نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۵۰۱-۴۹۲

Agroecology
Vol. 5, No. 4, Winter 2014, p. 492-501

# مصرف باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR)، نیتروژن و روی بر عملکرد دانه و جذب نیتروژن در کلزا (*Brassica napus* L.)

ناهید جعفری[۱]، مسعود اصفهانی[۲*] و علیرضا فلاح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

## چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مصرف توأم کودهای نیتروژن، سولفات روی و کود زیستی حاوی *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۳۰۸، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم) به‌عنوان عامل اصلی و دو عامل کود سولفات روی در دو سطح (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک در دو سطح (با و بدون کود بیولوژیک) به‌عنوان عوامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که بین سطوح نیتروژن، کود زیستی و کود سولفات روی از نظر تأثیر بر تجمع و جذب نیتروژن در کلزا اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکرد دانه (۲۵۶۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتارنیتروژن + کود زیستی + کود سولفات روی به‌دست آمد. بیشترین میزان نیتروژن گیاه (۴/۹ درصد) در مرحله رشدی روزت و بیشترین میزان نیتروژن دانه (۳/۶ درصد) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی به‌دست آمد. بیشترین کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی + کود سولفات روی (به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۲۹/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد. با توجه به معنی‌داربودن اثر متقابل کود زیستی و کود سولفات روی همراه با مقادیر کمتر کود نیتروژن و بیشترین کارایی جذب نیتروژن در این تیمارهای آزمایشی، به‌نظر می‌رسد که قابلیت جذب و استفاده از نیتروژن برای تشکیل دانه در حضور کودهای زیستی و کود سولفات روی برای گیاه کلزا بیشتربوده است. مهم‌ترین سازوکارهای تأثیر PGPRها عبارت است از افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی با تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم می‌باشد که موجب صرفه جویی در مصرف کود نیتروژن خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** *آزوسپیریلوم*، *ازتوباکتر*، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

## مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) با ۴۵-۴۰ درصد روغن، کمترین درصد اسیدهای چرب اشباع (۸- ۵ درصد) را در بین نباتات روغنی دارا بوده و به‌عنوان یک گیاه کاهش دهنده آبشویی عناصر[۲]، برای کاهش آبشویی نیترات، تولید روغن خوراکی، مصارف صنعتی و تغذیه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Daneshmand et al., 2006). افزایش مصرف نیتروژن موجب طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه و افزایش جذب نیتروژن در کلزا می‌شود. همبستگی بالایی بین عملکرد دانه با میزان نیتروژن برگ (r=۰/۶۱**) گزارش شده است (Saeidi & Sedghi, 2008). در آزمایشی دیگر روی چهار رقم کلزا، همبستگی مثبتی بین عملکرد دانه با تجمع نیتروژن در دانه به‌دست آمد و روند جذب نیتروژن با الگوی تجمع ماده خشک در گیاه مطابقت داشت (Svecnjak & Rengel, 2007). کلزا نیازمند ۷۰ تا ۸۰ گرم نیتروژن برای تولید یک کیلوگرم دانه می‌باشد (Zangani et al., 2006). با افزایش دسترسی گیاه کلزا به نیتروژن، میزان جذب آن به بیش از ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌رسد (Soleimanzadeh et al., 2008). محتوای نیتروژن دانه در تک بوته‌های کلزا ۵/۱ – ۳/۳ درصد گزارش شده است (Adriana et al., 2002). غلظت نیتروژن در گیاه کلزا به‌عنوان درصدی از ماده خشک بیان می‌شود (Sidlauskas &

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور
(*- نویسنده مسئول: (Email: esfahani@guilan.ac.ir

