"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۹۰

اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل بر انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۴۰۱

Effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) *cv*. Hayola401

پری طوسی کهل[۱]، مسعود اصفهانی[۲]، محمد ربیعی[۳] و بابک ربیعی[۴]

چکیده

طوسی کهل،پ. م. اصفهانی، م. ربیعی و ب. ربیعی. ۱۳۹۰. اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل بر انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) رقم **هایولا ۴۰۱. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۳۶۷-۳۵۲.**

به منظور بررسی تأثیر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه کلزا (هیبرید هایولا ۴۰۱) به صورت کشت دوم پس از برداشت برنج در شالیزار، آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در اراضی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت اجرا گردید. دراین آزمایش دو عامل غلظت محلول حاوی کود نیتروژن خالص (از منبع اوره) در دو سطح (۵ و ۱۰ در هزار) و زمان محلول‌پاشی در هفت سطح: ۱- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی (کدهای ۱/۰۶ تا ۱/۰۸ کدبندی سیلوستر- برادلی و میکپیس)، ۲- محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن (کدهای ۲/۰۱ تا ۲/۰۳)، ۳- محلول‌پاشی در مرحله قبل از گلدهی (کد ۳/۹)، ۴- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن، ۵- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + قبل از گلدهی، ۶- محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، ۷- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه رفتن + قبل از گلدهی، همراه با دو تیمار شاهد الف- بدون مصرف کود نیتروژن و ب- کوددهی متداول خاکی به صورت $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی به میزان ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار منظور شدند. صفات گیاهی مورد ارزیابی شامل عملکرد دانه، میزان روغن، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد ماده خشک و میزان ماده خشک تولید شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت دانه و مدت زمان رسیدگی بودند. نتایج نشان داد که بین غلظت‌های محلول‌پاشی و زمان‌های مصرف نیتروژن و شاهدها با هریک از تیمارها از نظر صفات عملکرد دانه، میزان روغن، تعداد خورجین در بوته، انتقال مجدد ماده خشک، میزان ماده خشک تولید شده در زمان ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی، عملکرد بیولوژیکی و زمان رسیدگی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ در هزار در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، بیشترین عملکرد دانه (۴۲۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار)، تعداد خورجین در بوته (۲۱۹/۷)، انتقال مجدد ماده خشک (۶۹۴/۱ گرم در متر مربع) و میزان ماده خشک تولید شده در زمان ۵۰ درصد گلدهی (۸۹۱/۵ گرم در متر مربع) را داشت. از نظر صفات تعداد خورجین در بوته، انتقال مجدد ماده خشک، میزان ماده خشک تولید شده در زمان ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی بین تیمار محلول‌پاشی در مراحل ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی و ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، تفاوتی وجود نداشت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی تکمیلی کود نیتروژن با غلظت ۱۰ در هزار در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا شود.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد دانه، کلزا و محلول‌پاشی نیتروژن.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۹/۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mesfahan@yahoo.com)
۳- پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور
۴- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

مقدمه

دانه‌های روغنی از نظر تامین کالری و انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات زراعی ازجایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و از با ارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی به شمار می‌روند (Hajizade *et al*., 2002). توسعه و کشت گیاه روغنی کلزا در اراضی شالیکاری یکی از عرصه‌های امید بخش توسعه این گیاه در کشور محسوب می‌شود. کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی بعد از سویا و نخل روغنی است که به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی گیلان کشت دوم آن بعد از برنج مورد توجه می‌باشد. استفاده بهینه از اراضی شالیزاری در تمام طول سال، ایجاد اشتغال و جلوگیری از مهاجرت روستائیان به شهر، افزایش تولید و درآمد کشاورزان و پایداری تولید برنج از دیگر مزایای کشت کلزا در اراضی شالیزاری محسوب می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عواملی که عملکرد کلزا را تحت تاثیر قرار می‌دهد، کود نیتروژن است. به دلیل اهمیت زمان و مقدار مصرف کود نیتروژن در عملکرد و اجزای عملکرد کلزا انتخاب زمان و مقادیر مناسب کود نیتروژن می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در افزایش عملکرد و سودآوری بیشتر برای زارعین و در نتیجه توسعه کشت کلزا ایفا نماید (Almond *et al*., 1996). به نظر می‌رسد که علاوه بر مصرف سرک کود نیتروژن به صورت خاکی، تغذیه برگی به صورت محلول‌پاشی می‌تواند به افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا کمک نماید. ضرورت محلول‌پاشی عناصر غذایی در جبران کمبود مواد غذایی از طریق ریشه‌ها و یا تأمین نیاز گیاه به این عناصر در برگ‌ها بویژه در مرحله زایشی توسط ریان و همکاران (Ryan *et al*., 2007) گزارش شده است. با تغذیه از طریق برگ می‌توان مواد غذایی را در کوتاه‌ترین زمان ممکن در اختیار گیاه قرار داد. تغذیه برگی روش مناسبی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش خطرات زیست محیطی آن‌ها است (Rezai and Malakouti, 2003). زیاد بودن بیش از حد نیتروژن در پائیز و قبل از زمستان‌گذرانی باعث رشد بیش از حد بوته‌ها می‌شود. این موضوع می‌تواند خطر سرمازدگی جوانه انتهایی را افزایش دهد. کمبود نیتروژن نیز موجب کم شدن ارتفاع بوته‌ها، زرد شدن شاخساره، کاهش تعداد خورجین‌ها و کاهش عملکرد می‌شود (Holmes, 1980). سماوات (Samavat, 1999) گزارش نمود که غلظت مناسب محلول‌پاشی کود اوره برای دانه‌های روغنی، ۱۰- ۵ در هزار می‌باشد. تحقیقات مرشدی و نقیبی (Morshedi and Naghibi, 2001) نشان داده است که محلول‌پاشی اوره باعث افزایش وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و روغن کلزا می‌شود. علاوه بر مقدار و روش مصرف، زمان مناسب مصرف کود نیتروژن نیز تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و روغن آن دارد. بالاترین نیاز کلزا به کود نیتروژن در مراحل آغاز ساقه‌دهی (طویل شدن ساقه) و آغاز گلدهی گزارش شده است (Hocking and Stapper, 1993). آزمایش حاضر با هدف تعیین بهترین زمان و غلظت مناسب محلول‌پاشی کود نیتروژن جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و روغن، مشارکت انتقال مجدد ماده خشک برای پر کردن دانه‌های کلزا طراحی و به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (همراه با مقایسات خاص گروهی) با سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ پس از برداشت برنج در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت اجرا گردید. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت رسی با اسیدیته ۵/۷، هدایت الکتریکی ۰/۴۵ دسی زیمنس بر متر، نیتروژن ۰/۰۹۹ درصد، فسفر و پتاس ۲۹ و ۱۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و کربن آلی ۱/۰۲ درصد بود. دراین آزمایش اثر دو عامل محلول‌پاشی با غلظت

