ارزیابی وضعیت تغذیه نیتروژنی کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط گرگان

علیرضا بهدادیان[1*]، افشین سلطانی[2]، ابراهیم زینلی[2] و حسین عجم نوروزی[3]

چکیده

به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه نیتروژنی و تعیین اثر مدیریت زراعی بر شاخص تغذیه نیتروژن در مزارع کلزا ، آزمایشی به صورت آشیانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۳۸۹- ۱۳۸۸ در شهرستان گرگان انجام شد. در این آزمایش ۱۵ مزرعه در سه سطح مدیریتی خوب، متوسط و ضعیف بررسی شدند. بر اساس نتایج بدست آمده، کلیه سطوح مدیریتی و مزارع داخل آن‌ها از نظر شاخص تغذیه نیتروژن در سه مرحله رشدی ساقه رفتن، ظهور جوانه زرد و خورجین‌دهی با یکدیگر اختلاف داشتند. در این آزمایش با وجود آن‌که مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن در مزارع با سطح مدیریت خوب بالاتر از دیگر سطوح مدیریتی بود، اما در طول فصل رشد و در هر سه سطح مدیریت، میزان این شاخص کمتر از یک بود، که نشان می‌دهد رشد و عملکرد گیاه با کمبود نیتروژن مواجه بود. بنابراین می‌توان میزان نیتروژن را احتمالاً به عنوان یکی از عوامل محدودکننده تولید کلزا در منطقه ارزیابی نمود. هم‌چنین در این آزمایش بین شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله جوانه زرد با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از شاخص تغذیه نیتروژن در کمک به مدیریت بهینه این عنصر امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: شاخص تغذیه نیتروژن، کلزا، مدیریت کودی، منحنی رقیق‌سازی بحرانی نیتروژن.

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/٤ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۹

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، ایران.

*** نویسنده مسئول:alireza_b1356@yahoo.com**

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، گرگان، ایران.

مقدمه

نیتروژن یکی از عوامل پراهمیت محدود کننده تولید زیست توده در طبیعت است (Lemaire *et al.*, 2008). بر این اساس، در هر لحظه از رشد رویشی به منظور رسیدن به حداکثر زیست توده بالای سطح زمین به حداقلی از غلظت نیتروژن نیاز می‌باشد (Lemaire & Salette, 1984). به منظور جبران کمبود عنصر نیتروژن، استفاده از کود نیتروژن می‌تواند مفید باشد. راهکارهای گوناگونی به منظور تامین نیتروژن مورد نیاز از قبیل توزیع تمامی کود در ابتدای فصل یا توزیع قسمت به قسمت کود ارایه شده، اما نمی‌تواند دقیقاً در زمان حداکثر احتیاجات، نیاز گیاه را به نیتروژن تامین نمایند (Nordestgaard, 1992).

علاوه بر اثرات زیست محیطی ناشی از کاربرد بیش از نیاز کودهای نیتروژنی، تحمیل هزینه‌های اضافی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی در این راستا نیز قابل توجه می‌باشد. در سند چشم انداز توسعه کشور در بخش کشاورزی، دستیابی به روش‌هایی که منجر به استفاده بهینه از دارایی‌ها، در راه رسیدن به تولید پایدار می‌شوند، از اهمیت بسزایی برخوردار است. از زاویه دیگر، پس از تصویب و اجرایی شدن قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، بهره‌گیری از راه کارهایی که متضمن کاهش هزینه‌های تولید، همراه با حصول حداکثری تولید (عملکرد) باشد، مد نظر متخصصین در بخش‌های مختلف تولیدی قرار گرفته است. بنابراین استفاده از راهکارهای کم کننده این زیان‌ها ضروری می‌باشد که مهم‌ترین این روش‌ها، بهبود زمان کاربرد کود نیتروژن و دوری جستن از مصرف بیش از نیاز گیاه است. به عبارت دیگر به جای کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن بهتر است که نیازمندی‌های گیاه به نیتروژن همواره تحت پایش قرار گیرد (Lemaire *et al.*, 2008).

ابزار تشخیص برای تعیین وضعیت نیتروژن گیاه برای کشاورزان مهم است تا بتوانند زمان و میزان کاربرد کود نیتروژن را تنظیم نمایند (Lemaire *et al.*, 2008). منحنی رقیق‌سازی بحرانی نیتروژن[1] برای تعیین نیازهای نیتروژن گیاه و محاسبه شاخص تغذیه‌ای نیتروژن[2] استفاده می‌گردد. این منحنی وضعیت نیتروژن گیاه را کمی می‌نماید (Lemaire & Gastal, 1997; Lemaire *et al.*, 1991) و می‌تواند در مدل‌های پویا برای محاسبه اثر نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاهان استفاده شود (Justes *et al.*, 1997).

باتوجه به گستردگی و اهمیت کشت کلزا در استان گلستان، این پژوهش با اهداف بررسی وضعیت تغذیه نیتروژنی و تعیین نقش مدیریت زراعی به عنوان عاملی در جهت توزیع بهینه کودهای نیتروژنی در شرایط عمومی شهرستان گرگان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش

برای انجام این تحقیق، آزمایشی در سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸ در محدوده مزارع کلزای شهرستان گرگان انجام شد. بدین منظور ۱۵ مزرعه در سه سطح مدیریت شامل خوب، متوسط و ضعیف از بین مزارع شهرستان انتخاب گردید. به منظور گروه‌بندی مزارع در سطوح مدیریتی ذکر شده، علاوه بر بررسی سابقه عملکردی مزارع (عملکردهای بدست آمده در کشت های سال های گذشته)، از راهنمایی های ناظرین کلزا با توجه به شناخت ایشان از کشاورزان محدوده استفاده شد. با هدف کمی نمودن مدیریت مزارع منتخب و تعیین چگونگی انجام مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول، پرسش نامه‌هایی نیز در طول مدت بررسی‌های میدانی همگام با پیشرفت مراحل نموی گیاه، از نحوه انجام فرآیندهای کاشت، داشت و در نهایت برداشت، تکمیل گردید.