2- Catch crop

(Tarakanovas, 2004). غلظت نیتروژن در برگ‌های کلزای پائیزه در مرحله روزت ۳ تا ۴/۸ درصد می‌باشد (Grewal & Graham, 2007). بین میزان روغن دانه با افزایش میزان نیتروژن همبستگی منفی وجود داشته و روغن دانه کلزا بازای مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حدود ۰/۸ تا ۲ درصد کاهش می‌یابد (Fathi et al., 2002). کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان کود نیتروژن، کاهش می‌یابد. در تحقیقی روی پنج رقم کلزا، کمترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (Gan et al., 2008). در مقابل با افزایش نیتروژن مصرفی در گونه‌های کلزا و خردل، کارایی جذب نیتروژن در دانه افزایش یافت (Pathak et al., 2008). میزان جذب نیتروژن و گوگرد به ترتیب ۱۲/۴ و۵/۴ گرم بر کیلوگرم وزن گیاه و غلظت این دو عنصر در دانه به‌ترتیب ۴ و ۳/۸ گرم به ازای هرکیلوگرم دانه بود (Jackson, 2000). گزارش شده است که مصرف توأم نیتروژن و گوگرد در کلزا، به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز موجب افزایش تجمع نیتروژن در دانه در مقایسه با مصرف نیتروژن به تنهایی شد (Rathke, 2005). با افزایش مصرف نیتروژن، تشکیل پروتئین تولید شده از مواد فتوسنتزی افزایش و سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، از این‌رو، استفاده از گوگرد و نیتروژن به‌صورت جداگانه موجب کاهش عملکرد و میزان روغن دانه و مصرف همزمان آنها موجب افزایش این صفات درکلزا می‌شود (Jackson, 2000). کمبود گوگرد از طریق تجمع ترکیبات نیتروژنی آلی و غیرآلی، منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود (Pathak et al., 2008). در گیاه کلزا، نیاز به کودهای حاوی گوگرد، مربوط به میزان نیتروژن مصرفی بوده و این موضوع به دلیل نقش این دو نوع کود در بیوسنتز روغن و پروتئین در دانه است (Fazili et al., 2008). نتایج یک آزمایش نشان داد که در کلزا بین عملکرد دانه و گوگرد، همبستگی مثبت وجود دارد (Jackson, 2000). گزارش شده است که مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به همراه گوگرد موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن در کلزا شد (Yasari & Patwardhan, 2007). *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* با برخی از میکروارگانیسم‌های خاک دارای روابط سینرژیستی (هم‌افزایی) بوده و باعث بهبود عملکرد گیاهان می‌شوند (Tariq et al., 2009). گزارش شده است که تلقیح بذور ذرت با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، 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, 2008). تلقیح توام بذر کلزا با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* باعث افزایش محصول تا حدود ۱۵ تا ۳۰ درصد می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). عنصر روی در فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل دخالت دارد و کمبود آن موجب کاهش کمیت و کیفیت کلزا می‌شود (Alloway, 2007). کمبود روی منجر به کاهش ۲۰ تا ۳۰ درصدی عملکرد دانه و محتوی روغن در کلزا می‌شود (Grewal & Graham, 2007). درآزمایشی روی کلزا، مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، بیشترین میزان عملکرد دانه و روغن را به‌ترتیب ۴۱۷۸ و ۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار داشت (Galavi et al., 2007). در یک آزمایش گلخانه‌ای، مصرف روی باعث افزایش عملکرد دانه در کلزا شد، به‌طوری‌که در تیمار روی و شاهد عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۵/۶ و ۱۳/۵ گرم در هر بوته به‌دست آمد (Grewal & Graham, 2007). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تجمع نیتروژن دانه در کلزا ($r=۰/۶۶^{**}$) (Saeidi & Sedghi, 2008)، یافتن شاخص‌های مناسبی جهت افزایش کارایی جذب برای بهبود عملکرد، می‌تواند بسیار مفید باشد. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی رابطه بین غلظت نیتروژن در کلزا در مراحل مختلف رشد رویشی بر عملکرد دانه و همچنین اثر متقابل کود زیستی تثبیت کنندهٔ نیتروژن و سولفات روی در سطوح پایین‌تر کود نیتروژن برای به‌دست آوردن عملکرد مطلوب در گیاه کلزا بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) (از منبع اوره) و ترکیب فاکتوریل سطوح کود سولفات روی (صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کود زیستی در دو سطح (با و بدون کود زیستی) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. ۵۰۰ میلی‌لیتر از کود زیستی نیتروکسین (شرکت تولید کنندهٔ فناوری زیستی مهرآسیا) برای تلقیح یک کیلوگرم دانه کلزا استفاده شد (تعداد هر کدام از دو نوع باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلیوم برازیلنس* به‌صورت مساوی در هر میلی‌لیتر از محلول نیتروکسین $۱۰^{۸}$ سلول بودند). کودهای شیمیایی پایه فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (حاوی ۴۶ درصد فسفر) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (حاوی ۴۶ درصد پتاسیم و ۱۷ درصد گوگرد) به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت بذر مصرف شدند. کود سولفات روی (حاوی ۳۴ درصد روی و ۲۴ درصد گوگرد) در کرت‌های مورد نظر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت به‌صورت نواری مصرف شد. نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical properties of soil of experimental field

| بافت خاک Soil texture | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$) | اسیدیته pH | مواد آلی Organic matter | نیتروژن N | فسفر P | پتاسیم K | روی Zn | گوگرد S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (%) | | ($mg.kg^{-1}$) | | | |
| رسی – سیلتی Silty-Clay | 1.5 | 7.1 | 1.94 | 0.183 | 14.6 | 228 | 0.74 | 0.53 |

بذور کلزا رقم هایولا ۳۰۸ از قبل به مدت یک ساعت با کود زیستی نیتروکسین کاملاً مخلوط و پس از خشکانیده شدن در سایه، بلافاصله کشت شدند. یک سوم از کود پایه نیتروژن یک ماه پس از کاشت به‌صورت شیاری به فاصله پنج سانتی‌متراز ردیف‌های کشت، در خاک جای‌گذاری شده و دو سوم باقیمانده آن به‌صورت سرک در دو مرحله، قبل از ساقه دهی و قبل از گلدهی در کرت‌های مورد نظر به خاک اضافه شد. فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و روی ردیف چهار سانتی‌متر بود. مساحت هر کرت ۱۰/۵ مترمربع و تراکم بوته‌ها ۸۳ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. تنک کردن بوته‌ها به‌طور مرتب همزمان با وجین علف‌های هرز، به‌صورت دستی انجام شد. برداشت محصول با میانگین رطوبت دانه حدود ۳۵ درصد، ۱۹۳روز پس از کاشت به‌صورت دستی دو مرحله‌ای انجام گرفت. بوته‌های موجود در دو مترمربع از ردیف‌های وسط هر کرت از کف بریده و سپس در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. عملکرد دانه (بر اساس محتوی رطوبت ۱۲ درصد) و عملکرد کاه و کلش اندازه‌گیری شدند. میزان روغن دانه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله (Soxtech System HT, Tecator, Sweden) با استفاده از استون اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن دانه و بافت‌های گیاهی در مراحل روزت، گلدهی، رسیدگی دانه و در انتهای دوره رویش در کاه و کلش در پنج بوته که از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت شده بودند، با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد (Svecnjak & Rengel, 2006). کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (Fan et al., 2004):

