بودن میزان تنفس نسبت به فتوستتوز جاری در مراحل انتهایی رشد، نیز باعث کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول شده است.

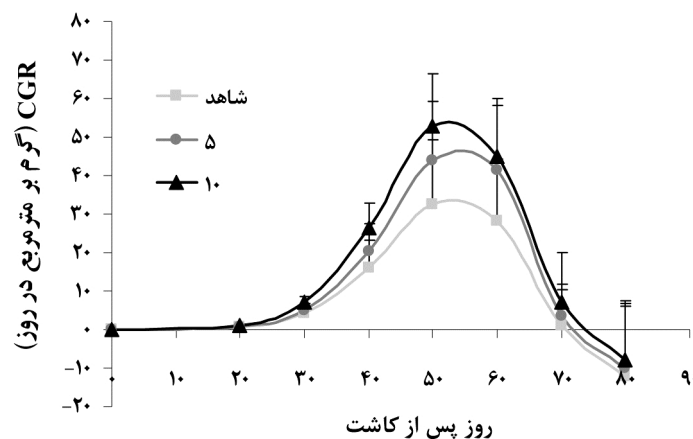
کاربرد نیتروژن، افزایش معنی‌داری در CGR کنگد حاصل کرده است (جدول ۳ و شکل ۳). نتایج مطالعات پژوهش‌گران نشان داده که با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد و سطح برگ افزایش یافته که باعث بالا رفتن ظرفیت فتوستتوزی می‌شود و نتیجه آن سرعت رشد محصول بیشتر و تولید ماده خشک بالاتر می‌باشد (گالسر، ۲۰۰۵). حسنوزمان و همکاران (۲۰۱۰) با کاربرد نیتروژن افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی برنج را گزارش نموده‌اند. همچنین نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار ورمی کمپوست بر CGR حداکثر کنگد می‌باشد. سرعت رشد محصول در دوره رشد تحت تأثیر تلقیح نیتروکسین قرار گرفته و افزایش معنی‌داری یافته است (جدول‌های ۳ و ۴ و شکل ۵). براساس نتایج به دست آمده با کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن معمول منطقه CGR حداکثر کنگد، افزایش ۷۴/۹۰ درصدی نسبت به تیمار مصرف ۵۰ درصد نیتروژن معمول منطقه داشته است (جدول ۴). مقایسه‌های میانگین بین تیمارهای ورمی کمپوست بیانگر آن بود که بیش‌ترین CGR (۵۳/۹۱) مربوط به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و کم‌ترین مقدار آن (۳۴/۹۵) مربوط به تیمار مصرف نکردن ورمی کمپوست می‌باشد (جدول ۴). در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (۲۰۰۴) بر روی گیاه توت‌فرنگی و با استفاده از مقادیر ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست در هکتار صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد ورمی کمپوست، به‌طور معنی‌داری سطح برگ، زیست‌توده اندام هوایی و سرعت رشد گیاه توت‌فرنگی را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد. آن‌ها این برتری را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی توسط آن‌ها که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی کمپوست بود، نسبت دادند. براساس نتایج مطالعات پژوهش‌گران، سرعت رشد محصول باقلا تحت تأثیر اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک قرار گرفته و

افزایش پیدا کرده است (کارمگام و دانیل، ۲۰۰۰). ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب برای کنجد موجب افزایش سرعت رشد می‌شود.

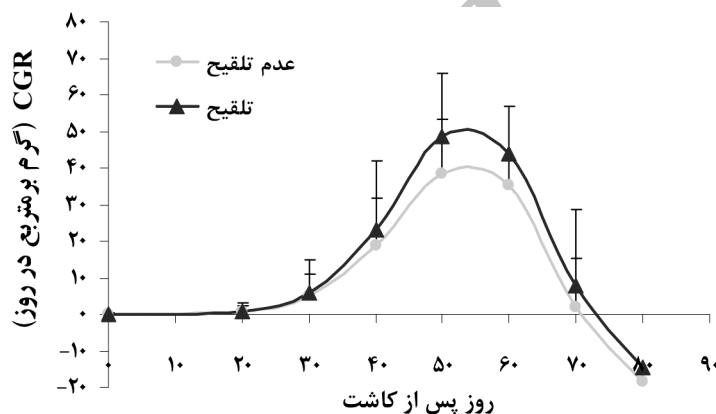
تلقیح نیتروکسین افزایش ۲۷/۴۴ درصدی CGR حداکثر کنجد را به همراه داشته است (جدول ۴). زاید و همکاران (۲۰۰۳) افزایش سرعت رشد گندم را در اثر تلقیح ازتوباکتر بیش‌تر از تثبیت بیولوژیک نیتروژن، به هورمون‌های تولید شده توسط این باکتری و افزایش رشد ریشه نسبت دادند. آزوسپیریلوم و ازتوباکتر با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، سرعت رشد گیاه را تقویت می‌کند (مرکواسکی و میلیک، ۲۰۰۱). منحنی‌های تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن، ورمی کمپوست و تلقیح نیتروکسین (شکل‌های ۳، ۴ و ۵) نشان داد که در همه موارد، تغییرات منحنی سرعت رشد محصول تقریباً از ۳۰ روز پس از کاشت آغاز گردید و کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مصرفی منطقه (شکل ۳)، مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست (شکل ۴) و تلقیح نیتروکسین (شکل ۵) از این مرحله به بعد در طول فصل رشد برتری قابل توجهی از نظر سرعت رشد محصول نسبت به مقادیر کم تیمارهای مزبور نشان دادند.