محلول حاوی کود نیتروژن خالص (از منبع اوره) در دو سطح (۵ و ۱۰ در هزار) و زمان محلول‌پاشی در هفت سطح: ۱- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی (کدهای ۱/۰۶ تا ۱/۰۸ کدبندی سیلوستر- برادلی و میکپیس Sylvester-Bradley and Makepeace, 1984)، ۲- محلول‌پاشی در مرحله ساقه‌رفتن (کدهای ۲/۰۱ تا ۲/۰۳)، ۳- محلول‌پاشی در مرحله قبل از گلدهی (کد ۳/۹)، ۴- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن، ۵- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + قبل از گلدهی، ۶- محلول پاشی در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، ۷- محلول‌پاشی در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، همراه با دو تیمار شاهد الف- بدون مصرف کود نیتروژن و ب- کوددهی متداول خاکی به صورت $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی به میزان ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در کلزا رقم هایولا ۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در کلیه تیمارهای محلول‌پاشی، کود نیتروژن خالص به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به صورت $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در زمان ساقه‌رفتن و $\frac{1}{3}$ قبل از گلدهی نیز مصرف شد (Rabiei *et al*., 2009). محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش پشتی موتوری با فشار ۰/۲ بار و در روزهای بدون بارندگی انجام گرفت. هرکرت آزمایش شامل ۸ خط کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود. بعد از برداشت برنج در اوایل مهر عملیات آماده‌سازی زمین انجام گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان به میزان ۳ لیتر در هکتار استفاده گردید و یک سوم کود نیتروژن و تمام کود فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم مورد نیاز برحسب آزمون خاک هر کدام به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به مزرعه داده شد (Rabiei *et al*., 2009). فاصله بین تیمارها یک متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت دستی صورت گرفت و تراکم بوته‌ها ۱۰۰ عدد بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد عملیات زراعی لازم نظیر مبارزه با علف‌های هرز و آفات انجام گرفت. محصول هر کرت پس از حذف حاشیه در دو طرف کرت آزمایشی و همچنین حذف ۰/۵ متر از دو طرف طولی هر کرت، از قسمتی از کرت که به عنوان فضای عملکرد (سه متر مربع) در نظر گرفته شده بودند، برداشت و عملکرد دانه براساس رطوبت ده درصد محاسبه شد. برای محاسبه صفات زراعی شامل تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین، تعداد ده بوته از هرکرت به طور تصادفی انتخاب گردید و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان صفت مورد نظر ثبت گردید. به منظور تعیین وزن هزار دانه، ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از دانه‌های هر کرت به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاه، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شده و سپس وزن هزار دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان روغن مقدار ۱۰ گرم از بذور هر تیمار برداشت شد و به آزمایشگاه بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر فرستاده شد و با استفاده از دستگاه NMR (رزونانس هسته مغناطیسی) میزان روغن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. صفات گیاهی مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، میزان روغن، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، انتقال مجدد ماده خشک، کارایی انتقال مجدد ماده خشک و میزان ماده خشک تولید شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی (به جز دانه)، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت دانه و طول دوره رویش بود. برای تعیین انتقال مجدد ماده خشک ابتدا در مرحله ۵۰ درصد گلدهی تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده و میزان ماده خشک برحسب گرم در متر مربع محاسبه گردید. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز به روش مشابه ۱۰ بوته از هرکرت انتخاب و ماده خشک هر بوته (به جز دانه)

بر حسب گرم در متر مربع برآورد شد.

میزان انتقال مجدد ماده خشک به روش میتسوور و همکاران (Mitsuru *et al*., 1991) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$[\ DMR= DM_a-DM_m\ ] \qquad (۱)$$

DM_a: میزان ماده خشک بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی(گرم در مترمربع)

DM_m: میزان ماده خشک بوته در مرحله رسیدگی به جز دانه (گرم در مترمربع)

DMR: میزان انتقال مجدد ماده خشک اندام هوایی (گرم در مترمربع)

کارایی انتقال مجدد ماده خشک نیز از رابطه نسبت میزان انتقال مجدد به میزان ماده خشک بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی ×۱۰۰ محاسبه شد (Blum *et al* ., 1989 ; Majnoonhoseini *et al*., 2003).

محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.1) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر صفات مورد ارزیابی به جز تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، کارایی انتقال مجدد و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقایسات گروهی (خاص) نیز نشان داد که در بین غلظت‌های محلول‌پاشی نیتروژن از نظر صفات عملکرد دانه، میزان روغن، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیکی، طول دوره رویش، انتقال مجدد ماده خشک و میزان ماده خشک تولید شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی (به جز دانه) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). اثر متقابل غلظت × زمان نیز از نظر صفات تعداد خورجین در بوته، انتقال مجدد ماده خشک و میزان ماده خشک تولید شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی معنی‌دار گردید. تجزیه واریانس تیمار شاهد (کود صفر) در برابر شاهد (کود متداول) نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی به جز تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین تیمارهای شاهد (کود صفر و متداول) در برابر تیمارهای محلول‌پاشی شده در تمامی صفات مورد نظر به استثنای کارایی انتقال مجدد ماده خشک معنی‌دار بودند (جدول ۲).

مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و زمان ساقه‌رفتن+گلدهی با میانگین ۴۲۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۳). دلیل این موضوع را می‌توان به افزایش تعداد خورجین در بوته آن (۲۱۹/۷) نسبت داد. اسکات و همکاران (Scott *et al*., 1973) گزارش کردند که در بین اجزای عملکرد، تعداد خورجین در بوته بیشترین تأثیر را از میزان کود نیتروژن مصرف شده می‌گیرد. محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و زمان ساقه رفتن+گلدهی منجر به تحریک گیاه در جهت افزایش سطح فتوسنتزی و تولید مواد پرورده باعث می‌شود که تعداد بیشتری از گل‌ها به خورجین تبدیل شوند (Soleiman Zadeh *et al*., 2004). یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی در کلزا، میزان روغن دانه آن است. میزان روغن علاوه بر خصوصیات ژنتیکی به عوامل محیطی مانند دما و میزان رطوبت خاک بستگی دارد و در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. از نظر صفت میزان روغن دانه، تیمار شاهد (بدون کود) با میانگین ۴۵/۴ درصد و تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در غلظت ۱۰ در هزار در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی با میانگین ۴۱/۸ درصد، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روغن را دارا بودند. از نظر عملکرد روغن، تیمار محلول‌پاشی ۱۰ در هزار در زمان ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی با میانگین ۱۷۷۷/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و

تیمار شاهد بدون کود با میانگین ۴۴۹/۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را داشتند. براساس یافته‌های راتک و همکاران (Rathke *et al*., 2005)، بین میزان روغن و مقدار نیتروژن مصرفی همبستگی منفی وجود دارد و با افزایش مصرف نیتروژن، میزان روغن دانه‌ها کاهش می‌یابد. در آزمایش حاضر مشاهده شد که با محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و زمان ساقه‌رفتن+گلدهی، میزان روغن کاهش می‌یابد، ولی به دلیل افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن افزایش می‌یابد. از نظر صفت تعداد خورجین در بوته، تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ در هزار در زمان‌های ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی و در مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی، به ترتیب با میانگین ۲۱۹/۷ و ۲۱۶ بیشترین و تیمار محلول‌پاشی ۵ در هزار در مرحله ۸-۶ برگی با میانگین ۱۱۱/۸ کمترین تعداد خورجین را پس از شاهدها دارا بودند (جدول ۳). در کلزا تعداد خورجین در بوته از صفات بسیار مهمی است که عملکرد دانه به شدت به آن وابسته است، زیرا پس از مرحله گلدهی با کاهش سطح برگ‌ها، خورجین‌ها نقش مهمی در فتوسنتز گیاه دارند. بنابراین بین تعداد خورجین با عملکرد دانه همبستگی بسیار بالایی وجود دارد (Morshedi and Naghibi, 2001). از نظر صفت تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نیتروژن تأثیری بر تعداد دانه در خورجین ندارد، اما تعداد خورجین در بوته را افزایش می‌دهد. آدامز و گریفیوس (Adams and Grafius, 1971) گزارش نمودند که در صورت کاهش یکی از اجزای عملکرد، سهم اجزای دیگر افزایش خواهد یافت و چون تعداد دانه در خورجین توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود، سایر اجزای عملکرد دستخوش تغییر می‌گردند. وزن هزار دانه از پایدارترین اجزای عملکرد دانه کلزا است که اثر شرایط محیطی بر آن ناچیز است (Angadi *et al*., 2003).

بیشترین انتقال مجدد ماده خشک و میزان ماده خشک در زمان ۵۰ درصد گلدهی در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی به ترتیب با میانگین ۶۹۴/۱ و ۸۹۱/۵ گرم در متر مربع بدست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی نیتروژن موجب افزایش سطح فتوسنتزی، تعداد خورجین در بوته و در نتیجه افزایش میزان ماده خشک گردید. هرچه تجمع ماده خشک در مرحله قبل گلدهی بیشتر باشد، انتقال مجدد ماده خشک به دانه افزایش پیدا می‌کند (Dordas *et al*., 2008). کوتروباس و همکاران (Koutrobas *et al*., 2004) همبستگی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک را در گیاه گلرنگ مثبت و معنی‌دار ارزیابی کردند. یوهارت و آندراده (Uhart and Andrade, 1995) گزارش کردند که محدودیت منبع باعث افزایش انتقال مجدد مواد پرورده از برگ و ساقه و کاهش کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی ساقه می‌شود. با توجه به روابط فیزیولوژیک موجود میان مبدأ و مقصد، به نظر می‌رسد که مواد مورد نیاز مقصد از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی برگ‌های باقی‌مانده توأم با انتقال مجدد مواد خشک از برگ‌ها به دانه‌ها فراهم می‌شود. بیشترین عملکرد بیولوژیکی و زمان رسیدگی نیز در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و در مرحله ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی به ترتیب با میانگین ۱۱۸۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار و ۲۰۴ روز بدست آمد. گزارش شده است که افزایش مصرف نیتروژن باعث تأخیر در رسیدگی و افزایش طول دوره رشد و عملکرد می‌شود (Scott *et al*., 1973).

مقایسه میانگین اثرات اصلی غلظت نشان داد که از نظر تمامی صفات مورد بررسی غلظت ۱۰ در هزار نسبت به ۵ در هزار، از برتری برخوردار بود و تنها از نظر میزان روغن دیده شد که غلظت ۵ در هزار با میانگین (۴۳ درصد) نسبت به ۱۰ در هزار با میانگین (۴۲/۳ درصد) از برتری برخوردار بود (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی نیتروژن مکمل

Table 1. Analysis of variance for rapeseed characteristics in supplementary nitrogen spray application treatments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	میزان روغن Oil content	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering	ماده خشک در رسیدگی (به جز دانه) Dry matter in maturity (without grain)	کارایی انتقال مجدد ماده خشک Dry matter r emobilization efficiency	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت دانه Harvest index	طول دوره رویش Growth duration
Block	بلوک	2	290127.8 ^{ns}	4.5 *	73.9 ^{ns}	8.8 ^{ns}	0.1 ^{ns}	12834.3*	14336.2*	10023.8**	196.6**	2154739.3 ^{ns}	26.5 ^{ns}	5.0*
Treatment	تیمار	15	1644467.1**	1.9*	4128.1**	12.0 ^{ns}	0.2 ^{ns}	36432.2**	61127.1**	4225.4**	22.6 ^{ns}	10225778.9**	16.1 ^{ns}	10.0**
Error	خطا	30	261969.1	0.9	437.1	6.7	0.1	3575.7	2811.4	356.3	16.9	686340.4	13.7	1.1
C.V (%)	ضریب تغییرات	-	15.3	2.2	15.1	12.1	9.7	12.3	8.4	13.3	5.3	8.8	10.5	0.5

ns: Non- significant

ns: غیر معنی‌دار

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

* و **: معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- تجزیه واریانس (مقایسات گروهی) صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی نیتروژن مکمل