$$NUE = \frac{Wg}{Nf} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$UPE = \frac{Nt}{Nf} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادلات، UPE[1]: کارآیی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Nt: کل نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم) و Nf: مقدار نیتروژن مصرف شده به صورت کود (کیلوگرم) می‌باشند. NUE[2]: کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) و Wg: وزن محصول (دانه) بر حسب کیلوگرم می‌باشند. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها (Skewness, Kurposif)، تجزیه واریانس انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 استفاده شد (SAS, 2003). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها و جدول‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل سطوح کود نیتروژن با کود زیستی و سطوح کود نیتروژن با کود سولفات روی بر عملکرد دانه معنی دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۲). تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود زیستی + (با و بدون) کود سولفات روی، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود زیستی و با کود سولفات روی بیشترین و تیمار شاهد (بدون کود) کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که با مصرف کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، عملکرد دانه افزایش قابل توجهی نسبت به تیمارهای بدون کود زیستی داشت. در کلزا عملکرد بالا با تولید تعداد بیشتر خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (به‌دلیل فراهم شدن مخزن بزرگ‌تری برای مواد پرورده) همراه بوده و همبستگی مثبت بین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه ($r=۰/۸۲^{**}$) وجود دارد (Adrianaet al., 2002). بر اساس نتایج آزمایش حاضر، تیمارهای ذکر شده دارای بالاترین تعداد خورجین در بوته (به ترتیب ۱۶۶/۳، ۱۶۲/۴ و ۱۵۷/۴ خورجین در بوته) بودند.

که میانگین عملکرد دانه آنها نیز به ترتیب ۲۵۶۸، ۲۴۶۸ و ۲۴۹۰ کیلوگرم در هکتار بودند. اگر در کلزا فقط به افزایش نیتروژن مبادرت شده و گوگرد اضافی در خاک مصرف نشود، عملکرد دانه کاهش می‌یابد، به‌عبارت دیگر، نیتروژن و گوگرد اثرات متقابل مثبتی بر یکدیگر دارند (Fan et al., 2004). در تحقیقی روی کلزا در تیمار حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، عملکرد دانه ۹۱۶ کیلوگرم در هکتار و در تیمارکود زیستی توام با کودهای پایه همراه با گوگرد و روی، میانگین عملکرد دانه به‌ترتیب ۳۲۸۲ و ۳۳۷۴ کیلوگرم در هکتار بوده است (Yasari et al., 2008).

1 - Nitrogen Uptake Efficiency
2 -Nitrogen Use Efficiency

**جدول ۲- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا**

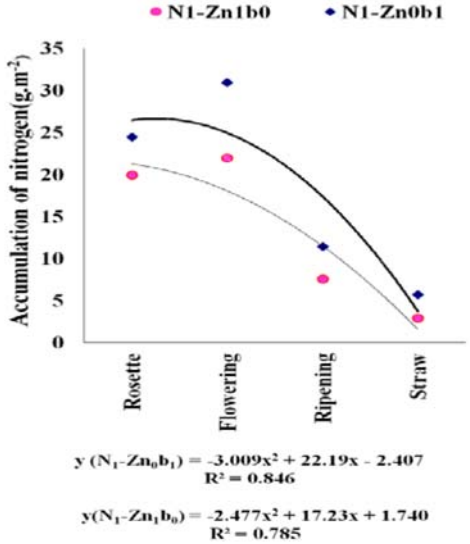
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of canola yield and some qualitative traits