ارزیابی پارامترهای اقلیمی در فصل زراعی

متوسط درجه حرارت‌های حداکثر، حداقل و میانگین در سال زراعی این تحقیق به ترتیب ۲۸/۹، ٤/۱ و ۱٤/۸ درجه سلسیوس ثبت شد. مقایسه تغییرات درجه حرارت هوا در سال آزمایش با میانگین دراز مدت، گرم‌تر بودن سال زراعی آزمایش را نسبت به میانگین دراز مدت منطقه نشان داد (در حدود ۱۰ درجه سلسیوس). از طرف دیگر در سال آزمایش، حداقل دمای هوا نیز کمتر از روند دراز مدت پارامتر یاد شده بود (درحدود ۵ درجه سلسیوس). میانگین مقدار بارندگی در محدوده مورد مطالعه ٤۸/٤ میلی‌متر بود. مقادیر بارندگی سال زراعی آزمایش در حدود ۸ میلی‌متر از متوسط دراز مدت منطقه کمتر بود. افت شدید بارندگی در فروردین ماه از جمله تفاوت‌های بارز در این پارامتر بین سال آزمایش و میانگین دراز مدت محدوده بود. در مجموع می‌توان گفت که سال آزمایش نسبت به میانگین دراز مدت منطقه، سالی گرم‌تر و خشک‌تر بود.

[1] Nitrogen dilution curve
[2] Nitrogen nutrition index (N.N.I)

روش نمونه‌گیری

نمونه‌گیری از مزارع منتخب در چهار زمان مطابق با وقوع مراحل فنولوژیکی ساقه رفتن، ظهور جوانه زرد، خورجین دهی و در مرحله رسیدگی انجام شد. به منظور کاهش خطای نمونه برداری، سه تکرار به طور تصادفی از هر مزرعه انتخاب شد و با قرار دادن کوادرات یک در یک متر، تمامی بوته‌های درون آن شمارش شد و بدین ترتیب تراکم بوته در هر تکرار تعیین شد. با هدف اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک در مراحل مختلف نمونه‌گیری، در هر تکرار ۲۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از نزدیکی سطح زمین با قیچی جدا گشته و بوته‌های هر تکرار به طور جداگانه درون کیسه‌های نایلونی قرار داده شده و به سرعت به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ هر تکرار با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ[1] تعیین شد. برگ و ساقه بوته‌های هر تکرار خرد شده درون پاکت های کاغذی قرارداده شد و با استفاده از آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ٤٨ ساعت خشک شد. پس از توزین نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت هزارم گرم، وزن خشک تعیین گردید. این مراحل برای دو تکرار دیگر در هر مزرعه انجام شد و با میانگین گیری از اعداد بدست آمده برای هر صفت، مقادیر صفات یاد شده برای هر مزرعه تعیین گردید.

با هدف تعیین درصد نیتروژن کل، در مراحل ابتدای ساقه رفتن، ظهور جوانه زرد و خورجین‌دهی، سه نمونه بدست آمده از هر مزرعه شامل مجموع برگ و ساقه با یکدیگر به خوبی مخلوط شد و با کمک هاون آسیاب شد و در مرحله رسیدگی، نمونه‌های دانه و غیردانه جداگانه در ظروف غیرقابل نفوذ نسبت به رطوبت قرار داده شد و درصد نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال[2] محاسبه شد.

منحنی رقیق‌سازی بحرانی نیتروژن

در بسیاری از گیاهان غلظت نیتروژن با افزایش زیست توده گیاه کاهش می‌یابد (Greenwood *et al.*, 1990 ; Lemaire and Gastal, 1997). در گذشته و به اشتباه تصور بر این بود که این فرآیند ناشی از پیر شدن تدریجی گیاه می‌باشد (Lemaire *et al.*,2007). این کاهش، افزایش نسبت مواد ساختمانی (با میزان نیتروژن کم) به مواد غیر ساختمانی (بافت‌های متابولیکی با محتوی نیتروژن بالا) هم زمان با تجمع زیست توده در طول چرخه رشد گیاه را نشان داد (Greenwood *et al.*, 1990 ; Lemaire & Gastal, 1997). نتایج برخی تحقیقات نیز نشان داده که رقیق شدن[3] نیتروژن به دلیل فرآیند ریزش برگ‌ها (Lemaire *et al.*,1991; Lemaire and Chartier, 1992) و هم‌چنین تغییر در نسبت برگ به تاج پوشش طی نمو گیاه زراعی است (Lemaire *et al.*, 2007). کاهش تدریجی درصد نیتروژن زیست توده خشک را می‌توان در دوره‌هایی از نمو گیاه کمی نمود (Tei *et al.*, 2002).

غلظت بحرانی نیتروژن عبارت است از حداقل غلظتی از نیتروژن که برای دستیابی به حداکثر سرعت رشد لازم است (Ulrich, 1952). در مفهوم گسترده‌تر، مقادیر پی در پی درصد بحرانی نیتروژن در زیست توده‌های هوایی مختلف، منحنی رقیق‌سازی بحرانی نیتروژن[4] را تشکیل می‌دهند (Lemaire and Gastal, 1997). این مفهوم توسط معادله توانی ۱ کمی می‌شود:

$$N = aW^{-b} \qquad (۱)$$

که درآن W مجموع زیست توده هوایی بر حسب تن در هکتار، N غلظت نیتروژن در اندام هوایی بر حسب درصد از ماده خشک هوایی بوده، a و b نیز ضرایب ثابت معادله می‌باشند. معادله یاد شده برای کلزا توسط کولین و همکاران (Colnenne *et al.*, 1998) بدین صورت ارایه شده است:

$$N = 4.48\ W^{-0.25} \qquad (۲)$$

شاخص تغذیه نیتروژن

اختلاف بین غلظت واقعی نیتروژن[5] در گیاه و درصد نیتروژن بحرانی متناظر در بیوماس هوایی مشابه، شاخص تغذیه نیتروژن[6] را تعیین می‌کند که با معادله ۳ کمی می‌شود (Lemaire and Gastal, 1997).

$$N.N.I = \frac{N_t}{N_c} \qquad (۳)$$

که Nt مجموع غلظت واقعی نیتروژن کل در بخش‌های هوایی گیاه و Nc غلظت بحرانی نیتروژن برای زیست توده هوایی مشابه است. منحنی مشخص شده به‌وسیله معادله فوق سه موقعیت مختلف نیتروژن را دسته‌بندی می‌نماید. در زیر

[1] LAI meter (model WinDIAS 3)
[2] Kjeldahl
[3] dilution
[4] Critical nitrogen dilution curves
[5] actual
[6] N nutrition index (NNI)

منحنی، رشد به‌وسیله نیتروژن محدود می‌شود، در بالای منحنی، رشد به‌وسیله نیتروژن محدود نشده، و بر روی منحنی، غلظت نیتروژن در حد مطلوب می‌باشد (Colnenne *et al.*, 1998).

محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده مطابق مدل آزمایشات آشیانه‌ای[1] در قالب طرح کاملاً تصادفی[2] انجام شد. برای تجزیه واریانس نیز از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل آماری (SAS ver 9.0) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. هم‌چنین برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار صفحه گسترده Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده خشک

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، بین سطوح مدیریت از نظر میزان ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. این اختلاف در مراحل ساقه‌دهی، ظهور جوانه زرد، خورجین‌دهی و رسیدگی نیز مشاهده شد. نتایج آزمون مقایسه میانگین حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطح مدیریت خوب با سایر سطوح مدیریتی از نظر میانگین ماده خشک در مراحل ساقه‌دهی، ظهور جوانه زرد، خورجین‌دهی و رسیدگی بود. این گروه مدیریتی در تمام مراحل نمو، بیشترین مقادیر ماده خشک را به خود اختصاص داد. سطوح مدیریت متوسط و ضعیف از نظر میزان ماده خشک تولیدی در تمامی مراحل اندازه‌گیری به ترتیب در رده‌های دوم و سوم قرار داشتند (جدول ۲). تغییرات وزن خشک در طول فصل زراعی همواره روندی افزایشی داشت. این تغییرات تا مرحله خورجین دهی پرشتاب بود و سپس از سرعت افزایش وزن خشک گیاه کاسته شد. این نتایج، با نتایج بدست آمده توسط شعبانی و همکاران (Shabani *et al.*, 2009) همخوانی دارد.

لازم به ذکر است که تا مرحله ساقه‌دهی، عملکرد ماده خشک تمامی مزارع مورد بررسی کمتر از میزان ۰/۸۸ تن در هکتار بود. در کلزا در مقادیر کمتر از ۰/۸۸ تن در هکتار، زیست توده خشک از ضریب ثابت ٤/٦٣ به‌جای ٤/٤٨ استفاده می‌گردد (Colnenne *et al.*, 1998). علت این پدیده عدم رقابت گیاهان برای دستیابی به نور است. علاوه بر آن، لمایر و گاستل (Lemaire and Gastal, 1997) مطرح نمودند که در مراحل اولیه رشد، پدیده رقیق شدن به طور خیلی جزئی اتفاق افتاده و مقدار غلظت بحرانی نیتروژن در ابتدای رشد ثابت در نظر گرفته می‌شود.

نتایج بدست آمده نشان داد که بهره‌برداران مزارع در گروه مدیریت ضعیف علیرغم آن‌که مقادیر تقریبا مشابه‌ای کود نیتروژنی (اوره) نسبت به بهره‌برداران در سطح مدیریت خوب استفاده نمودند (اطلاعات منتشر نشده) و با توجه به آزمون مقایسه میانگین درصد واقعی نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن که تفاوت های معنی‌داری ($P<0.05$) را بین سطوح مدیریت نشان داد، اما با این حال مقادیر ماده خشک تولید شده در مزارع با سطح مدیریت ضعیف در تمامی فصل رشد کمتر از دو سطح مدیریت دیگر بود، که همین امر سبب عدم همبستگی معنی‌دار بین درصد واقعی نیتروژن و ماده خشک در تمامی مراحل نموی گیاه شد. با وجود کمبود نیتروژن در هر سه سطح مدیریت و در طول فصل کشت (کمتر بودن مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن از مقدار یک)، احتمالاً نیتروژن تنها عامل محدود کننده تولید ماده خشک مزارع مورد بررسی نبود. بنابراین احتمالاً تفاوت‌های موجود در دیگر عوامل مدیریتی سطوح مدیریت مورد ارزیابی همانند تفاوت‌های موجود در تراکم بوته، نحوه مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها و ژنوتیپ (رقم) مورد استفاده در سطوح مختلف مدیریت سطوح مدیریت، اثرگذاری بیشتری داشتند. به‌عبارت دیگر، به منظور دستیابی به سطح پتانسیل تولید ماده خشک کلزا در منطقه، بررسی عوامل یاد شده نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

مزارع با سطح مدیریت خوب از تراکم بوته بالاتری نسبت به دیگر سطوح مدیریتی برخوردار بودند که احتمالاً همین این امر تاثیر بسزایی بر مقادیر عملکرد ماده خشک تولید شده در این سطح مدیریت داشت. وجود همبستگی معنی‌دار ($P<0.01$) و مثبت بین تراکم بوته و ماده خشک در تمامی مراحل نموی مورد بررسی (اطلاعات منشر نشده) نیز تاییدکننده همین امر است. بر اساس یافته‌های تحقیقات پیشین، تراکم همبستگی بسیار بالایی با عملکرد بیولوژیک گیاه دارد (Fathi, 2008). یافته‌های شیراسماعیلی و همکاران

[1] nested
[2] Completely randomized design (CRD)
[3] Cruciferae

(Shiresmaeili *et al.*, 2009) و ملک احمدی و همکاران (Malekahmadi *et al.*, 2009) نیز حاکی از اثر مثبت تراکم بوته بر تولید ماده خشک است.

بر اساس یافته‌های، فرجی، فولادی وندا و همکاران (Faraji, 2004; Foladivanda *et al.*, 2010)، تراکم بالا و بر اساس نتایج تحقیقات دانشور راد، فولادی وندا و همکاران (Daneshvarrad, 2008; Foladivanda *et al.*, 2010) خاک ورزی مناسب، سبب افزایش ارتفاع بوته می‌گردد. نتایج حاصل از این پژوهش نیز با این یافته‌ها مشابه بود. در واقع با افزایش تراکم گیاهی و خاک‌ورزی مناسب (در مزارع با سطح مدیریت خوب)، بیشترین مقادیر ارتفاع بوته در سطح مدیریت مشاهده شد (اطلاعات منتشر نشده). افزایش ارتفاع بوته می‌تواند تاثیر مثبتی بر روی وزن خشک گیاه داشته باشد.