Table 2. Analysis of variance (group comparison) for rapeseed characteristics in supplementary nitrogen spray application treatments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield	میزان روغن Oil content	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight	انتقال مجدد ماده خشک remobilization Dry matter	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering	ماده خشک در رسیدگی (به جزدانه) Dry matter in maturity (without grain)	کارایی انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization efficiency	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت دانه Harvest index	طول دوره رویش Growth duration
Zero nitrogen fertilizer vs. conventional fertilization	بدون کود در برابر کود متداول	1	5880520.8**	6.3*	3068.1*	16.8^{ns}	0.5^{ns}	181322.0**	225959.5**	2453.4*	97.8**	51529929.6**	9.1 ^{ns}	10.6 *
Between controls vs Spray treatments	بین شاهدها در برابر محلول‌پاشی	1	12747774.4**	14.7**	16005.1**	50. 5*	1.1*	117413.9**	265611.4**	29833.8**	62.38 ^{ns}	66890100 **	133.4**	28.5**
Between Spray treatments	بین تیمارهای محلول‌پاشی	13	2351312.2**	5.2**	15997.9**	53.5**	0.4**	72893.9**	129598.5**	12417.1**	63.63 ^{ns}	10934349.4**	34.3 ^{ns}	47.0 **
Concentration	غلظت	1	1725739.1*	4.7*	10946.4**	41.3*	0.3^{ns}	38809.3**	72290.5**	7619.1**	13.03^{ns}	6830270.2**	18.0 ^{ns}	34.3**
Time	زمان	6	588150.0^{ns}	0.3^{ns}	3549.3**	8.6^{ns}	0.1^{ns}	16829.2**	36966.9**	4668.2**	33.4^{ns}	3396105.6**	12.4 ^{ns}	10.5**
Time× Consentration	غلظت×زمان	6	37423.0^{ns}	0.03^{ns}	1502.2*	3.6^{ns}	0.03^{ns}	17255.4**	20341.1**	129.8^{ns}	17.2^{ns}	707973.6 ^{ns}	3.7 ^{ns}	2.1 ^{ns}

ns: Non- significant

ns: غیر معنی‌دار

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

* و **: معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی کود نیتروژن

Table3. Mean Comparison of plant characteristics of rapeseed in supplementary nitrogen spray application treatments

Treatments تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization (g.m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g.m^{-2})	ماده خشک در رسیدگی (به جز دانه) Dry matter in Maturity (without grain) (g.m^{-2})	کارایی انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization Efficiency (%)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	طول دوره رویش Growth duration (day)
شاهد (بدون کود نیتروژن) Control (zero nitrogen fertilizer)	990.0e	45.4a	66.6e	179.9c	235.5d	55.5f	76.2bc	3345.1e	197.0f
شاهد (کوددهی متداول) Control (conventional fertilization)	2925.0d	43.4b	104.5d	461.4b	557.3c	115.8de	79.7abc	8599.2d	198.0e
C1T1	2970.0cd	43.3 bc	111.8de	527.6b	623.6c	95.9e	84.3a	9206.3cd	198.7cde
C1T2	3147.7cd	43.2 bc	120.0bcd	489.3b	606.7c	117.3de	80.5ab	9214.9cd	198.0e
C1T3	3262.2cd	43.1 bc	126.3bcd	447.4b	570.8c	123.4de	78.4abc	8970.7cd	198.3de
C1T4	3346.6bcd	43.0 bc	128.1bcd	446.2b	583.1c	136.8cd	76.5bc	9178.2cd	199.3b-e
C1T5	3406.6a-d	42.9 bc	136.5bcd	480.2b	637.0bc	156.7bc	75.2bc	9776.9bcd	199.3b-e
C1T6	3503.3a-d	42.8 bc	137.8bcd	493.2b	654.5bc	161.2bc	75.1bc	10048.4bc	200.0bcd
C1T7	3784.4abc	42.7 bc	141.1bc	459.5b	621.7c	162.2bc	73.6c	10001.6bc	200.3bc
C2T1	3165.5cd	42.7 bc	125.0bcd	473.7b	598.8c	125.1de	78.8abc	9153.8cd	199.3b-e
C2T2	3470.0a-d	42.5 bc	132.9bcd	443.9b	585.4c	141.5cd	75.5bc	9324.9bcd	200.0bcd
C2T3	3661.1a-d	42.5 bc	137.5bcd	479.4b	582.4c	136.3cd	78.0abc	9485.3bcd	199.0b-e
C2T4	3765.1a-d	42.5 bc	146.8b	471.0b	628.9c	157.8bc	74.2bc	10054.2bc	200.7b
C2T5	3788.7abc	42.4 bc	149.7b	535.7b	717.1b	181.4ab	74.7bc	10627.3ab	200.7b
C2T6	4221.7a	42.1bc	219.7a	694.1a	891.5a	197.3a	77.8abc	11803.5a	204.0a
C2T7	4186.6ab	41.8c	216.0a	671.2a	874.0a	202.7a	76.8bc	11593.7a	203.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test

C1= محلول‌پاشی نیتروژن خالص (از منبع اوره)، ۵ در هزار C2= محلول‌پاشی نیتروژن خالص (از منبع اوره)، ۱۰ در هزار

T1= مرحله ۶ تا ۸ برگی T2= مرحله ساقه‌رفتن T3= مرحله قبل از گلدهی T4= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن

T5= مرحله ۶ تا ۸ برگی + قبل از گلدهی T6 = مرحله ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی T7= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی

C1= Spray application of pure nitrogen (urea source) 5 ppm C2= Spray application of pure nitrogen (urea source) 10 ppm

T1= seedling stage at 6-8 leaves T2= beginning of stem elongation stage T3= prior to flowering stage

T4= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation stages T5= 6-8 leaves+ prior to flowering stages

T6= beginning of stem elongation+ prior to flowering stages T7= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation+ prior to flowering stages

