

اثر مصرف توأم کودهای اوره، سولفات روی و زادمایه ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا (*Brassica napus* L.)

ناهید جعفری^۱، مسعود اصفهانی^{۲*}، علیرضا فلاح^۲، غلامرضا محسن آبادی^۱ و علی کافی قاسمی^۵
۱، ۲، ۴، ۵، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و مربی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان،
۳، استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۷ - تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای اوره، سولفات روی و زادمایه (کود زیستی) حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد دانه، جذب و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا رقم هایولا ۳۰۸، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایشی شامل کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) به عنوان عامل اصلی و دو عامل کود سولفات روی در دو سطح (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و زادمایه در دو سطح (با و بدون زادمایه) به عنوان عوامل فرعی بصورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل نشان داد که بین سطوح نیتروژن، زادمایه و کود سولفات روی از نظر تأثیر بر جذب و کارایی مصرف نیتروژن، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.01$). بالاترین کارایی استفاده از نیتروژن با میانگین ۳۸/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه و کمترین آن با میانگین ۲۷/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم، در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه بدست آمد. بالاترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن با میانگین ۱۴/۹ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه و کمترین آن با میانگین ۸/۶ کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی بدون زادمایه بدست آمد. بالاترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن با میانگین ۳۴/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه بدست آمد. بالاترین باز یافت ظاهری نیتروژن با میانگین ۵۲/۲ درصد در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه بدست آمد. بالاترین میزان روغن دانه و عملکرد دانه (با میانگین ۴۲/۸ درصد و ۲۵۶۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای صفر و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+زادمایه+کود سولفات روی بدست آمد. با توجه به معنی‌دار بودن سطوح زادمایه و کود سولفات روی با مقادیر پایین‌تر نیتروژن و بالا بودن کارایی مصرف نیتروژن در این سطوح کودی، به نظر می‌رسد که استفاده از زادمایه حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن همراه با کود سولفات روی می‌تواند به صرفه جویی در کود شیمیایی نیتروژن در زراعت کلزا و به کاهش آلودگی‌های محیطی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم، کارایی مصرف نیتروژن و کلزا.

مقدمه

آبشویی نیترات (Daneshmand et al., 2006)، تولید روغن خوراکی، مصارف صنعتی و تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Diepenbrock, 2000). یکی از

کلزا توانایی بالایی در جذب نیتروژن از خاک داشته و به عنوان یک گیاه جمع‌آوری کننده برای کاهش

درصد) می‌باشد. نیاز به کودهای حاوی گوگرد، مربوط به میزان نیتروژن مصرفی بوده و این موضوع به دلیل نقش این دو نوع کود در بیوسنتز پروتئین در دانه کلزا می‌باشد (Fazili et al., 2008).

نتایج یک تحقیق نشان داد که بین عملکرد کلزا و مصرف گوگرد همبستگی مثبتی وجود داشته و استفاده از کودهای حاوی گوگرد و نیتروژن به بطور همزمان، باعث افزایش عملکرد و میزان روغن دانه می‌شود (Jackson, 2000). در زراعت کلزا کمبود روی نیز منجر به کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد دانه و محتوی روغن آن می‌شود. مصرف روی در کلزا به میزان ۳۵ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش عملکرد دانه (تا ۶۵ درصد) گردید (Grewal & Graham, 1997). ارتباط میان عملکرد دانه و روغن در کلزا با نیتروژن مصرفی، منحنی است که بالاترین میزان عملکرد دانه با مصرف ۱۸۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست می‌آید (Daneshvar et al., 2008).

نتایج تحقیقات نشان داده است که ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با برخی از ریزسازواره‌های خاک دارای روابط سینرژیستی (هم‌افزایی) بوده و باعث بهبود عملکرد گیاهان می‌شوند (Tariq et al., 2007). گزارش شده است که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، باعث افزایش تعداد و طول ریشه‌های فرعی، ارتفاع بوته و میزان جذب عناصر غذایی شده و عملکرد محصول تا حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد افزایش می‌یابد (Bano, 2006). مصرف کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم توام با کودهای شیمیایی در زراعت کلزا، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (Yasari & Patwardhan, 2007). تلقیح توام بذر کلزا با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم باعث افزایش محصول تا حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2006).

هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر مصرف کود اوره، زادمایه حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (کود زیستی) به عنوان مکمل کود نیتروژن، کود سولفات روی (به عنوان منبع تامین گوگرد و روی) و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا بوده است.