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | میزان نیتروژن Nitrogen content | | | | نیتروژن جذب شده Nitrogen uptake | | | | | عملکرد دانه Grain yield | روغن دانه Grain Oil | درجه آزادی df | کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency | کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | روزت Rosette | گلدهی Flowering | دانه Seed | کاه و کلش Straw | روزت Rosette | گلدهی Flowering | رسیدگی Ripening | دانه Seed | کاه وکلش Straw | | | | | |
| تکرار Replicetion | 2 | 0.23 | 0.37 | 0.06 | 0.018 | 31.41 | 40.21 | 25.37 | 182.2 | 106.5 | 8834577 | 2.08 | 2 | 0.02 | 15.83 |
| نیتروژن Nitrogen | 3 | 9.41** | 3.11** | 2.78** | 0.45** | 888.96** | 939** | 6787** | 754.2** | 986.7** | 616926.3** | 12.25* | 2 | 0.134** | 371.04** |
| خطای اصلی Main error | 6 | 0.003 | 0.001 | 0.06 | 0.002 | 0.76 | 0.75 | 0.76 | 18.7 | 34.9 | 8903.1 | 0.15 | 4 | 0.011 | 3.6 |
| سولفات روی $Zn\ SO_4$ | 1 | 1.15** | 0.34** | 1.08** | 0.047** | 75.3** | 130.5* | 124.6** | 461.5** | 861.7** | 65590.2** | 1.23** | 1 | 0.114** | 66.30** |
| کود زیستی Biofertilizer | 1 | 0.27** | 0.08** | 0.96** | 0.031** | 18.9** | 30.1** | 36.5** | 362.6** | 654.9* | 32005.9** | 0.76* | 1 | 0.10* | 70.02** |
| نیتروژن × کود سولفات روی $Zn\ SO_4 \times N$ | 2 | 0.08** | 0.006* | 0.74* | 0.027** | 2.4** | 22.6** | 2.7** | 66.2** | 5108.2* | 21054.5** | 0.38** | 2 | 0.05* | 39.4** |
| نیتروژن × کود زیستی Biofertilizer × N | 3 | 0.07** | 0.005* | 0.71* | 0.018** | 3.5** | 18.1** | 2.9** | 59.7** | 490.2* | 5135.5* | 0.08* | 2 | 0.062* | 34.09* |
| سولفات روی × کود زیستی Biofertilizer × $Zn\ SO_4$ | 1 | 0.06** | 0.004* | 0.69* | 0.017* | 2.07* | 17.02* | 1.5* | 40.7* | 340.4* | 462.9ns | 0.11** | 1 | 0.009 ns | 30.17* |
| سولفات روی × کود زیستی × نیتروژن N × Biofertilizer × $Zn\ SO_4$ | 3 | 0.05** | 0.003* | 0.59* | 0.01* | 2.3** | 14.8* | 1.01* | 34.4* | 270* | 6963.9* | 4.2* | 2 | 0.02* | 25.23* |
| خطای فرعی Sub error | 24 | 0.003 | 0.0007 | 0.043 | 0.0007 | 0.1 | 0.05 | 0.56 | 5.7 | 18.2 | 8866.1 | 1.7 | 18 | 0.003 | 1.8 |
| ضریب تغییرات (٪) CV (%) | | 0.44 | 1.35 | 6.92 | 5.07 | 1.86 | 1.18 | 4.90 | 5.8 | 8.6 | 19.1 | 3.2 | | .6 | 3.3 |

ns، * و**: به‌ترتیب عدم معن داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

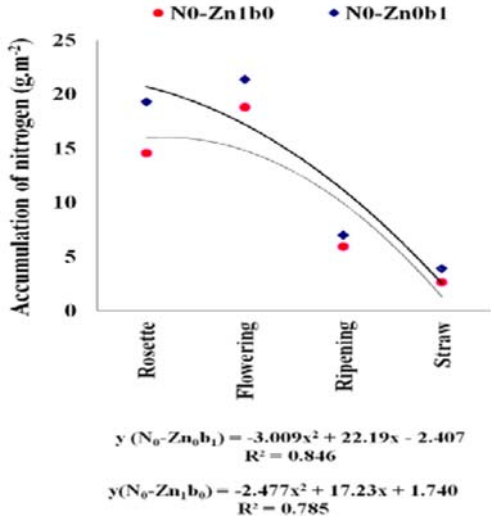
ns , * and **: are Nonsignificant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively

در تحقیق دیگری روی کلزا، بالاترین عملکرد دانه (۲۲۴۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۶۴ کیلوگرم نیتروژن و ۸۴ کیلوگرم فسفر و ۵۱ میلی‌لیتر در لیترکود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به‌دست آمد (Soomro, 2000).




**شکل ۱- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای ($N_0$-$Zn_0b_1$) و ($N_0$-$Zn_1b_0$)**

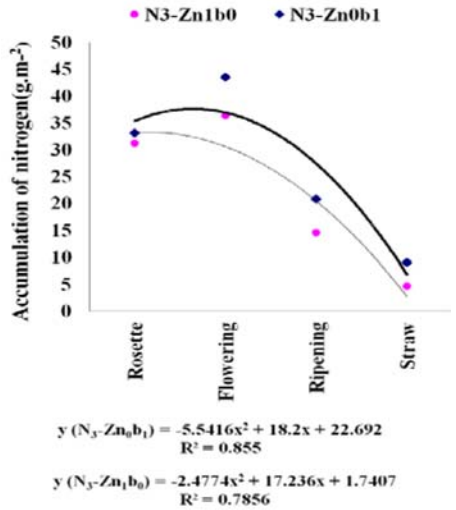
**Fig. 1- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 ($N_0$-$Zn_1b_0$) and ($N_0$-$Zn_0b_1$) treatments**