عدم مبارزه مناسب با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی در مزارع با سطح مدیریت ضعیف و متوسط بر اساس بررسی‌های میدانی به عمل آمده مشهود بود. برای دستیابی به عملکرد بالقوه در کلزا، مدیریت بهینه عوامل تولید اهمیت دارد و یکی از عوامل مهم مدیریت زراعی، کنترل علف‌های هرز در سطح مزارع کلزا است (Hajilari, 2005). بر اساس بررسی‌های میدانی به عمل آمده، علاوه بر عدم مبارزه با علف‌های هرز، کیفیت نامناسب سموم مصرفی در عدم مبازره مناسب با علف‌های هرز موثر بود. کیفیت نامناسب سموم در سطح استان گلستان توسط صفاهانی و همکاران (Safahani *et al.*, 2007) نیز اشاره شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلبه علف‌های هرز در مزارع احتمالاً سبب کاهش تجمع ماده خشک در بوته‌های کلزا در این دو سطح مدیریت شد. باغستانی و زند (Bagestani & Zand, 2003)، بیان نمودند که وجود علف‌های هرز هم خانواده کلزا (تیره شب بو[1]) و به خصوص گونه خردل وحشی[1] در منطقه استان گلستان سبب کاهش شدید عملکرد کمی و کیفی کلزا می‌شود.

تفاوت در ارقام مورد استفاده در سطوح مدیریت خوب و متوسط با سطح مدیریت ضعیف احتمالاً بر مقادیر تولید ماده خشک در مزرعه موثر بود. بر اساس بررسی‌های میدانی، در این پژوهش، کلزاکاران در سطح مدیریت خوب و متوسط از هیبرید هایولا ۴۲۰ و بهره برداران در سطح مدیریت ضعیف از هیبرید هایولا ۴۰۱ استفاده نمودند. این نتایج با یافته‌های بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2008) که بیان نموده‌اند رقم هایولا ۴۲۰ از نظر بسیاری از صفات مهم و مرتبط با عملکرد، دارای ارزش‌های فنوتیپی بالایی نسبت به سایر ارقام (منجمله هایولا ۴۰۱) است، مطابقت دارد.

ضرایب همبستگی بین ماده خشک، درصد واقعی نیتروژن، شاخص تغذیه نیتروژن و عملکرد دانه در مراحل مختلف نموی نشان داد که بین ماده خشک در تمامی مراحل نموی مورد بررسی و عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار ($P<0.01$) و مثبت وجود داشت. این نتیجه با یافته‌های سلیمان‌زاده و همکاران (Soleymanzade *et al.*, 2007)، که بر وجود همبستگی بالا بین عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه تاکید نمودند، مطابقت دارد. از طرف دیگر بین شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله جوانه زرد با مقادیر ماده خشک در مراحل ساقه‌دهی ($P<0.05$) همبستگی معنی‌دار و مثبت مشاهده شد. این همبستگی‌ها نشان‌دهنده اهمیت تجمع ماده خشک در مراحل ساقه‌دهی و به ویژه گل‌دهی (جوانه زرد) و تاثیر مثبت آن بر محتوی نیتروژن بافت است. به عبارت دیگر، هر چه گیاه در فرآیند تجمع ماده خشک در این دو مرحله فعال‌تر و عوامل نامساعد در این زمینه کمتر باشد، در مراحل پایانی رسیدگی (پرشدن خورجین) کمتر با محدودیت نیتروژن مواجه خواهد شد. بنابراین تغذیه گیاهی (توزیع کود سرک در مراحل ابتدای ساقه دهی و گل‌دهی) به همراه آبیاری با تاثیر مستقیم بر افزایش شاخص تغذیه نیتروژن (به عنوان مثال در مرحله گل‌دهی شاخص تغذیه نیتروژن در مزارع با سطح مدیریت خوب نزدیک به یک بود) می‌تواند بر عملکرد گیاه تاثیر مستقیم داشته باشد.

نیتروژن

درصد واقعی نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس درصد واقعی نیتروژن مزارع مورد بررسی در چهار مرحله نمونه‌گیری در جدول ۱ درج شده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده، در تمامی مراحل نموی کلزا، سطوح مدیریت مورد بررسی و مزارع داخل این سطوح از نظر درصد واقعی نیتروژن دارای اختلاف معنی‌دار بودند. بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین (جدول ۲)، بین سطوح مدیریت از نظر درصد واقعی نیتروژن در تمامی مراحل نمونه‌گیری، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به طور

[1] *Sinapis arvensis*

متوسط در طول فصل زراعی درصد واقعی نیتروژن مزارع با سطح مدیریت خوب در حدود ۲/٦۲ درصد بود. درصد واقعی نیتروژن در مزارع با سطح مدیریت ضعیف به این میزان نزدیک بود (۲/٦ درصد)، اما مزارع با سطح مدیریت متوسط به طور میانگین با ۲/٤ درصد واقعی نیتروژن در رتبه سوم قرار گرفتند. زنگانی و همکاران (Zangani *et al.*, 2006)، مشاهده کردند که بین ارقام کلزا در جذب و انتقال نیتروژن تفاوت وجود دارد. روند نزولی (رقیق سازی) مقادیر درصد نیتروژن همزمان با رشد گیاه (افزایش وزن ماده خشک) در تمامی مزارع مشاهده گردید. این نتایج مطابق یافته های کولین و همکاران، میلسا و همکاران، گیلسوم و همکاران (Colnenne *et al.*, 1998; Millsa *et al.*, 2009; Gislum *et al.*, 2009) می باشد.