راه‌های سنجش بهره‌وری کود نیتروژن، ارزیابی کارایی استفاده از نیتروژن است که به مفهوم توانایی گیاه برای تبدیل نیتروژن جذب شده به عملکرد اقتصادی (دانه) می‌باشد (Delogu et al., 1998). اکثر تلفات نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی به صورت آبشویی و بین ۲۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار در سال برآورد شده و بر همین اساس کارایی استفاده از نیتروژن مصرفی در مزارع کشاورزی پایین است (Fazili et al., 2008). بالا بودن مصرف نیتروژن در کلزا، دلالت بر ناکارآمدی گیاه در استفاده از نیتروژن و تلفات بالای آن در اثر ریزش برگ‌ها (به ویژه بعد از مرحله گل‌دهی) است که با انتخاب شیوه صحیح تغذیه گیاه می‌توان کارایی آنها را افزایش داد (Ghort Tappeh & Ghalavand, 2006). درصد بازیافت نیتروژن (نسبت مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه به مقدار کود نیتروژن مصرف شده) با خصوصیات خاک، مقدار، روش و زمان مصرف کود تغییر می‌کند و میزان آن بین ۳۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد (Khomami, 2004). بازیافت نیتروژن با افزایش مصرف کود نیتروژن کاهش می‌یابد و مقدار آن در گیاهان زراعی معمولاً کمتر از ۵۰ درصد است. دلیل این موضوع پایین بودن بازیافت نیتروژن در گیاهان یک ساله در اثر بالا بودن تلفات کودی عنوان شده است (Daneshvar et al., 2008). در آزمایشی روی کلزا بالاترین کارایی استفاده از نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن (نسبت محتوای نیتروژن دانه به محتوای کل نیتروژن گیاه) و بازیافت ظاهری نیتروژن در تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به ترتیب با میانگین ۲۳ کیلوگرم برکیلوگرم، ۶۷ و ۵۲/۴ درصد) بدست آمد. با افزایش نیتروژن مصرفی به (۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، میانگین کارایی استفاده از نیتروژن به ترتیب ۱۸/۱، ۱۷/۳، ۱۸/۹ و ۱۶/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم، شاخص برداشت نیتروژن ۵۷ درصد و بازیافت ظاهری نیتروژن به ترتیب ۵۲/۴، ۲۷/۵، ۲۹/۷، ۲۰ و ۳۲/۲ درصد کاهش یافت (Adriana et al., 2002). مصرف توام کودهای حاوی گوگرد و نیتروژن در دو رقم کلزا، شاخص برداشت نیتروژن را به دلیل افزایش تخصیص نیتروژن به بیوسنتز پروتئین در دانه‌ها، افزایش داد. کمبود گوگرد در خاک یکی از دلایل کاهش کارایی استفاده از نیتروژن (تا ۲۵

مواد و روش‌ها

۱۶/۴ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی در طی فصل رشد گیاه ۷۳ میلی‌متر و مجموع ساعات آفتابی ۷۷۳/۴ ساعت بودند. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در جدول یک نشان داده شده است.

این آزمایش طی سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در دانشکده کشاورزی گیلان اجرا شد. میانگین درجه حرارت حداقل و حداکثر هوا در طول اجرای آزمایش به ترتیب ۵/۳ و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

شن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک	کربن آلی (درصد)
۱۳/۱۲	۳۰/۷۲	۵۶/۱۶	سیلتی-رسی	۱/۹۴
پتاسیم قابل جذب (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب (mg.kg^{-1})	نیتروژن (درصد)	روی (mg.kg^{-1})	گوگرد (mg.kg^{-1})
۲۲۸	۲۴/۶	۰/۱۸۳	۰/۷۴	۰/۵۳
pH				۷/۱

مرحله، قبل از ساقه روی و قبل از گلدهی [کدهای ۲/۰۵ و ۳/۶ کدبندی سیلوستر- برادلی و میکپیس (۱۹۸۴)] بر اساس نوع تیمار، به خاک افزوده شد. مساحت هر کرت ۱۰/۵ مترمربع و تراکم بوته‌ها حدود ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. برداشت محصول با میانگین رطوبت دانه حدود ۳۵ درصد، در ۱۸ اردیبهشت انجام گرفت. عملکرد دانه (بر اساس رطوبت ۱۲ درصد) و عملکرد کاه و کلش اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه انواع کارایی‌های مصرف نیتروژن، میزان نیتروژن موجود در دانه و بافت‌های گیاهی با استفاده از روش کج‌دال اندازه‌گیری شد. در این روش از اسید سولفوریک، نمک و کاتالیزور برای تبدیل باندهای آلی نیتروژن موجود در بافت‌های گیاهی به آمونیوم استفاده می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2006). کارایی استفاده از نیتروژن (UTE) (کیلوگرم بر کیلوگرم)، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Fan et al., 2004).

$$UTE = \frac{Wg}{Nt} \quad (1)$$

در این رابطه، Wg وزن محصول (دانه) و Nt کل نیتروژن جذب شده بوسیله گیاه (کیلوگرم) می‌باشند (Lopez-Bellido et al., 2005). کارایی زراعی نیتروژن (NAE) (کیلوگرم بر کیلوگرم)، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$NAE = \frac{Y_{NX} - Y_{N0}}{Nf} \quad (2)$$

Y_{NX} عملکرد در تیمار کودی، Y_{N0} عملکرد در تیمار شاهد و Nf کل نیتروژن مصرفی (کیلوگرم) می‌باشند.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که عامل اصلی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، از منبع اوره) و عوامل فرعی شامل کود سولفات روی (به عنوان منبع تامین گوگرد و روی) (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و زادمایه حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم (با و بدون زادمایه) بودند. کود سولفات روی ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) دارای ۳۷ درصد روی و ۲۴ درصد گوگرد می‌باشد. ۵۰۰ میلی‌لیتر از زادمایه نیتروکسین برای تلقیح یک کیلوگرم دانه کلزا استفاده شد (تعداد هر کدام از دو نوع باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم در هر میلی‌لیتر از محلول نیتروکسین، 10^8 بر اساس واحد CFU بودند). کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (حاوی ۴۶ درصد پتاسیم و ۱۷ درصد گوگرد) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود سولفات روی (حاوی ۳۴ درصد روی و ۲۴ درصد گوگرد) در کرت‌های مورد نظر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت بذر بصورت نواری در خاک جایگذاری شدند.

