اثر کاربرد ترکیب کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین دو رقم کلزا

الناز ابراهیمیان[1*] و احمد بای‌بوردی[2]

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف ترکیب کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین دو رقم کلزا، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی در سال ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول در هفت سطح شامل تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه بر اساس حدود کفایت گزارش شده در منابع شامل ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، از منبع آلی، شیمیایی و تلفیقی (بدون کودآلی و کود نیتروژن (شاهد)، ۱۰۰٪ کودآلی، ۸۰٪ کودآلی و ۲۰٪ کود نیتروژن، ۶۰٪ کودآلی و ۴۰٪ کود نیتروژن، ۴۰٪ کودآلی و ۶۰٪ کود نیتروژن، ۲۰٪ کودآلی و ۸۰٪ کود نیتروژن و ۱۰۰٪ کود نیتروژن) و عامل دوم شامل دو رقم اکاپی و مودنا کلزا بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین، فتوسنتز و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز از تیمار ۱۰۰٪ کود نیتروژن (شیمیایی) به دست آمد. در بین تیمارهای ترکیبی، تیمار تامین ۲۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از کود دامی و تامین ۸۰٪ (۹۶ kg/ha) نیاز باقی مانده از کود شیمیایی تنها در عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین با تیمار شیمیایی اختلاف داشت، به طوری که صرف نظر از کاهش در عملکرد و با توجه به افزایش مصرف کودهای شیمیایی می‌توان این تیمار را به عنوان تیمار برتر توصیه نمود. هم‌چنین رقم اکاپی از نظر صفات مورد بررسی بهتر از رقم مودنا بود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، کود دامی، کود شیمیایی، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، کیفیت دانه.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۳/۲۱

۱- فرهیخته کارشناسی ارشد زراعت و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، خوی، ایران.

[*] نویسنده مسئول e_ebrahimian63@yahoo.com

۲- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، ایران.

مقدمه

در چند دهۀ اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها گردیده است (Quansah *et al.*, 2008). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای آلی و با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. یکی از منابع مهم کودهای آلی کود دامی است که در مصرف تلفیقی با کودهای شیمیایی نیتروژنه منبع مناسبی برای تغذیه متعادل گیاهان زراعی است و علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیز مؤثر بوده و به علت این که به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند. این کودها هم‌چنین باعث افزایش نگهداری رطوبت خاک می‌شوند (Gupta *et al.*, 2004). اقبال و پاور (Eghball and Power, 1999) دریافتند که در ذرت، با کاربرد کود دامی و کمپوست بر اساس نیتروژن قابل جذب، می‌توان عملکردی مشابه مصرف کودهای شیمیایی را بدست آورد. در سیستم‌های کشاورزی متداول، اگرچه به کمک کودهای شیمیایی در کوتاه مدت می‌توان به عملکردهای بالایی دست یافت، ولی پایداری حاصلخیزی خاک و سلامت محیط زیست در این سیستم‌ها نامطمئن است. این سیستم‌های زراعی منجر به کاهش کل نیتروژن قابل معدنی شدن، کاهش فراهمی فسفر، کاهش کربن آلی و در نتیجه افت فعالیت‌های بیولوژیک خاک می‌شوند (Sabahi, 2006). از این رو کسب عملکرد بهینه نیازمند جایگزینی دائمی عناصر غذائی می‌باشد. مطالعات بلند مدت نشان داده‌اند که استفاده فشرده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی شدن خاک، افت خصوصیات فیزیکی و عدم کفایت ریز مغذی‌ها در خاک می‌باشد (Adediran *et al.*, 2004). طبق گزارشات استون و همکاران (Stone *et al.*, 1982) استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی باعث فشردگی خاک و ضعف زمین‌های زراعی می‌شود. این درحالی است که استفاده از کودهای دامی می‌تواند فعالیت‌های بیولوژیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه اسیدیته خاک را خنثی کرده و بعضی از ریز مغذی‌ها مثل روی، بر و مس را تأمین کند و از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، در نهایت اثرات کمبود آب را کاهش دهد.