محلول‌پاشی نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و زایشی و در نتیجه باعث بقای تعداد بیشتری از گل‌های بارور می‌شود. این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه در مقادیر بالاتر نیتروژن می‌گردد. تولید کربوهیدارات‌ها و ذخیره آن در اندام‌های رویشی در دوره قبل از گلدهی و انتقال مجدد آن به دانه در حال نمو، نقش مهمی در تعیین عملکرد نهایی دارد و میزان انتقال مجدد ماده خشک بسته به ژنوتیپ، شرایط محیطی و نوع تغذیه متفاوت می‌باشد (Fageria and Baligar, 2005). در بین زمان‌های محلول‌پاشی از نظر صفت عملکرد دانه و میزان ماده خشک تولید شده در زمان رسیدگی به جز دانه در مرحله ۸-۶ برگی+ ساقه‌رفتن+ قبل گلدهی به ترتیب با میانگین ۳۹۸۵/۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۸۲/۵ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد دانه و میزان ماده خشک تولید شده را داشت (جدول ۴). افزایش عملکرد در این زمان را می‌توان به در دسترس بودن نیتروژن و مواد غذایی در مراحل انتهایی رشد گیاه کلزا و افزایش سطوح فتوسنتزی و تعداد خورجین در بوته نسبت داد. در هریک از سطوح غلظت، تیماری که نیتروژن را طی ۳ نوبت در مراحل انتهایی رشد دریافت نموده بود، نسبت به بقیه تیمارها از نظر عملکرد دانه و میزان ماده خشک تولید شده در زمان رسیدگی در سطح بالاتری قرار داشت. این موضوع، مؤید واکنش‌پذیری مطلوب کلزا نسبت به مدیریت مصرف نیتروژن می‌باشد. چنانکه ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت محلول‌پاشی و با تناسب در تقسیط نیتروژن، کارایی انتقال مجدد ماده خشک آن کاهش یافت و این موضوع احتمالا بدین دلیل است که فتوسنتز جاری در اثر فراهمی نیتروژن در تمام طول دوره رشد گیاه که با تقسیط نیتروژن میسر گردید، موجب می‌شود که گیاه برای پر کردن دانه، عمدتاً از فتوسنتز جاری استفاده کند. بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahrani and Tahmasebi Sarvestani, 2005) گزارش نمودند که انتقال مجدد ماده خشک ذخیره شده در گیاه گندم در مرحله قبل گلدهی بیشتر صورت گرفته و عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه می‌باشد. بالاترین انتقال مجدد ماده خشک در مرحله ساقه‌رفتن+گلدهی حاصل شد. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه وارد مرحله پر شدن دانه می‌شود، کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای به دانه‌های در حال پر شدن، منتقل می‌شوند.

به طور کلی سرعت تولید ماده خشک در اندام های هوایی کلزا در ابتدا کند بوده است اما بعد از بسته شدن پوشش گیاهی زیاد و سپس با پیر شدن برگ‌ها در طی پر شدن دانه‌ها کند می‌شود. تجمع ماده خشک در کلزا در طی مرحله گلدهی، در بیشترین میزان است (Habekotte, 1993). وابستگی عملکرد دانه کلزا به ماده خشک تولید شده در زمان گلدهی توسط هابکوت (Habekotte, 1993) به اثبات رسیده است. گانسکرا و همکاران (Gunasekera *et al*., 2006) نشان دادند که عملکرد دانه کلزا رابطه قوی با ماده خشک اندام هوایی در گلدهی یا قبل گلدهی دارد و افزایش میزان عملکرد دانه به دلیل فتوسنتز جاری و انتقال مواد پرورده به دانه می‌باشد. بنابراین پتانسیل عملکرد گیاه نه تنها به تولید ماده خشک بلکه به انتقال کارآمد ماده خشک تجمع یافته به دانه‌ها نیز وابسته است. مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت × زمان نشان داد که تیمارهای غلظت محلول-پاشی ۱۰ در هزار در زمان‌های ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی و ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن + قبل از گلدهی بیشترین تعداد خورجین در بوته، میزان ماده خشک تولید شده در زمان ۵۰ درصد گلدهی و انتقال مجدد ماده خشک را داشتند (جدول ۵). این موضوع نشان می‌دهد که اثر محلول‌پاشی نیتروژن در زمان‌های مختلف مصرف، یکسان نبوده و در تمام زمان‌ها، افزایش کود نیتروژن موجب افزایش یکسان رشد گیاه نشده است. محلول‌پاشی ۱۰ در هزار نیتروژن در کلزا باعث افزایش رشد رویشی و سطوح فتوسنتزی شده و از این طریق باعث افزایش تعداد خورجین در بوته، میزان

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی کود نیتروژن

Table 4. Mean comparison of plant characteristics of rapeseed in supplementary nitrogen spray application treatments

Nitrogen concentration	غلظت نیتروژن	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization (g.m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g.m^{-2})	ماده خشک در رسیدگی (به جز دانه) Dry matter in maturity (without grain) (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	طول دوره رویش Growth duration (day)
5 ppm	۵ در هزار	3345.8b	43.0a	128.8b	20.8b	477.6b	613.9b	136.2b	9485.3b	199.1b
10 ppm	۱۰ در هزار	3751.2a	42.3b	161.1a	22.8a	538.4a	696.9a	163.2a	10291.8a	201.0a

زمان محلول‌پاشی نیتروژن Time of Nitrogen application	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter Remobilization (g.m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g.m^{-2})	ماده خشک در رسیدگی (به جز دانه) Dry matter in maturity (without grain) (g.m^{-2})	کارایی انتقال مجدد Dry matter remobilization efficiency (%)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	طول دوره رویش Growth duration (day)
T1	118.4b	500.6bc	611.2b	110.5c	81.5a	9180.1b	199.0bc
T2	126.5b	466.6c	596.1c	129.4bc	78.0ab	9269.9b	199.0bc
T3	131.9b	463.4c	576.6c	129.8bc	78.2ab	9228.0b	198.0c
T4	137.4b	458.6c	606.0c	147.3b	75.3b	9616.2b	200.0b
T5	143.1b	508bc	677.1b	169.1a	75.0b	10202.1ab	200.0b
T6	178.7a	593.7a	773.0a	179.2a	76.5b	10925.9a	202.0a
T7	178.6a	565.3ab	747.8a	182.5a	75.2b	10797.7a	201.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test

T1= مرحله ۶ تا ۸ برگی T2= مرحله ساقه‌رفتن T3= مرحله قبل از گلدهی T4= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن

T5= مرحله ۶ تا ۸ برگی + قبل از گلدهی T6 = مرحله ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی T7= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی

T1= seedling stage at 6-8 leaves T2= beginning of stem elongation stage T3= prior to flowering stage

T4= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation stages T5= 6-8 leaves+ prior to flowering stages

T6= beginning of stem elongation+ prior to flowering stages T7= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation+ prior to flowering stages

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی کود نیتروژن × زمان

Table 5. Mean comparison of plant characteristics of rapeseed for interaction effects of supplementary nitrogen spray application treatments×time