عملیات کاشت بذر در هفته اول آبان سال ۱۳۸۶ به صورت ردیفی و با دست انجام شد. بذر کلزا رقم ۳۰۸ هاپولا که از مرکز خدمات کشاورزی شهرستان رشت تهیه شده بود، ابتدا به مدت یک ساعت با زادمایه نیتروکسین تلقیح و پس از خشکاندن در سایه، بلافاصله کشت شد. یک سوم از کود پایه اوره یک ماه پس از کاشت و دو سوم باقیمانده آن به صورت سرک در دو

کیلوگرم) بیشترین و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمايه (۲/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم)، کمترین کارایی استفاده از نیتروژن را داشتند (جدول ۳). این نتایج مطابق با نتایج سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه، بیانگر این است که کارایی استفاده از نیتروژن وابستگی بالایی به نیتروژن جذب شده در شرایط مصرف کمتر نیتروژن دارد (Horst et al., 2003). به نظر می‌رسد که با وجود افزایش در مصرف نیتروژن و افزایش مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط بوته، در مقادیر پایین‌تر نیتروژن، کارایی انتقال و استفاده از نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است. افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌تواند با شاخص برداشت نیتروژن مرتبط باشد. در این رابطه نتایج یک آزمایش نشان داد که بالاترین کارایی استفاده از نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن در تیمار ۳۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ۲۳ کیلوگرم در هکتار و ۶۷ درصد) بدست آمد (Adriana et al., 2002). با توجه به این که کارایی استفاده از نیتروژن، توانایی گیاه برای انتقال نیتروژن جذب شده به مقدهای اقتصادی گیاه (دانه) را نشان می‌دهد و تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + زادمايه نیز دارای بالاترین کارایی استفاده از نیتروژن و شاخص برداشت بوده و این موضوع به دلیل جذب بالای نیتروژن به وسیله دانه‌ها در مقادیر کمتر کودی است، به نظر می‌رسد که با مصرف مقادیر کمتری از کود نیتروژن و با استفاده از کودهای زیستی می‌توان در مصرف کود صرفه جویی نمود. نتایج یک آزمایش روی دو رقم کلزا نشان داد که کارایی استفاده از نیتروژن در تیمارهای مختلف کود نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به ترتیب (۳۲/۱ تا ۳۵/۵)، (۳۱/۲ تا ۳۲/۶)، (۲۰/۶ تا ۲۱/۶) و (۱۵/۹ تا ۱۷/۹) کیلوگرم بر کیلوگرم بود. با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار کل نیتروژن جذب شده افزایش یافت و علی‌رغم افزایش عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری میان سطوح ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد.

این موضوع می‌تواند نشان دهنده عدم کارایی گیاه در استفاده از میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه باشد (Daneshmand et al., 2008). روند

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (NPE) (کیلوگرم بر کیلوگرم)، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$NPE = \frac{Y_{NX} - Y_{N0}}{D - E} \quad (3)$$

Y_{NX} عملکرد در تیمار کودی، Y_{N0} عملکرد در تیمار شاهد (کیلوگرم)، D جذب نیتروژن توسط گیاه در تیمار کودی و E جذب نیتروژن توسط گیاه در تیمار شاهد (کیلوگرم) می‌باشند.

بازیافت ظاهری نیتروژن (NRF) (درصد) بر حسب مقدار نیتروژن جذب شده به ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده تعریف می‌شود (Lopez-Bellido et al., 2005).

$$NRF = \frac{D - E}{B} \times 100 \quad (4)$$

در این رابطه، D جذب نیتروژن توسط گیاه در تیمار کودی و E جذب نیتروژن توسط گیاه در تیمار شاهد و B مقدار نیتروژن مصرفی بر حسب کیلوگرم می‌باشند (Fan et al., 2004). شاخص برداشت نیتروژن (NHI) عبارت است از نسبت نیتروژن جذب شده در دانه به نیتروژن جذب شده توسط کل گیاه است که بر حسب درصد بیان می‌شود (Lopez-Bellido et al., 2005).

$$NHI = \frac{Ng}{Nt} \times 100 \quad (5)$$

در این رابطه Ng مقدار نیتروژن جذب شده در دانه و Nt مقدار نیتروژن جذب شده در کل بوته بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

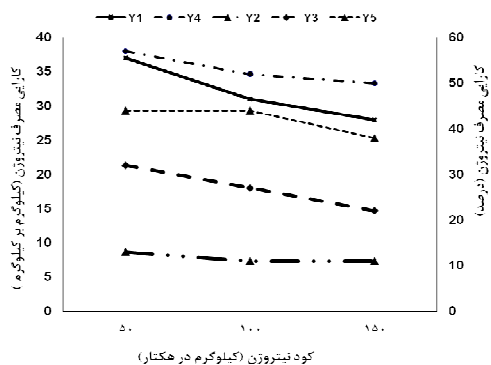
برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SAS نسخه 9.1 استفاده شد. تست نرمال سازی داده ها که انجام شد (Skewness, Kurposif)، برای هرکدام از صفات تجزیه واریانس صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