تحقیقات انجام گرفته در مورد تاثیر مصرف ترکیبی کود دامی و شیمیایی به ویژه در شرایط تنش شوری بر عملکرد کلزا بسیار اندک است. والکر و برنال (Walker and Bernal, 2008) نشان دادند که کاربرد ترکیبی کود دامی و شیمیایی می‌تواند اثرات سمی سدیم و کلر را کاهش داده و علاوه بر افزایش عملکرد، کارایی جذب عناصر غذایی به خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم را ارتقاء بخشد. بررسی کاربرد تلفیقی کود دامی و کود شیمیایی بر تبدیل روی قابل استفاده نشان داد که کاربرد کود دامی با افزایش قابلیت دسترسی روی موجب افزایش قابل توجه جذب روی و عملکرد مادۀ خشک گندم می‌گردد. روپا و همکاران (Rupa *et al.*, 2003) به این نکته دست یافت که استفاده ترکیبی از کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند یک سیستم تولید فشرده را پایدار سازد. او دلیل این امر را بهبود ویژگی‌های کیفی خاک و احتمالا انطباق بیشتر بین آزادسازی نیتروژن با نیاز گیاه اعلام کرد. به رغم تمام سودمندی‌های استفاده از کودهای دامی، کاربرد این مواد با مشکلاتی همراه است، اولاً استفاده از کودهای دامی به صورت تازه به دلیل افزایش ذخیره بذری علف‌های هرز در مزرعه، افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و در نهایت آسیب دیدگی ریشۀ گیاهان از طریق تجمع آمونیاک در محیط ریشه، می‌تواند برای گیاه مشکل‌آفرین باشد (Cudney *et al.*, 1992 ; Rynk, 1992; Tiquia *et al.*, 1996). ثانیاً پوساندن کودهای دامی و انجام فرآیند کمپوست سازی حتی در بهترین شرایط باعث هدر روی ٤٠ تا ٦٠ درصد نیتروژن آن می‌شود (Dwairi, 1998; Eghball *et al.*, 1997).

هدف از این پژوهش بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد و میزان روغن و پروتئین دو رقم کلزا به تیمارهای مختلف کودی به منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و بهبود عملکرد دانه کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر مصرف ترکیبی از کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن و پروتئین دو رقم کلزا، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع

طبیعی آذربایجان شرقی در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول در هفت سطح شامل تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع آلی(کود دامی)، کود شیمیایی و ترکیبی از این دو (بدون کود آلی کود نیتروژن (شاهد)، ۱۰۰٪ کودآلی، ۸۰٪ کودآلی و ۲۰٪ کود نیتروژن، ٦۰٪ کودآلی و ٤۰٪ کود نیتروژن، ٤۰٪+ کودآلی و ٦۰٪ کود نیتروژن، ۲۰٪ کودآلی و ۸۰٪ کود نیتروژن، ۱۰۰٪ کود نیتروژن) و عامل دوم شامل دو رقم کلزا، ارقام اکاپی و مودنا بود.

پیش از شروع آزمایش در تابستان، به منظور تهیه کمپوست مناسب برای اجرای آزمایش، ابتدا کود دامی تازه در ردیفی به طول ۵ متر، عرض۱۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر در کنار مزرعه انباشته شد. برای جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به ردیف‌های کود دامی، سطح ردیف‌ها به وسیله کاه و کلش بطور کامل پوشانده شد. طول دوره تبدیل کود دامی تازه به کمپوست‌های قابل استفاده ۸۰ روز بود که در این مدت تامین رطوبت مورد نیاز و شرایط هوازی، برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در ردیف‌های کود دامی لحاظ گردید. در چند نوبت علاوه بر برهم زدن ردیف‌های کودی، دمای توده کود در عمق ۱۵تا ۲۰ سانتی‌متری به وسیله دماسنج مورد ارزیابی قرار گرفت تا از رسیدن دمای کود به مقدار مناسب (حدود ۵۵ تا٦۰ درجه سلسیوس) برای از بین رفتن بذور علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها اطمینان حاصل شود (Eghball *et al.*, 2000). مقدار کمپوست کود دامی مصرفی جهت تامین ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه در تیمارهای مختلف پس از تعیین میزان نیتروژن کود کمپوست شده و نیتروژن موجود در خاک به صورت فرمول زیر برای هر تیمار مشخص شد (Sabahi, 2006):

درصد نیتروژن کود × درصد نیتروژن قابل دسترس × وزن خشک کود دامی = مقدار نیتروژن مورد نیاز

نتایج تجزیه خاک و کود دامی کمپوست شده به ترتیب در جدل ۱ و ۲ نشان داده است. پس از تعیین مقدار کود دامی مورد نیاز و انجام اعمال تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ماله، کمپوست تولیدی با خاک سطحی کرت‌ها به وسیله‌ی نیروی کارگری مخلوط گردید. به منظور اعمال صحیح تیمارها، تیمارهایی که دارای کود دامی و کود اوره بودند در ابتدای آزمایش با خاک هر کرت به طور کامل مخلوط شدند. هم‌چنین نیمی از کود شیمیایی اوره مورد نیاز در تیمارهای مختلف در ابتدای آزمایش و مابقی آن در ابتدای مرحله ساقه‌دهی کلزا مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به کافی بودن میزان فسفرو پتاسیم در خاک، هیچگونه کود دیگری به غیر از تیمارهای آزمایشی استفاده نشد.

