

عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن کلزا (*Brassica napus L.*) تحت تأثیر نیتروژن و رژیم‌های آبیاری

محسن یوسفی*^۱، جهانفر دانشیان^۲، امیرحسین شیرانی راد^۲، سیدعلیرضا ولدآبادی^۱، سعید سیف زاده^۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۱۶

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، گروه زراعت، تاکستان، ایران

۲- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: myousefi70@yahoo.com

چکیده

این تحقیق طی دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ با هدف بررسی اثر سطوح نیتروژن بر عملکرد کمی و کارایی مصرف نیتروژن کلزا در رژیم‌های مختلف آبیاری در قزوین به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل آبیاری در سه سطح، آبیاری نرمال، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و قطع آبیاری در مرحله گلدهی و مقدار نیتروژن در پنج سطح شامل صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در بلوک‌های آزمایشی قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و نیتروژن بیانگر این بود که بیشترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری نرمال و کمترین عملکرد دانه مربوط به قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود. تیمارهای ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب با میانگین‌های ۳۷۸۰ و ۴۰۵۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند. نتایج نشان داد که در رژیم آبیاری نرمال با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری داشت. اگرچه در این شرایط افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل مشاهده بود و از نظر آماری اختلاف بین تیمارهای ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، معنی‌دار نبود. در شرایط قطع آبیاری در مراحل گلدهی و ساقه‌دهی، افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه گردید و بعد از آن مقداری کاهش یافت. به‌طور کلی، در صورت عدم وجود آب در مراحل گلدهی و ساقه‌دهی، مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و در شرایط وجود آب کافی، مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، عملکرد دانه، کارآیی مصرف نیتروژن، کلزا، نیتروژن

Yield and Nitrogen Use Efficiency of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Influenced by Nitrogen Rates and Irrigation Regimes

Mohsen Yousefi^{1*}, Jahanfar Daneshian², Amir Hossein Shirani Rad², Seyed Ali Reza Valadabadi¹, Saeid Sayfzadeh¹

Received: September 6, 2017 Accepted: July 7, 2018

1-Dept. of Agronomy, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.

2-Prof., Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: myousefi70@yahoo.com

Abstract

This research was carried out during two years 1394 and 1392 in order to investigate the effect of nitrogen rates on quantitative yield and nitrogen use efficiency of rapeseed in different irrigation regimes in Qazvin. The factorial experiment was conducted as randomized complete block design with three replications. The irrigation factor at three levels, normal irrigation, cut off irrigation at stem elongation and cut off irrigation at flowering stage) and nitrogen rates in five levels (0, 40, 80, 120 and 160 kg N.ha⁻¹) were considered in experimental blocks. The results of combined analysis showed that the effect of irrigation levels, nitrogen and their interaction were significant on grain yield. The results of the mean comparison indicated that the highest grain yield in normal irrigation regimes and the lowest grain yield related to irrigation cut at flowering stage. Treatments of 120 and 160 kg.ha⁻¹ pure nitrogen in normal irrigation conditions had the highest seed yield (3780 and 4054 kg.ha⁻¹), respectively. The results showed that increasing nitrogen up to 160 kg N. ha⁻¹ caused to increase grain yield significantly under normal irrigation regime. However, in these conditions, a significant increase in grain yield was observed up to 120 kg N. ha⁻¹, and there was no statistically significant difference between treatments of 120 and 160 N. ha⁻¹. In terms of irrigation interruption in flowering and stemming stages, increase in nitrogen consumption up to 120 N. ha⁻¹ increased grain yield and then decreased somewhat. In general, in the absence of water during flowering and stemming, consumption of 120 160 N. ha⁻¹ and in the presence of sufficient water, consumption of 160 N. ha⁻¹ is recommended.

Keywords: Grain Yield, Irrigation Regime, Nitrogen, Nitrogen Use Efficiency, Rapeseed

مقدمه

روغن خوراکی آن کشت شده و به راحتی در تناوب با غلات قرار می گیرد (فائو ۲۰۱۳). سطح زیر کشت کلزا در دنیا، ۳۶ میلیون هکتار، میانگین عملکرد ۲ تن در

کلزا (*Brassica napus* L.) پس از نخل روغنی و سویا سومین گیاه روغنی یکساله جهان است که به خاطر

گونه‌ای که شرایط خشک منجر به کاهش میزان نیتروژن در گیاه می‌گردد. کمبود آب و نیتروژن به تنهایی و به صورت متقابل، اثرات منفی در رشد و عملکرد گیاه دارند (راتکه و همکاران ۲۰۰۵).