کارایی استفاده از نیتروژن

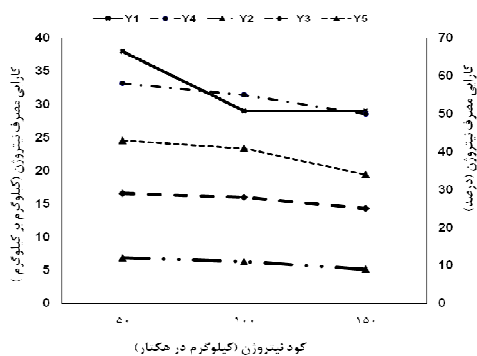
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی استفاده از نیتروژن تحت تاثیر تیمارهای کود اوره و کود سولفات روی و زادمايه قرار گرفت (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمايه (۳۸/۷) کیلوگرم بر

در سطوح بالاتر کود نیتروژن در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- اثر متقابل سطوح کود نیتروژن زادمایه بر کارایی استفاده از نیتروژن (Y1)، کارایی زراعی نیتروژن (Y2)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (Y3)، شاخص برداشت نیتروژن (Y4) و بازیافت ظاهری نیتروژن (Y5) در کلزا رقم هایولا ۳۰۸

نزولی کارایی استفاده از نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن×کود سولفات روی و کود نیتروژن×زادمایه



شکل ۱- اثر متقابل سطوح کود نیتروژن×کود سولفات روی بر کارایی استفاده از نیتروژن (Y1)، کارایی زراعی نیتروژن (Y2)، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (Y3)، شاخص برداشت نیتروژن (Y4) و بازیافت ظاهری نیتروژن (Y5) در کلزا رقم هایولا ۳۰۸

ارسال نیتروژن ذخیره شده به دانه‌ها و افزایش محتوای پروتئین دانه می‌باشد (Abdin et al., 2006). در آزمایشی روی دو رقم کلزا، با مصرف (۱۰۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و گوگرد)، شاخص برداشت نیتروژن به ترتیب ۵۶/۵ و ۵۷/۶ درصد بدست آمد (Fazili al, 2008). روند نزولی شاخص برداشت نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن×کود سولفات روی و کود نیتروژن×زادمایه در سطوح بالاتر کود نیتروژن در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

کارایی زراعی مصرف نیتروژن

تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه (۱۴/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و زادمایه (۸/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم)، به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی زراعی نیتروژن را داشتند (جدول ۳). مصرف زادمایه و سولفات روی باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن گردید. به نظر می‌رسد که مصرف کود سولفات روی بدلیل وجود عنصر روی در آن و همچنین دارا بودن مقدار قابل توجهی عنصر گوگرد (۳۷ درصد روی و ۲۴ درصد گوگرد) و همچنین تامین گوگرد اضافی از منبع

شاخص برداشت نیتروژن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین مقادیر شاخص برداشت نیتروژن نشان داد که تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون زادمایه+کود سولفات روی به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند (جدول ۳). گزارش شده است که مصرف توأم نیتروژن و روی در مقایسه با مصرف نیتروژن به تنهایی، باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه و شاخص برداشت نیتروژن می‌شود که این می‌تواند بدلیل افزایش نیتروژن جذب شده در دانه‌ها باشد (Asghar & Zahir, 2004). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد که مصرف زادمایه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم دارای تأثیر مثبتی بر افزایش شاخص برداشت نیتروژن بود. گزارش شده است که در گیاه کلزا با افزایش اختصاص نیتروژن به خورجین‌ها و کاهش هدرروی نیتروژن در سطوح پایین‌تر نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن افزایش پیدا می‌کند (Malagoli et al., 2005). در کلزا شاخص برداشت نیتروژن در شرایط مصرف توأم نیتروژن و گوگرد، بالاتر از مصرف نیتروژن به تنهایی بوده و این موضوع بدلیل