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر کود نیتروژن.



شکل ۴- تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر کود ورمی کمپوست (تن در هکتار).



شکل ۵- تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر کود نیتروکسین.

ماده خشک کل (TDM): تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده خشک تولیدی یا به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد، که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. روند افزایش ماده خشک در همه تیمارهای آزمایش به صورت منحنی سیگموئیدی بود. در اوایل دوره رشد، تجمع ماده خشک کم و تدریجی بود و با گذشت زمان و تولید ساقه‌های فرعی و افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع

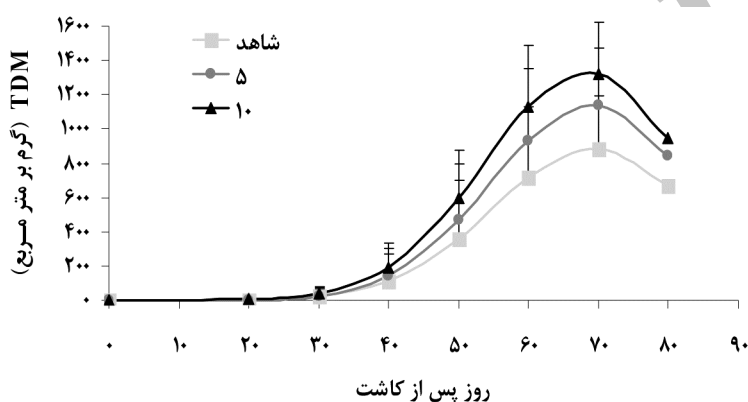
ماده خشک شدت بیش‌تری به خود گرفته و بعد از آن به‌علت زردی برگ‌ها، پیری آن‌ها و همچنین سایه انداختن برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی و انتقال هیدرات‌های کربن ذخیره شده به دانه، ریزش برگ‌های پایینی، افزایش بافت‌های گیاهی و همچنین افزایش سرعت تنفس آن‌ها روند کاهش در تجمع ماده خشک مشاهده شد. از سوی دیگر کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در اواخر فصل رشد، می‌تواند به‌دلیل منفی شدن فتوسنتز خالص باشد (شکل‌های ۶ و ۷). براساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها برهم‌کنش کود نیتروژن و نیتروکسین بر حداکثر ماده خشک جمع‌ی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳) به‌طوری‌که تأثیر تلقیح با نیتروکسین تنها در سطح‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن معمول منطقه بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۵) افزایش کود نیتروژن باعث افزایش تجمع ماده خشک کنج‌شد و در سطح‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن معمول منطقه، تلقیح نیتروکسین افزایش معنی‌دار ۷۷/۵۰ و ۲۴/۶۰ درصدی را در این صفت ایجاد نمود (جدول ۶). دسترسی نداشتن به منابع تکمیلی نیتروژن کافی در مراحل حساس رشد، در سطح کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن، به‌دلیل رشد کم‌تر اندام هوایی منجر به تولید ماده فتوسنتزی کم‌تر و وزن بیولوژیک اندک گردیده است. بانزیگر و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش سطح برگ، تشکیل پنجه بیش‌تر، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ بیش‌تر در گندم می‌شود و این افزایش منجر به تولید ماده خشک بیش‌تر می‌شود. بررسی الصفر و الحسن (۲۰۰۹) نشان دادند که شاخص سطح برگ گیاه نعنای بومی در اثر افزایش نیتروژن از ۷۵ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت. نتایج مطالعه ایشان بیانگر این بود که با افزایش کود نیتروژن، افزایش قابل‌توجهی در وزن خشک کل گیاه نعنای بومی به‌دست آمده است. نتایج مطالعه گالسر (۲۰۰۵) نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد و سطح برگ اسفناج افزایش یافت که باعث بالا رفتن ظرفیت فتوسنتزی شده و نتیجه آن سرعت رشد محصول بیش‌تر و تولید ماده خشک بالاتر می‌باشد. طبق نتایج مطالعه احمد و همکاران (۲۰۱۰) پارامترهای رشدی آفتاب‌گردان، مانند تجمع ماده خشک، تعداد برگ و شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد کود بیولوژیک افزایش معنی‌داری یافته است. نیتروکسین می‌تواند با افزایش فتوسنتز و عناصر غذایی درون گیاه تأثیر مثبتی بر سطح برگ، رشد و تولید ماده خشک گیاه داشته باشد.