**شکل ۲- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای ($N_1$-$Zn_0b_1$) و ($N_1$-$Zn_1b_0$)**

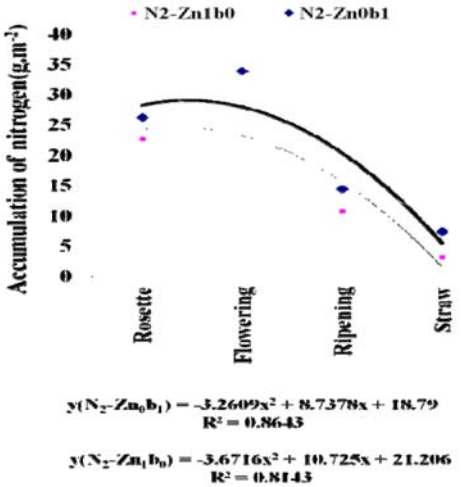
**Fig. 2- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 ($N_1$-$Zn_0b_1$) and ($N_1$-$Zn_1b_0$) treatments**

در آزمایشی، مصرف سطوح مختلف روی (صفر، ۲۵ و۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) باعث افزایش عملکرد دانه و روغن گردید و بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۴۱۷۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌دست آمد (Saeidi & Sedghi, 2008).




**شکل ۳- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای ($N_2$-$Zn_0b_1$) و ($N_2$-$Zn_1b_0$)**

**Fig. 3- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 ($N_2$-$Zn_1b_0$) and ($N_2$-$Zn_0b_1$) treatments**




**شکل ٤- تجمع نیتروژن در مراحل رشد درکلزا رقم هایولا ۳۰۸ در تیمارهای ($N_3$-$Zn_0b_1$) و ($N_3$-$Zn_1b_0$)**

**Fig. 4- Accumulation of nitrogen in phonologic stage of rapeseed, cv. Hyola 308 ($N_3$-$Zn_1b_0$) and ($N_3$-$Zn_0b_1$) treatments**

## میزان و جذب نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱)

تیمارهای آزمایش از نظر تأثیر بر میزان و جذب نیتروژن بود (جدول ۲). بالاترین و کمترین میزان و جذب نیتروژن در مراحل رشدی روزت، گلدهی، رسیدگی و همچنین دانه به‌ترتیب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی و شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). روند افزایشی تجمع نیتروژن در اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن × کود سولفات روی وکود نیتروژن × کود زیستی در سطوح بالاتر کود نیتروژن و همچنین میزان و زمان جذب نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه از خاک و درتیمارهای مختلف در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

گزارش شده است که در حدود نیمی از جذب نیتروژن کلزای پاییزه، در مرحله روزت و بقیه طی یک دوره ۴۵ روزه بین اوایل ساقه-دهی و ظهور گلدهی انجام می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). در یک آزمایش تجمع نیتروژن دانه در تیمار کودهای پایه توأم با روی، با و بدون کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به‌ترتیب ۴/۳ و ۳/۹ درصد به‌دست آمد و افزایش معنی‌داری درکل نیتروژن گیاه در مراحل روزت، ساقه دهی و گلدهی در تیمارهای حاوی کود زیستی و کود نیتروژن مشاهده گردید (Yasari & Patwardhan, 2006).

## کارایی مصرف نیتروژن

تجزیه واریانس اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی + کود زیستی و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود زیستی بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). تیمارهای ۵۰ کیلوگرم + کود سولفات روی، ۵۰ کیلوگرم + کود زیستی تفاوت معنی‌داری با تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن با کود زیستی با کود سولفات روی نداشتند. این موضوع ممکن است به توانایی کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* در تثبیت نیتروژن مربوط باشد. با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف کودها به‌صورت تجمعی در تولید دانه و ماده خشک کاهش می‌یابد (Karimi et al., 2007). کارایی مصرف نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی کاهش می‌یابد (Jan et al., 2002). نتایج یک آزمایش نشان داد که میانگین کارایی مصرف نیتروژن به‌ترتیب برای پنج رقم کلزا در مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۲۸، ۲۶/۵، ۲۴/۶،۲۳/۲ و ۱۸/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۶۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۲۴/۷، ۲۳/۵، ۲۱، ۱۹/۲ و ۱۶/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۱۶/۷، ۱۶، ۱۴، ۱۱/۵ و ۱۰ کیلوگرم بر کیلوگرم بوده است (Gan et al., 2008). زمانی‌که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آنها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشترکودی کمتر می‌شود. بنابراین، کارآیی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه، کمتر می‌شود، به همین دلیل مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب می‌شود نیتروژن به مقدار مناسب در مراحل رشد در اختیار گیاه قرار بگیرد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر و در راستای حفظ محیط زیست می‌باشد. استفاده از مقدار کمتر نیتروژن باعث کاهش تلفات از طریق آبشویی (۲۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار در سال)، دنیتریفیکاسیون، تصعید و افزایش جذب نیتروژن و انتقال مناسب از بوته به دانه می‌شود (Svecnjak & Rengel, 2007). کاهش مصرف گوگرد نیز منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود (Fismes et al., 2000).