سولفات پتاسیم (۱۷ درصد گوگرد)، باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در سطوح پایین تر آن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) شده باشد. به علاوه مصرف زادمایه نیز در مقادیر پایین تر کود نیتروژن دارای اثر مطلوب تری از نظر کارایی مصرف نیتروژن بود. نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که کارایی زراعی نیتروژن متاثر از مقدار نیتروژن مصرفی است و در مقادیر بالای نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش می یابد (Hirel et al., 2007). گزارش شده است که در سطوح بالای کود نیتروژن، میزان تلفات نیتروژن در اثر تصعید، دنیتریفیکاسیون و آبشویی، به علت عدم جذب آن به وسیله گیاه افزایش یافته و این موضوع باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن می شود (Ghort Tappeh & Ghalavand, 2006). مثبت و معنی دار بودن ضریب همبستگی محاسبه شده بین کارایی زراعی نیتروژن و بازیافت ظاهری نیتروژن ($r=0.92^{**}$) (Yasari et al., 2008)، نیز مؤید این موضوع می باشد. روند نزولی کارایی زراعی نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن×کود سولفات روی و کود نیتروژن×زادمایه در سطوح بالاتر کود نیتروژن در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بازیافت ظاهری نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی دار تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر بازیافت ظاهری نیتروژن بود (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه (۵۲/۲ درصد) و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+زادمایه بدون کود سولفات روی (۳۲/۲ درصد)، به ترتیب بیشترین و کمترین بازیافت ظاهری نیتروژن را داشتند (جدول ۳). بالا بودن بازیافت ظاهری نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کود سولفات روی و زادمایه می تواند بدلیل معدنی شدن آهسته تر نیتروژن در مصرف توام تیمارهای کود نیتروژن و زادمایه در مراحل مختلف رشد گیاه در مقایسه با مصرف آن به تنهایی باشد که دلیل این موضوع به غیرمتحرک شدن (immobilization) نیتروژن نسبت داده شده است (Lakshminarayana, 1993). گزارش شده است که عملکرد دانه و کارایی بازیافت نیتروژن در کلزا با افزایش مقدار نیتروژن در یک حد مطلوب افزایش یافته و با مصرف زیادتر آن کاهش می یابد (Svecnjak &

Rengel, 2006) در تحقیقی روی کلزا، بازیافت ظاهری نیتروژن با مصرف نیتروژن به تنهایی برابر با ۴۱/۶ درصد و به صورت توام با کود گوگرد ۴۹/۵ درصد بدست آمد (Jackson, 2000). اثرات متقابل تیمارهای کود نیتروژن+کود سولفات روی و زادمایه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بر تغییرات بازیافت ظاهری نیتروژن در آزمایش حاضر در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن

تجزیه واریانس اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+کود سولفات روی+زادمایه، بالاترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن را داشته است (۳۴/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) (جدول ۳). با توجه به معنی دار شدن کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، به نظر می رسد که با مصرف کمتر نیتروژن و تأثیر مثبت عنصر روی و زادمایه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، افزایش عملکرد دانه در این تیمارها به ازای مقدار نیتروژن تجمع یافته در کل گیاه حاصل شده و باعث افزایش کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن در این تیمارها می شود. گزارش شده است که در کلزای پاییزه در مقادیر بالاتر کود نیتروژن، به علت بهبود رشد ریشه، ظرفیت جذب عناصر غذایی افزایش می یابد، ولی در مقابل مقدار بیشتری از نیتروژن جذب شده در پیکره گیاهی باقی مانده و کارایی فیزیولوژیک آن کاهش می یابد (Sabahi & Ghalavand, 2005). روند نزولی کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن×کود سولفات روی و کود نیتروژن×زادمایه در سطوح بالاتر کود نیتروژن در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده های مربوط به عملکرد دانه، اختلاف معنی داری بین اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن با زادمایه و سطوح کود نیتروژن با کود سولفات روی را نشان داد (جدول ۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+زادمایه و (با و بدون) کود سولفات روی، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون زادمایه+کود سولفات روی به ترتیب (۲۵۶۸، ۲۴۹۰ و ۲۴۶۸ کیلوگرم در هکتار)،

هکتار در تیمار ۱۶۴ کیلوگرم نیتروژن و ۸۴ کیلوگرم فسفر و ۵۱ میلی لیتر در لیتر زادامیه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم بدست آمد (Soomro, 2000).

میزان روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ میزان روغن دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن همراه با زادامیه (با و بدون کود سولفات روی) به ترتیب با میانگین ۴۲/۸، ۴۲/۸ درصد و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و زادامیه با میانگین ۳۷/۳ درصد، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن دانه را دارا بودند (جدول ۳). در سطوح بالاتر نیتروژن میزان روغن دانه کلزا کاهش می یابد (Soomro, 2000) و با افزایش گوگرد میزان روغن دانه افزایش پیدا می کند (Yasari & Patwardhan, 2006). در تحقیقی سه ساله بر روی چهار رقم کلزا، میزان روغن دانه در همه ارقام در سطح ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در بیشترین مقدار بود (Saeidi & Sedghi, 2008). بنا به دلیل وجود عنصر گوگرد در کود سولفات روی و سولفات پتاس (۵۰ کیلوگرم کود سولفات روی حاوی ۲۵ کیلوگرم گوگرد و ۱۴۰ کیلوگرم سولفات پتاس حاوی ۲۴ کیلوگرم گوگرد است)، احتمالاً گوگرد موجود در سولفات روی و سولفات پتاس باعث افزایش میزان روغن دانه شده است.