با وجود مزایای بی‌شمار کودهای نیتروژن‌دار در افزایش رشد، تولید و عملکرد گیاهان زراعی، مصرف بیش از حد آنها از طریق آبتشویی و فرسایش، می‌تواند موجب افزایش آلودگی آبهای زیرزمینی و سطحی و افزایش هزینه‌ها گردد. بنابراین، مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه علاوه بر کاهش آلودگی‌های نیتراتی و حفظ تنوع زیستی با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها را به حداقل می‌رساند و کارایی مصرف نهاده‌ها را افزایش می‌دهد (دابرمن ۲۰۰۵). کراسول و گادوین (۱۹۸۴) کارایی عناصر غذایی را با سه معیار کارایی زراعی، کارایی فیزیولوژیک و کارایی بازیافت ظاهری بیان نمود. حداکثر کارایی مصرف عنصر غذایی زمانی حاصل می‌شود که غلظت آن نزدیک به سطح بحرانی باشد، زیرا بدون آن که عنصر غذایی اضافی در گیاه وجود داشته باشد، تقریباً حداکثر عملکرد در این نقطه به دست می‌آید. با توجه به این‌که بهبود کارایی مصرف نیتروژن، راهکار کلیدی جهت توسعه نظام‌های کشاورزی پایدار است، بیشترین تولید با کمترین انرژی ورودی و اتلاف نیتروژن امکان‌پذیر خواهد بود (گان و همکاران ۲۰۰۸). لذا هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر سطوح نیتروژن و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و همچنین کارایی مصرف نیتروژن کلزا در راستای بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن در شرایط مختلف رطوبتی در منطقه قزوین بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال (۱۳۹۲-۱۳۹۳ و ۱۳۹۳-۱۳۹۴) در ایستگاه تحقیقاتی اسماعیل آباد قزوین در زمینی به مساحت ۲۸۰۰ به اجرا درآمد. از نظر جغرافیایی مرکز

هکتار و تولید آن بیش از ۷۳ میلیون تن می‌باشد. همچنین بر اساس آخرین آمار رسمی فائو سطح زیر کشت کلزا در ایران، ۷۵۴۳۱ هکتار با میانگین تولید ۱/۸۳۰ تن در هکتار و تولید بیش از ۱۳۸ هزار تن می‌باشد (فائو ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶).

در نواحی خشک و نیمه خشک، اتخاذ مدیریت زراعی مناسب جهت استفاده بهینه از آب موجود و در نتیجه کاهش اثر تنش خشکی سبب افزایش تولید گیاهان زراعی می‌شود. آبیاری از مرحله ساقه رفتن گیاه تا گلدهی از نظر سطح برگ بسیار مهم است و حساس‌ترین مرحله رشد و نمو کلزا به کمبود آب، مرحله گلدهی است و کمبود آب در این مرحله باعث افت شدید تعداد گل، تعداد خورجین، تعداد دانه، وزن هزار دانه و میزان روغن دانه می‌شود (ریچاردز و تورلینگ ۱۹۷۸). در کلزا، تنش خشکی از طریق تأثیر بر منبع و مخزن مواد فتوسنتزی سبب کاهش کمی اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود. در این ارتباط، مراحل گلدهی، تشکیل و پر شدن دانه مراحل حساس برای آبیاری کلزا می‌باشند (جانستون و همکاران ۲۰۰۲). قادری و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که مراحل مختلف رشد کلزا حساسیت‌های متفاوتی به خشکی داشته و سهم آن در عملکرد متفاوت می‌باشد. این امر می‌تواند به آسانی به وسیله آزمایش‌های حذف آبیاری در مراحل مختلف چرخه حیات گیاه مشخص شود. احمدی و بحرانی (۲۰۰۹) گزارش نمودند دوره زایشی به تنش خشکی بیشترین حساسیت را دارد. توحیدی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند تنش خشکی در مرحله طویل شدن ساقه و مرحله گل‌دهی بیشترین خسارت را به کلزا وارد نموده و باعث کاهش تعداد خورجین در بوته شده است و در نهایت عملکرد دانه را کاهش داده است.

یکی دیگر از مهمترین عواملی که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کود نیتروژنه است. کارایی مصرف نیتروژن به شرایط رطوبتی خاک بستگی دارد. میزان نیتروژن، در شرایط نیتروژن و رطوبت متغیر بوده به

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. عامل آبیاری در ۳ سطح (آبیاری نرمال، قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و مقدار نیتروژن در ۵ سطح (۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) که تیمارهای آزمایشی به صورت فاکتوریل در هر بلوک به صورت تصادفی قرار گرفتند.

اسماعیل آباد با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه ۱۵ دقیقه ۱۵ ثانیه شمالی، ۴۹ درجه ۵۴ دقیقه ۲۶ ثانیه شرقی واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب غربی شهر قزوین قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۸۵ متر می باشد. متوسط بارندگی سالیانه آن در حدود ۳۱۰-۳۲۰ میلی متر، متوسط دمای سالیانه آن ۱۳/۹ درجه سانتی گراد، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۱۷/۴ و ۳۷/۸ درجه سانتی گراد گزارش شده است. این

جدول ۱- میزان بارندگی ماهیانه در سال‌های زراعی ۹۲-۹۳ و ۹۳-۹۴ مربوط به ایستگاه اسماعیل آباد قزوین

