Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۴۲۴-۴۱۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 413-424

مطالعه‌ی شاخص‌های کارایی نیتروژن در کلزا تحت تأثیر کود سبز و منابع مختلف نیتروژن

خاتون دبیقی[۱] - اسفندیار فاتح[۲*] - امیر آینه بند[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۸

چکیده

این پژوهش به‌منظورمطالعه‌ی تأثیر کود سبز و منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن در کلزا رقم هایولا ۴۰۱، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل انواع مختلف کود سبز در پنج سطح (آیش، ماش، ارزن، جو و مخلوط ماش+ ارزن) و فاکتور فرعی شامل منابع نیتروژن (صفر، ۵۰٪ نیتروژن شیمیایی+ کود بیولوژیک نیتروکسین و ۱۰۰٪ نیتروژن شیمیایی) بود. میزان مصرف کود نیتروژن ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و از منبع اوره استفاده شد. نتایج نشان داد که مصرف کود بر شاخص‌های کارایی به جزء شاخص اتکا به نیتروژن تأثیر منفی داشت. بیشترین میزان اتکا به نیتروژن (۰/۴۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) در شرایط عدم کاربرد کود سبز و ۱۰۰٪ نیتروژن به فرم شیمیایی به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست آمده بالاترین میزان شاخص کارایی مصرف (۲۱/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار ماش و عدم کاربرد نیتروژن، کارایی جذب (۱/۰۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) کاربرد ماش و تیمار عدم کاربرد نیتروژن، کارایی زراعی (۲۴/۹۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار کشت مخلوط ماش و ارزن و تیمار تلفیقی نیتروژن حاصل شد. در مجموع نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار گیاهان کود سبز و نیز تلفیق کودهای شیمیایی و بیولوژیک به جهت بهبود عملکرد و شاخص‌های کارایی و نیز کاهش وابستگی به نهاده های شیمیایی در راستای حرکت در مسیر کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص اتکا به نیتروژن، کارایی مصرف، کلزا، کود بیولوژیک، کشاورزی پایدار

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) به دلیل داشتن صفات و ویژگی‌هایی نظیر ترکیب مناسب اسیدهای چرب روغن ارقام اصلاح شده، توانایی جوانه‌زنی و رشد در دماهای پایین و سازگاری نسبتاً خوب این گیاه با شرایط آب و هوایی مختلف، امکان کشت در مناطق وسیعی از کشور را دارد (Seyed sharifi, 2007). کانولا با کمتر از ۲ درصد اسید اروسیک در روغن و کمتر از ۳۰ میکرومول گلیکوزینولات در کنجاله، نوع خاصی از کلزای روغنی می باشد که این دو خصوصیت دانه، روغن کلزا را برای تغذیه انسان و کنجاله آن را به‌عنوان منبع پروتئین بالا برای تغذیه دام مناسب کرده است (Alyari *at al.*, 2000). نیتروژن یکی از عناصر پر مصرف و مؤثر در بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. کمبود این عنصر در بیشتر بوم نظام‌های زراعی از طریق مصرف انواع مختلفی از کودهای شیمیایی جبران می‌شود. افزایش بی‌رویه در مصرف کودهای شیمیایی منجر به افزایش هزینه و همچنین مصرف زیاد منابع فسیلی شده و از طرفی دیگر، باعث ورود مقدار زیادی از نیتروژن به خاک، اتمسفر و آب‌ها می‌شود. این موضوع سلامت انسان و ثبات بوم نظام‌ها را در معرض تهدید قرار می‌دهد (Erisman, 2004). حفظ حاصلخیزی خاک نیازمند تعادل منابع آلی و معدنی تأمین‌کننده‌ی عناصر غذایی در خاک است. در بسیاری از خاک‌ها مقدار بازیافت کود های معدنی از طریق گیاهان اندک است. در رابطه با نیتروژن، بالاترین تخمین‌های کارایی استفاده از کودهای نیتروژن حدود ۵۰ درصد و یا حتی کمتر از آن است (Baligar and Bennett, 1986). کشاورزی پایدار حد واسطی بین کشاورزی فشرده و ارگانیک است، به‌طوری که نه مانند کشاورزی فشرده، افراط در کاربرد زیاد نهاده‌های صنعتی و شیمیایی دارد و نه مانند کشاورزی ارگانیک، افراط در عدم کاربرد نهاده‌های صنعتی و شیمیایی (صرفاً نهاده زیستی)، خواهد داشت. بنابراین در کشاورزی پایدار هدف، ثبات در تولید و به‌کارگیری شاخص‌های پایداری جهت به حداقل رساندن خسارت به محیط زیست است (Aynehband, 2007; Powers and Mcsorley, 2000). اگرچه به‌کارگیری مواد آلی به‌عنوان منبع تأمین‌کننده نیتروژن در زراعت‌ها، با نیاز گیاهان همزمانی کافی ندارد، اما پژوهشگران زیادی بر نقش مواد آلی، در افزایش کارایی استفاده از نیتروژن تأکید کرده‌اند (Dobermann *at al.*, 2003). اختلاط مواد گیاهی با خاک، با هدف حفظ یا بهبود

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- دانشیار، کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استاد، کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email: e.fateh@scu.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i2.51733