بیشترین و تیمار شاهد (۵۴۳ کیلوگرم در هکتار)، کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). این نتیجه نشان می دهد که با مصرف زادامیه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، عملکرد دانه افزایش قابل توجهی نسبت به تیمارهای بدون زادامیه خواهد داشت. گزارش شده است که در کلزا اگر فقط به افزایش مصرف نیتروژن مبادرت شده و گوگرد اضافی در خاک مصرف نشود، عملکرد دانه کاهش می یابد (Fan et al., 2004). در کلزا عملکرد بالا با تولید تعداد بیشتر خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (بدلیل فراهم شدن مخزن بزرگتری برای مواد متابولیکی) همراه است و همبستگی مثبت بین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه ($r=0.82^{**}$) وجود دارد (Adriana et al., 2002). بر اساس نتایج آزمایش حاضر، تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن با و بدون کود سولفات روی، به ترتیب با میانگین ۱۶۰/۴ و ۱۵۹/۹، دارای بالاترین تعداد خورجین در بوته بودند که میانگین عملکرد دانه آنها نیز به ترتیب ۲۵۱۸ و ۲۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بودند. در تحقیقی بر روی کلزا در تیمار زادامیه حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم عملکرد دانه (۹۱۶ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار زادامیه توأم با کودهای پایه همراه با گوگرد و روی، میانگین عملکرد دانه به ترتیب ۳۲۸۲ و ۳۳۷۴ کیلوگرم در هکتار بوده است (Yasari et al., 2008). در تحقیق دیگری روی کلزا، بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۲۲۴۶ کیلوگرم در

جدول ۲- تجزیه واریانس کارایی استفاده از نیتروژن، کارایی زراعی مصرف نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن، بازیافت ظاهری، عملکرد و روغن دانه در کلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای کودی نیتروژن، سولفات روی و زادامیه

نیتروکسین

میانگین مربعات (MS)									
منابع تغییر	درجه آزادی	استفاده از نیتروژن	کارایی زراعی	کارایی فیزیولوژیک	شاخص برداشت نیتروژن	بازیافت ظاهری	درجه آزادی	عملکرد دانه	میزان روغن
تکرار	۲	۲/۴۷۸	۱۵/۸۳	۵/۱۲۱	۶۵/۶۲۳	۲۲۲/۱۸	۲	۸۸۳۴۵/۷۵	۲/۰۸۲
نیتروژن	۲	۲۰۵/۵۸ ^{ns}	۵/۹۷ ^{ns}	۶۷/۹۰ ^{ns}	۴۹/۳۰۰ ^{ns}	۱۴۷/۶۰ ^{ns}	۲	۶۱۶۹۲۶۵/۳ ^{ns}	۱۲۹/۲۵۰ ^{ns}
خطای اصلی	۴	۲۱/۶۶	۳/۶۸	۱۰/۱۳۵	۲۸/۸۲	۱۷۲/۶۱	۶	۸۹۰۳/۱۱۲	۰/۱۵
سولفات روی	۱	۱۹/۴۷۹ ^{ns}	۶۶/۳۰۴ ^{ns}	۲۵/۲۱۰ ^{ns}	۲۷/۱۳ ^{ns}	۱۰۸۷/۰۹۷ ^{ns}	۱	۶۵۵۹۰۲/۵۲ ^{ns}	۱۲/۲۳ ^{ns}
زادامیه	۱	۵۹/۱۴۵ ^{ns}	۴۰/۲۴۳ ^{ns}	۵۹/۲۶۹ ^{ns}	۳۵/۲۹۵ ^{ns}	۴۵۰/۶۹ ^{ns}	۱	۳۲۰۵۶/۶۹ ^{ns}	۱/۷۶ ^{ns}
نیتروژن × سولفات روی	۲	۳۳/۴۵۳ ^{ns}	۲۹/۴۷۸ ^{ns}	۲/۵۳۶ ^{ns}	۶۵/۴۳۱ ^{ns}	۶۸۰/۱۲ ^{ns}	۲	۲۱۰۵۴۲/۵۲ ^{ns}	۶/۳۸ ^{ns}
نیتروژن × زادامیه	۲	۲۴/۰۷۰ ^{ns}	۲۳/۱۷۴۱ ^{ns}	۹۵/۰۶۷ ^{ns}	۵۱/۶۲۷ ^{ns}	۶۱۷/۵۶۵ ^{ns}	۲	۵۱۳۵۰/۵۸ ^{ns}	۲۱۰۸۳ ^{ns}
سولفات روی × زادامیه	۱	۱۳/۳۹۵ ^{ns}	۱۹/۲۳۷ ^{ns}	۵/۴۲۵ ^{ns}	۴۵/۵۰ ^{ns}	۵۲/۰۵۳ ^{ns}	۱	۴۶۲۱/۶۹ ^{ns}	۶/۱۱ ^{ns}
سولفات روی × زادامیه × نیتروژن	۲	۲۰/۳۱۱ ^{ns}	۱۵/۰۹۵ ^{ns}	۱۰۳/۲۵۳ ^{ns}	۳۲/۶۹ ^{ns}	۴۱۱/۴۹۱ ^{ns}	۲	۶۹۶۳۹/۱۹ ^{ns}	۴/۲۷ ^{ns}
خطای فرعی	۱۸	۶/۵۶	۱/۰۹	۸/۱۴	۶/۲۶	۴۳/۵۹	۲۴	۸۸۶۶۱/۰۱	۱/۷۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۹۵	۹/۳	۱۰/۹۰	۴/۶۰	۱۶/۲۶		۱۹/۱	۳/۲
ضریب تبیین		۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۸۱		۰/۷۹	۰/۹۲

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن× کود سولفات روی× زادمايه نیتروکسین بر کارایی استفاده از نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن و بازیافت ظاهری نیتروژن در کلزا رقم هایولا ۳۰۸