با توجه به مقادیر تقریباً مشابه کاربرد کودهای نیتروژنی در سطوح مدیریت مورد ارزیابی، می‌توان دلایل کاهش قابل توجه درصد نیتروژن در مرحله رسیدگی در مزارع با سطح مدیریت ضعیف را احتمالاً به عدم آبیاری در مراحل خورجین‌دهی و پرشدن دانه (عدم دسترسی به منابع جدید نیتروژن) دانست. در این پژوهش بهره برداران در سطح مدیریت خوب اقدام به یک نوبت آبیاری در مرحله اواخر گل‌دهی و اوایل پرشدن خورجین (اواسط الی اواخر فروردین ماه همزمان با افت شدید مقادیر بارندگی و افزایش درجه حرارات هوا) نموده‌اند، حال آن‌که کشاورزان کلزاکار در دیگر سطوح مدیریت، کشت را به صورت دیم ادامه دادند. دانشمند و همکاران (Daneshmad *et al.*, 2006)، گزارش نمودند که کارایی مصرف نیتروژن به رطوبت خاک بستگی دارد. لی یونگ و همکاران (Liyong *et al.*, 2007)، بر اثر متقابل بین کود نیتروژن و آبیاری در کلزا تاکید کردند. از طرف دیگر ممکن است با کاهش ذخیره نیتروژن در بافت‌های گیاهی، کارایی انتقال مجدد (Rossato *et al.*, 2001) و کارایی جذب نیتروژن (Daneshmand *et al.*, 2006) با کاهش مواجه شود.

بر اساس نتایج ارایه شده در جدول ۳ که در آن ضرایب همبستگی درصد واقعی نیتروژن، ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص تغذیه نیتروژن درج شده است، درصد واقعی نتیروژن در تمامی مراحل نموی کلزا همبستگی معنی‌دار و مثبت با شاخص تغذیه نیتروژن داشت. وجود این همبستگی نشان دهنده این نکته است که با افزایش محتوی نیتروژن گیاه، شاهد افزایش شاخص تغذیه نیتروژن (کاهش کمبود نیتروژن) خواهیم بود. عدم همبستگی ماده خشک تولید شده در مراحل ساقه‌دهی، خورجین‌دهی و پرشدن دانه با نیتروژن واقعی احتمالاً نشان‌دهنده کافی نبودن مقادیر نیتروژن گیاه برای دستیابی به حداکثر تولید ماده خشک بود. به عبارت دیگر احتمالاً نیتروژن تنها عامل موثر بر بر تولید ماده خشک در طی این مراحل نبود. از طرف دیگر بین عملکرد دانه و درصد واقعی نیتروژن در هیچ‌کدام از مراحل نموی مورد بررسی همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد که این امر با توجه به وجود همبستگی معنی‌دار ($P<0.01$) و مثبت بین ماده خشک و عملکرد دانه دور از ذهن نمی‌باشد.

درصد نیتروژن بحرانی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مقادیر درصد نیتروژن بحرانی که در جدول ۱ ارایه شده است، به جزء از مرحله ساقه‌دهی، در سایر مراحل نمونه‌گیری، سطوح مدیریت دارای اختلاف معنی‌داری بودند. مطابق با نظر کولین و همکاران (Colnenne *et al.*, 1998)، به دلیل کمتر بودن مقادیر عملکرد ماده خشک تمامی مزارع مورد بررسی در هر سه گروه مدیریت از مقدار ۰/۸۸ تن در هکتار ماده خشک در مرحله ساقه‌دهی (انتهای مرحله روزت[1])، به منظور برآورد نیتروژن بحرانی از درصد ثابت ٤/٦۳ استفاده شد. نتایج آزمون مقایسه میانگین درصد نیتروژن بحرانی در چهار مرحله مختلف نمونه گیری در جدول ۲ درج شده است. بر این اساس، در مرحله ظهور جوانه زرد، مزارع با سطح مدیریت ضعیف با مزارع با سطح مدیریت خوب و متوسط دارای اختلاف معنی‌دار بودند. در دو مرحله خورجین‌دهی و رسیدگی، بین تمامی گروه‌های مدیریتی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. در سه مرحله یاد شده، مزارع با سطح مدیریت ضعیف دارای بیشترین مقادیر درصد نیتروژن بحرانی در بین دیگر گروه‌های مدیریتی بودند. به طور متوسط در طول فصل زراعی، مزارع با سطح مدیریت خوب با ۳/۱۷ درصد، دارای کمترین درصد نیتروژن بحرانی بین گروه‌های مدیریتی مورد بررسی بودند. هم‌چنین مزارع در سطح مدیریت ضعیف دارای بیشترین درصد نیتروژن بحرانی در طول سال زراعی (با میزان ۳/۳٦ درصد) بودند. مشابه روند درصد واقعی نیتروژن، روند تغییرات مقادیر درصد نیتروژن بحرانی نیز نزولی بود و مقادیر نیتروژن بحرانی در طول فصل رشد

[1] rosette

همواره از درصد نیتروژن واقعی کمتر بود. شکل ۱ روند تغییرات درصد نیتروژن بحرانی مزارع در مراحل نموی مورد بررسی را به تفکیک سطح مدیریت ارایه می‌نماید.

شاخص تغذیه نیتروژن

بر اساس اطلاعات بدست آمده از تجزیه واریانس مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن که در جدول ۱ ارایه شده است، کلیه سطح‌های مدیریت و مزارع داخل هر یک از این سطح‌ها، در هر سه مرحله ساقه‌دهی، جوانه زرد و خورجین‌دهی دارای اختلاف معنی‌داری بودند. نتایج آزمون مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی‌دار نشان داد که در سه مرحله ذکر شده، سطوح مدیریت دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۳). در طول سال زراعی این پژوهش، شاخص تغذیه نیتروژن به طور متوسط در مزارع با سطح مدیریت خوب، متوسط و ضعیف به ترتیب ۰/۹۱، ۰/۸۰ و ۰/۸٦ بود. لازم به ذکر است که به دلیل عدم تاثیر مثبت ارزیابی مقادیر نیاز گیاه به نیتروژن بر عملکرد دانه، از محاسبه شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله رسیدگی صرف‌نظر شد.

با توجه به نتایج بدست آمده، مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن کلیه مزارع در سه سطح مدیریت کمتر از یک بود که نشان دهنده کمبود نیتروژن است و با نتایج کلمن و همکاران (Colnenne *et al.*, 1998) مطابقت دارد. کمبود نیتروژن احتمالاً یکی از دلایل عدم دستیابی به پتانسیل تولید کلزا در محدوده مورد مطالعه بود. نتایج بدست آمده در این پژوهش با یافته‌های زینلی و همکاران (منتشر نشده)، مشابه است. در تحقیق یاد شده، در تمامی مراحل نمو گندم در محدوده شهرستان گرگان، شاهد کمبود نیتروژن (شاخص تغذیه نیتروژن کمتر از یک) می‌باشیم. در شکل ۲ روند تغییرات شاخص تغذیه نیتروژن به تصویر کشیده شده است.