www.SID.ir

Archive of SID

باروری برای محصول بعدی به‌عنوان کود سبز شناخته می‌شود (Pankhurts *at al.*, 2005). گیاهان کود سبز با هدف بهبود بهره‌وری و کیفیت خاک در مراحل اولیه رشد و اوایل گلدهی با خاک مخلوط می‌شوند اگر خاک به لحاظ نیتروژن آلی و بیومس میکروبی غنی باشد، بدون کاربرد کود شیمیایی نیتروژن عملکرد بالایی به‌دست می‌آید یا با مصرف مقدار اندکی کود شیمیایی نیتروژن، کارایی بالایی در مصرف نیتروژن مشاهده خواهد شد. کاربرد بیشتر کود شیمیایی نیتروژن منجر به کاهش در میزان کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. علت این پدیده به این دلیل نیست که گیاه زراعی کود نیتروژن را با کارایی کمتری مصرف می‌کند، بلکه علت اینست که نقش نیتروژن آلی در حصول عملکرد دانه کم رنگ دیده شده است (Huggins and Pan, 1993). کارایی مصرف نیتروژن متأثر از گونه گیاهی، نوع خاک، دما، میزان کاربرد کود نیتروژن، شرایط رطوبتی خاک و تناوب زراعی می‌باشد (Halvorson *at al.*, 2001). کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف کود به‌گونه کلزا، پتانسیل عملکرد گیاه، ذخیره نیتروژن خاک و شرایط محیطی بستگی دارد (Gan *at al.*, 2008). یکی از راه‌های مدیریت کود شیمیایی، افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌باشد. کارایی مصرف نیتروژن بالاتر یک فاکتور مهم در کاهش هزینه‌ها و پرهیز از آلودگی آب، خاک و گیاه است (Silespour *at al.*, 2009). بنابراین هدف از اجرای این آزمایش، مطالعه‌ی شاخص‌های کارایی نیتروژن به‌عنوان فاکتورهایی برای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار در کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا با اقلیم گرم و خشک انجام گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل انواع مختلف کود سبز در پنج سطح (آیش (عدم کاربرد کود سبز)، ماش، ارزن، جو و مخلوط ماش+ ارزن) و فاکتور فرعی شامل منابع نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰٪ نیتروژن شیمیایی+ کود بیولوژیک نیتروکسین و ۱۰۰٪ نیتروژن شیمیایی) بود. کاشت گیاهان کود سبز در تاریخ چهارم شهریور و اختلاط کود سبز با خاک در تاریخ ۲۲ مهر و توسط دیسک صورت گرفت. مقدار بذر گیاهان کود سبز در این طرح به‌ترتیب برای ارزن (*Pennisetum miliaceum*) پنج کیلوگرم در هکتار، ماش (*Vigna radiata*) ۴۰ کیلوگرم در هکتار و جو۱۸۰ (*Hordeum vulgare* L.) کیلوگرم در هکتار و مخلوط ارزن و ماش که تراکم هر کدام در مخلوط نصف تک کشتی آن‌ها بود. پس از اختلاط گیاهان کود سبز با خاک و با حفظ یک فاصله زمانی، کشت کلزا به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار در تاریخ ۲۷ آبان ۱۳۹۲صورت گرفت. بذورکلزا در تیمارهای کود بیولوژیک قبل از کاشت با کود بیولوژیک نیتروکسین با 10^8CFU ماده حامل از هر جنس باکتری که از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه گردید و تلقیح داده و سپس کشت شدند. نحوه‌ی آغشته کردن بذور با کود بیولوژیک به این صورت بود که قبل از کاشت، بذور با مقادیر توصیه شده از نیتروکسین آغشته شده، سپس بذور در سایه خشک شده و بلافاصله کشت شدند. طول کرت‌های فرعی ۳ متر و عرض آن‌ها ۲/۱ متر بود. کود سبز در کشت خالص گیاهان به‌صورت دستپاش ودرهم و در کشت مخلوط ماش و ارزن به‌صورت ردیفی با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. کشت کلزا نیز در ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر صورت گرفت. آبیاری به روش غرقابی و با استفاده از سیفون، یک بار در هفته انجام شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و در سه مرحله، پس از سبز شدن، ابتدای ساقه رفتن و گلدهی انجام شد. تمام کود فسفر و پتاسیم مورد نیاز کلزا همزمان با کاشت با مقادیر ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و میزان کود نیتروژن مصرفی در تیمارهای کاربرد کود در سه مرحله همزمان با کاشت، ابتدای به ساقه رفتن و ابتدای گلدهی به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. برای اندازه‌گیری و محاسبه میزان عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه‌ها، کلیه بوته‌های موجود در مساحت دو متر مربع میانی از هر کرت آزمایشی برداشت و سپس به روش دستی دانه‌ها از خورجین جدا و دانه‌های برداشت شده هر کرت به هکتار تعمیم داده و عملکرد کل محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه و اندام هوایی، نیتروژن موجود در نمونه‌های آسیاب شده (یک گرم) توسط دستگاه تعیین نیتروژن (کجلدال) تعیین گردید و این عدد در ضریب خاصی که طبق دستورالعمل تعیین پروتئین (موجود در آزمایشگاه شیمی و تجزیه فرآورده‌های گیاهان زراعی) برابر ۶/۲۵ بود ضرب شده و درصد پروتئین نمونه به‌دست آمد. قبل از اجرای آزمایش، آزمون تجزیه خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی صورت گرفت که در خاک با بافت لومی رسی، میزان ماده‌ی آلی (۰/۴۸ درصد)، نیتروژن کل خاک (۰/۰۴۳درصد)، فسفر (۵/۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم)، پتاسیم (۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، هدایت الکتریکی (۲/۵ دسی زیمنس بر متر) و میزان اسیدیته (۷/۶) حاصل شد. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه، نیتروژن موجود در نمونه‌های آسیاب شده (یک گرم) توسط دستگاه تعیین نیتروژن (کجلدال) تعیین گردید و این عدد در ضریب خاصی که طبق دستورالعمل تعیین پروتئین (موجود در آزمایشگاه شیمی و تجزیه فرآورده‌های گیاهان زراعی) برابر ۶/۲۵ بود ضرب شده و درصد پروتئین نمونه به‌دست آمد (Ali ehyaei and Behbahanizade, 1993). برای اندازه‌گیری و محاسبه میزان عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه‌ها، کلیه بوته‌های موجود در مساحت دو متر مربع میانی از هر

www.SID.ir

Archive of SID

کرت آزمایشی برداشت و سپس به‌روش دستی دانه‌ها از خورجین جدا شدند و دانه‌های برداشت شده هر کرت به‌طور جداگانه با ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین و داده‌ها به هکتار تعمیم داده شده و عملکرد کل محاسبه گردید. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

جدول ۱- محاسبه‌ی شاخص‌های کارایی نیتروژن (فاگریا، ۲۰۰۹؛ گرامی و همکاران، ۲۰۱٤)

Table1- Evaluation of nitrogen efficiency indices (Fagria, 2009; Gerami *at al.*, 2014)