جهت کشت، کرت‌های به ابعاد ۳ متر در ٤ متردر نظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها، ۱۰ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و به طول ٤ متر در هر کرت ایجاد گردید. سپس بذور کلزا، رقم اکاپی و مودنا در تاریخ ۱۵ مهر ماه کشت گردید. آبیاری به صورت عرف منطقه انجام گردید. برای جلوگیری از ایجاد تداخل، آبیاری هر کرت به صورت مجزا از کرت مجاور صورت گرفت. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز توسط کارگر انجام گردید.

در مرحله گلدهی میزان فتوسنتز گیاه با استفاده از دستگاه Li-6400, Li-Cor, Lincoln, USA مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین نمونه‌های برگی جهت سنجش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به آزمایشگاه منتقل شد. سنجش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به روش کلیپر و همکاران (Klepper *et al.*, 1971) انجام شد. بدین منظور ۰/۱ گرم از بافت برگ در ۲ میلی لیتر محلول حاوی ۰/۱ میلی مول بر لیتر بافر فسفات پتاسیم، ۰/۰۵ مول بر لیتر نیترات پتاسیم و ایزوپروپانول ۱ درصد عصاره گیری شد. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در تاریکی نگهداری شدند. جهت تخمین مقدار نیتریت تولید شده، یک میلی لیتر از سولفانیل امید ۱ درصد در یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک اضافه شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٥٤۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. میزان فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز بر مبنای ng NO_2^- µg protein محاسبه گردید.

در برداشت نهایی با در نظر گرفتن اثر حاشیه، دو ردیف میانی هر کرت به روش دستی برداشت شد و عملکرد و اجزای عملکرد تعیین شد. هم‌چنین درصد روغن و پروتئین با استفاده از دستگاه Inframatic پس از آسیاب دانه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای مختلف کودی اثر معنی‌داری بر همه صفات مورد بررسی داشتند ($P < 0.01$) (جدول ۳). هم‌چنین اثر رقم بر صفاتی نظیر تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و میزان فتوسنتز معنی‌دار گردید (جدول ۱). در حالی که اثر متقابل بین تیمارهای کودی و رقم تنها بر تعداد خورجین و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۳).

عملکرد دانه

در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب از تیمار کود شیمیایی (تامین صد درصد نیتروژن مورد نیاز از کود شیمیایی) و تیمار شاهد (عدم مصرف هر گونه کود) به دست آمد (جدول ٤). در بین تیمارهای ترکیبی، تیمار تامین ۸۰ درصد نتیروژن مورد نیاز از کود دامی و ۲۰ درصد از کود شیمیایی کمترین عملکرد دانه را تولید نمود. قابل ذکر است که بین دیگر تیمارهای ترکیبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). بدیهی است که استفاده از کود شیمیایی به دلیل تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه به طور سریع منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی به صورت مقطعی می‌گردد که این موضوع با توجه به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تائید می‌شود. افزایش عملکرد ناشی از مصرف صددرصد کود دامی (تیمار کود آلی) در مقایسه با تیمار شاهد نشان دهنده توانائی کود دامی در تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه می‌باشد. در بین تیمارهای ترکیبی تیمارهای ٦۰٪ کود آلی و ٤۰٪ کود نیتروژن، ٤۰٪ کود آلی و ٦۰٪ کود نیتروژن، ۲۰٪ کود آلی و ۸۰٪ کود نیتروژن با وجود عملکرد کمتر نسبت به تیمار شیمیایی به عنوان تیمارهای برتر معرفی شدند. اگرچه بیشترین عملکرد دانه از تیمار صد درصد کود شیمیایی به دست آمد، اما با توجه به اثرات زیان بار مصرف کودهای شیمیایی شاید بتوان گفت که استفاده از تیمارهای ترکیبی راه کار مناسبی در جهت کاهش آلودگی زیست محیطی بوده و این کاهش عملکرد با افزایش کیفیت و سلامت محصول تولیدی قابل جبران باشد. از سوی دیگر استفاده از کودهای دامی علاوه بر تامین دیگر عناصر مورد نیاز گیاه، به ویژه عناصر کم مصرف، سبب افزایش فعالیت بیولوژیک خاک شده و برخصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌افزاید، در حالی که مصرف کودهای شیمیایی صرف نظر از افزایش عملکرد ناپایدار، تنها سبب آسیب به آب، خاک و چرخه غذایی در اکوسیستم زراعی می‌شود. مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌های خاک تجزیه شده و از این طریق انرژی آزاد گشته، و عناصر غذایی به شکل یون‌های غیر آلی در می‌آیند که می‌توانند توسط گیاهان جذب شوند (Gosling and Shepherd, 2005). گوپتا و همکاران (Gupta *et al.*, 2004) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از کودهای دامی می‌تواند علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه هم نقش داشته باشد. حسن‌زاده (Hasan Zadeh, 2000) در بررسی خود دریافت که تیمارهای ترکیب کود دامی با کودهای نیتروژنه عملکرد بالاتری نسبت به سایر تیمارها ایجاد می‌کنند.