غلظت نیتروژن × زمان Nitrogen concentration×Time	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization (g.m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g.m^{-2})
C1T1	111.8c	527.6b	623.6bc
C1T2	120.0bc	489.3b	606.7c
C1T3	126.3bc	447.4b	570.8c
C1T4	128.1bc	446.2b	583.1c
C1T5	136.5bc	480.2b	637.0bc
C1T6	137.8bc	493.2b	654.5bc
C1T7	141.1bc	459.5b	621.7bc
C2T1	125.0bc	473.7b	598.8c
C2T2	132.9bc	443.9b	585.5c
C2T3	137.5bbc	479.4b	615.8c
C2T4	146.8bc	471.0b	628.9bc
C2T5	149.7b	535.7b	717.1b
C2T6	219.7a	694.1a	891.5a
C2T7	216.0a	671.2a	874.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test

C1= محلول‌پاشی نیتروژن خالص (از منبع اوره)، ۵ در هزار C2= محلول‌پاشی نیتروژن خالص (از منبع اوره)، ۱۰ در هزار

T1= مرحله ۶ تا ۸ برگی T2= مرحله ساقه‌رفتن T3= مرحله قبل از گلدهی T4= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن

T5= مرحله ۶ تا ۸ برگی + قبل از گلدهی T6 = مرحله ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی T7= مرحله ۶ تا ۸ برگی + ساقه‌رفتن+ قبل از گلدهی

C1= Spray application of pure nitrogen (urea source) 5 ppm C2= Spray application of pure nitrogen (urea source) 10 ppm

T1= seedling stage at 6-8 leaves T2= beginning of stem elongation stage T3= prior to flowering stage

T4= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation stages T5= 6-8 leaves+ prior to flowering stages

T6= beginning of stem elongation+ prior to flowering stages T7= 6-8 leaves+ beginning of stem elongation+ prior to flowering stages

ماده خشک و در نهایت انتقال کارآمد ماده خشک تجمع یافته به دانه‌ها می‌شود (Charlief *et al*., 2000).

مقایسه میانگین شاهد بدون کود در برابر شاهد کود متداول نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، انتقال مجدد ماده خشک، میزان ماده خشک تولید شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، میزان ماده خشک تولید شده در زمان رسیدگی (به جز دانه)، کارایی انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد بیولوژیکی و مدت زمان رسیدگی در تیمار شاهد کود متداول دیده شد و تنها میزان روغن در شاهد (کود صفر) بیشتر از شاهد کود متداول بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد که در شاهد کود صفر به دلیل فراهم نبودن مواد غذایی، عدم توسعه سطوح فتوسنتزی و پوشش گیاهی مناسب، رشد رویشی و زایشی، کاهش تعداد خورجین، عدم تخصیص مواد غذایی به دانه و در نهایت کاهش زیست توده و تجمع ماده خشک و کاهش عملکرد دانه و روغن را به دنبال داشته است.

مقایسه میانگین تیمارهای شاهد در برابر تیمارهای محلول‌پاشی نیز نشان داد که محلول‌پاشی در همه صفات نسبت به تیمارهای شاهد (کود صفر و متداول) از برتری معنی‌داری برخوردار بوده است (جدول ۶). اکثر محققان گزارش نموده‌اند که وزن هزار دانه بیشتر درکنترل عوامل ژنتیکی بوده و شرایط محیطی کمتر آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، با این حال به نظر می‌رسد که در صورت فراهم بودن نیتروژن و در زمان مناسب آن به دلیل ایجاد پوشش گیاهی مطلوب و توسعه سطح سبز گیاه، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش یافته و دانه‌های سنگین‌تری تولید می‌شود (Angadi *et al*., 2003). تیمارهای محلول‌پاشی از نظر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به ترتیب با میانگین ۱۴۴/۹، ۲۱/۸ و۴/۳ گرم نسبت به تیمارهای شاهد (به ترتیب با میانگین ۸۵/۶، ۱۸/۷ و ۳/۸ گرم) از برتری معنی‌داری برخوردار بود (جدول ۶). توانایی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در تشکیل دانه در خورجین متفاوت است. با توجه به اینکه کاهش یکی از اجزای عملکرد معمولاً منجر به افزایش سایر اجزا می‌شود و همچنین با توجه به اینکه وزن هزار دانه معمولاً کمتر دستخوش تغییرات می‌شود، بنابراین بیشتر تغییرات در تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین مشاهده می‌گردد. بین عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین همبستگی بسیار بالایی توسط برناردی و بانکس (Bernardi and Banks, 1993) گزارش شده است. بنابراین انتخاب ارقامی که تعداد دانه در خورجین بیشتر و اندازه دانه‌های بزرگ‌تری تولید می‌کنند، برای حصول عملکرد بالا مناسب‌تر هستند. با افزایش تعداد دانه در خورجین، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Azizi *et al*., 1999). تنها میزان روغن در تیمارهای شاهد (۴۴/۴ درصد) نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی شده (۴۲/۷ درصد)، بیشتر بود. براساس یافته‌های راتک و همکاران (Rathke *et al*., 2005)، بین میزان روغن و مقدار کود نیتروژن مصرفی، همبستگی منفی وجود دارد و با افزایش مصرف نیتروژن، میزان روغن دانه کاهش می‌یابد. ولی به دلیل افزایش میزان ماده خشک تولید شده و عملکرد دانه در مقادیر بالاتر نیتروژن و محلول‌پاشی، عملکرد روغن افزایش می‌یابد.

تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به تیمارهای شاهد، بیشترین انتقال مجدد ماده خشک (۵۰۸ گرم در متر مربع)، بیشترین میزان ماده خشک تولید شده در ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی (به ترتیب با میانگین ۶۵۷/۸ و ۱۴۹/۷ گرم در متر مربع)، عملکرد بیولوژیکی (۹۸۸۸/۵ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت دانه (۳۵/۸ درصد) و طول دوره رویش (۲۰۰ روز) را داشتند (جدول ۶). با توجه به همبستگی بالا و مثبت انتقال مجدد با اجزای عملکرد و عملکرد دانه و با افزایش تعداد دانه در خورجین و

جدول ۶- مقایسه میانگین (مقایسات گروهی) صفات گیاهی کلزا در تیمارهای محلول‌پاشی کود نیتروژن

Table 6. Mean comparison (group comparison) of plant characteristics of rapeseed in supplementary nitrogen spray application treatments