عنوان Type	واحد Unit	فرمول Formula
کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	$Kg.kg^{-1}$	(عمکرد دانه) \ (ذخیره نیتروژن خاک) Seed yield / N supply
کارایی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	$Kg.kg^{-1}$	(نیتروژن جذب شده توسط گیاه) \ (ذخیره نیتروژن خاک) Total N uptake/ N supply
کارایی بهره‌وری نیتروژن Nitrogen Utilization efficiency	$Kg.kg^{-1}$	(عملکرد دانه) \ (نیتروژن جذب شده توسط گیاه) Seed yield / total N uptake
کارایی زراعی نیتروژن Nitrogen Agronomic efficiency	$Kg.kg^{-1}$	(عملکرد دانه گیاهی که کود مصرف کرده- عملکرد دانه گیاهی که کود مصرف نکرده) \ (مقدار کود مصرف شده) Seed yield $_{fertilized}$ – seed yield $_{unfertilized}$ / Applied N fertilizer
کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن Nitrogen physiological efficiency	$Kg.kg^{-1}$	[(عملکرد کل ماده خشک گیاهی که کود دریافت کرده)- (عملکرد کل ماده خشک گیاهی که کود دریافت نکرده)] \ [(جذب نیتروژن توسط گیاهی که کود دریافت کرده- جذب نیتروژن توسط گیاهی که کود دریافت نکرده)] Biological yield $_{fertilized}$ – Biological yield $_{unfertilized}$ / N uptake $_{fertilized}$ – N uptake $_{unfertilized}$
کارایی اگروفیزیولوژیکی نیتروژن nitrogen Agrophysiological efficiency	$Kg.kg^{-1}$	[(عملکرد دانه گیاهی که کود مصرف کرده) – (عملکرد دانه گیاهی که کود مصرف نکرده)] \ [(جذب نیتروژن توسط گیاهی که کود دریافت کرده- جذب نیتروژن توسط گیاهی که کود دریافت نکرده)] Seed yield $_{fertilized}$ – seed yield $_{unfertilized}$ / N uptake $_{fertilized}$ – N uptake $_{unfertilized}$
شاخص اتکا به نیتروژن nitrogen reliance index	$Kg.kg^{-1}$	(مقدار کود مصرف شده) \ (ذخیره نیتروژن خاک) Applied N fertilizer / N supply
کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	$Kg.kg^{-1}$	(نیتروژن دانه) \ (مقدار کود مصرف شده) Seed N / Applied N fertilizer
شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index	%	(کل نیتروژن موجود در دانه) \ (کل نیتروژن گیاه) × ۱۰۰ Seed N/ total N uptake×100
ذخیره نیتروژن خاک Soil nitrogen supply	Kg	(نیتروژن مصرف شده به صورت کود پایه)+ (نیتروژن مصرف شده در طول فصل رشد گیاه)+ (ذخیره نیتروژن خاک قبل از کشت گیاه زراعی) Applied N fertilizer as a basic fertilizer+ Applied N fertilizer as a topdressing fertilizer+ Soil nitrogen content before planting

نتایج و بحث

کارایی مصرف نیتروژن: تأثیر گیاهان کود سبز و منابع مختلف نیتروژن بر میزان این شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده افزایش میزان کاربرد کود مصرفی با کاهش این شاخص همراه گردید. همچنین کشت کود سبز منجر به بهبود کارایی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد شد. برهمکنش تیمارها نیز نشان داد که بیشترین میزان این شاخص در کشت ماش و عدم کاربرد نیتروژن (۲۱/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آن (۱۰/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) در شرایط عدم کاربرد کود سبز در ترکیب

www.SID.ir

Archive of SID

با ۱۰۰٪ نیتروژن شیمیایی به‌دست آمد. برخی بررسی‌ها در ارقام کلزا حاکی از آن است که با افزایش کود مصرفی، کارایی مصرف آن افزایش می‌یابد، هر چند که میزان این افزایش در سطوح پایین کودی بیشتر از سطوح بالایی آن است (Jackson, 2000). همچنین مقایسه‌ی سطوح مختلف نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) نشان داد که بالاترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و با افزایش سطح کودی، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت (Seyed sharifi *et al.*, 2011). برخی مطالعات کاهش معنی‌داری در میزان کارایی مصرف نیتروژن در شرایط عدم تلقیح بذور جو با نیتروکسین در مقایسه با شرایط تلقیح را نشان دادند. همچنین در شرایط عدم تلقیح، افزایش کود مصرفی به فرم شیمیایی افزایش کارایی مصرف نیتروژن و در شرایط تلقیح بذور، افزایش میزان کود مصرفی روند ثابتی در میزان کارایی مصرف نیتروژن را حاصل کرد (Hamzei, 2012). برخی پژوهش‌ها شاخص کارایی بالاتر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در منداب را نشان داد (Ghavampoor *at al.,* 2015).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر گیاهان کودسبز و منابع مختلف نیتروژن بر برخی شاخص‌های کارایی در کلزا

Table 2- Analysis of variance of green manure and different nitrogen sources effect on some nitrogen efficiency indices of canola

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen Use Efficiency	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen Uptake Efficiency	کارایی بهره وری نیتروژن Nitrogen Utilization Efficiency	کارایی زراعی نیتروژن Nitrogen Agronomic Efficiency	کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن Nitrogen Physiological Efficiency	کارایی اگروفیزیولوژیکی نیتروژن Nitrogen Agrophysiological Efficiency
تکرار Rep.	2	3.16^{ns}	0.017^{ns}	0.1^{ns}	24.52^{*}	4.97^{ns}	100.46^{ns}
کود سبز Green manure	4	28.38^{**}	0.21^{**}	39.46^{**}	93.28^{**}	578.2^{**}	152.65^{**}
خطای اصلی Main error	8	3.98	0.011	0.37	14.23	86.07	58.37
منابع نیتروژن Nitrogen resources	2	116.4^{**}	0.06^{*}	45.48^{**}	798.56^{**}	3037.96^{**}	1039.6^{**}
کودسبز×منابع نیتروژن G M×N R	8	4.27^{ns}	0.013^{ns}	2.52^{**}	34.2^{*}	186.95^{**}	74.08^{ns}
خطای فرعی Sub error	20	3.82	0.008	0.18	8.08	29.53	74.06

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*, **and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and no significant respectively.