سال زراعی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۹۲-۹۳	۴۸/۲	۲۵	۳۲/۵	۷۱	۱۷/۴	۳۲/۳	۵۴/۴	۳/۲	۱/۲
۹۳-۹۴	۵۰/۴	۲۶/۵	۳۳/۱	۵/۶	۱۹/۱	۳۲/۹	۶۰/۴	۲/۵	۱/۸

برداری شد و نمونه‌ها برای آزمون خاک به آزمایشگاه خاکشناسی سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین انتقال یافت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

به منظور مشخص شدن وضعیت عناصر معدنی و همچنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از خاک عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری مزرعه نمونه

جدول ۲- نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

سال اول	سال دوم	آنالیز
۱	۱	هدایت الکتریکی $10^{-2} \text{EC} \times (\text{dS/m})$
۸	۸	pH
۳/۷۵	۳/۷۵	نسبت جذب سدیم SAR
۷/۵	۷/۵	درصد موادختی شونده
۳۲	۳۲	درصد رطوبت کل اشباع
۰/۷	۰/۸	کربن آلی (%)
۰/۰۸	۰/۱	ازت کل (%)
۱۰	۱۱/۲	فسفر قابل جذب (mg/kg)
۲۷۵	۳۰۸/۵	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
۱۴	۱۴	درصد رس
۳۴	۳۴	درصد لای
۵۲	۵۲	درصد شن
لومی	لومی	بافت خاک

زراعی (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) انجام گرفت. جهت تأمین نیاز کودی گیاه و بر اساس آزمون تجزیه خاک، کودهای

جهت اجرای آزمایش، آماده سازی زمین مورد نظر با استفاده از عملیات شخم و دیسک در پاییز هر سال

(رابطه ۲) مقدار مصرف نیتروژن/مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه در دانه = کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)

کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) (پریهار و همکاران، ۲۰۰۳):

(رابطه ۳) میزان کل نیتروژن جذب شده در اندام‌های هوایی هوایی/کل ماده خشک تولید شده = کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)

کارایی زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم) (لوپز-بلیدو و لوپز الیدو، ۲۰۰۱):

(رابطه ۵) مقدار مصرف نیتروژن/عملکرد کرت با مصرف نیتروژن - عملکرد بدون مصرف نیتروژن = کارایی زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم)

بازیافت ظاهری (درصد) (لوپز-بلیدو و لوپز الیدو، ۲۰۰۱):

(رابطه ۵) مقدار مصرف نیتروژن/(جذب نیتروژن با مصرف نیتروژن - جذب نیتروژن بدون مصرف نیتروژن) = بازیافت ظاهری (درصد)

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها، بر اساس مدل آماری طرح مورد استفاده (تجزیه مرکب آزمایش فاکتوریل) و به کمک نرم افزار آماری SAS صورت گرفت. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، تست نرمال بودن داده‌ها (با نرم افزار MSTAT-C) انجام شد و بعد از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها نسبت به تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام گردید. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت، برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن دانه معنی-دار بود. همچنین اثر نیتروژن و اثر متقابل رژیم آبیاری

سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل به صورت یکسان برای همه تیمارها، هر کدام به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با آماده‌سازی نهایی زمین به کار برده شد. میزان مصرف نیتروژن بر اساس تیمارهای آزمایشی در ابتدای مرحله ساقه‌دهی به زمین داده شد. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از تصادفی کردن تیمارها در کرت-های هر بلوک، عملیات کاشت انجام گردید. به منظور ایجاد تراکم مناسب در مرحله ۴ برگگی، اقدام به تنک گیاهان و حذف علف‌های هرز گردید که با این کار فاصله دو بوته روی هر ردیف کاشت به ۵ سانتی‌متر رسید. تاریخ کاشت در سال اول در ۱۹ مهر ماه و سال دوم در ۱۷ مهر ماه بود. رقم مورد آزمایش، رقم اکاپی بود که معمولاً در آزمایشات به عنوان رقم شاهد استفاده می-شود. تاریخ برداشت برای سال اول ۲۸-۲۹ خرداد و برای سال دوم ۲۶-۲۵ خرداد بود.

درصد نیتروژن گیاه و دانه

مقدار نیتروژن دانه و کل گیاه زراعی (از برگ‌ها) نیز تعیین شد. در مرحله برداشت نهایی نمونه‌های به آزمایشگاه تجزیه گیاهی منتقل شدند.

به منظور تعیین درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و دانه، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضم با اسید سولفوریک و کاتالیزور، مقدار نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کج‌دال (جکسون ۱۹۵۸) اندازه‌گیری شد.

کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) (فان و همکاران ۲۰۰۴):

(رابطه ۱) مقدار مصرف نیتروژن/عملکرد دانه در تیمار کودی = کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) (هوگینز و پان، ۱۹۹۳):

شرایط تنش رطوبتی زکر گردیده است (دیبینبروک ۲۰۰۰). در واقع خشکی به طور غیر مستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است که در طی تنش کم آبی پتانسیل آب در آوند آبکش و کاهش در پتانسیل آماس (ترگر) نیز از انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت از مقدار آسیمیلات خیره‌ای می‌کاهد که این امر آسیب‌پذیری تشکیل دانه را در شرایط کم آبی افزایش می‌دهد (کافی و همکاران ۲۰۰۰).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از تیمار آبیاری نرمال با میانگین ۳/۲۰۲ گرم بدست آمد و کمترین وزن هزار دانه از تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی با میانگین ۳/۰۶۱ گرم حاصل شد (شکل ۱). به طور کلی وزن دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن آن است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود که به نظر می‌رسد در تیمارهای قطع آبیاری، این مولفه‌ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به شرایط عدم تنش برخوردار بودند (سینکی و همکاران ۲۰۰۷). در بررسی حاضر نیز دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی می‌تواند به این دلیل باشد که وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در اثر تنش خشکی پیش از این توسط دانشمندان زیادی گزارش شده است (الباراک ۲۰۰۹، پاسبان اسلام و همکاران ۲۰۰۱، دانشمند و همکاران ۲۰۰۸، فنایی و همکاران ۲۰۰۹).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن بر درصد روغن دانه نشان داد که بیشترین درصد روغن در رژیم آبیاری نرمال مشاهده شد و کمترین مقدار درصد روغن نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی اتفاق افتاد. این تفاوت در درصد روغن به دلیل کاهش طول دوره رشد در رژیم قطع آبیاری در

و نیتروژن بر صفات مذکور بجز وزن هزار دانه معنی‌دار بودند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک بیانگر این بود که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک مربوط به رژیم آبیاری نرمال بود و کمترین مقدار آن در رژیم قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی مشاهده شد. تغییرات عملکرد بیولوژیک با تغییر سطوح نیتروژن در رژیم‌های مختلف آبیاری متفاوت بود. در شرایط آبیاری نرمال با افزایش میزان مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. در شرایط قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و ساقه‌دهی، افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گردید و پس از آن با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. این نتایج همچنین نشان داد که اختلاف بین سطوح نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال بیشتر از رژیم‌های قطع آبیاری در هر دو مرحله گل‌دهی و ساقه‌دهی بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه بیانگر این بود که بیشترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری نرمال مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه مربوط به قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی بود. نتایج نشان داد که در رژیم آبیاری نرمال با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار مقدار عملکرد دانه افزایش کاملاً محسوسی داشت. اگرچه در این شرایط افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قابل مشاهده بود و از نظر آماری اختلاف بین تیمارهای ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، معنی‌دار نبود. در شرایط قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و ساقه‌دهی، افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه گردید و بعد از آن مقداری کاهش یافت (جدول ۴). افزایش سقط جنین و کاهش تعداد بذر و غلاف به واسطه کاهش فراهمی مواد پرورده از دلایل مهم کاهش عملکرد دانه در

روغن در دانه می‌گردد (جکسون ۲۰۰۰). همچنین، با افزایش مقدار نیتروژن، تشکیل پیش زمینه‌های پروتئینی نیتروژن دار بیشتر شده و بنابراین تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیشتر می‌گردد و در نتیجه مقدار مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد (جکسون و همکاران ۱۹۹۳).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد روغن دانه نشان داد که رژیم آبیاری نرمال بیشترین عملکرد روغن دانه را داشت و کمترین مقدار عملکرد روغن دانه نیز از تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی حاصل شد. در شرایط آبیاری نرمال با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، عملکرد روغن دانه افزایش معنی‌داری یافت. اگر چه اختلاف بین سطوح ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال از نظر عملکرد روغن دانه معنی‌دار نبود. در شرایط قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی و ساقه‌دهی، افزایش عملکرد روغن دانه ناشی از مقدار مصرف نیتروژن تا مرز ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اتفاق افتاد و بعد از آن افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش عملکرد روغن دانه گردید (جدول ۴).

مرحله ساقه دهی بود. نتایج همچنین بیانگر این بود که در شرایط آبیاری نرمال ابتدا با افزایش مقدار نیتروژن تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن دانه مقدار افزایش نشان داد و بعد از آن با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، درصد روغن دانه کاهش یافت. در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی، با افزایش مقدار مصرف نیتروژن درصد روغن دانه تقریباً ثابت بود و تنها در تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، درصد روغن دانه کاهش نشان داد. در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی، با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، درصد روغن مقداری افزایش نشان داد و پس از آن با افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار روند کاهشی داشت به طوری که در تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، درصد روغن دانه کمترین مقدار را داشت (جدول ۴). نتایج تحقیقات نشان داده رابطه تنگاتنگی بین درصد روغن دانه و نیتروژن قابل دسترس در کلزا وجود دارد، به طوری که با مصرف نیتروژن، درصد روغن دانه کاهش یافته است (جکسون ۲۰۰۰). علت کاهش درصد روغن با افزایش سطح نیتروژن مصرفی آن است که احتمالاً نیتروژن سبب تأخیر در رسیدگی گیاه می‌شود و همین امر سبب کاهش درصد