بررسی ضرایب همبستگی ساده نشان داد که بین شاخص تغذیه نیتروژن و مقادیر درصد نیتروژن واقعی در تمامی مراحل نموی مورد بررسی همبستگی معنی‌دار و مثبت وجود داشت. این همبستگی اهمیت تامین نیتروژن مورد نیاز در این سه مرحله به ویژه مرحله گل‌دهی (جوانه زرد) و پرشدن دانه را برای رسیدن به حداکثر تولید ماده خشک خاطرنشان می‌سازد. در مرحله گل‌دهی، کاربرد نیتروژن (یا آبیاری پس از مصرف کود سرک نیتروژن) سبب کاهش درصد ریزش گل‌ها و در نتیجه افزایش تعداد خورجین در واحد سطح و نیز با تاثیر بر وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Daneshshahraki *et al.*, 2008). لازم به ذکر است که شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله جوانه زرد با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (شکل ۳). این امر موید آن است که تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه در این مرحله احتمالاً در عملکرد مطلوب موثر خواهد بود. جدول ۳ ضرایب همبستگی بین مقادیر درصد واقعی نیتروژن ، ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص تغذیه نیتروژن در مراحل نموی مورد بررسی را ارایه می‌نماید.

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، مزارع کلزای بررسی شده در شهرستان گرگان از نظر تغذیه نیتروژنی در وضعیت نامطلوب قرار داشتند. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن این نکته که مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن در تمامی مزارع مورد بررسی و در سه سطح مدیریت خوب، متوسط و ضعیف، زیر یک بود، بنابراین مدیریت کودی در هر سه سطح نامطلوب برآورد شد با وجود آن‌که مزارع در سطح مدیریت خوب حایز شاخص تغذیه نیترون بالاتری نسبت به دیگر سطوح مدیریت بودند و از این نظر دارای تفاوت معنی‌داری مطابقت دارد. با دیگر سطح‌های مدیریت بودند، اما در این مزارع نیز احتمالاً نیتروژن یکی از عوامل محدودکننده رشد بود. هرچند که در مرحله جوانه زرد و خورجین‌دهی بیشترین مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن در سطوح مدیریت مورد بررسی وجود داشت، اما در تمامی مراحل نموی کلزا، مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن کمتر از یک برآورد شد. بر اساس نتایج بدست آمده، وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله جوانه زرد، اهمیت دسترسی به منابع نیتروژن در مرحله گل‌دهی و پرشدن خورجین را تایید می‌نماید.

با توجه به عدم همبستگی معنی‌دار بین درصد واقعی نیتروژن و عملکرد ماده خشک و دانه در سطوح مدیریت و در سه مرحله نموی مورد بررسی، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً دیگر عوامل مدیریتی (زمان توزیع کود سرک، آبیاری، تراکم کشت، کنترل علف‌های هرز، ژنوتیپ و...) در عدم دستیابی به پتانسیل تولید در منطقه تاثیر بیشتری داشتند. بنابراین با توجه به مقادیر مصرف کودهای نیتروژن (پایه و سرک)، احتمالاً هدر رفت نیتروژن در مزارع مورد بررسی قابل توجه بود که این امر، منجر به پی‌آمدهای زیست محیطی شدیدی خواهد شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کلزا در سطوح مدیریت مزارع مورد بررسی

Table 1. Statistical analysis for canola traits at management levels in the studied farms

S.O.V.	D.F.	Mean square														
		stem				flowering				carpetbag				maturity		
		DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc
Levels of management	2	2756.23**	0.37**	0^{ns}	0.01**	54259.1**	0.89**	0.39**	0.12**	512500.19**	0.2**	0.29**	0.02**	433909.14**	0.21**	0.12**
Levels of farm	12	41.22^{ns}	1.34**	0^{ns}	0.06**	3853.74^{ns}	0.88**	0.02^{ns}	0.08**	20366.1^{ns}	1.43**	0.01^{ns}	0.21**	18280.54^{ns}	0.05**	0.004^{ns}
error	30	97.69	0	0	0	7024.29	0	0.05	0.003	14086.44	0	0.009	0.001	18585.15	0	0.005
G	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V.	-	23.05	0	0	0	24.95	0	6.8	6.58	13.88	0	3.77	3.75	12.14	2.07	3.01

ns: non-significant, * and **: significant at %5 and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات کلزا در سطوح مختلف مدیریتی در مزارع مورد بررسی

Table 2. Mean comparison of canola at different management levels in the studied farms

Levels of management	stages														
	stem				flowering				carpetbag				maturity		
	DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc	NNI	DM	Na	Nc
optimum	58.11^{a}	3.64^{b}	4.63^{a}	0.78^{b}	401.05^{a}	3.13^{a}	3.18^{b}	0.98^{a}	1055.8^{a}	2.36^{b}	2.49^{c}	0.94^{a}	1305.98^{a}	1.35^{a}	2.36^{c}
middle	38.33^{b}	3.4^{c}	4.63^{a}	0.73^{c}	324.02^{b}	2.67^{c}	3.35^{ba}	0.8^{c}	815.31^{b}	2.27^{c}	2.66^{b}	0.86^{c}	1090.87^{b}	1.23^{b}	2.47^{b}
weak	32.16^{b}	3.7^{a}	4.63^{a}	0.8^{a}	282.53^{b}	3.06^{b}	3.51^{a}	0.87^{b}	692.4^{c}	2.5^{a}	2.77^{a}	0.9^{b}	970.22^{c}	1.11^{c}	2.54^{a}