کارایی جذب نیتروژن: میزان این کارایی با کارایی مصرف نیتروژن روندی مشابه را نشان داد و افزایش کود مصرفی با کاهش کارایی جذب نیتروژن همراه بود. بیشترین میزان این شاخص (۱/۰۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و کود سبز ماش حاصل شد. همچنین کاربرد گیاهان کود سبز افزایش معنی‌داری نسبت به آیش را نشان داد. مقایسه تیمارهای منبع کود نشان داد که کاربرد کود بیولوژیک در ترکیب با ۵۰٪ کود شیمیایی با افزایش کارایی جذب همراه بود (جدول ۳). دلیل این افزایش را می‌توان به افزایش مواد آلی خاک از بقایای گیاهان کود سبز و نیز توان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک و جذب تدریجی و همزمان با نیاز کلزا دانست. همچنین مصرف تمام نیتروژن مورد نیاز گیاه به فرم شیمیایی از طریق هدر رفت عنصر از طریق آبشویی و خارج شدن از دسترس گیاه، کاهش مقدار کارایی جذب در گیاه را در پی دارد. کاهش در میزان کارایی جذب نیتروژن با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش کاربرد کود مصرفی در برخی مطالعات گزارش شده است (Dawson *at al.,* 2008; Haile *at al.,* 2012; Zhao *at al.,* 2006). مطالعه تاثیر تلقیح بذور با *Rhizobium leguminosarum*، فسفر و آهن بر عملکرد و جذب عناصر در لوبیا نشان داد که تفاوت معنی‌داری در تیمار تلقیح بذور نسبت به شرایط عدم تلقیح در جذب نیتروژن در لوبیا مشاهده شد (Desta *at al.,* 2015).

کارایی بهره‌وری نیتروژن: به‌عنوان عملکرد دانه در ازای هر واحد نیتروژن جذب شده در گیاه تعریف می‌شود. کاهش میزان شاخص بهره‌وری نیتروژن با افزایش سطح نیتروژن مشاهده شد. این شاخص به‌طور مستقیم تحت تأثیر عملکرد دانه می‌باشد. بهبود کارایی بهره‌وری در گیاهان کلزا به دلیل انتقال مجدد و تغییر مکان نیتروژن از برگ و ساقه به دانه‌ها می‌باشد (Rathke *at al.,* 2006). روند تغییرات این شاخص در واکنش به سطوح مختلف نیتروژن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بالاترین میزان آن (۲۲/۵۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) در پایین‌ترین سطح کودی (عدم کاربرد) حاصل شد (جدول ۳). کاهش میزان کارایی به‌کارگیری نیتروژن با افزایش میزان کود مصرفی از ۱۳۶به ۱۹۵ کیلوگرم در هکتار در کلزا در برخی مطالعات گزارش شده که این کاهش احتمالاً به دلیل از دست رفتن نیتروژن به صورت مختلف باشد (Mirzashahi and Hosainpour, 2014). همبستگی مثبت کارایی بهره‌وری، عملکرد دانه و شاخص برداشت در برخی از مطالعات به اثبات رسیده است (Muunnen *at al.,* 2007). همچنین برخی مطالعات رابطه مثبت بین افزایش شاخص برداشت نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن را گزارش نمودند (Rahimizadeh *at al.,* 2010). در مطالعه مدیریت کودی نیتروژن در چهار سطح (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی نیتروژن در ذرت در سه سال زراعی مشاهده شد که با افزایش میزان مصرف کود، کارایی بهره‌وری نیتروژن کاهش‌یافته و بالاترین میزان بهره‌وری به‌طور میانگین (۹۰/۴۷ کیلوگرم در کیلوگرم) در پایین‌ترین سطح کودی حاصل شد (Mirzashahi and Hosainpour, 2014). کاهش کارایی بهره‌وری نیتروژن با افزایش میزان کاربرد نیتروژن از ۳۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در گندم نان گزارش شده است (Haile *at al.,* 2012).

کارایی زراعی نیتروژن: کاهش معنی‌دار این کارایی با افزایش میزان کاربرد کود مشاهده شد و کمترین مقدار آن (۵/۹۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) در بالاترین سطح کودی به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین مطالعه‌ی گیاهان کود سبز بر کارایی زراعی حاکی از تأثیر مثبت کشت مخلوط ماش و ارزن به‌عنوان گیاهان لگوم و غیرلگوم و افزایش معنی‌دار آن نسبت به شرایط تک کشتی و آیش است (جدول ۳). کارایی زراعی نیتروژن در موادی که نیتروژن در آنها سریع‌تر معدنی می‌شود بیشتر از موادی است که آهسته‌تر معدنی می‌شوند. در مطالعه سطوح ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد که افزایش میزان کود مصرفی کاهش شاخص زراعی نیتروژن را به‌همراه دارد (Norton *at al.,* 2015). بررسی سطوح نیتروژن (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) و بقایای نیتروژن (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد بقایای گندم) در تولید ذرت نشان داد که بالاترین میزان کارایی زراعی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۵ درصد بقایای گیاهی حاصل شد و افزایش کاربرد نیتروژن و درصد بقایا، منجر به کاهش میزان شاخص گردید که احتمالاً به علت نسبت بالای کربن به نیتروژن بقایای گندم، مقدار نیتروژن قابل استفاده در کوتاه مدت کاهش یافته اما در دراز مدت به دلیل آزادسازی تدریجی نیتروژن، موجب افزایش کارایی زراعی نیتروژن می‌گردد (Jalali and Bahrani, 2014). کاهش کارایی زراعی نیتروژن با افزایش میزان نیتروژن در عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد (Joudi *at al.,* 2011).

کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن: تغییرات این شاخص تحت تأثیر منبع کود قرار نگرفت ولی مقایسه اثرات متقابل نشان داد که کود بیولوژیک در ترکیب با کودهای سبز نسبت به مصرف تمام کود مورد نیاز به فرم شیمیایی منجر به بهبود کارایی فیزیولوژیکی شد. همچنین پاسخ این شاخص به نوع گیاه کود سبز متفاوت بود (جدول ۳). این شاخص تحت تأثیر عدم کاربرد کود سبز و تیمار تلفیقی (۳۶/۲۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کشت مخلوط ماش و ارزن با تیمار تلفیقی نیتروژن (۳۵/۵۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین مقادیر بوده است (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که نیتروژن شیمیایی به‌طور کامل توسط کلزا مصرف نمی‌شود و بخش از آن از دسترس گیاه خارج می‌گردد. با توجه به فرمول کارایی فیزیولوژیک، در تیمار تلفیقی، نیتروژن به‌صورت بسیار کارامدی توسط کلزا جذب می‌شود. جذب نیتروژن با افزایش عملکرد بیولوژیک همراه بوده که منجر به افزایش این شاخص شده است. همچنین افزایش کارایی فیزیولوژیک در کلزا در تیمارهای تلقیح بذور با نیتروکسین در سطوح مختلف نیتروژن و سولفات روی را نسبت به شرایط عدم تلقیح را گزارش نمودند (Jafari *at al.,* 2012).