تعداد دانه در غلاف

بیشترین تعداد دانه در خورجین از تیمار کود شیمیایی و کمترین آن از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ٤). در بین تیمارهای ترکیبی دو تیمار ٤۰٪ کود آلی و ٦۰٪ کود نیتروژن و ۲۰٪ کود آلی و ۸۰٪ کود نیتروژن بیشترین تعداد دانه در خورجین را تولید نمودند. بین دو تیمار صد درصد کود آلی و ۸۰٪ کود آلی و ۲۰٪ کود نیتروژن اختلافی از نظر تعداد دانه در خورجنین مشاهده نشد (جدول ٤). حداکثر بازده نیتروژن زمانی حاصل می‌شود که مقدار و زمان مصرف کود هماهنگ با نیاز گیاه باشد. اگر این هماهنگی حاصل شود، نه تنها تعداد خورجین در متر مربع افزایش می‌یابد بلکه بدلیل جلوگیری از سقط ناشی از کمبود عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، تعداد دانه در خورجین نیز افزایش می‌یابد. کودهای شیمیایی نیتروژنه (اوره) زمانی کارآمد خواهند بود که در چند نوبت و در زمان نیاز بحرانی گیاه مورد استفاده قرار گیرند، چرا که میزان شستشو، تصعید و تبخیر در این گونه کودها بالا است، در حالی که کودهای دامی به مرور و به آرامی نیتروژن را در تمام مراحل رشد در اختیار گیاه قرار می‌دهند و از افزایش تجمع نیترات در گیاه به صورت ناگهانی ممانعت به عمل می‌آورند. گزارش شده است که افزایش جذب نیتروژن در حضور کود دامی، باعث افزایش تولید اسیمیلات توسط گیاه شده که علاوه بر تحریک تولید خورجین‌های بیشتر، مانع از سقط گلچه‌ها نیز می‌گردد (Taylor *et al.*, 1991). دو رقم مودنا و اکاپی از نظر تعداد دانه در خورجین با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان

دادند (شکل ۱). رقم اکاپی تعداد دانه در خورجین بیشتری نسبت به مودنا تولید نمود.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه در تیمارهای ترکیبی نسبت به تیمار صد درصد کود آلی افزایش معنی‌داری نشان داد، به ویژه زمانی که تیمار ۲۰٪ کودآلی و ۸۰٪ کود نیتروژن به کار برده شد (جدول ٤). نکته شایان توجه این است اختلاف معنی‌داری بین تیمار مذکور و تیمار صددرصد کود شیمیایی وجود نداشت (جدول٤)، به عبارت دیگر استفاده از کود دامی توانست جایگزین درصدی از کود شیمیایی شود که این خود نتیجه‌ای ارزشمند در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. با افزایش مصرف کود شیمیایی در تیمارهای ترکیبی، تعداد دانه در خورجین افزایش یافت و انتظار می‌رفت که به دلیل کاهش قدرت مبدا وزن دانه‌ها کاهش یابد، اما وزن دانه‌های در تیمارها کاهش معنی‌داری نشان نداد. این نتیجه بیانگر اثر مثبت کودهای دامی در افزایش وزن دانه‌ها و ایجاد تعادل در بین مقصدهای فیزیولوژیک می‌باشد. از سوی دیگر به نظر می‌رسد استفاده از کود دامی با توجه به قابلیت تبادل کاتیونی بالای مواد آلی سبب شده است مواد غذایی بیشتری در طول دوره رشدگیاه فراهم آید و متعاقبا باعث افزایش وزن هزار دانه در این تیمارها شود. این نتایج با نتایج باسو و همکاران (Basso *et al.*, 2005) مطابقت دارد.

درصد روغن

درصد روغن تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای آلی، تلفیقی و یا شیمیایی قرار نگرفت، به عبارت دیگر تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مذکور مشاهده نشد و تنها اختلاف معنی‌دار بین تیمار کاربرد و عدم کاربرد کود مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد درصد روغن کمترین تاثیرپذیری را از تیمارهای مختلف داشته است که این یافته در مورد اثر رژیم‌های آبیاری بر درصد روغن توسط کریم‌زاده اصل و همکاران (Karimzadeh Asl *et al.*, 2003) نیز گزارش شده است. محققین دیگری نظیر لوساویو و همکاران (Losavio *et al.*, 1981) و مظفری و همکاران (Mozafari *et al.*, 2006) نیز دریافتند که درصد روغن صفتی است که کمترین تاثیرپذیری را دارد.