## کارایی جذب نیتروژن

کارایی جذب نیتروژن میزان توانایی گیاه برای جذب نیتروژن خاک را بیان می‌کند (Khavazi & Malakouti , 2002). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای نیتروژن و کود سولفات روی و کود زیستی از نظر کارایی جذب نیتروژن اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۲). تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود سولفات روی +کود زیستی و تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی و کود زیستی بیشترین و کمترین کارایی جذب نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در آزمایشی روی کلزا با افزایش نیتروژن مصرفی (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کارایی جذب نیتروژن در سطوح کودی فوق (به‌ترتیب با صفر، ۰/۹۷، ۰/۶۸، ۰/۵۹، ۰/۵۲ و ۰/۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) کاهش یافت (Adriana et al., 2002). کارایی جذب نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در کلزا (به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۸۴و ۰/۴۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) و خردل (۰/۸۱، ۰/۷۳ و ۰/۵۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) کاهش یافت (Abdin et al., 2001). در تحقیقی مصرف *آزوسپیریلوم* به همراه دو سطح (۲۹۴ و ۱۱۷۶ میلی گرم نیتروژن در هر گلدان) در چهار رقم کلزا انجام شد، کارایی جذب نیتروژن ۰/۷۴ و ۰/۳۳ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که به‌دلیل افزایش وزن خشک گیاه و در نهایت افزایش نیتروژن گیاه بوده است. همچنین جذب نیتروژن به‌ترتیب با میانگین ۴۸ و ۱۶۶ میلی‌گرم در بوته مشاهده شد (Zahir et al., 2004). این نتایج نشان‌دهنده این است که تمام نیتروژن مصرفی در تیمار نیتروژن کم به‌وسیله گیاه جذب شده و سهم معنی‌داری از نیتروژن در تیمار نیتروژن بالا در خاک باقی می‌ماند.

## میزان روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ میزان روغن دانه اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) وجود داشت (جدول ۱).

**جدول۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و برخی صفات کیفی کلزا**

**Table 3- Means comparisons of canola grain yield and some qualitive**

| نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen ($Kg.ha^{-1}$) | کود زیستی Biofertilizer | سولفات روی (کیلوگرم در هکتار) $ZnSO_4$ N ($Kg.ha^{-1}$) | میزان نیتروژن (درصد) Nitrnoge content (%) | | | | نیتروژن جذب شده (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen uptake($kg.ha^{-1}$) | | | | | عملکرددانه Grain yield | کارایی جذب نیتروژن UPE | کارایی مصرف نیتروژن NUE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | روزت Rosette | گلدهی Flowering | دانه Seed | کاه و کلش Straw | روزت Rosette | گلدهی Flowering | رسیدگی Ripening | دانه Seed | کاه و کلش Straw | روغن دانه (درصد) Grain Oil (%) | کیلوگرم در هکتار ($kg.ha^{-1}$) | کیلوگرم بر کیلوگرم ($kg.kg^{-1}$) | |
| 0 | With Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 3.2 l | 1.5l | 2.3hi | 0.4h | 8.5k | 10.5m | 8.1ij | 21.5i | 15.5i | 42.8a | 931j | - | - |
| | | Without $ZnSO_4$ | 2.4n | 1.4n | 2.6f-h | 2.2j | 5.6m | 8.7n | 6.9j | 16.4ij | 8.3jk | 42.5a | 628l | - | - |
| | Without Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 2.7m | 1.5m | 2.4g-i | 0.3i | 6.5l | 9.8m | 7.8ij | 19.0ij | 12.1ij | 42.6a | 758k | - | - |
| | | Without $ZnSO_4$ | 2.3o | 1.3o | 2.2i | 0.2j | 5.3m | 7.9o | 5.1k | 12.3j | 5. 7k | 41.8a | 543m | - | - |
| 50 | With Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 3.6h | 1.9h | 2.6fg | 0.5e | 17.1g | 16.4i | 15.6g | 39.2g | 38.2f | 41.6ab | 1478f | 0.86a | 29. 6a |
| | | Without $ZnSO_4$ | 3.4j | 1.7j | 2.8ef | 0.4g | 15.3i | 14.1k | 11.0h | 38.5g | 27.5g | 41.1b | 1340h | 0.77b | 26.8b |
| | Without Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 3.5i | 1.81i | 3.1e-c | 0.5f | 16.3h | 15.1j | 11.6h | 43.4fg | 31.4g | 42.6a | 1358g | 0.78b | 27.7b |
| | | Without $ZnSO_4$ | 3.3k | 1.6k | 2.7fg | 0.4h | 14.6j | 13.1l | 8.6i | 29.4h | 21.2h | 39.1c | 1088i | 0.58d | 21. 6c |
| 100 | With Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 4.1e | 2.4e | 3.2ab | 0.7bc | 20.8e | 23.5e | 21.2d | 60.9cd | 59.2c | 39.2c | 2451ab | 0.60cd | 19.5d |
| | | Without $ZnSO_4$ | 3.8f | 2.3f | 3.1de | 0.6d | 18.8f | 21.4g | 17.5f | 54.4de | 52.1d | 38.3c-e | 1900d | 0.54de | 17.0ef |
| | Without Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 4.1e | 2.3f | 3.2e-b | 0.6cd | 20.9e | 22.6f | 19.7e | 66.9c | 54.7d | 38.8cd | 2100c | 0.66c | 18.4de |
| | | Without $ZnSO_4$ | 3.7g | 2.1g | 3.1e-c | 0.6e | 18.3f | 18. 7h | 15.9g | 49.5ef | 45.7e | 37.6de | 1793e | 0.49e | 15.9fg |
| 150 | With Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 4.9a | 2.7a | 3.6a | 0.7a | 31.2a | 34.7a | 26.6a | 89.4a | 72.3a | 38.1c-e | 2568a | 0.58d | 17.1ef |
| | | Without $ZnSO_4$ | 4.6c | 2.5c | 3.5ab | 0.7a | 25.7c | 27.4c | 22. 9c | 88.2a | 68.6ab | 37.9c-e | 2468a | 0.56de | 16.0fg |
| | Without Biofertilizer | With $ZnSO_4$ | 4.7b | 2.6b | 3.4c-a | 0.7ab | 26.8b | 31.0b | 25.1b | 84.1a | 61.1c | 38.0c-e | 2490ab | 0.59cd | 16.4fg |
| | | Without $ZnSO_4$ | 4.6d | 2.5d | 3.3d-a | 0.6cd | 24.7d | 25.8d | 21.7cd | 75.9b | 65.7b | 37.3e | 2240b | 0.50e | 14.9g |
| LSD | | | 0.02 | 0.04 | 0.34 | 0.04 | 0.54 | 0.37 | 1.26 | 7.19 | 4.03 | 1.29 | 99.05 | 0.07 | 1.72 |