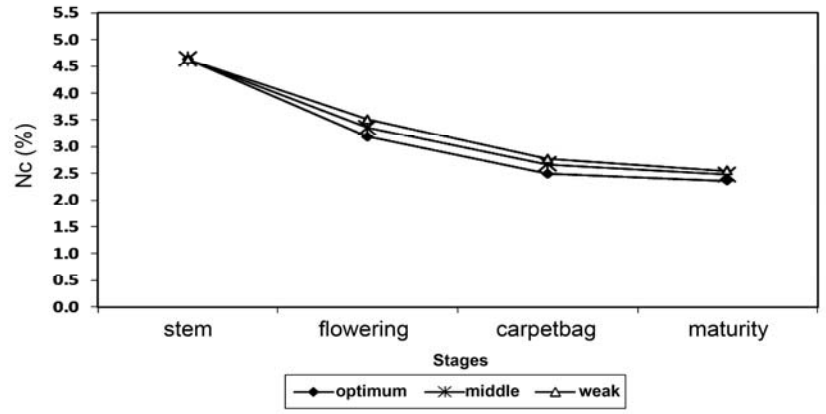
Mean with the same letters based on the LSD test are not statistically significant at the 5% of probability level.
Units: g/square meter (DM), percent (actual and critical N)

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین درصد واقعی و بحرانی نیتروژن، وزن خشک، شاخص تغذیه نیتروژن و عملکرد در سه مرحله نموی مورد بررسی

Table 3. Correlation coefficients among the percentage of actual and critical nitrogen, dry weight, nitrogen nutrition index and yield in three growth stages of canola

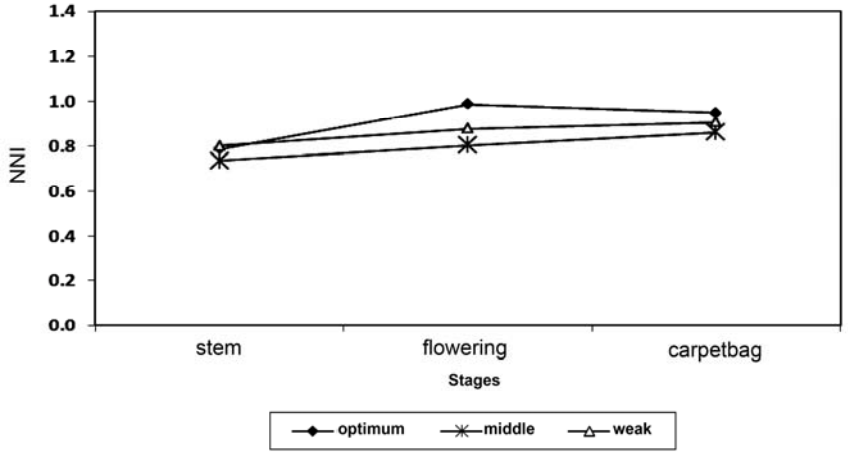
		stem			flowering			carpetbag			
		Na	**DM**	**NNI**	**Na**	**DM**	**NNI**	**Na**	**DM**	**NNI**	**Y**
stem	Na	1									
	DM	0.05087^{ns}	1								
	NNI	0.99984^{*}	0.04635^{ns}	1							
flowering	Na	0.65047^{**}	0.11493^{ns}	0.64493^{**}	1						
	DM	0.07866^{ns}	0.57142^{**}	0.07224^{ns}	0.19775^{ns}	1					
	NNI	0.58451^{**}	0.31414^{*}	0.57743^{**}	0.93327^{**}	0.53102^{**}	1				
carpetbag	Na	0.71517^{**}	0.08278^{ns}	0.7131^{**}	0.80632^{**}	0.0081^{ns}	0.70069^{**}	1			
	DM	0.16844^{ns}	0.59262^{**}	0.16745^{ns}	0.15414^{ns}	0.37668^{*}	0.2878^{ns}	0.06075^{ns}	1		
	NNI	0.72747^{**}	0.03908^{ns}	0.72507^{**}	0.80253^{**}	0.09634^{ns}	0.73407^{**}	0.97638^{**}	0.26726^{ns}	1	
	Y	0.06264^{ns}	0.73481^{**}	0.06076^{ns}	0.21974^{ns}	0.50036^{**}	0.38031^{*}	0.00688^{ns}	0.76052^{**}	0.1409^{ns}	1

ns: non-significant, * and **: significant at %5 and 1% of probability levels, respectively.



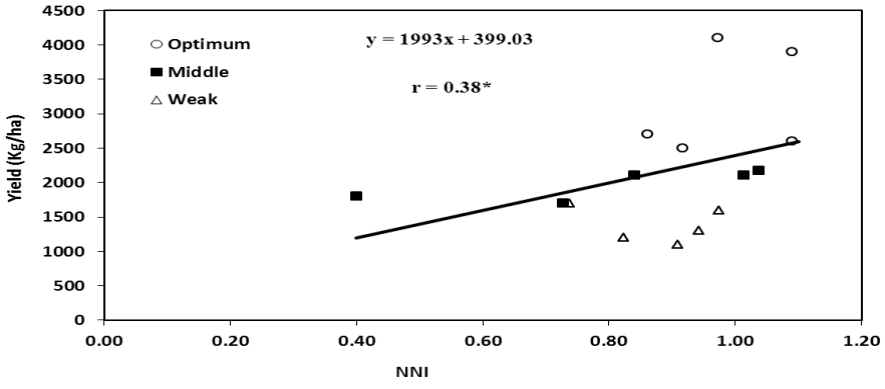
شکل۱- مقایسه روند تغییرات درصد بحرانی نیتروژن سطوح مدیریت مورد بررسی در مراحل نموی کلزا

Figure 1. Comparison of variation in percentage of critical nitrogen in management levels at growth stages of canola



شکل۲- مقایسه روند تغییرات شاخص تغذیه نیتروژن سطوح مدیریت مورد بررسی در مراحل نموی کلزا

Figure 2. Comparison of variation in nitrogen nutrition index in management levels at growth stages of canola



شکل ۳- همبستگی بین شاخص تغذیه نیتروژن در مرحله جوانه زرد با عملکرد دانه در کلزا

Figure 3. Correlation between nitrogen nutrition index and yield of canola in yellow bud stage

سپاسگزاری

از همراهی جناب آقای دکتر معصومی صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین از جناب آقای مهندس لعل نوری، کارشناس محترم آزمایشگاه زرآوند خراسان قدردانی می‌نمایم.