همچنین براساس نتایج تجزیه واریانس آزمایش، کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار و قابل‌توجه ماده خشک کل در بوته شده است (جدول ۳) به‌طوری‌که با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست

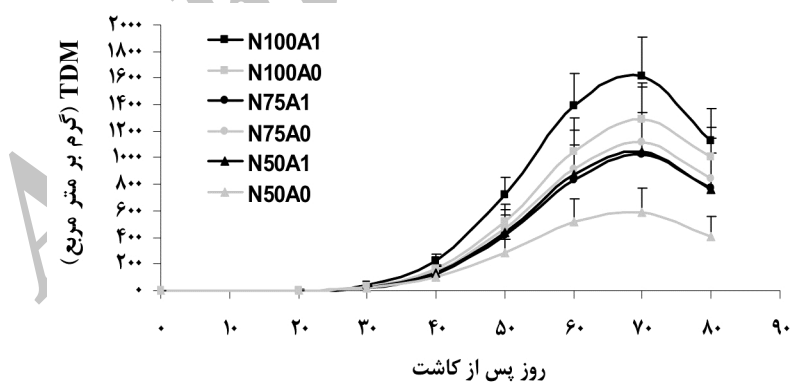
حداکثر تجمع ماده خشک، روند صعودی داشت و هر یک از سطوح کاربرد ورمی کمپوست از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند و بیشترین ماده خشک تولید شده (۱۳۱۹/۳۵ گرم بر مترمربع) در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و در مقابل، کمترین میزان ماده خشک تولیدی (۸۸۱/۶۹ گرم بر مترمربع) در تیمار کاربرد نداشتن ورمی کمپوست به دست آمد (جدول ۴). با توجه به این که عوامل مؤثر بر رشد و تولیدات گیاهی میزان جذب نور توسط برگها و تبدیل آنها به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک می شود. عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست، اعم از پرمصرف و کم مصرف به دلیل تحریک رشد رویشی و نیز انتقال دوباره دیرتر مواد از برگهای مسن به برگهای جوان و در نتیجه ظهور دیرتر علایم پیری، از طریق بهبود شاخصهای فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و فتوسنتز خالص، تأثیر خود را در افزایش تجمع ماده خشک نشان می دهد. ریگی (۲۰۰۳) بیان نمود که ورمی کمپوست دارای آنزیمها، هورمونهای رشد و مقادیر زیادی از عناصر غذایی به صورت قابل دسترس برای گیاه است و در افزایش رشد و تولید ماده خشک محصولات مختلف تأثیر به سزایی دارد. در یک مطالعه گلخانه‌ای که در گیاه گوجه فرنگی و با استفاده از مقادیر مختلف حجمی ورمی کمپوست به دست آمده از کود خوکی انجام گرفت، نتایج نشان داد که در تیمارهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد ورمی کمپوست، سرعت جوانه زنی بذور گوجه فرنگی به طور معنی داری در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها افزایش یافت. تیمارهای ۱۰ و ۵۰ درصد ورمی کمپوست، وزن خشک نشاءهای گوجه فرنگی را به طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با شاهد افزایش دادند (آتیه و همکاران، ۲۰۰۰). در پژوهش گلخانه‌ای دیگری که به روی یک گیاه فضای سبز شهری به نام *Sesbania emerus* صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد، موجب برتری قابل ملاحظه در وزن خشک اندام گردید (گاردزی و همکاران، ۲۰۰۰).

با توجه به منحنی تغییرات ماده خشک تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست (شکل ۶)، مشاهده می شود تا ۴۰ روز پس از کاشت به دلیل این که تعداد برگ، شاخص سطح برگ، فتوسنتز و رشد بوته‌ها کم بوده است، اختلاف قابل توجهی در تولید ماده خشک، با هم نداشتند و با ادامه رشد، تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار یک برتری نسبی در تولید ماده خشک نسبت به دیگر مقادیر کاربرد ورمی کمپوست نشان داد و با شیب بیشتری افزایش یافت و در ۷۰ روز پس از کاشت حداکثر ماده خشک را داشت. با

توجه به شکل ۷ نیز می‌توان مشاهده نمود که اختلاف بین وزن خشک کنجد در تیمارهای مختلف نیتروژن و نیتروکسین از روز ۴۰ به بعد آشکار شده است. همچنین در سطح ۷۵ درصد نیتروژن مصرفی منطقه تفاوت قابل توجهی بین کاربرد و کاربرد نداشتن نیتروکسین وجود نداشت ولی بین تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی و کاربرد و کاربرد نداشتن نیتروکسین تفاوت آشکار و قابل توجهی مشاهده شد.



شکل ۶- تغییرات ماده خشک کل تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف کود ورمی کمپوست (تن در هکتار).

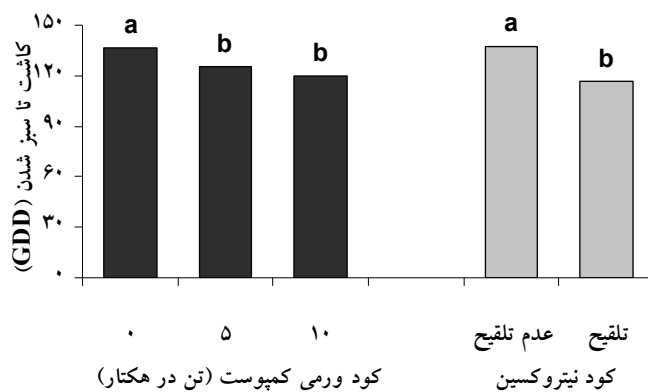


شکل ۷- تغییرات ماده خشک کل تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن و نیتروکسین (N= نیتروژن، A= بدون تلقیح نیتروکسین و A_۱= تلقیح با نیتروکسین).