تیتروژن	زادمايه	کود سولفات روی	کارایی استفاده از نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)	بازیافت ظاهری نیتروژن (درصد)	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)
صفر کیلوگرم	با زادمايه	با کود سولفات روی	-	-	-	-	-	۴۲/۸a	۹۲/۱j
	بدون	بدون کود سولفات روی	-	-	-	-	-	۴۲/۸a	۶۲/۱l
	زادمايه	با کود سولفات روی	-	-	-	-	-	۴۲/۸a	۷۵/۸k
	بدون	بدون کود سولفات روی	-	-	-	-	-	۴۱/۸a	۵۴/۲m
۵۰ کیلوگرم	با زادمايه	با کود سولفات روی	۲۸/۷a	۱۴/۹a	۳۴/۸a	۵۲/۷a	۵۹/۳a	۴۱/۳ab	۱۴۷/۸f
	بدون	بدون کود سولفات روی	۲۸/۴a	۱۷/۱bc	۲۹/۰bc	۴۲/۸bcd	۵۸/۱ab	۴۱/۰b	۱۲۴/۰h
	زادمايه	با کود سولفات روی	۲۶/۴ab	۱۲/۹ab	۲۵/۵cde	۴۲/۹abcd	۵۷/۷ab	۴۲/۵a	۱۲۵/۸g
	بدون	بدون کود سولفات روی	۲۳/۶bc	۱۲/۱bc	۲۹/۸b	۴۲/۱bcd	۵۸/۲ab	۲۹/۱c	۱۰۸/۱j
۱۰۰ کیلوگرم	با زادمايه	با کود سولفات روی	۲۲/۶cd	۱۱/۱cd	۲۸/۹bc	۴۸/۱ab	۵۵/۰bc	۲۹/۲c	۲۴۵/۱ab
	بدون	بدون کود سولفات روی	۲۲/۳cd	۹/۷ef	۲۶/۳bcde	۴۷/۲abc	۵۱/۰d	۲۸/۲cd	۱۹۰/۰d
	زادمايه	با کود سولفات روی	۲۱/۴cde	۱۷/۲bc	۲۲/۵ae	۴۹/۶ab	۵۰/۵d	۲۸/۸cd	۲۱۰/۰c
	بدون	بدون کود سولفات روی	۱۸/۶f	۸/۶f	۲۷/۰bcd	۴۴/۶abcd	۵۱/۹cd	۲۷/۶de	۱۷۹/۲e
۱۵۰ کیلوگرم	با زادمايه	با کود سولفات روی	۲۷/۲f	۱۱/۶c	۲۶/۱bcde	۴۲/۱bcd	۵۵/۰bc	۲۸/۱cde	۲۵۶/۸a
	بدون	بدون کود سولفات روی	۲۸/۶ef	۱۱/۱cd	۲۵/۱cde	۳۲/۲e	۵۵/۱bc	۲۷/۹cde	۲۴۹/۰a
	زادمايه	با کود سولفات روی	۲۹/۲def	۱۲/۲bc	۲۴/۲de	۳۷/۱de	۵۰/۴d	۲۸/۰cde	۲۴۶/۸ab
	بدون	بدون کود سولفات روی	۲۹/۵def	۱۰/۱de	۲۵/۸cde	۳۹/۰cde	۵۲/۶cd	۲۷/۳e	۲۲۴/۰b
LSD			۲/۴	۱/۴	۲/۹	۸/۸	۲/۳	۹۹/۰	۱/۳

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

نتیجه گیری

و کمک به آزاد شدن فسفر، پتاسیم، گوگرد، نیتروژن و عناصر کم مصرف خاک، باعث افزایش تاثیر توأم مصرف کودهای شیمیایی و زادمايه می شود. با افزایش مصرف کود نیتروژن، بازیافت نیتروژن کاهش می یابد. دلیل این موضوع به پایین بودن بازیافت نیتروژن در گیاهان یک ساله به دلیل تلفات بالای کودی آنها در مزرعه نسبت داده شده است (Daneshvar et al., 2008).

به نظر می رسد که استفاده توأم انواع زادمايه های حاوی باکتری های مفید با کودهای شیمیایی می تواند با افزایش کارایی مصرف کودها، به کاهش مصرف آنها (به ویژه کود نیتروژن) کمک کند. نتایج کلی بدست آمده حاکی از مفید بودن مصرف توأم کودهای نیتروژن، سولفات روی و زادمايه حاوی باکتری های از تو باکتر و آزوسپیریلیوم بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در گیاه کلزا در شرایط آزمایش حاضر بوده است و اجرای آزمایش های تکمیلی جهت تایید نهایی این نتایج توصیه می شود.