بیشترین و کمترین میزان فتوسنتز به ترتیب از تیمار صددرصد شیمیایی و شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول ٤). تیمار تامین۲۰٪ نیتروژن مورد نیاز از کود دامی و تأمین ۸۰٪ مابقی به وسیله کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری را با تیمار صددرصد کود شیمیایی نشان نداد (جدول ٤). بدین ترتیب این تیمار می‌تواند جایگزین کاربرد صرفاً کودشیمیایی نیتروژنه شود. قابل ذکر است که تیمار صد درصد آلی نیز از نظر میزان فتوسنتز کارآیی چندانی نداشت (جدول ٤). استفاده از کودهای شیمیایی به دلیل جذب سریع و دسترسی گیاه به میزان بالایی از نیتروژن منجر به افزایش رشد رویشی، سطح برگ و میزان کلروفیل می‌گردد که خود افزایش فتوسنتز را در پی دارد (Sawada *et al.*, 1995). در حالی که کودهای آلی به ویژه کودهی دامی به دلیل رهاسازی نیتروژن به صورت تدریجی، در طی دوره رشد نیتروژن مورد نیاز را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. رقم اکاپی نیز از میزان فتوسنتز بالاتری نسبت به رقم مودنا برخوردار بود (شکل ۲).

فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در تیمارهای ۱۰۰٪ کود نیتروژن، ۲۰٪ کودآلی و ۸۰٪ کود نیتروژن و ٤۰٪ کودآلی و ٦۰٪ کود نیتروژن در بالاترین مقدار خود بود. کمترین میزان فعالیت در تیمارهای شاهد (بدون کود) و صددرصد کود آلی مشاهده شد (جدول ٤). از آنجایی که نیتروژن جز سازنده و اصلی اسیدهای آمینه می‌باشد، به نظر می‌رسد که این کاهش در فعالیت آنزیم، ناشی از تخریب و یا غیر فعال شدن ژن‌های کدکننده این آنزیم باشد (Felagella *et al.*, 2004).

اثر متقابل رقم و سیستم‌های کوددهی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (شکل ۳). بیشترین تعداد دانه از رقم اکاپی تحت سیستم صد درصد شیمیایی به دست آمد. اگرچه بین تیمارهای تلفیقی اختلاف معنی‌دار چندانی مشاهده نشد اما این تیمارها نسبت به تیمار صد درصد آلی از کارآیی بیشتری برخوردار بودند.

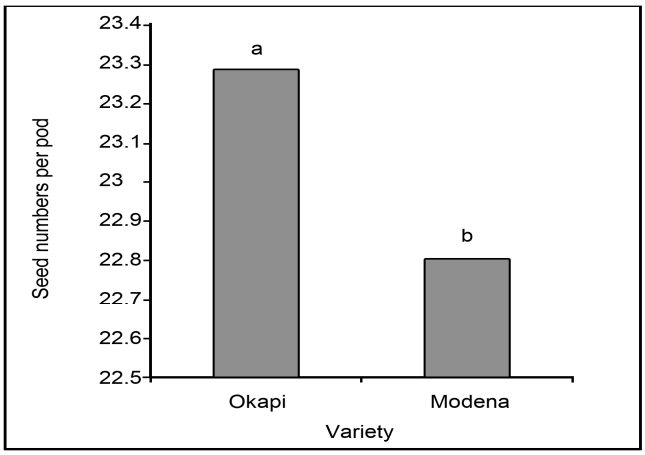
درصد پروتئین

اثر متقابل رقم و ترکیب‌های مختلف کودی بر درصد پروتئین معنی‌دار بود (شکل ٤). بیشترین درصد پروتئین از تیمار صددرصد کود شیمیایی در ارقام اکاپی و مودنا به دست آمد. سیستم صددرصد کود آلی نیز نسبت به تیمارهای ترکیبی از درصد پروتئین کمتری برخوردار بود.

همبستگی صفات مورد مطالعه

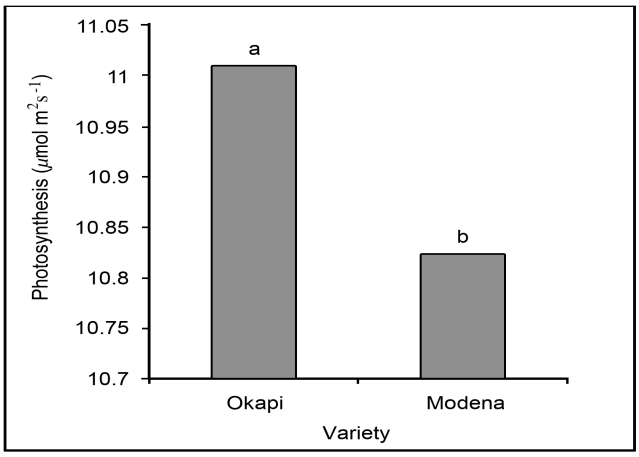
همبستگی بین صفات مورد بررسی در این آزمایش در جدول ۵ نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و اجزای عملکرد مشاهده گردید. هم‌چنین بین عملکرد با درصد روغن، درصد پروتئین و میزان فتوسنتز همبستگی معنی‌داری مشاهده شد. فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز با تنها با میزان فتوسنتز همبستگی معنی‌داری نشان داد.