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند درسطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significant at 5% probability level using LSD test.

تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی (با و بدون کود سولفات روی) و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدون کود سولفات روی + کود زیستی، به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن دانه را دارا بودند (جدول ۲). در سطوح بالاتر نیتروژن میزان روغن دانه کاهش پیدا می‌کند (Azizi et al., 2000) و با افزایش مصرف گوگرد، محتوای روغن دانه افزایش پیدا می‌کند (Ahmad & Arif, 2006). در آزمایشی سه ساله روی چهار رقم کلزا، میزان روغن دانه در همه ارقام در سطح ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در بیشترین مقدار بود (Saeidi & Sedghi, 2008). مصرف کود زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* همراه با گوگرد و روی باعث افزایش معنی‌دار درصد روغن گردید (به‌ترتیب ۴۶/۱ و ۴۶/۳ درصد) (Yasari & Patwardhan, 2007). بنا به‌دلیل 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)، به‌نظر می‌رسد که گوگرد موجود در سولفات روی و سولفات پتاس باعث افزایش میزان روغن دانه شده است. اکسایش گوگرد در خاکو تولید اسید سولفوریک عمدتاً به صورت بیولوژیک و توسط باکتری‌های جنس *سودوموناس*، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* صورت می‌گیرد (Bano, 2006). شاید بتوان افزایش درصد روغن و همچنین عملکرد روغن را به فعالیت این باکتری‌ها در کنار کود سولفات روی نسبت داد.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن، علی رغم افزایش عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری میان سطوح نیتروژن ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده پایین بودن کارایی گیاه در استفاده از این میزان نیتروژن اضافی و یا خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی باشد. همچنین با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی مصرف کودها در تولید دانه و ماده خشک به‌صورت تجمعی کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد که با افزایش مصرف نیتروژن، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط بوته افزایش یافت، ولی در مقادیر پایین‌تر نیتروژن، کارایی انتقال و نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است. گزارش شده است که در گیاه کلزا با افزایش اختصاص نیتروژن به خورجین‌ها و کاهش هدرروی نیتروژن در سطوح پایین‌تر نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن افزایش پیدا می‌کند (Malagoli et al., 2005). بالا بودن کارایی جذب نیتروژن در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کود سولفات روی و کود زیستی می‌تواند به‌دلیل معدنی شدن آهسته‌تر نیتروژن در مصرف توأم تیمارهای کود نیتروژن و کود زیستی در مراحل مختلف رشد گیاه در مقایسه با مصرف آن به تنهایی باشد که دلیل این موضوع به غیرمتحرک شدن[1] نیتروژن نسبت داده شده است (Lakshminarayana, 2003). براساس نتایج این آزمایش، به‌نظر می‌رسد که تحریک و افزایش رشد گیاه توسط تثبیت نیتروژن مولکولی هوا و کمک به آزاد شدن فسفر، پتاسیم، گوگرد، نیتروژن و عناصر کم مصرف خاک، باعث افزایش تأثیر توأم مصرف کودهای شیمیایی و کود زیستی می‌شود. ترشح هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها به‌وسیله *ازتو باکتر* *کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم برازیلنس* به‌علت همیاری این باکتری با ریشه گیاهان زراعی مهم‌ترین سازوکار افزایش رشد و عملکرد در گیاهان زراعی گزارش شده است. البته با توجه به تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک این باکتری‌ها و اندازه‌گیری مقدار نیتروژن دانه نمی‌توان افزایش عملکرد در اثر بهبود تغذیه کلزا را نادیده گرفت (Zahir et al., 2004).

## منابع


1- Abdin, M.Z., Ahmad, A., Khan, I., Qureshi, M.I., and Abrol, Y.P. 2001. Effect of S and N nutrition on N-accumulation and N-harvest in rapeseed-mustard (*Brassica juncea* L. and *Brassica campestris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 92: 816-817.

2- Adriana, M., Chamorro, N., Tamagno, R., and Santiago, J. 2002. Nitrogen accumulation, partitioning and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Science and Plant Nutrition 33(3): 493–504.