Treatments تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization (g m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g.m^{-2})	ماده خشک در رسیدگی (بجز دانه) Dry matter in maturity (without grain) (g.m^{-2})	کارایی انتقال مجدد Dry matter remobilization efficiency (%)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	طول دوره رویش Growth duration (day)
شاهد (بدون کود نیتروژن) Control (Zero nitrogen fertilizer)	990.0b	45.4a	66.6b	179.9b	235.5b	55.5b	76.2b	3345.1b	197.0b
شاهد (کوددهی متداول) Control (Conventional fertilization)	2825.5a	43.4b	104.5a	461.4a	557.3a	115.8a	79.7a	8599.2a	198.0a

Treatments تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	انتقال مجدد ماده خشک Dry matter remobilization (g.m^{-2})	ماده خشک در زمان ۵۰٪ گلدهی Dry matter in 50% flowering (g m^{-2})	ماده خشک در رسیدگی (به جز دانه) Dry matter in maturity (without grain) (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت دانه Harvest index (%)	طول دوره رویش Growth duration (day)
شاهد (بدون کود و کود دهی متداول) Controls (Zero nitrogen fertilizer and Conventional fertilization)	1907.7b	44.4a	85.6b	18.7b	3.8b	320.1b	406.4b	85.7b	5972.1b	31.2b	197.3b
محلول‌پاشی نیتروژن Nitrogen application	3548.5a	42.7b	144.9a	21.8a	4.3a	508.0a	657.8a	149.7a	9888.5a	35.8a	200.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test

تعداد خورجین در بوته به عنوان مخازن فیزیولوژیک و در نتیجه افزایش تقاضا برای مواد پرورده، مقدار انتقال ماده خشک از اندام‌های هوایی به دانه افزایش می‌یابد.

چنانکه ملاحظه می‌شود، با افزایش غلظت محلول‌پاشی و متناسب با تقسیط نیتروژن، انتقال مجدد ماده خشک افزایش یافته، اما کارایی انتقال مجدد ماده خشک آن کاهش یافت و این موضوع احتمالا بدین دلیل است که فتوسنتز جاری در اثر فراهمی نیتروژن در تمام طول دوره رشد گیاه که با تقسیط نیتروژن میسر گردید، موجب می‌شود که گیاه برای پر کردن دانه، عمدتاً از فتوسنتز جاری استفاده کند. همچنین از نظر تئوری ریاضی با توجه به اینکه با محلول‌پاشی نیتروژن، میزان ماده خشک در زمان ۵۰ درصد گلدهی زیاد می‌شود، مخرج کسر رابطه کارایی انتقال مجدد نیز افزایش یافته و در نهایت به کوچک شدن کسر منجر می‌گردد. محلول‌پاشی تکمیلی نسبت به تیمارهای شاهد متداول خاکی و کود صفر موجب تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی گیاه، افزایش تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه و روغن گردید.

نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی در کلزا میزان روغن دانه آن است که علاوه بر خصوصیت ژنتیکی به عوامل محیطی مانند مقدار رطوبت خاک، مدیریت عناصر غذایی و دما بستگی دارد. با افزایش نیتروژن میزان روغن در دانه کلزا سیر نزولی دارد ولی در این آزمایش بین تیمارهای محلول‌پاشی و کود متداول خاکی تفاوت چندانی مشاهده نشد. این موضوع می‌تواند توجیهی برای استفاده محلول‌پاشی نیتروژن به عنوان مکمل کود خاکی در آزمایشات بعدی در نظر گرفته شود. محلول پاشی علاوه بر مصرف خاکی کود نیتروژن موجب افزایش انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه گردید. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت محلول‌پاشی نیتروژن در زمان مناسب و مطابق با نیاز گیاه و در اواخر فصل رشد کلزا، باعث افزایش انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه و روغن می‌شود. بیشترین انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه در غلظت ۱۰ در هزار و در زمان ساقه‌رفتن+قبل از گلدهی حاصل شد. افزایش تعداد خورجین در بوته در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ در هزار و مرحله ساقه‌رفتن+قبل از گلدهی دلیل افزایش عملکرد دانه بوده است. همچنین ملاحظه شد که فاصله زمانی طول دوره رسیدگی در تیمار شاهد متداول با محلول‌پاشی نیتروژن تنها دو روز است که این موضوع با توجه به همزمانی برداشت کلزا با نشاءکاری برنج پس از آن بسیار حائز اهمیت است. بنابراین به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی مکمل نیتروژن به علت افزایش عملکرد دانه و روغن می‌تواند روش مناسبی در زراعت کلزا به عنوان کشت دوم پس از برداشت برنج در شالیزار باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری کارکنان موسسه تحقیقات برنج کشور - رشت و همچنین کارشناسان آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Adams, M. W. and J. E. Grafius 1971. Yield components compensation- Alternative interpretation. Crop Sci. 11: 33-35.

Almond, J. A., T. C. K. Dawkins and M. F. Askew. 1996. Aspects of crop husbandry. In: D. H. Scarisbrick and R. W. Daniels (Eds.) Oilseed Rape. Collins, London, pp.127-175.

Angadi, S. V., H. W. Cufprth., B. B. Mc Conkey and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant population under semiarid conditions. Crop Sci. 43: 1358-1360.

Azizi, M., A. Soltani and S. Khavari Khorasani. 1999. Canola, physiology, breeding, production and biological technology. Jahad Daneshghahi Mashhad Press. pp. 230. (In Persian).

Bahrani, A. and Z. Tahmasebi Sarvestani. 2005. Effect of time and rate of nitrogen fertilizer application on qualitative and quantitative characteristics, nitrogen and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. J. of Agric. Sci. 36(5): 1263-1271. (In Persian with English abstract).

Bernardi, A. L. and L.W. Banks. 1993. Petiol nitrate nitrogen: is it a good indicator of yield potential in irrigated canola? Research Assembly on Brassica. Wagga.New South Wales. pp 51-56.

Blum, A., G. Golan., J. Mayer., B. Sinmena and J. Burra. 1989. The drought response of landraces of wheat from the Northern Negev desert in Israel. Euphytica. 43(1-2): 87-96.

Charlief, R., G. Warmann and W. Heer. 2000. Great Plains canola research. http:\\www. oznet.Ksu.Edu.

Dordas, C. A., A. S. Lithourgidis, A. S. Matis and N. Bartayiannis. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizes affect dry matter nitrogen accumulation and partitioning in maize. Nutr. Cycling Agroecosys. 80: 283-266.

Fageria, N. K and V. C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Adv. Agron. 88: 97-185.

Gunasekera, P. C., L. D. Martin, K. H. M. Shddque and G. H. Walton. 2006. Genotype by environments interaction of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L) in Mediterranean type environments . Europ. J. of Agron. 25: 1-12.

Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation. Field Crops Res. 38: 21-33.

Hajizadeh, A. 2002. Position of oil seeds in National Economy. Montly vegetable oil industry. Feb. 2002, 11-14. (In Persian).

Hocking, P. J. and M. Stapper. 1993. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rate on the growth, yield and nitrogen accumulation of canola, mustard and wheat. In: N. Wratten and R. J. Mailer (Eds.) Proceeding of 9th Australian Research Assembly on Brassicas, Wagga Wagga, New South Wales, pp. 33-46.

Holmes, M. R. J. and A. M. Ainsley. 1980. Nitrogen top-dressing requirements of winter oilseed rape. J. Sci. Food and Agric. 30: 119-128.

Koutroubas, S. D., D. K. Papakosta and A. Doitsinis. 2004. Cultivars and seasonal effects on the contribution of pre- anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Res. 90: 263-274.

Majnoon Hoseini, N., H. Mohammadi, K. Poustini and H. Zynali Khanghah. 2003. Effect of plant density on agronomic traits, chlorophyll content and the remobilization percentage of stem in white pea cultivars. J. Agric. Sci. 34(4): 1011-1019. (In Persian with English abstract).

Mitsuru, O. S., T. K. Shinano and T. D. Toshiak. 1991. Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting organs during maturation in field crops. Soil Sci. Plant Nutr. 37(1): 117-128.

Morshedi, A. and H. Naghibi. 2001. Effect of urea spray application on yield, yield components, oil and protein content of rape seed. 7th Iranian Soil Science Congress. 26- 29 Aug. Shahr Kord University, Shahr Kord, Iran. (In Persian).

Rabiei, M., M. Kavoosi, P. Tousi Kehal. 2010. Effect of nitrogen fertilizer levels and their application time on yield and yield component of repeseed in paddy fields of Guilan. 11th Iranian Crop Science Congress. 24- 26 Jul. 2010. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian).

Rathke, G. W., O. Christen and W. Diepenbrok. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Res. 94(2 and 3): 103-113.

Rezaie, H. and M. J. Makakouti. 2003. Nutrition of oil seed crops, optimum fertilization of rape seed. Technical report. No. 116. Agricultural Education Press. Karaj. Iran. P. 35. (In Persian).

Ryan, J., M. Pala., S. Masri., M. Singh and H. Harris. 2007. Rainfed wheat based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization and stubble grazing in relation to grain and straw quality. European. Agron. J. 28(2): 112-118.

Samavat, S. 1999. Fertilization management in oil seed crops production. Tech. report. No. 43. Soil and Water Instiute of Iran. P 22. (In Persian).

Scott, R. K., E. A. Ogunremi, J. D. Ivans and N. J. Mendham. 1973. The effect of fertilizers and harvest date on growth and yield of oilseed rape sown in autumn and spring. J. Agric. Sci. (Camb). 81: 287- 293.

Soleiman Zadeh, H., N. Latifi and A. Soltani. 2004. Study of relationsip between phonological and morphological features of grain yield in rape seed. 8th Iranian Crop Science Congress, 25-27 Aug. Univ. of Guilan. Rasht, Iran. (In Persian).

Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeace. 1984. A code for stage of development in oilseed rape (*Brassica napuse* L.). Aspects of Appl. Biol. 6: 399-419.

Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen defoliation in maize. I: Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. Crop Sci. 35: 1376-1383.

Effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) *cv*. Hayola401

Tousikehal, P[1]., M. Esfahani[2], M. Rabiei[3] and B. Rabiei[4]

ABSTRACT

Tousikehal, P., M. Esfahani, M. Rabiei and B. Rabiei. 2011. Effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization, grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) *cv*. Hayola401. **Iranian Journal of Crop Sciences. 13(2): 352-367. (In Persian).**

The effect of concentration and timing of application of supplementary nitrogen fertilizer on dry matter remobilization and grain yield of rapeseed (Hyola401) as a second crop following rice in paddy field, was evaluated in a field experiment conducted using complete randomized block design with three replications at Rice Research Institute of Iran, Rashat, Iran, in 2008 cropping season. Fertilizer (N from Urea source) doses at two levels (5 and 10 ppm) and timing of application at 7 levels; 1: seedling stage at 6-8 leaves (1.06-1.08 based on Sylvester-Bradley and Makepeace coding system = SBMCS), 2: commencement of stem elongation (2.01-2.03 SBMCS), 3: prior to flowering (3.9 SBMCS), 4: 1.06-1.08 + 2.01-2.03, 5: 1.06- 1.08 + 3.9, 6: 2.01-2.03 + 3.9, 7: 1.06-1.08 + 2.01- 2.03 + 3.9, plus two control treatments a: no nitrogen b: commonly applied fertilization (180 kg.ha^{-1}) at seed sowing, stem elongation and prior to flowering in equal rates. Plant characteristics (number of siliques, number of grain.silique^{-1}, 1000-grain weight, dry matter remobilization, dry matter remobilization efficiency, dry matter content in 50% flowering and grain maturity stages, biological yield, grain yield, oil content and harvest index) were measured. Results showed a significant difference between concentration and timing of nitrogen spray application effect on grain yield, oil content, number of siliques, dry matter remobilization, dry matter content in 50% flowering, grain maturity stages, biological yield. Spray application of nitrogen (10 ppm) in 2.01- 2.03 + 3.9 stages (Treatment. #6) had the higest grain yield (4221.7 kg.ha^{-1}) and number of siliques.plant^{-1} (219.7 siliques), dry matter remobilization (694.1 g.m^{-2}) and dry matter content at 50% flowering stage (891.5 g.m^{-2}). There were no significant differences between number of siliques.plant^{-1}, dry matter remobilization, dry matter content in 50% flowering stage and grain maturity stages in concentrations (10 ppm) and times of nitrogen spray application in 2.01- 2.03 + 3.9 and 1.06- 1.08 + 2.01-2.03 treatments. Results also showed that application of supplementary nitrogen (10 ppm) at 2.01- 2.03 + 3.9 stages can increase grain yield and dry matter remobilization in rapeseed *cv*. Hayola401.

Key words: Dry matter remobilization, Grain yield, Rapeseed and Spray application of nitrogen.

Received: May, 2010 Accepted: November, 2010

1- M.Sc. Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Guilan
2- Associate Prof., Faculty of Agriculture, University. of Guilan (Corresponding author)
(Email: mesfahan@yahoo.com)
3- Researcher, Rice Research Institute of Iran
4- Associate Prof., Faculty of Agriculture, University of Guilan