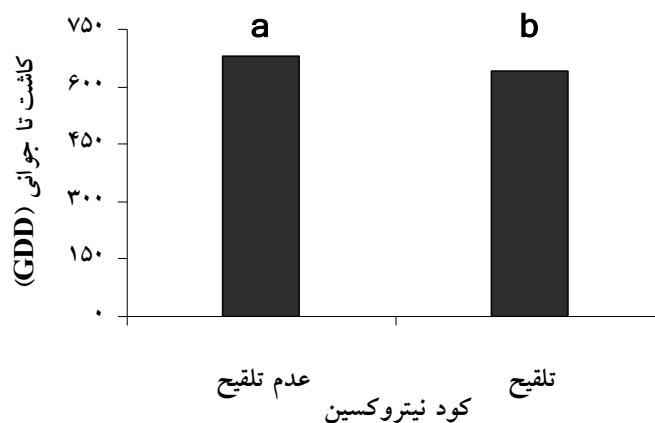
دوام سطح برگ (LAD): این صفت بیان‌کننده بزرگی و مدت زمان بقای برگ‌ها به‌طور سبز و فعال فتوسنتزی می‌باشد که نشان‌دهنده پربریگی گیاه در طول زمان رشد محصول است. در واقع دوام سطح برگ هم میزان سطح برگ و هم دوام بافت‌های فتوسنتزی جامعه گیاهی را در برمی‌گیرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای نیتروژن و نیتروکسین در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ورمی‌کمپوست و همچنین برهم‌کنش نیتروژن و نیتروکسین در سطح احتمال ۵ درصد برای این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی و مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش نیتروژن و نیتروکسین بر این صفت نشان داد که تلقیح نیتروکسین تنها در سطوح کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن معمول منطقه باعث افزایش معنی‌دار ۷۱/۸۰ و ۳۵/۶۰ درصدی در میزان LAD کنجد شد و افزایش (۸/۴۰ درصدی) این صفت در اثر تلقیح نیتروکسین در سطح کود نیتروژن ۷۵ درصد معمول منطقه معنی‌دار نشد (جدول‌های ۵ و ۶). همچنین با توجه به جدول ۶، سیر صعودی میزان LAD در اثر افزایش کاربرد کود نیتروژنه قابل مشاهده بود. در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی منطقه به همراه نیتروکسین به‌علت داشتن شاخص سطح برگ بیش‌تر و تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر توسعه ریشه بیش‌تری به‌دست آمده و گیاه توانسته مقدار نیتروژن بیش‌تری جذب نموده و این امر موجب طولانی‌تر شدن دوام سطح برگ در این تیمار شده است. آزمایش‌های به‌عمل آمده در مورد دوام سطح برگ نشان داد که دوام سطح برگ و شاخص سطح برگ در اثر کمبود نیتروژن پیش از موعد کاهش می‌یابد و با خارج شدن نیتروژن از برگ پیری تسریع می‌شود (گودینک و داویس، ۱۹۹۲). بیش‌تر بودن دوام سطح برگ به معنی دریافت انرژی خورشیدی در مدت زمان طولانی‌تر بوده که به سبب افزایش مدت فعالیت فتوسنتزی گیاه، تولید ماده خشک هم بیش‌تر خواهد شد. اختلاف‌های زیادی که در عملکرد کل ماده خشک گیاهان دیده می‌شود غالباً، هم نتیجه اختلاف در سرعت فتوسنتز آن‌ها است و هم نتیجه تفاوت در طول مدتی که فتوسنتز در آن ادامه دارد (دوام سطح برگ). همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقدار مصرف ورمی‌کمپوست، میزان دوام سطح برگ کنجد افزایش یافته به‌طوری‌که بیش‌ترین (۹۷/۸۰ شاخص سطح برگ در روز) و کم‌ترین (۷۸/۵۰ شاخص سطح برگ در روز) LAD به‌ترتیب در تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کاربرد نداشتن ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۴). از سوی دیگر کاربرد ورمی‌کمپوست به‌میزان ۵ و ۱۰ تن در هکتار، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