3- Alloway, B.J. 2007. Zinc deficiency in crops: causes and correction. Journal of Plant Nutrition 34: 813-819.

4- Ahmad, G., and Arif, M. 2006. Phenology and physiology of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. Journal of Agronomy and Crop Science 5(4): 555-562.

5- Azizi, M., Soltani, A., and Khavari Khorasani, S. 2000. (*Brassica napus* L.): Production and Utilization. Jihad-e-Daneshghahi Mashhad, Iran 230 pp. (In Persian)

6- Bano, A. 2008. Altitudinal variation in *Azospirillum* species collected from the rhizosphere and roots of (*Zea mays* L.). Asian Journal of Plant Sciences 5: 1051–1053.


1- Immobilization

7- Daneshmand, A.R., Shirani-Rad, A.H., Noormohamadi, Gh., Zarei, G., and Daneshian, J. 2006. Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake, water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 8(4): 323-342. (In Persian with English Summary)

8- Fathi, G., Banisaidy, A., and Ebrahimpour, F. 2002. Effect of different levels and plant density on grain yield of rapeseed, (cv. PF-7045) in Khuzestan conditions. Scientific Journal of Agriculture 25(1): 15-23. (In Persian with English Summary)

9- Fan, X., Lin, F., and 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.

10- Fazili, I.S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, J.S., and 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.

11- Fismes, J., Vong, P.C., Guckert, A., and Frossard, E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. European Journal of Agronomy 12(5): 127- 141.

12- Galavi, M., Heidari, M., and Zamani, M. 2007. Effect of zinc sulphate on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Scientific Journal of Agriculture 5(3): 51-59. (In Persian with English Summary)

13- Gan, Y., Malhi, S., Brandt, F., Katepa-Mupondwa, S.S., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of (*Brassicajuncea* L.) under diverse environments. Agronomy Journal 100: 285- 295.

14- Grewal, H.S., and Graham, R.D. 2007. Seed zinc content influences early vegetative growth and zinc uptake in oilseed rape (*Brassica napus* L. and *Brassica juncea*L.) genotypes on zinc-deficient soil. Plant and Soil 193: 171-179.

15- Jackson, G.D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Journal of Agronomy and Crop Science 92: 644-649.

16- Jan, A., Naeem Khan, M., Ahmad Khan, J., and Khattak, B. 2002. Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulfur. Asian Journal of Plant Sciences 5: 519-521.

17- Karimi, A., Mazardalan, M., Homaeia, A.M., Liaghat, F., and Raissi, M. 2007. Fertilizer use efficiency for sunflower with fertigation system. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 65-76. (In Persian with English Summary)

18- Khavazi, K., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran. Soil and Water Research Institute (SWRI) 600 pp.

19- Lakshminarayana, K. 2003. Influence of *Azotobacter* on nutrition of plant and crop productivity. Proceedings of Indian National Science Academy 59: 303–308.

20- Malagoli, P., Laine, P., Rossato L., and 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 $^{15}$N-labelling-based simulation model of N partitioning between vegetative and reproductive tissues. Annals of Botany 95: 1187-1198.

21- Pathak, R.R., Ahmad, A., Lochab, S., and Raghuram, N. 2008. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. Current Science 94: 1394-1403.

22- Rathke, G., Christen, O., and Diepenbrok, W. 2005. Effect of nitrogen source and sulfur on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research 94 (3):103- 113.

23- Saeidi, G., and 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 Persian with English Summary)

24- SAS Institute. 2003. The SAS System for Windows. Release 9.1. SAS Inst., Cary, NC.

25- Sidlauskas, G., and Tarakanovas, P. 2004. Factors affecting nitrogen concentration in spring oilseed rape (*Brassica napus*L.). Plant Soil and Environment 5: 227-234.

26- Soleimanzadeh, H., Latifi, N., and Soltani, A. 2008. Relationship of phenology and physiological traits with grain yield in different cultivars of Rapeseed (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14 (5): 17-25. (In Persian with English Summary)

27- Soomro, N.S. 2000. Effect of different nitrogen, phosphorus and biofertilizer level on yield of canola. Journal of Plant Nutrition 170: 121-130.

28- Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2006. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest**.** Plant and Soil 283: 299- 307.

29- Svecnjak, Z., and Rengel, Z. 2007. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221- 226.

30- Tariq, M., Hameed, S., Malik, K.A., and Hafeez, F.Y. 2009. Plant root associated bacteria for zinc mobilization in rice. Pakistan Journal of Botany Science 39: 245-253.

31- Yasari, E., and Patwardhan, A. 2007. Effects of (*Azotobacter* and *Azosprillium*) inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6(1): 77-82.
32- Yasari, E., and 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.
33- Yasari, E., Esmaeili, M., Pirdashti, H., and Mozafari, S. 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants as biofertilizer in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. Asian Journal of Plant Sciences 7(5): 490-494.
34- Zangani, E., Kashani, A., Fathi, G., and Mesgarbashi, M. 2006. Effect and efficiency of nitrogen levels on quality yield and yield component of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 37(1): 39-45. (In Persian with English Summary)
35- Zahir, A., and Frankenberger, W. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.