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن

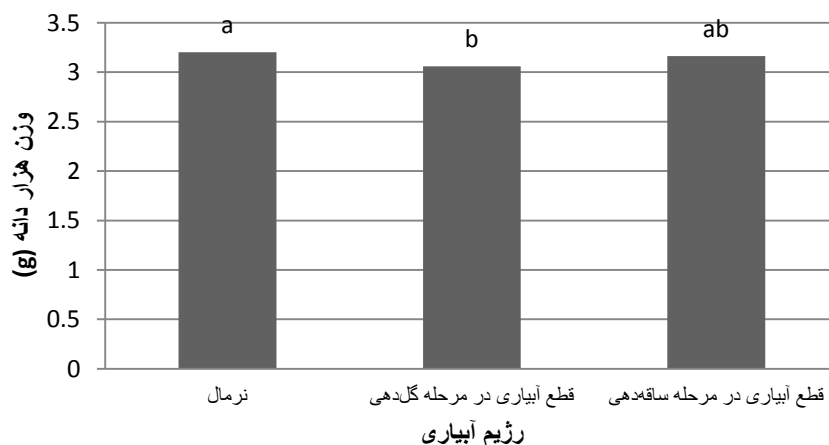
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه
سال	۱	۴۱۳۳۸/۱۸۱ ns	۶۶/۲۶۰ ns	۰/۰۵۱ ns	۱/۴۰۶ *	۶۲۸/۰۹۳ ns
تکرار (سال)	۴	۱۲۶۲۸۱۶/۱۱۹ **	۱۰۵۷۱۰۹/۵۹۰ **	۰/۰۶۴ ns	۱/۰۸۹ *	۱۴۶۷۴۶/۰۸۴ **
آبیاری	۲	۶۴۱۴۷۴۷۷/۳۸۱ **	۱۲۹۸۴۵۹۱/۹۴۲ **	۰/۱۹۳ *	۴۰/۰۸۱ **	۲۱۱۰۴۷۲/۱۰۷ **
سال × آبیاری	۲	۷۰۷۴۷/۶۶۸ ns	۱۹۴۵۴/۷۴۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۲۹۱ ns	۱۷۶۴/۷۰۹ ns
نیتروژن	۴	۳۵۵۹۳۸۲۶/۴۳۹ **	۷۴۳۶۴۶۰/۷۴۰ **	۰/۱۰۷ ns	۰/۰۵۲ **	۹۴۵۱۹۴/۵۲۳ **
سال × نیتروژن	۴	۷۴۴۸۹/۰۹۵ ns	۷۲۳/۷۱۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۱۱ ns	۱۶۱/۷۲۴ ns
آبیاری × نیتروژن	۸	۳۸۷۳۱۰۲/۶۰۳ **	۵۶۴۸۳۱/۱۴۰ **	۰/۰۵۴ ns	۰/۹۶۳ **	۷۵۸۰۶/۴۴۰ **
سال × آبیاری × نیتروژن	۸	۷۶۳۲۸/۱۰۳ ns	۴۱۷۴/۰۶۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۶۹ ns	۵۵۸/۰۲۰ ns
خطا	۵۶	۳۳۲۹۰۰/۵۷۰	۶۳۱۰۲/۹۲۰	۰/۰۲۳	۰/۳۳۰	۸۴۳۰/۵۲۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۶/۸۵	۱۰/۷۶	۴/۷۶	۱/۵۶	۱۰/۶۸

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و نیتروژن برای صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن

آبیاری	نیتروژن	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه (g)	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه (kg.ha ⁻¹)
	۰	۷۲۳۲	۱۷۹۵	۲/۲۲	b	۳۷/۸۵
	۴۰	۸۵۱۱	۲۲۵۸	۲/۲۶۳	a	۳۹/۱۵
نرمال	۸۰	۹۷۹۷	۳۴۰۹	۲/۹۵۳	a	۲۸/۷
	۱۲۰	۱۱۷۹۰	۳۷۸۰	۲/۳۲۷	b	۳۷/۷۱
	۱۶۰	۱۲۷۴۰	۴۰۵۴	۲/۳۹۷	c-e	۳۶/۵۳
	۰	۶۵۵۳	۱۱۱۴	۲/۹۸۵	c	۳۶/۷۸
قطع آبیاری	۴۰	۷۴۳۴	۱۴۹۹	۲/۰۲۷	cd	۳۶/۷۴
در مرحله گل-	۸۰	۸۴۹۷	۱۹۶۲	۲/۰۹	cd	۳۶/۶۴
دهی	۱۲۰	۹۱۴۶	۲۲۱۱	۲/۱۲۳	c	۳۶/۷۶
	۱۶۰	۹۰۶۱	۲۰۸۶	۲/۱۶	d-f	۳۶
	۰	۵۷۸۴	۱۴۳۱	۲/۱۲۷	ef	۳۵/۸۳
قطع آبیاری	۴۰	۶۷۱۵	۱۹۰۴	۲/۱۶۵	c-f	۳۶/۲۲
در مرحله	۸۰	۷۴۰۹	۲۲۲۳	۲/۱۹۵	c-f	۳۶/۱
ساقه‌دهی	۱۲۰	۸۰۶۶	۲۶۲۳	۲/۲۳۷	f	۳۵/۶۴
	۱۶۰	۷۶۷۸	۲۵۶۷	۲/۲۲۸	g	۳۴/۶۹