GDD مورد نیاز از کاشت تا سبزشدن: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ورمی کمپوست و نیتروکسین در سطح احتمال ۱ درصد برای صفت طول دوره کاشت تا سبزشدن معنی دار شده است ولی اثر نیتروژن و برهم کنش بین فاکتورها بر این صفت معنی دار نشده است (جدول ۳). با توجه به شکل (۹) مشاهده می شود که با کاربرد ورمی کمپوست میزان **GDD** مورد نیاز سبزشدن در کنجد به صورت قابل توجهی کاهش پیدا کرد، به طوری که با کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست میزان **GDD** مورد نیاز برای سبزشدن کنجد به ترتیب ۱۱ و ۱۷ واحد کاهش یافت. البته برای صفت ذکر شده، کاربرد مقادیر ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، از نظر آماری اختلاف قابل توجهی با هم نداشتند (شکل ۹). ورمی کمپوست دارای آنزیم ها و هورمون های رشد می باشد که باعث افزایش فعالیت آنزیم های جوانه زنی گیاه شده و با ایجاد یک بستر مناسب باعث خروج سریع تر گیاهچه از خاک می شود. تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین صرف نظر از اثر نیتروژن و ورمی کمپوست، باعث کاهش طول دوره سبزشدن به میزان ۱۷/۴۲ درصد شد (شکل ۸). باکتری های موجود در نیتروکسین علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، با کنترل عوامل بیماری زا و تولید هورمون های تنظیم کننده و محرک رشد گیاه، جوانه زنی و سبزشدن بذر کنجد را تحت تأثیر قرار می دهند. ارشادسرابی (۲۰۱۰) نیز گزارش کرده که این باکتری ها به طور قابل توجهی قابلیت جوانه زنی بذر، رشد ریشه و استقرار گیاه را تحت تأثیر قرار می دهند. لوسی و همکاران (۲۰۰۴) نیز برتری تلقیح بذر گیاهان زراعی با باکتری های محرک رشد را به صورت افزایش سرعت جوانه زنی بذر گزارش کردند. حفیظ و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که تلقیح بذور پنبه با باکتری هایی مانند ازتوباکتر باعث زودتر سبزشدن آن ها می شود و دلیل آن به سبب تولید ترکیباتی مانند ایندول-۳-استیک اسید توسط این باکتری ها می باشد.

GDD مورد نیاز کاشت تا جوانی (از برگ سوم حقیقی تا زمان مشاهده اولین جوانه گل): اثر نیتروکسین در سطح احتمال ۱ درصد برای طول دوره کاشت تا جوانی معنی دار گردیده است، از سوی دیگر هیچ یک از دیگر تیمارها برای این صفت معنی دار نشده است (جدول ۳). نتایج نشان داد که با کاربرد نیتروکسین طول دوره رشد گیاه تا رسیدن به مرحله جوانی کاهش پیدا کرده است (شکل ۹). با توجه به فراهم شدن بهتر عناصر غذایی و تولید هورمون های رشد توسط باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، کاهش طول دوره کاشت تا جوانی گیاه کنجد با تلقیح این کود از طریق افزایش سرعت رشد قابل توجهی می باشد.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر کود ورمی کمپوست و نیتروکسین برای طول دوره کاشت تا سبز شدن کنجد.

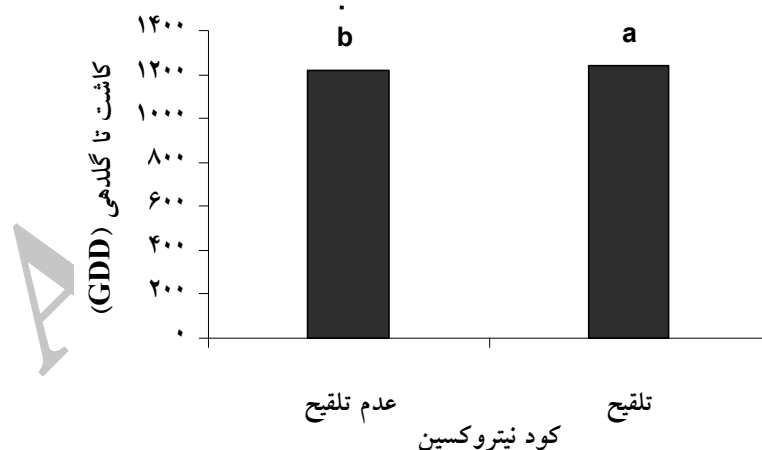


شکل ۹- مقایسه میانگین اثر کود نیتروکسین برای طول دوره کاشت تا جوانی کنجد.

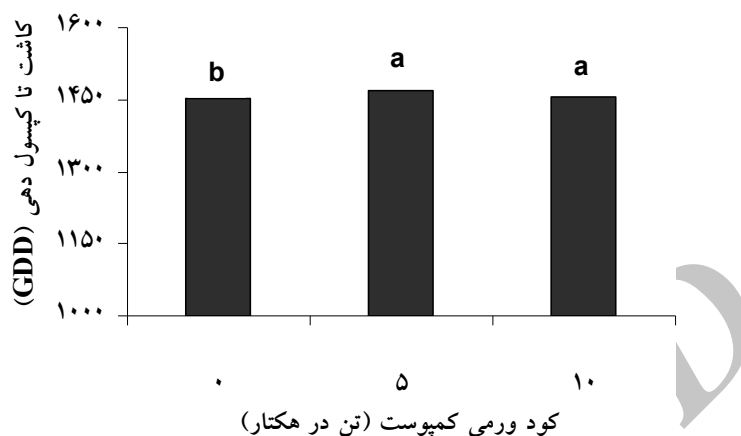
GDD مورد نیاز کاشت تا گل دهی: برای این صفت نیز در بین تیمارها تنها اثر نیتروکسین در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شده است (جدول ۳). نتایج نشان داد که با کاربرد نیتروکسین طول دوره رشد از کاشت بذر تا گل دهی افزایش معنی داری یافته است (شکل ۱۰). با توجه به این که با تلقیح نیتروکسین، گیاه قابلیت استفاده از عناصر غذایی مختلف به خصوص نیتروژن را پیدا می کند، همچنین به دلیل تشدید فعالیت آنزیمها و هورمونهای رشد توسط نیتروکسین، گیاه رشد رویشی خود را افزایش داده و به علت نبود کمبود مواد غذایی، گیاه با فاصله زمانی طولانی تری وارد فاز زایشی می شود.