References

Baghestani M, Zand AS (2003) Review of the biology and control of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Iranian Research Institute of Plant Pests and Diseases, Final Report of Research Project, 56 pp. [In Persian with English Abstract].

Bayat, M, Rabie B, Rabie M, Believers A (2008) Relationships between yield and agronomic traits in rapeseed as paddy cultivation. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 6: 45-54. [In Persian with English Abstract].

Colnenne C, Meynard JM, Reau R, Justes E, Merrien A (1998) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. Annals of Botany 81: 311-317.

Daheshshahraki A, Kashani A, Mesgarbashy M, Nabipour M, Kohi Dehkourdi M (2008) Effect of density and time consuming of nitrogen on some properties of canola. Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture 79: 17-11. [In Persian with English Abstract].

Daneshmand A, Shiranirad AH, Nourmohammadi GH, Zarei GH, Daneshian J (2006) Effects of water stress and different values of nitrogen fertilizer on grain yield, yield components, nitrogen uptake and nitrogen and water use efficiency in two cultivars of canola. Iranian Journal of Crop Science 8: 342-323. [In Persian with English Abstract].

Daneshvarrad Z, Esfahani M, Peyman MH, Rabieei M, Sameizadeh H (2008) Effect of tillage methods on yield, yield components and some of specifications of growth in canola grown in paddy fields. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 12: 46-53. [In Persian with English Abstract].

Faraji A (2004) Effect of row spacing and seed rate on yield and yield components of rapeseed (Quantum cultivar) in Gonbad region. Seed and Plant Journal 20(3): 63-71. [In Persian with English Abstract].

Fathi G (2008) Reaction of canola cultivars yield to different plant densities. Iranian Journal of Crop Science 39 (1): 10-15. [In Persian with English Abstract].

Foladivanda SA, Ayneband A, Alahnazoki F (2010) Evaluation of different tillage methods and seed rate on yield of canola under dry land conditions. Iranian Agricultural Research Magazine 8(2): 224-213. [In Persian with English Abstract].

Gislum R, Boelt B (2009) Validity of accessible critical nitrogen dilution curves in perennial ryegrass for seed production. Field Crops Research 111: 152-156.

Greenwood DJ, Lemaire G, Gosse G, Cruz P, Draycott A, Neeteson JJ (1990) Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Annals of Botany 66: 425- 436.

Hajilari A (2005) Canola planting, conservation and harvesting. Department of Agriculture Organization of Golestan Province, Iran. [In Persian with English Abstract].

Justes E, Jeuffroy MH, Mary B (1997) Wheat, barley and durum wheat. In: Lemaire G (Ed.), Diagnosis of the nitrogen status in crops. Berlin Heidelberg, pp. 73-89.

Lemaire G, Gastal F (1997) N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire G (Ed.), Diagnosis of nitrogen status in crops. Springer-Verlag, Berlin. pp: 3-41.

Lemaire G, Salette J (1984) Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prelevement dazote pour un peuplement de gramine. es fourrage' res I. Etude de l'effet du milieu. Agronomie 4: 423-430.

Lemaire G, Chartier M (1992) Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorgum plants growing at different plant densities. In: Proceeding of the second ESA Congress. Warwick University. England. 98-99.

Lemaire G, Onillon B, Gosse G, Chartier M, Allirand JM (1991) Nitrogen distribution within lucerne canopy during regrowth: Relation with light distribution. Annals of Botany 68: 483-489.

Lemaire G, Van Oosterom E, Sheehy JE, Jeuffroy MH, Massignam A, Rossato L (2007) Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? Field Crops Research 100: 91–106.

Lemaire G, Jeuffroy M, Gastal F (2008) Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage theory and practices for crop N management. European Journal of Agronomy 28: 614–624.

Liyong H, Hao C, Guangsheng Z, Tingdong F (2007) The influence of drought on *Brassica napus* L. development under different nitrogen levels. pp. 235-236. Proceeding of the 12th International Rapeseed Congress, Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production. 26-30 March, Wuhan, China, Science Press, USA Inc.

Malekahmadi H, Alizadeh H, Majnonhosseini N, Shiranirad AH (2009) Effect of plant density and nitrogen fertilizer on winter rapeseed (*Brassica napus* L.) yield and some morphological characters. Iranian Journal of Crop Science 40 (4): 182-173. [In Persian with English Abstract].

Millsa A, Moot DJ, Jamieson PD (2009) Quantifying the effect of nitrogen on productivity of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) pastures. European Journal of Agronomy 30: 63–69.

Nordestgaard A (1992) Split nitrogen application in perennial rye grass (*Lolium perenne* L.) for seed production. SP Beretning. Tidsskr Planteavl 96:163–168 .

Rossato L, Laine P, Qurry A (2001) Nitrogen storage and remobilization in (*Brassica napus* L.) during the growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. Journal of Experimental Botany 52: 1655-1663.

Safahani AR, Zand A, Baqrani N, Bagheri M (2007) The effect of growth indexes on the competitive ability of canola (*Brassica napus* L.) with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Iranian Agricultural Research Magazine 5(2): 313-301. [In Persian with English Abstract].

Shabani A, Kamkarhagig AA, Spaskhah A, Imam Y, Honar T (2009) Effects of water stress on physiological characteristics of canola. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13 (49): 42-31. [In Persian with English Abstract].

Shiresmaeili GH, Haideri Sultanabad M (2009) Effect of tillage systems and seeding rate on machine parameters and yield of canola. Iranian Journal of Crop Science 11(3): 23-32. [In Persian with English Abstract].

Soleymanzadeh H, Latifi S, Soltani A (2007) Relationship between phenology and physiological traits with grain yield in different cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) under dryland conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14(5): 32-39. [In Persian with English Abstract].

Tei F, Benincasa P, Guiducci M (2002) Critical nitrogen concentration in processing tomato. European Journal of Agronomy 18: 45-55.

Ulrich A (1952) Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. Annual Review of Plant Physiology 3: 207–228.

Zangani A, Kashani A, Fathi GA, Mesgarbashi M (2006) Effect of different levels of nitrogen on qualitative and quantitative yield and yield components of two rapeseed cultivars in Ahvaz, Iran. Journal of Agricultural Sciences 37 (1): 45-39. [In Persian with English Abstract].