سطوح تیماری که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در گروه بندی با آزمون دانکن در سطح ۵٪ در گروه آماری مشابهی قرار دارند



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در سطوح آبیاری

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سطوح آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی، کارایی مصرف، کارایی فیزیولوژیک، بازیافت ظاهری و کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار بودند. همچنین اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن نشان داد که بیشترین کارایی زراعی نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال و مقدار مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص قابل مشاهده بود. بیشترین و کمترین کارایی زراعی نیتروژن به ترتیب در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی بدست آمد. در شرایط تنش با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن تقریباً با روند کاهشی مواجه بود. اما در شرایط آبیاری نرمال، با افزایش مصرف نیتروژن تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار، ابتدا کارایی زراعی نیتروژن افزایش و پس از آن تا مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص روند کاهشی مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رژیم آبیاری بر کارایی مصرف نیتروژن نشان داد که اعمال تنش باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن شد. بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب متعلق به آبیاری نرمال و قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود (جدول ۶). با توجه به اینکه آب نقش مهمی در فرآیندهای جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ضروری است، بنابراین زمانی که گیاه با تنش خشکی مواجه می‌گردد، امکان جذب بیشتر عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن فراهم نشده و در نتیجه باعث کاهش مصرف نیتروژن می‌گردد (حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۵). نتایج همچنین نشان داد که با افزایش سطح مصرف نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن نیز کاهش یافت. کمترین و بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب در تیمارهای ۴۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که کاهش کارایی نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن، افزایش سرعت از دست رفتن عنصر مذکور از طریق آبشویی و تصعید و در نتیجه عدم استفاده موثر از نیتروژن باشد (موجادم ۲۰۰۸).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رژیم آبیاری بر کارایی فیزیولوژیک نیتروژن بیانگر این بود که کمترین کارایی فیزیولوژیک مربوط به قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی بود (جدول ۶). کاهش کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی احتمالاً به دلیل نیاز آبی بالای کلزا در مرحله ساقه‌دهی باشد. عدم تأمین آب در این مرحله باعث کاهش جذب نیتروژن و نهایتاً کارایی فیزیولوژیک نیتروژن شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر بازیافت ظاهری نیتروژن نشان داد که آبیاری نرمال بیشترین و قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی کمترین بازیافت ظاهری نیتروژن را داشتند. همچنین افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش بازیافت ظاهری نیتروژن شد (جدول ۶). کاهش کارایی بازیافت ظاهری بر اثر افزایش مصرف نیتروژن ناشی از ثابت بودن ظرفیت جذب و استفاده از نیتروژن توسط گیاه و افزایش هدرروی عنصر مذکور است (باربیری و همکاران ۲۰۰۸). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر کارایی جذب نیتروژن نشان داد که آبیاری نرمال بیشترین و قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی کمترین کارایی جذب نیتروژن را داشت (جدول ۶). بیشترین سرعت رشد کلزا در مرحله ساقه‌دهی وجود دارد و قطع آب در این مرحله باعث کاهش کارایی جذب عناصر خصوصاً نیتروژن خواهد شد. استفاده بیشتر از سطوح نیتروژن نیز باعث کاهش میزان کارایی جذب نیتروژن شد (جدول ۶). احتمالاً در مقادیر بالای مصرف نیتروژن، مقدار زیادی از این عنصر در خاک باقی مانده و جذب نشده است. گیاهان مقدار زیادی از نیتروژن را بسته به ارقام و شرایط محیطی از دست می‌دهند. جذب نیتروژن و توزیع آن در گیاهان زراعی، بستگی به شرایط محیطی به ویژه رژیم رطوبتی دارد. به طوری که نتایج نشان داده است که مقدار جذب نیتروژن اساساً می‌تواند به وسیله آبیاری افزایش یابد (ابرو و همکاران ۱۹۹۳). آزمایش‌های مختلفی نیز در کلزا نشان داده‌اند که با افزایش مصرف نیتروژن کارایی استفاده از نیتروژن کاهش می‌یابد (چامورو و همکاران ۲۰۰۲) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات کارایی زراعی نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن، بازیافت ظاهری نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن

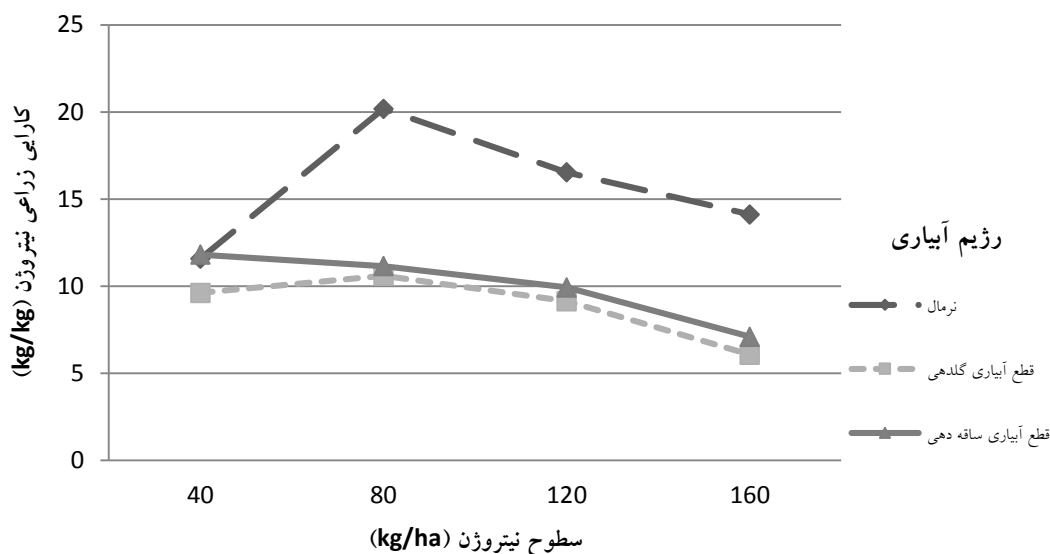
منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی زراعی نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن	بازیافت ظاهری نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن
سال	۱	۰/۶۰۵	۰/۰۰۰۱	۱/۲۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۲۵
تکرار (سال)	۴	۶/۵۵۹ns	۱۹۱/۸۰۴**	۲۳/۰۸۸ns	۰/۰۸۴ns	۰/۰۹۲ns
آبیاری	۲	۳۱۳/۲۴۴**	۱۵۱۳/۰۹۲**	۱۱۵/۴۴۴**	۰/۰۷۴**	۶/۹۵۸**
سال × آبیاری	۲	۶/۶۲۹ns	۲/۹۰۱ns	۱۶/۷۶۰ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۸ns
نیتروژن	۳	۷۳/۶۷۵**	۲۸۵۷/۳۹۴**	۲/۴۷۳ns	۰/۳۱۶*	۹۰/۲۳۸**
سال × نیتروژن	۳	۰/۰۵۱ns	۰/۰۶۱ns	۴/۵۲۴ns	۰/۰۱۸ns	۰/۰۳۰ns
آبیاری × نیتروژن	۶	۲۷/۷۷۲**	۲۷/۲۳۰ns	۹/۷۱۵ns	۰/۱۳۹ns	۰/۱۰۶ns
سال × آبیاری × نیتروژن	۶	۰/۰۸۰ns	۰/۰۹۷ns	۳/۱۱۲ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۱۱ns
خطا	۴۴	۵/۶۷۸	۲۰/۹۵۴	۱۸/۵۶۷	۰/۱۰۸	۰/۰۹۵
ضریب تغییرات (%)	-	۲۰/۷۴	۱۵/۱۰	۱۶/۳۱	۳۴/۴۲	۷/۱۹

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می باشند.

جدول ۶- مقایسه میانگین سطوح آبیاری و نیتروژن برای کارایی زراعی نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن، بازیافت ظاهری نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن

آبیاری	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی زراعی نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	بازیافت ظاهری نیتروژن (درصد)	کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
نرمال	a	۱۵/۶۱	a	۳۸/۹۷	a	۴/۸۳۷
قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی	b	۸/۸۵۸	b	۲۳/۳۷	b	۴/۲۵۱
قطع آبیاری در مرحله ساقه-دهی	b	۱۰	b	۲۸/۶۳	c	۳/۷۶۲
۴۰	b	۱۱/۰۱	a	۴۷/۱۷	a	۷/۴۳۷
۸۰	a	۱۳/۹۸	b	۳۲/۰۶	a	۴/۲۳۳
۱۲۰	b	۱۱/۸۷	c	۲۳/۹۳	ab	۳/۱۰۲
۱۶۰	c	۹/۰۹۹	d	۱۸/۱۴	b	۲/۳۶۱

سطوح تیماری که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در گروه بندی با آزمون دانکن در سطح ۵٪ در گروه آماری مشابهی قرار دارند



شکل ۲- مقایسه میانگین کارایی زراعی نیتروژن در سطوح آبیاری و نیتروژن

نتیجه گیری

افزایش داشته و مصرف بالاتر نیتروژن (۱۶۰ کیلوگرم) باعث کاهش عملکرد دانه شده است. با توجه به کاهش کارایی زراعی نیتروژن با افزایش مصرف کود نیتروژنه، در شرایط تنش در هر یک از مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی استفاده بیش از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هم به لحاظ اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی قابل توجیه نیست.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. در شرایط تنش در مراحل گلدهی و ساقه‌دهی این افزایش عملکرد دانه تا تیمار نیتروژن ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار

منابع مورد استفاده

- Abreu JPD, Folres I, De Abreu FMG and Medeira MV. 1993. Nitrogen uptake in relation to water availability in wheat. *Plant and Soil*, 154(1): 89-96.
- Ahmadi M, and Bahrani MJ. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal, Agriculture & Environment Science*, 5(6): 755-761.
- Albarrak KhM. 2006. Irrigation Interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.). *Science Journal, King Faisal University*. 7: 87-99.
- Barbieri PA, Echeverría EH, Rozas HRS and Andrade FH. 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*, 100:1094-1100.
- Chamorro AM, Tamagno LN, Bezus R and Sarandon SJ. 2002. Nitrogen accumulation, partitioning and nitrogen-use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. *Soil Science and Plant Analysis*, 33 (3-4): 493-504.
- Craswell, ET and Godwin DC. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates, PP. 1-55. In: P.B. Tinker and A. Lauchli (end). *Advances in Plant Nutrition*. Vol. 1. Praeger Scientific, New York.

- Daneshmand AR, Shirani Rad AH, Nour Mohammadi G, Zareei GH and Daneshian J. 2008. Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15(2), 99–112. (In Persian).
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape. Field Crop Research, 67: 35-49.
- Dobermann A. 2005. Nitrogen use efficiency-state of the art. IFA International workshop on enhanced-efficiency fertilizers Frankfurt, Germany.
- FAO. 2013. Foodoutlook. Global Market Analysis. <http://www.fao.foodoutlook.com>.
- FAOSTAT .2014. <http://Faostat.fao.org>
- FAOSTAT .2016. <http://Faostat.fao.org>
- Gan Y, Malhi SS, Brandt S, Katepa-Mupondwa F and Stevenson C. 2008. Nitrogen use efficiency and nitrogen uptake of *Jancea* canola under diverse environments. Agronomy Journal, 100: 285-295.
- Fan X, Lin F and Kumar D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition, 25: 853-865.
- Fanaei H, Galoy M, Kafi M, Ghanbari Banjar A, and Shirani Rad, AH. 2009. Effect of potassium fertilizer application and irrigation water on grain yield and water use efficiency in two species of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.). Journal of Agricultural Sciences of Iran, 11(3): 289-271.
- Hamzei J, Najafi H and Babaie M. 2015. Effect of Irrigation and Nitrogen on Agronomic Parameters, Yield, Grain Quality and Nitrogen Efficiency in Sunflower. Iranian Journal of Agricultural Research, 14(4): 698-686. (In Persian).
- Huggins DR and Pan WL. 1993. Nitrogen efficiency components analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal, 85(4): 898- 905.
- Jackson ML. 1958. Soil chemical analysis, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. USA. pp: 498.
- Jackson GD, Kushnak GD, Welty LE, Westcott MP and Wichman DM. 1993. Fertilizing canola. Montana Agresearch ,10(2): 21-24.
- Jackson GD. 2000. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake. Agronomy Journal. 92:644-649.
- Johnston AM, Tanaka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP and Riveland NR. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal, 94: 231-240.
- Kafi M, Zand A, Kamkar B, Sharifi H and Goldani M. 2000. Plant physiology (translation). Publications University of Mashhad. (In Persian).
- Lopez-Bellido RJ and Lopez-Bellido L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crop Research. 71: 31-46.
- Mojadam, M. 2008. Effects of water deficit stress and nitrogen management on dry matter distribution and some morphological characteristics of corn. Journal of Environmental Stresses in Plant Science 1(2): 123-136.
- Pasban Islam BMR, Shakiba MR, Neishabouri M, Moghadam and Ahmadi MR. 2001. Effects of water deficit stress on quantitative and qualitative characteristics of rapeseed. Journal of Agricultural Science, 10(4): 78-75. (In Persian).
- Prihar SS, Gajri PR, Benbi DK and Arora VK. 2003. Intensive Cropping. International Book Distributing Co.

- Qaderi MM, Kurepin M, Leonid V and David R. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and Drought. *Physiologia Plantarum*, 4: 710-721.
- Rathke GW, Christen O and Diepenbrok W. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop Research*. 94 (2-3): 103-113.
- Richards RA, and Thurling N. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica napus* and *B.compestris*), in response to drought stress. II. Growth and development under natural drought stress. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 479-490.
- Sinaki J, Majidi Heravan ME, Shirani Rad, AH, Noormohammadi GH and Zarei GH. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, 2: 417- 422.
- Tohidi MHR, Shirani Rad AH, Nour-Mohammadi G, Habibi D, Modarres-anavy SAM, Mashhadi Akbar Boojar M, Dolatabadian A. 2009. Response of six oil seed rape genotype to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 3: 243-250.