GDD مورد نیاز کاشت تا کپسول‌دهی: در بین تیمارهای آزمایش تنها اثر ورمی‌کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد برای صفت کاشت تا کپسول‌دهی معنی‌دار گردید (جدول ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده با کاربرد ورمی‌کمپوست طول دوره کاشت تا کپسول‌دهی افزایش یافته است و در تیمار ۵ تن در هکتار به بالاترین میزان خود رسیده است، همچنین بین تیمارهای ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱۱). با کاربرد ورمی‌کمپوست، به‌علت حلالیت بیشتر عناصر ریزمغذی در خاک و در نتیجه اصلاح خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، گیاه در شرایط خوبی از نظر عناصر غذایی رشد کرده با افزایش طول دوره رشد رویشی و دوره گل‌دهی، تشکیل کپسول و اندام عملکردی را در راستای استفاده بیشتر از منابع رشدی به تأخیر می‌اندازد.

GDD مورد نیاز کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک: اثر هیچ‌یک از عامل‌های آزمایشی برای این صفت معنی‌دار نشده است (جدول ۳). رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر تحت تأثیر درجه حرارت و دمای آخر رشد قرار می‌گیرد، بنابراین دور از انتظار نیست که هیچ‌یک از تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر این دوره نداشته باشند.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر کود نیتروکسین برای طول دوره کاشت تا گل‌دهی کنجد.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر کود ورمی کمپوست برای طول دوره کاشت تا کپسول دهی کنجد.

عملکرد دانه: اثر هر ۳ عامل آزمایشی در سطح احتمال ۱ درصد و برهم کنش نیتروژن و ورمی کمپوست در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان عملکرد دانه کنجد معنی دار شد (جدول ۳). تلقیح بذور با کود زیستی نیتروکسین افزایش ۸/۵۰ درصدی عملکرد دانه را به دنبال داشت (شکل ۱۲) که با نتایج پژوهش گران (سلیمانی فرد و سیادت، ۲۰۱۱؛ جاشنکار و وهاب، ۲۰۰۵) مطابقت دارد. آزوسپیریلوم و ازتوباکتر با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون های رشد و برخی ویتامین ها، رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می کند، که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می گردد.

تجزیه واریانس برش دهی اثر کود ورمی کمپوست در سطح های مختلف کود نیتروژن نشان داد که در هر ۳ سطح کود نیتروژن، کاربرد کود ورمی کمپوست تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه کنجد داشته است (جدول ۷). مقایسه های میانگین برهم کنش نیتروژن و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه، نشان داد که با افزایش کود نیتروژن عملکرد دانه افزایش یافته و همچنین در هر سطح کود نیتروژن کم ترین و بیش ترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمار صفر و ۱۰ تن کود ورمی کمپوست در هکتار می باشد که البته این اختلاف عملکرد دانه بین سطح های صفر و ۱۰ تن کود ورمی کمپوست در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مصرفی کم تر از سایر سطح های کود نیتروژن می باشد (شکل ۱۳). این نتیجه نشان دهنده تأثیر کم تر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه در شرایط مصرف زیاد کودهای شیمیایی است. در کل کاربرد ورمی کمپوست توانسته عناصر غذایی را به میزان قابل توجهی در اختیار گیاه قرار دهد و

شرایط مناسب رشد و افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها و هورمون‌های مختلف موجود در آن است. ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی مانند پروتاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم گیاهان نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسب برای کنگد موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. جت و آهلاوات (۲۰۰۶) بیان داشتند که کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در گیاه نخود شده است. از سوی دیگر جاشانکار و وهاب (۲۰۰۵) نیز نتایج مشابهی را در مورد تأثیر ورمی کمپوست بر عملکرد دانه کنگد گزارش کردند.

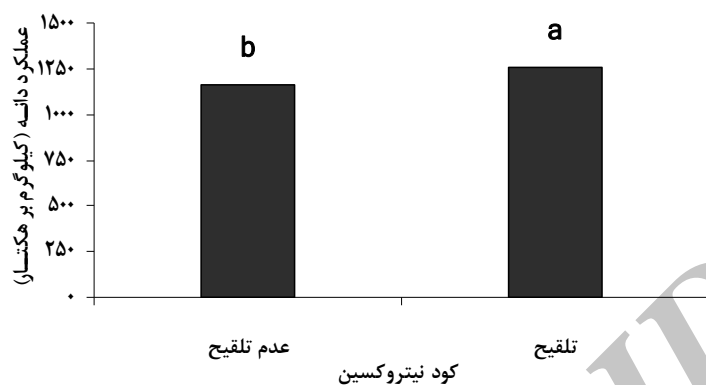
جدول ۷- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کود ورمی کمپوست در سطوح مختلف کود نیتروژن برای عملکرد دانه.