اگروفیزیولوژیکی نیتروژن: به‌عنوان عملکرد اقتصادی به‌دست آمده به ازای هر واحد از مواد مغذی جذب شده تعریف می‌شود (Ladha *at al.,* 2005). کاربرد تلفیقی کود بیولوژیک و شیمیایی افزایش چشمگیر در میزان این شاخص نشان داد (۱۶/۲۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) هرچند به‌لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با مصرف کود به فرم شیمیایی (۱۱/۲۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) نشان نداد (جدول۳). تأثیر کود سبز ارزن و کشت مخلوط ماش و ارزن بر میزان این شاخص مشهود بود، همان‌طور که نتایج اثرات متقابل حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار این دو تیمار کود سبز در ترکیب با تیمار تلفیقی

www.SID.ir

Archive of SID

کود بود. افزایش کارایی اگروفیزیولوژیکی در کنجد با افزایش کاربرد نیتروژن را بیان نمودند (Shehu, 2014). افـزایش معنـی‌دار کـارایی اگروفیزیولوژیکی نیتروژن و فسفر در برنج را زمانی که کودهای آلی و غیر آلی با هم ترکیب مـی‌شـوند را در مقایسـه بـا کـاربرد کودهـای شیمیایی به تنهایی نشان دادند (Naing *at al.*, 2010).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر گیاهان کودسبز و منابع نیتروژن بر شاخص‌های کلزا

Table 3- Mean comparison of green manure and different nitrogen sources effect on some nitrogen efficiency indices of canola

تیمار Treat	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen Use Efficiency	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen Uptake Efficiency	کارایی بهره وری نیتروژن Nitrogen Utilization Efficiency	کارایی زراعی نیتروژن Nitrogen Agronomic Efficiency	کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن Nitrogen Physiological Efficiency	کارایی اگروفیزیولوژیکی نیتروژن Nitrogen Agrophysiological Efficiency
کود سبز	(Green manure)					
G1	17.9a	0.89a	19.61c	11.69a	22.51a	10.39ab
G2	17.4ab	0.92a	18.33d	6.2bc	8.32b	5.37b
G3	15.5b	0.66b	20.94b	2.8c	8.12b	4.81b
G4	16.5ab	0.82a	19.86c	5.9cb	17.44ab	14.75a
F	13.3c	0.55b	23.89a	7.5b	25.6a	10.53ab
منابع نیتروژن						
N1	18.9a	0.81a	22.54a	-	-	-
N2	13.4c	0.69b	19.51b	5.96b	25.45a	11.27a
N3	16.1b	0.8a	19.54b	14.51a	23.76a	16.24a
برهمکنش						
N1×G1	18.2abcd	0.88b	20.56ef	-	-	-
N1×G2	21.4a	1.04a	20.38fg	-	-	-
N1×G3	18.8abc	0.63ef	23.27b	-	-	-
N1×G4	20ab	0.94ab	21.2de	-	-	-
N1×F	16.1cdef	0.59ef	27.29a	-	-	-
N2×G1	15.8cdefg	0.84bc	18.7i	10.08bcd	31.96a	14.03b
N2×G2	13.8efgh	0.8bcd	17.09j	5.03def	13.98bc	6.95bc
N2×G3	12.8gh	0.65de	19.53h	1.79ef	8.53cd	5.35bc
N2×G4	13.9efgh	0.7cde	19.6gh	5.5de	32.23a	13.68bc
N2×F	10.8h	0.47f	22.52bc	7.39cd	40.53a	16.35b
N3×G1	19.7ab	0.946ab	19.58gh	24.98a	35.57a	17.15ab
N3×G2	17bcde	0.9ab	17.53j	13.61b	10.98bcd	9.17bc
N3×G3	15defg	0.71cde	20.03fgh	6.64de	15.85b	9.1bc
N3×G4	15.6cdefg	0.83bc	18.71i	12.2bc	20.1b	30.57a
N3×F	13.2fgh	0.6ef	21.86cd	15.13b	36.29a	15.24b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

+Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

G1: مخلوط (Intercropping)، G2: ماش (Mung bean)، G3: جو (Barley)، G4: ارزن (Millet)، F: آیش (Fallow)، N1: عدم کاربرد کود (no fertilizer)، N2: ۱۰۰٪ کود شیمیایی (100% chemical fertilizer) و N3: ۵۰٪ کود شیمیایی+ کود بیولوژیک نیتروکسین (biological nitroxin + 50% chemical fertilizer)

شاخص اتکا به نیتروژن: تغییرات شاخص اتکا بـه نیتـروژن متأثر از نوع کود سبز و منبع نیتروژن در سطح یک درصد و اثر متقابل

www.SID.ir

Archive of SID

آنها در سطح پنج درصد بود (جدول ۴). با افزایش میزان نیتروژن این شاخص نیز افزایش یافت و بالاترین میزان آن (۰/۳۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) از تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی حاصل شد (جدول ۵). مقایسه‌ی اثرات متقابل نشان داد که بیشترین میزان اتکا به نیتروژن به‌ترتیب با مقادیر ۰/۴۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمارهای عدم کاربرد کود سبز در ترکیب با ۱۰۰٪ شیمیایی و کود سبز جو در ترکیب با ۱۰۰٪ شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۵). کمترین میزان اتکا به نیتروژن نیز در تیمار کود سبز ماش در ترکیب با تیمار تلفیقی کود (۰/۱۶کیلوگرم بر کیلوگرم) حاصل شد. دلیل این امر را می‌توان به قابلیت تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط گیاهان خانواده بقولات و نیز باکتری‌های موجود در نیتروکسین، کاهش نیاز به نهاده‌ی خارجی کود نیتروژن و در نتیجه کاهش میزان شاخص اتکا نسبت داد. مطالعات آینه‌بند و همکاران در مقایسه‌ی سطوح نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر شاخص‌های کارایی نیتروژن نشان داد با افزایش میزان نیتروژن، شاخص اتکا به نیتروژن افزایش معنی‌داری خواهد داشت (Aynehband *at al.*, 2014).