به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که بین سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، بیشترین عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن، فتوسنتز و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز از تیمار صددرصد کود شیمیایی به دست آمد. در بین تیمارهای ترکیبی تیمار تامین ۲۰ درصد نیتروژن مورد نیاز از کود دامی و تامین ۸۰٪ نیاز باقی مانده از کود شیمیایی به عنوان تیمار برتر شناخته شد. ین تیمار تنها در عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین با سیستم صددرصد شیمیایی اختلاف داشت. اگرچه تیمار مذکور عملکرد کمتری در مقایسه با تیمار صددرصد کود شیمیایی داشت، اما شاید بتوان گفت که این تیمار با توجه به کاهش مصرف کود شیمیایی در تولید گیاهان با کیفیت بهتر و هم‌چنین حفاظت آب و خاک می‌تواند موثرتر واقع شود. هم‌چنین با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش رقم اکاپی به عنوان رقم برتر شناخته شد.



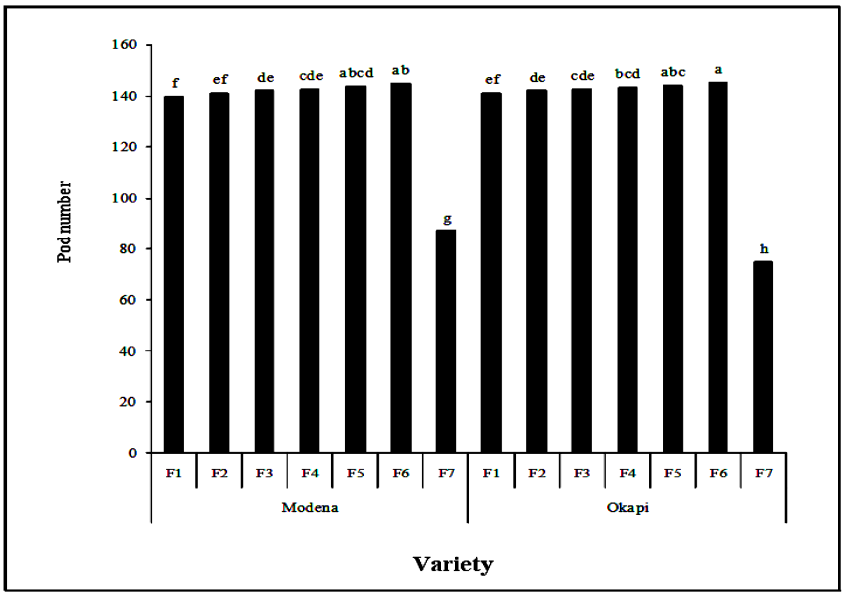
شکل ۱- تعداد دانه در غلاف در دو رقم کلزا

Figure 1. Seed numbers per pod in two canola varieties



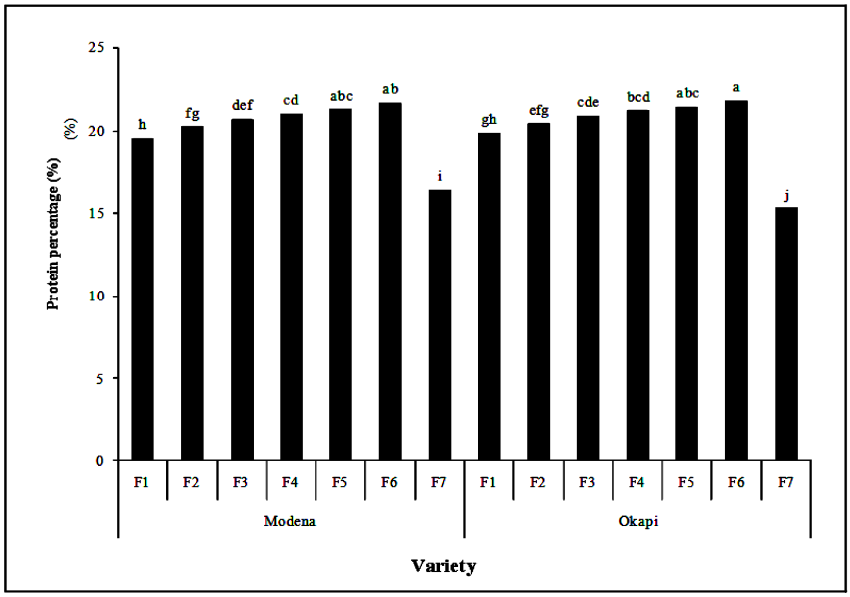
شکل ۲- میزان فتوسنتز در دو رقم کلزا

Figure 2. Photosynthesis in two canola varieties



شکل ۳- اثر متقابل رقم و کود بر تعداد غلاف در دو رقم کلزا

Figure 3. Interaction effects of variety and fertilizer on pod number in two canola varieties