میانگین مربعات	درجه آزادی	کود نیتروژن (درصدی از مصرف معمول منطقه)
۱۶۹۴۳۳**	۲	۵۰ درصد
۱۰۱۹۲۷**	۲	۷۵ درصد
۲۶۶۷۹*	۲	۱۰۰ درصد

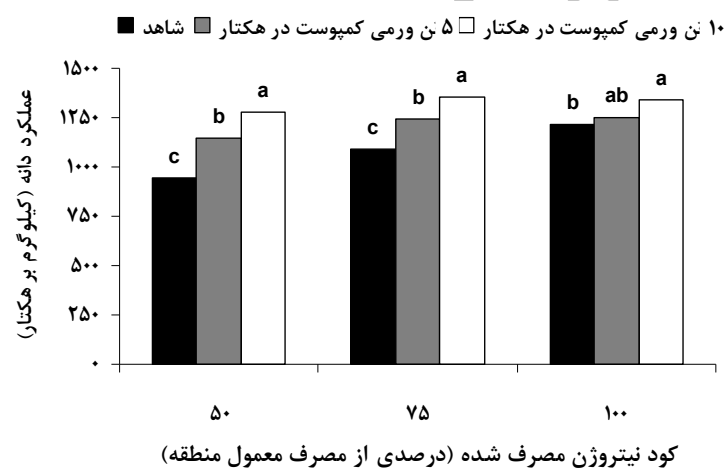
* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

نتیجه‌گیری

مدیریت حاصل‌خیزی خاک با استفاده از کودهای آلی مانند کودهای بیولوژیک و کود ورمی کمپوست می‌تواند در پیش‌برد هدف رسیدن به حداکثر عملکرد و حاصل‌خیزی پایدار خاک، بسیار دارای اهمیت باشد. از سوی دیگر کاربرد کودهای نیتروکسین و ورمی کمپوست به مقدار زیاد و به تنهایی در کوتاه‌مدت به علت رهاسازی تدریجی عناصر غذایی نمی‌توانند به‌طور کامل تأمین‌کننده نیاز کودی کنگد باشند. از این‌رو تأمین تلفیقی عناصر غذایی با استفاده از کودهای شیمیایی و آلی، ضمن آن‌که کمبود عناصر غذایی را جبران کرده باعث حفظ حاصل‌خیزی خاک شده و تولید پایدار محصول را به همراه دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش به‌نظر می‌رسد که تلفیق با نیتروکسین به همراه مصرف سطوح بهینه کود ورمی کمپوست در تلفیق با کود شیمیایی (اوره) با افزایش جذب عناصر غذایی سبب بهبود شاخص‌های رشد و مراحل نموی گیاه شده که در نهایت افزایش عملکرد دانه کنگد را به همراه دارد.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های اثر نیتروکسین بر عملکرد دانه.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و ورمی کمپوست بر عملکرد دانه.

منابع

- Ahmed, A.G., Orabi, S.A., and Gaballah, M.S. 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. Inter. J. Acad. Res. 2: 271-277.
- Al-Barrak, K.M. 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.) Sci. J. King Faisal Univ. Basi. Appl. Sci. 7: 87-103.

3. Alhani, A.G., and Haghghat Nia, H. 2006. Determine the amount and timing of nitrogen application in advance lines of sesame in Darab. The 9th Iranian Crop Sciences Congress, Abouryhan Campus, University of Tehran.
4. Alsafar, M., and Al-Hassan, Y. 2009. Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers on Growth and oil Yield of Indigenous Mint (*Mentha longifolia* L.). Asian Network for Scientific Information. Biotech. 8: 380-384.
5. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Tech. 93: 145-153.
6. Athernadeem, M., Iqbal, Z., Ayub, M., Mubeen, K., and Ibrahim, M. 2009. Effect of nitrogen application on forage yield and quality of maize sown alone and in mixture with legumes. Pak. J. Life Soc. Sci. 7: 161-167.
7. Ayub, M., Nadeem, M.A., and Tanveer, A. 2003. Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality of maize. Pak. J. Life Soc. Sci. 1: 59-61.
8. Banziger, M., Feil, B., and Stamp, P. 1994. Competition between nitrogen accumulative and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. Crop Sci. 34: 440-446.
9. Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2012. Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in Dill (*Anethum graveolens*). J. Med. Plant. Res. 6: 3266-3271.
10. Das, P.K., Sarangi, D., Jena, M.K., and Mohanty, S. 2002. Response of green gram (*Vigna radiata* L.) to integrated application of vermicompost and chemical fertilizer in acid lateritic soil. Ind. J. Agric. 46: 79-87.
11. Ershad Sarabi, M. 2010. Effect of plant growth activators and Di Azotrophs inoculation on yield and yield components of two barley cultivars. M.Sc. Thesis. Azad Islamic University, 172p.
12. Gardezi, A.K., Ferrera, R., Acuna, J.L., and Saavedra, M.L. 2000. *Sesbania emerus* (Aubi) urban inoculated with *Glomus* sp. in the presence of vermicompost. Mycorrhiza News, 12: 12-15.
13. Gooding, M.J., and Davies, W.P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals. Fertil. Res. 32: 202-222.
14. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on NO₃ and NO₂ accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. Sci. Hortic. (Amsterdam), 106: 330-340.
15. Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudry, A.U., and Malik, K.A. 2004. Rhizobial inoculation improves seeding emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Aus. J. Exp. Agric. 44: 617-622.
16. Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan Shoar, M., Malakoti, M.J., Asgharzadeh, A., and Chogan, R. 2006. Application of plant growth stimulating bacteria (PGPR) on yield of forage maize. Iran, J. Paj. Saz. 70: 16-22. (In Persian)

17. Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N.M., Akhter, N., Nahar, K., and Rahman, M.L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emir. J. Food Agric. 22: 46-58.
18. Jashankar, S., and Wahab, K. 2005. Effect of integrated nutrient management on the growth, yield components and yield of Sesame. Sesame and Safflower Newsletter, 20: 602-608.
19. Jat, R.S., and Ahlawat, I.P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. J. Sust. Agric. 28: 41-54.
20. Kader, M.A., Mahn, M.H., and Haque, M.S. 2002. Effects of azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Online J. Biol. Sci. 2: 259-261.
21. Karmegam, N., and Daniel, T. 2000. Effect of biodigested slurry and vermicompost on the growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Walp. Variety C₁. J. Environ. Ecol. 18: 367-370.
22. Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. Antonie Van Leeuwenhoek, 86: 1-25.
23. Mrkovacki, N., and Milic, V. 2001. Use of Azotobacter chroococcum as potential useful in agricultural application. Ann. Microbiol. 51: 145-158.
24. Naghavi Maremati, A., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Salak Gilani, S. 2007. Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of different rice cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran, Iran, Pp: 766-767.
25. Rajaei, S., Alikhani, H., and Reisi, F. 2007. Growth potential of indigenous strains of *Azotobacter chroococcum* on growth, yield and nutrient uptake in wheat. Agric. Sci. Natur. Resour. 11: 285-296.
26. Reddy, N.S., Anjanappa, M., and Reddy, R. 1998. Effect of organic and inorganic sources of NPK on growth and yield of pea (*Pisum sativum*). Legume Res. 21: 57-60.
27. Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B.N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial. Community structure in rain-fed wheat fields, J. Plant Sci. 38: 1111-1120.
28. Sarmadnia, G.H., and Kochaki, A. 1992. Crop Physiology. Mashhad Jahad Daneshgahi Press, 466p.
29. Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University. Hisar, Indi. Plant Soil Environ. 50: 409-415.

30. Sarker, M.A.R., Pramanik, G.M.Y.A., Faruk, M., and Ali, M.Y. 2004. Effect of green manures and levels of nitrogen on some growth attributes of transplant Aman rice. Pak. J. Biol. Sci. 7: 739-742.
31. Soleymanifard, A., and Siadat, S.A. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 11: 473-477.
32. Yadavi, A.R., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., and Zand, E. 2007. Effect of corn density and spatial arrangement on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) growth indices, Iran. J. Paj. Saz. 75: 33-42.
33. Weiss, E.A. 2000. Oilseed Crops, 2nd ed., Blackwell Science Ltd., Bodmin, UK.
34. Zaied, K.A., Abd-El-Hady, A.H., Afify, A.H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pak. J. Biol. Sci. 6: 344-358.



Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phenological stages and grain yield of Sesame

R. Sajadi Nik¹ and * A.R. Yadavi²

¹M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Iran

²Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Iran

Received: 05/27/2012; Accepted: 02/11/2013

Abstract

In order to study the effect of nitrogen, vermicompost and nitroxin biofertilizer on growth indices and phenology stage of sesame, a field experiment was carried out at Behbahan based on randomized complete block design in factorial arrangement with three replications in the summer of 2009. First factor was three rates of nitrogen fertilizer (50, 75 and 100% of region recommended nitrogen rate,) and second factor was three rates of vermicompost (0, 5 and 10 t ha⁻¹) and third factor was two levels of nitroxin biofertilizer application (seed inoculation and non-inoculation). The result showed that nitroxin inoculation and the use of 5 and 10 t ha⁻¹ vermicompost increased 7.1, 23.11 and 31.19% of maximum LAI of sesame, respectively. With increasing nitrogen fertilizer application, vermicompost and nitroxin inoculation, the maximum CGR of sesame increased significantly. Result also showed that vermicompost and nitroxin application had a positive and significant effect on phenological stages of sesame. So that use of vermicompost decreased rate of GDD requirement for sesame emergence significantly. Also inoculation with biological fertilizer nitroxin reduced emergence 17.4%. With vermicompost application the period of planting to appearance of capsule increased and reached to the highest level (5 t/ha). Nitroxin application increased grain yield 8.5%. Interaction of nitrogen and vermicompost showed that the most grain yield (1352 kg/ha) was obtained with applying 10 t/ha vermicompost and 75% nitrogen rate based on regional recommended.

Keywords: Nitrogen, Nitroxin, Phenological stages, Sesame, Vermicompost.

* Corresponding author; Email: yadavi53@yahoo.com