شاخص موازنه نیتروژن: روند تغییرات شاخص موازنه نیتروژن تحت تأثیر کود سبز و منابع نیتروژن در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه گیاهان مختلف کود سبز نشان داد که کود سبز ماش (۲/۳۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) از شاخص موازنه بهتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار می‌باشد (جدول ۵). اثرات متقابل نیز نشان داد که تیمار عدم کاربرد کود سبز در تمام سطوح کود نیتروژن دارای کمترین مقادیر بوده و کمترین مقدار آن (۰/۸۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) در ترکیب با ۱۰۰٪ نیتروژن شیمیایی به‌دست آمد. بیشترین مقدار این شاخص نیز در تیمار کود سبز ماش در ترکیب با تیمار تلفیقی نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۵). بهبود موازنه نیتروژن در کود بیولوژیک نیتروکسین به دلیل افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی اجزای میکروبی خاک در این تیمار و تلفات بیشتر نیتروژن در فرم شیمیایی می‌باشد. آینه‌بند و همکاران (۲۰۱۴) کاهش شاخص موازنه نیتروژن در گندم با افزایش میزان کود مصرفی را نشان دادند.

جدول ٤- تجزیه واریانس تأثیرگیاهان کودسبز و منابع مختلف نیتروژن بر برخی شاخص‌های کارایی در کلزا

Table 4- Analysis of variance of green manure and different nitrogen sources effect on some nitrogen efficiency indices of canola

منابع تغییرات Change resources	درجه آزادی df	شاخص اتکا به نیتروژن Nitrogen reliance index	شاخص موازنه نیتروژن Nitrogen balance index	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index
تکرار Rep.	2	0.002^{ns}	0.009^{ns}	8.92^{*}
کود سبز Green manure	4	0.01^{**}	3.43^{**}	54.12^{**}
خطای اصلی Main error	8	0.001	0.015	1.56
منابع نیتروژن Nitrogen resources	2	0.54^{**}	43.47^{**}	0.79^{ns}
کودسبز×منابع نیتروژن G M×N R	8	0.004^{*}	1.16^{**}	6.59^{**}
خطای فرعی Sub error	20	0.0009	0.01	0.8

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*, **and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and no significant respectively.

شاخص برداشت نیتروژن: این شاخص نشان‌دهنده‌ی درصدی از کل نیتروژن موجود در گیاه است که به دانه انتقال یافته است. تغییرات این شاخص تحت تأثیر منبع کود قرار نگرفت با این حال در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن دارای مقدار بیشتری (۸۴/۸۷٪) نسبت به سایر تیمارها بود. همچنین کاربرد کود سبز در مقایسه با عدم کاربرد آن دارای تأثیر معنی‌دار و مثبت بر میزان این شاخص بود. بیشترین میزان شاخص برداشت نیتروژن در تیمار کود سبز جو و عدم کاربرد نیتروژن (۸۹/۲۱٪) مشاهده شد. دلیل این

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش را می‌توان به رشد رویشی محدودتر کلزاهای کشت شده بعد از کود سبز جو و عدم کاربرد نیتروژن دانست. با محدود شدن رشد رویشی، انتقال مجدد مواد از اندام رویشی به زایشی سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد. کاهش شاخص برداشت نیتروژن در گندم با افزایش میزان کاربرد کود مصرفی (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که بالاترین میزان این شاخص در سطح بدون کود (۶۶/۴۱ درصد) و کمترین میزان (۵۸/۵۲ درصد) در سطح ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار کود مصرفی مشاهده شد (Hosseini *at al.*, 2013).

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیرگیاهان کودسبز و منابع نیتروژن بر عملکرد و برخی شاخص‌های کلزا

Table 5- Mean comparison of the effects of green manure plants and different nitrogen sources on some nitrogen efficiency indices of canola

تیمار Treat	شاخص اتکا به نیتروژن Nitrogen reliance index	شاخص موازنه نیتروژن Nitrogen balance index	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index
کود سبز	(Green manure)		
G1	0.177b	2.12b	86.18ab
G2	0.15b	2.35a	84.58c
G3	0.22a	1.28d	86.79a
G4	0.179b	1.81c	85.06bc
F	0.25a	0.84e	80.53d
منابع نیتروژن	(Nitrogen resources)		
N1	-	-	84.87a
N2	0.37a	1.65b	84.41a
N3	0.21b	3.4a	84.61a
برهمکنش	(Interaction)		
N1×G1	-	-	86.02bcd
N1×G2	-	-	83.38f
N1×G3	-	-	89.21a
N1×G4	-	-	86.2bcd
N1×F	-	-	79.45h
N2×G1	0.34b	2.1f	85.8bcd
N2×G2	0.29bc	2.32e	85.02cdef
N2×G3	0.44a	1.27g	86.5bc
N2×G4	0.34b	1.71g	83.75ef
N2×F	0.46a	0.82i	80.97gh
N3×G1	0.19ef	4.28b	86.72b
N3×G2	0.16f	4.73a	85.36bcde
N3×G3	0.23de	2.56d	84.67def
N3×G4	0.19ef	3.72c	85.13bcde
N3×F	0.28cd	1.71g	81.18g

+ میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

+Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

G1: مخلوط (Intercropping)، G2: ماش (Mung bean)، G3: جو (Barley)، G4: ارزن (Millet)، F: آیش (Fallow)، N1: عدم کاربرد کود (no fertilizer)، N2: ۱۰۰٪ کود شیمیایی (100% chemical fertilizer) و N3: ۵۰٪ کود شیمیایی+ کود بیولوژیک نیتروکسین (biological nitroxin + 50% chemical fertilizer)

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این آزمایش نشان داد کاربرد کود به فرم شیمیایی و تلفیقی بهبود عملکرد نسبت به شرایط عدم کاربرد را باعث شده است با این حال تلفیق کودهای بیولوژیک و شیمیایی در ترکیب با گیاهان کود سبز مناسب با کاهش هزینه‌ها و اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی، بهبود و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در کلزا را موجب شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. عدم کارایی گیاه در استفاده از کود شیمیایی و خارج شدن آن از دسترس گیاه در اثر آبشویی منجر به کاهش کارایی مصرف، جذب، بهره‌وری و زراعی با افزایش میزان کاربرد کود مصرفی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که ترکیب گیاهان کود سبز و نیتروژن تلفیقی، بهبود شاخص‌های کارایی در کلزا را باعث شده است. دلیل بهبود را می‌توان به آزادسازی تدریجی عناصر از بقایای گیاهان کود سبز و نیز توان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک و جذب تدریجی و همزمان با نیاز کلزا دانست. شاخص اتکا به نیتروژن با افزایش میزان کاربرد کود افزایش یافت. همچنین نتایج حاکی از کاهش میزان اتکا به کود در شرایط کاربرد کود سبز ماش و کشت مخلوط ماش و ارزن می‌باشد که با توجه به توان تثبیت بیولوژیکی گیاهان لگوم، کاهش نیاز به کود مصرفی دور از انتظار نخواهد بود. در مجموع با نتایج حاصل شده در این پژوهش و نیز اهداف کشاورزی پایدار در کاهش مصرف کود، کاهش اتکا به نهاده‌های برون سیستمی و تأکید بر استفاده از منابع جایگزین برای تأمین عناصر مورد نیاز گیاهان، استفاده از کودهای بیولوژیک با افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی جوامع میکروبی خاک و توان تثبیت این جوامع و نیز کاشت گیاهان کود سبز قبل از زراعت اصلی با افزایش میزان ماده‌ی آلی و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، تلقیح بذور با کودهای بیولوژیک و کاشت گیاهان کود سبز از خانواده لگوم به تنهایی و یا در ترکیب با غلات توصیه می‌شود.