شکل ٤- اثر متقابل رقم و کود بر درصد پروتئین دو رقم کلزا

Figure 4. Interaction effects of variety and fertilizer on protein percentage of two canola varieties

جدول ۱- اجزای خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Components of soil in the field

Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	T.N.V (%)	pH	O.M (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	Cu ($mg.kg^{-1}$)
0-30	60	20	20	Loam	11	7.7	0.86	0.079	19	310	8.6	0.86	1.1

جدول ۲- اجزای کود دامی کمپوست شده در آزمایش

Table 2. Components of composted cattle manure in the experiment

Total nitrogen (%)	Total phosphorous (%)	Total potassium (%)	O.C (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$ Cu)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Mn ($mg.kg^{-1}$)
1.22	0.58	2.66	29.66	8.2	20.6	26.6	99.6	21.76	256.8

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد، درصد پروتئین و روغن دانه، فتوسنتز و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز تحت تاثیر ترکیب کود دامی و شیمیایی در دو رقم کلزای اکاپی و مودنا

Table 1. Analysis of variance for yield, yield components, oil and protein percentage, photosynthesis and nitrate reductase activity of Okapi and Modena canola varieties affected by cattle manure and chemical fertilizer

S.O.V.	D.F.	Yield	Pod numbers	Seed number per pod	1000 seed weight	Protein percentage	Oil percentage	photosynthesis	Nitrate reductase
Replication	2	38338.36**	22.88**	2.59**	0.00^{ns}	0.89**	2.65**	1.69**	80.94**
Fertilizer (A)	6	6845933.67**	3291.00**	332.87**	2.28**	24.08**	103.18**	7.66**	8.72**
Variety (B)	1	5508.60^{ns}	12.59**	2.38**	0.00^{ns}	0.00^{ns}	0.38^{ns}	0.36*	1.41^{ns}
A*B	6	5645.32^{ns}	36.98**	0.26^{ns}	0.00^{ns}	0.38**	0.63^{ns}	0.01^{ns}	0.20^{ns}
Error	26	6786.90	0.90	0.21	0.00	0.09	0.45	0.07	1.37
C.V.(%)		1.89	0.70	1.99	1.89	1.52	1.58	2.43	12.25

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ و ns : غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively and ns: non significant

جدول ٤- اثر اصلی تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد، درصد پروتئین، فتوسنتز و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز دو رقم کلزای اکاپی و مودنا

Table 2. Main effects of fertilizer treatments on yield, yield components, protein percentage, photosynthesis and nitrate reductase activity of Okapi and Modena canola varieties

Fertilizer treatments	Yield (kg ha^{-1})	Seed numbers per pod	1000 seed weight (g)	Oil percentage (%)	Photosynthesis (µmol m^{2}s^{-1})	Nitrate reductase (ng NO_2^- µg protein)
F1	4480.67^{d}	24.33^{d}	3.41^{b}	43.70^{a}	10.11^{e}	8.56^{cd}
F2	4684.83^{c}	24.83^{d}	3.46^{ab}	4393^{a}	10.66^{d}	9.20^{cd}
F3	4796.33^{b}	25.50^{c}	3.46^{ab}	44.01^{a}	11.13^{c}	9.36^{bc}
F4	4807.17^{b}	26.26^{b}	3.48^{ab}	44.21^{a}	11.50^{b}	10.05^{abc}
F5	4832.33^{b}	26.66^{b}	3.50^{a}	44.40^{a}	11.90^{a}	10.68^{ab}
F6	4938.00^{a}	27.50^{a}	3.52^{a}	44.43^{a}	12.18^{a}	11.28^{a}
F7	1956.17^{e}	6.33^{e}	1.85^{c}	33.16^{b}	8.91^{f}	7.80^{d}

وجود حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

Same letters in each column show no significant differences

F1: 100% cattle manure (organic)

F2: 80% cattle manure and 20% urea (combined)

F3: 60% cattle manure and 40% urea (combined)

F4: 40% cattle manure and 60% urea (combined)

F5: 20% cattle manure and 80% urea (combined)

F6: 100% urea (Chemical)