نتایج کلی این آزمایش نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن علی رغم افزایش عملکرد دانه، اختلاف معنی داری میان سطوح نیتروژن ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد که این موضوع می تواند نشان دهنده عدم کارایی گیاه در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی باشد. با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف کودها در تولید دانه و ماده خشک بصورت تجمعی کاهش یافت. به نظر می رسد که با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط بوته افزایش یافته، ولی در مقادیر پایین تر نیتروژن، کارایی انتقال و استفاده از نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر است. عملکرد و کارایی بازیافت نیتروژن با مصرف مقدار نیتروژن در یک حد مطلوب افزایش یافته و با افزایش مصرف نیتروژن، مقادیر آنها نیز کاهش می یابد. تحریک و افزایش رشد گیاه توسط ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با تثبیت نیتروژن مولکولی هوا

REFERENCES

1. Abdin, M. Z., Ahmad, A., Khan, I., Qureshi, M. I. & Abrol, Y. P. (2006). Effect of S and N nutrition on N-accumulation and N-harvest in rapeseed- mustard (*Brassica juncea* L. and *Brassica campestris* L.). *Plant and Soil Sciences*, 92, 816-817.

2. Adriana, M., Chamorro Lia, N., Tamagno, R., Bezus, S. & Santiago, J. S.(2002). Nitrogen accumulation, partition and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. *Soil Science and Plant Analysis*, 33(3&4), 493–504.
3. Asghar H.N., Zahir Z.A. (2004). Screening rhizobacteria for improving the growth, yield, and oil content of canola (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(2), 187–194.
4. Bano A. (2006). Altitudinal variation in Azospirillum species collected from the rhizosphere and roots of (*Zea mays* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5, 1051–1053.
5. Daneshmand, A. R., Shirani-Rad, A. H., Noormohamadi, Gh., Zarei, Gh. & Daneshian. J. (2006). Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(4), 323-342. (In Farsi).
6. Daneshmand, A. R., Shirani-Rad, A. H., Noormohamadi, Gh., Zarei, Gh. & Daneshian. J. (2008). Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield component and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(2), 25-33. (In Farsi).
7. Daneshvar, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modares Sanavy, S. A. M. & Shirani-Rad. A. H.(2008). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on agronomical and physiological traits of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(4), 30-41. (In Farsi).
8. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D. & Maggiore, T. (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 9, 11–20.
9. Diepenbrock W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67, 35–49.
10. Fan, X., Lin, F. & Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 853-865.
11. Fazili, I. S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, M., Khan, J. S. & Abdin, M. Z.(2008). Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7), 1203 – 1220.
12. Ghort Tappeh, A. H. & Ghalavand, A.(2006). Effects of fertilizer systems on yield and agronomic N-efficiency of different sunflower cultivars. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12(5), 20-27. (In Farsi).
13. Grewal H.S., Graham, R.D. (1997). Seed zinc content influences early vegetative growth and zinc uptake in oilseed rape (*Brassica napus* and *Brassica juncea*) genotypes on zinc-deficient soil. *Plant and Soil*, 191, 191–197.
14. Hirel B., Le Gouis J., Ney B., Gallais A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, 58, (9) 2369–2387.
15. Horst W.J., Behrens T., Heuberger H., Kamh M., Reidenbach G., Wiesler F. (2003). Genotypic differences in nitrogen use-efficiency in crop plants. In: Lynch J. M., Schepers J.S., Ünver I. (Eds.): *Innovative Soil–Plant Systems for Sustainable Agricultural Production*, pp. 75–92.
16. Jackson, G. D. (2000). Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 92, 644-649.
17. Khomami, M., Kasrai, R., Moghadam, M. & Kavousi, M. (2004). Effect of urea and SCU fertilizer and their application methods on grain yield, nitrogen efficiency and recovery in rice (cv. Nemat). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14(4), 107-114. (In Farsi).
18. Lakshminarayana K. (1993). Influence of Azotobacter on nutrition of plant and crop productivity. *Proceedings of Indian National Science Academy*, 59, 303–308.
19. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J. & Redondo, R. (2005). Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*, 94(1), 86-97.
20. Malagoli, P., Laine, P., Rossato L. & Ourry, A. (2005). Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) from stem extension to harvest. II. An ¹⁵N-labelling-based simulation model of N partitioning between vegetative and reproductive tissues. *Annals of Botany*, 95, 1187-1198.
21. Sabahi. H. & Ghalavand. A.(2005). Comparison of nitrogen uptake, N use efficiency and N loss at organic, integrated and conventional fertilizer systems in canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Environmental Sciences* 6, 15-28.
22. Saedi, Gh. A. & Sedghi, A. (2008). Effect of some macro and micronutrients on seed yield, oil content and agronomic traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Isfahan. *Journal of Science and*

- Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(45), 77-88. (In Farsi).
23. Soomro, N. S. (2000). Effect of different nitrogen, phosphorus and biofertilizer level on yield of canola. (<http://parc.gov.pk>).
 24. Svecnjak, Z. & Rengel, Z. (2006). Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. *Plant and Soil*, 283, 299- 307.
 25. Tariq, M., Hameed, S., Malik, K. A. & Hafeez, F. Y. (2007). Plant root associated bacteria for zinc mobilization in rice. *Pakistan Journal of Botany Science*, 39, 245-253.
 26. Yasari, E., Esmaeili Azadgoleh, M., Pirdashti, H. & Mozafari, S. (2008). Azotobacter and azospirillum inoculants as biofertilizer in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(5), 490-494.
 27. Yasari, E. & Patwardhan, A. M. (2007). Effects of (*Azotobacter* and *Azospirillum*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of plant Sciences*, 6(1), 77-82.
 28. Yasari, E. & Patwardhan, A. M. (2006). Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizers application. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(5), 745-752.