References

1. Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M. T., and Khattak, R. A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. Journal of Zhejiang University 8(10): 731-737.
2. Ali ehyaei, M., and Behbahanizade, A. A. 1993. Methods of soil analysis. Technical publication. Soil and Water Research Institute. Tehran. Iran. 1(893): 76PP. (in Persian).
3. Alyari, H., and Sekari, F. 2000. Oil seed crops agronomy and physiology.. Amidi Tabriz Press. 182 P.
4. Aminpanah, H. 2013. Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Acta Agriculturae Slovenica 101(2): 183-190.
5. Aynehband, A., Asadi, S., and Rahnama, A. 2014. Nitrogen use efficiency assessment under intra-and inter-specific competitions stress. Journal of Plant Physiology and Breeding 4(2): 9-21.
6. Aynehband, A. 2007. Ecology of agricultural systems. Shahid Chamran University of Ahvaz Press. 374 P.
7. Baligar, V.C., and Bennett, O.L., 1986. Outlook on fertilizer use efficiency in the tropics. Fertilizer Research 10: 83-96.
8. Dawson, J. C., Huggins, D. R., and Jones, S. S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agriculture systems. Field Crops Research 107: 89-101.
9. Desta, Y., Habtegebrial, K., and Weldu, Y. 2015. Inoculation, phosphorous and zinc fertilization effects on nodulation, yield and nutrient uptake of Faba bean (*Vicia faba* L.) grown on calcaric cambisol of semiarid Ethiopia. Journal of Soil Science and Environmental Management 6(1): 9-15.
10. Dobermann, A., Witt, C., Abdulrachman, S., Gines, H.C., Nagarajan, R., Son, T.T., Tan, P.C., Wong, G.H., Chien, N.V., Thoma, V.T.K., Phung, C.V., Stalin, P., Muthukrishnan, P., Ravi, V., Babu, M., Simbahan, G.C., and dviento, M.A.A., 2003a .Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. Agronomy Journal 95: 913-922.
11. Erisman, J. W. 2004. The Nanjing declaration on management of reactive nitrogen. Bioscience 54: 4286-4287.
12. Fageria, N. K. 2009. The use of nutrients in crop plant. CRC Press, New York, 430 P.
13. Gan, Y., Malhi, S. S., Brandt, S., Katepa-Mupondwa, F., and Stevenson, C. 2008. Nitrogen use efficiency and n uptake of juncea canola under diverse environments. Agronomy Journal 100: 285-295.
14. Gerami, F., Aynehband, A., and Fateh, E. 2014. Comparing the effect of different green manure crops and nitrogen rates on wheat (*Triticum aestivum* L.) by nitrogen efficiency indices. The Plant Production 36 (4): 135-148. (in Persian with English abstract).
15. Ghavampoor, M., Moosavi, S. G. H., and Seghatoleslami, M. J. 2015. Yield, morphological traits and nitrogen use efficiency of *Eruca sativa* as affected by irrigation, plant density and nitrogen fertilization. Biological Forum- An International Journal 7(1): 316-325.
16. Haile, D., Nigussie, D., and Ayana, A. 2012. Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12 (3): 389-409.
17. Halvorson, A. D., Wienhold, B. J., and Black, A. L. 2001. Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system. Agronomy Journal 93: 836-841.
18. Hamzei, J. 2012. Seed N concentration, nitrogen use efficiency and growth of barley under combinations of bio and chemical N fertilizer application. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (1): 70-76.

www.SID.ir

Archive of SID

19. Hocking, P. J., Randall, P. J., and DeMarco, D. 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field Crops Research 54: 201-220.
20. Hosseini, R. S., Gashi, S., Soltani, A., Calateh, M., and Zahed, M. 2013. The effect of nitrogen fertilizer on wheat nitrogen use efficiency measures. Iranian Journal of Field Crops Research 11(2): 300-306. (in Persian).
21. Huggins, D. R., and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Journal of Agronomy 85: 898-905.
22. Jackson, G. D. 2000. Effect of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy 92: 644-649.
23. Jafari, N., Esfahani, M., Falah, A. R., Mohsen Abadi, G. R., and Kafi Ghasemi, A. 2012. Effects of urea, zinc sulphate fertilizers and *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculant application on grain yield and nitrogen use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 43 (4): 551-560. (in Persian).
24. Jalali, A. H., and Bahrani, M. J. 2014. Effect of crop residue and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency in corn (*Zea mays* L.) production. Agronomy Journal 102: 197-204.
25. Joudi, F., Tobeh, A., Ebadi, A., Mostafaee, H., and Jamaati-e-Somarin, S. H. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. Electeronic Journal of Crop Prouduction 4 (4): 39-50.
26. Keivanrad, S., and Zandi, P. 2014. Effect of nitrogen levels on growth, yield and oil quality of Indian mustard grown under different plant densities. Agronomical and Qualitative Features of Indian Mustard 1(157): 81-95.
27. Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., and Kessel, C. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. Advances in Agronomy 87: 85-156.
28. Majdi Nasab, H., Siadat, S. A., Naderi, A., Lak, S., and Modhej, A. 2015. Effect of drought stress and nitrogen levels on yield, yield components and harvest index of canola genotypes under Shoushtar environmental conditions. Journal of Renewable Natural Resources Bhutan 3 (5): 129-139.
29. Mirzaei, A., Vazan, S., and Naseri, R. 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. World Applied Sciences Journal 11 (10): 1287-1291.
30. Mirzashahi, K., and Hossainpour, M. 2014. The effect of nitrogen fertilization management on grain yield and nitrogen efficiency indices in corn. Agronomy Journal 102: 31-40.
31. Mohammadi, G.H., Safari Poor, M., Ghobadi, M. E., and Najaphy, A. 2015. Corn yield and quality and weed growth under different nitrogen levels by application of legume and non-legume green manures. Sciences Agricultural and Sustainable Production 25(1): 45- 64. (in Persian with English abstract).
32. Muurinen, S., Kleemola, J., and Peltonen-Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. Agronomy Journal 99: 441-449.
33. Naing, A., Banterng, P., Polthanee, A., and Trelo-Ges, V. 2010. The effect of different fertilizers management strategies on growth and yield of upland black glutinous rice and soil property. Asian Journal of Plant Sciences 9 (7): 414-422.
34. Norton, R., Walker, C., and Farlow, C. 2015. Nitrogen removal and use on a long-term fertilizer experiment. Australia. Web site www.agronomy2015.com.au.
35. Pankhurst, C. E., Stirling, G. R., Magarey, R.C., Blair, B.C., Holt, J.A., Bell, M.J. and Garside, A.L. 2005 Quantification of the effects of rotation breaks on soil biological properties and their impact on yield decline in sugarcane. Soil Biology and Biochemistry 37: 1121-1130.
36. Powers, L. E., and Mcsorley, R. 2000. Ecological principles of agriculture. Thomson Learning Publishing. New York.
37. Premi, O. P., Kandpal, B. K., Rathore Shekhawat, S. S., and Chauhan, J. S. 2013. Green manuring, mustard residue recycling and fertilizer application affects productivity and sustainability of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) in Indian semi-arid tropics. Industrial Crops and Products 41: 423-429.
38. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A. R., and Nassiri-Mahallati, M. 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science 4(5): 363-368.
39. Rathke, G. W., Behrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Agriculture, Ecosystem and Environment 117: 90-108.
40. Ryan, J., Pala, M., Masri, S., Singh, M., and Harris, H. 2008. Rain fed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. European Agronomy Journal 28:112-118.
41. Seyed Sharifi, R. 2007. Industrial Plants. Mohaghegh Ardabili Press. 432 pp.
42. Seyed Sharifi, R., Seyedi, M. N., and Zaefizadeh, M. 2011. Influence of various levels of nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Crops Improvement