F7: non cattle manure and non urea (control)

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی روی دو رقم کلزا

Table 3. Correlation coefficients between the studied traits affected by variety and fertilizers

Traits	Yield	Pod numbers	Seed numbers per pod	1000 seed weight	Protein percentage	Oil percentage	Photosynthesis	Nitrate reductase
Silique number	0.98**							
Seed number in silique	0.99**	0.98**						
1000 seed weight	0.98**	0.99**	0.98**					
Protein percentage	0.95**	0.94**	0.94**	0.93**				
Oil percentage	0.98**	0.97**	0.97**	0.97**	0.93**			
Photosynthesis	0.81**	0.76**	0.82**	0.76**	0.83**	0.77**		
Nitrate reductase	0.15ns	0.05ns	0.14ns	0.06ns	0.18ns	0.20ns	0.44**	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ و ns : غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively and ns: non significant

References

Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA, Idowu OJ (2004) Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yeilds in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163- 1181.

Basso B, Ritchie JT (2005) Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize–alfalfa rotation on Michigan. Agriculture Ecosystem & Environment 108: 329-341.

Cudney DW, Wright SD, Shulz TA, Reints JS (1992) Weed seed in dairy manure depends on collection site. California Agriculture 46: 31-32.

Dwairi IM (1998) Conserving toxic ammoniacal nitrogen in manure using natural zeolite tuff: a comparative study. Bulletin of Environmental contamination and Toxicology 6: 126-133.

Eghball B, Lesoing G.W (2000) Viability of weed seeds following manure windrow composition. Compost Science Utilization 8: 46-53.

Eghball B, Power JF, Gilley JE, Doran JW (1997) Nutrient, carbon, and mass flow of beef cattle feedlot manure during composting. Journal of Environment Quality 26: 189-193.

Flagella Z, Giuliani MM, Rotunno T, Di Caterina R, De Caro A (2004) Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. European Journal of Agronomy 21: 267-272.

Gosling P, Shepherd M (2005) Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. Agriculture Ecosystem and Environment 105: 425–432.

Gupta S, Munyankusi E, Monerief J, Zvomuya F, Hanewall M (2004) Tillage and manure application effects on mineral nitrogen leaching from seasonally frozen soils. Journal of Environment Quality 33: 1239-1246.

Hasan Zadeh Ghort Tappeh AJ (2000) Study of organic, chemical and integrated fertilizers on qualitative and quantitative properties of sunflower in Azerbaijan-e-Gharbi, Iran. Ph.D. dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract].

Karimzadeh Asl KH, Mazaheri D, Peyghambari SA (2003) Effect of four irrigation cycles on yield and quantitative traits of three sunflower cultivar. Iranian Journal of Agricultural Science 34 (2): 293-300. [In Persian with English Abstract].

Klepper L, Flesher D, Hageman RH (1971) Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reduction in green leaves. Plant Physiology 20: 580-590.

Losavio, N, Venesion ML, Zerbi G (1981) Sunflower response to increasing irrigation levels in southern Italy. Proceeding of International Sunflower Conference, Spain. pp. 98-109.

Mozafari K, Arshy Y, Zeinali Khangahj H (2006) Study of drought stress effects on morphological traits and yield components of sunflower. Seed Science Journal 12 (3): 24-33. [In Persian with English Abstract].

Rupa, TR, Srinivasa Rao CH, Suba Rao A, Sing M (2003) Effects of farmyard manure and phosphorus on zinc transformation and phyto-availability in two alfisols of India. Journal of Bioresource Technology 87: 279-288.

Rynk, R (1992) On-farm composting handbook. Publication NRAES-54. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca , New York.

Sabahi H (2006) Study of integrated chemical and organic fertilizers on biological activity and physicochemical properties of soil and canola yield in Zirab region. Ph.D. dissertation, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract].

Sawada, O, Itoh J, Fujita K (1995) Characteristics of photosynthesis and translocation of 13C-labelled photosynthetic in husk leaves of sweet corn. Crop Science 35: 480–485.

Stone, LR, Ellis JR, Whitney DA (1982) The effects of nitrogen fertilizer on soil. Cooperative extension service, Arkansas State University, Manhattan, U.S.A. 625 pp.

Taylor, Aj, Smith Cj, Wilson IB (1991) Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola. Fertilizer Research 29: 249-260.

Tiquia SM, Tam NFY, Hoodgkiss I.J (1996) Effect of composting on phytotoxicity of spent pig- manure sawdust litter and pig sludge. Bioresourse Technology 65: 43-49.

Walker DJ, Pilar Bernal M (2008) The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresource Technology 99: 396-403.

Quansah JE, Engel BA, and Chaubey, I (2008). Tillage practices usage in early warning prediction of atrazine pollution. Trans. ASABE, 51-54: 1311–1321.