www.SID.ir

Archive of SID

13(2): 51-60.
43. Shehu, H. E. 2014. Uptake and agronomic efficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium in sesame (*Sesamum indicum* L.). American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology 4(2): 41-56.
44. Silespour, M., Jafari, P., and Mollahosein, H. 2009. Effect of drought stress on corn. Journal of Agricultural Sciences 2(2): 32-39.
45. Yasari, E., and Patwardhan, 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.
46. Zhao, R. F., Chen, X. P., Zhang, F. S., Zhang, H., Schroder, J., and Romheld, V. 2006. Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. Agronomy Journal 98: 935-945.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 2, Summer. 2017, p. 413-424

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۴۲۴-۴۱۳

The Study of Nitrogen Efficiency Indices of Canola (*Brassica napus* L.) under Different Green Manure Crops and Nitrogen Sources

Kh. Dabighi[1]- E. Fateh[2*]- A. Aynehband[3]

Received: 26-11-2015
Accepted: 28-05-2016

Introduction: Green manure is a crop used primarily as a soil amendment and a nutrient source for future crops. Leguminous green manure may add N to crop systems through biological fixation, and the slow release of N from decomposing green manure residues may be well timed with plant uptake. Leguminous and non-leguminous plants are used as green manures. Leguminous plants can form symbiotic associations with Rhizobium bacteria in order to atmospheric N fixation. This fact causes that the green manures, which their principal component are leguminous plant residue, added more nitrogen to the soil compared to non-legume. Muurinen et al. (2007) reported that strong N translocation from vegetative parts of the main shoot in wheat, which exhibited higher competition for N between vegetative and reproductive organs. Therefore, improved understanding of plant N requirements and dynamics, particularly biomass production efficiency (BPE) from vegetative parts among species and cultivars, is needed to determine better nitrogen use efficiency (NUE). So that the objective of this study was to determine the effects of legume and non-legume green manure crops in combination with different N fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of canola.

Materials and Methods: In order to study the effect of different green manure and nitrogen sources on nitrogen efficiency indices of canola, a field experiment was conducted in the experimental farm of Agricultural Faculty of Shahid Chamran University of Ahvaz during 2013-2014 growing season. The experimental was carried out as split plot based on randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main plot was different green manure including millet, barley, mungbean, intercropping of millet and mungbean, and fallow (without green manure application). The subplot treatments were different nitrogen sources at three levels including no nitrogen fertilizer (Control), 50 % chemical nitrogen + biological nitrogen (Nitroxin) and 100 % chemical nitrogen. Nitrogen fertilizer was applied 200 kg per hectare in the form of urea. The plots of green manure were established on 6 Sep. 2010 and incorporated to the soil on 17 Oct. 2013. Then canola (cv. Hyola401) was planted on 10 Nov. 2013 and was harvested on 21 Apr. 2014. Each plot size was 6 m^2 (2 m × 3 m) that consisted of 6 rows of canola plants. Grain yield was determined by harvesting from a 2 m^2 area in each plot. All dry vegetative samples and also grains were first ground and then plant N concentration was determined by standard macro-Kjeldahl procedure. N content was calculated by multiplying the N concentration by dry weight. Analysis of variance was used to test the significance of data and means were compared with LSD test.

Results and Discussions: The results showed that the increasing nitrogen application had negative effect on efficiency indices except of nitrogen reliance index (NRI). The highest nitrogen reliance index (NRI) (0.46 kg per kg plant) was obtained at control (without green manure and 100% chemical nitrogen) and the lowest (0.16 kg per kg plant) was revealed at mungbean intercropping with integrated nitrogen application. The highest nitrogen use efficiency (NUE) (21.4 kg per kg), and nitrogen uptake efficiency (NUE) (1.04 kg per kg) were obtained at mungbean green manure and no nitrogen fertilizer, respectively. The highest nitrogen agronomic efficiency (NAE) (24.98 kg per kg) was revealed at millet-mungbean intercropping and nitrogen integrated management. Totally the results indicated the positive effects of biological and chemical combined fertilizer and green manure plants on yield increment and efficiency indices, and decreasing of dependency on chemical inputs that it is in the way and the goal of sustainable agriculture.

Keywords: Biological nitrogen fertilizer, Green manure, Nitrogen efficiency index, Nitroxin, Seed yield

1- Msc student in Agroecology, Shahid Chamran University of Ahvaz
2 and 3- Associate Professor and Professor of Agronomy & Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: e.fateh@scu.ac.ir)

www.SID.ir