مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و هشت، ۱۳۹۶

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

تأثیر رژیم آبیاری و شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر کارایی بازیافت فسفر و عملکرد دانه در دو رقم کلزا

راضیه بلدی[۱]، احسان بیژن زاده[۲]، روح اله نادری[۳]

تاریخ دریافت: ۹٤/۰٤/۰۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹٤/۰٦/۱۷

چکیده

به منظور بررسی اثر کم آبیاری و روش‌های کاربرد کود فسفر بر عملکرد و کارایی بازیافت فسفر در دو رقم کلزا، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. عامل اصلی رژیم آبیاری (آبیاری رایج، قطع آبیاری از اواسط گلدهی و اواسط غلاف رفتن)، عامل فرعی شیوه‌های کاربرد کود فسفر (بدون فسفر و کاربرد دستپاش و نواری فسفر) و عامل فرعی فرعی ارقام کلزا (ساری‌گل و آر جی اس) بودند. نتایج نشان داد تیمار آبیاری رایج با ۲۵/۳۱ دانه در خورجین تفاوت معنی‌داری با تیمارهای قطع آبیاری از اواسط گلدهی با ۲۲/۲۵ دانه در خورجین و از اواسط غلاف رفتن با ۲۲/۹٤ دانه در خورجین داشت. در تیمار قطع آبیاری از اواسط گلدهی، مصرف نواری کود شیمیایی فسفر در رقم آر جی اس بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۲٤۳۵ کیلوگرم در هکتار) را داشت. بیشترین مقدار جذب فسفر به تیمار آبیاری رایج به میزان ۱۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن به قطع آبیاری از اواسط گلدهی با ۵/۹۵ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت. به طور کلی کارایی بازیافت فسفر در روش دستپاش و نواری به ترتیب ۱/۰۹٪ و ۱/۳۸٪ بود. رقم آر جی اس در مقایسه با ساری گل در قطع آبیاری از اواسط گلدهی و غلاف رفتن به ترتیب با ۳۸۳۰ و ٥٤۲۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. رقم آر جی اس در شرایط قطع آبیاری از اواسط گلدهی و مصرف نواری فسفر، بیشترین میزان انتقال مجدد را دارا بود و می‌تواند در صورت مواجه شدن با کمبود آب در آخر فصل رشد از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری کند.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد مواد، قطع آبیاری، کارایی بازیافت فسفر، عملکرد بیولوژیک

راضیه بلدی، ر.، ا. بیژن زاده و ر. اله نادری. ۱۳۹٦. تأثیر رژیم آبیاری و شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر کارایی بازیافت فسفر و عملکرد دانه در دو رقم کلزا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۵۹-٤۸.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران-مسئول مکاتبات، پست الکترونیک:bijanzd@shirazu.ac.ir
۲ - استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران
۳- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران

مقدمه

با وجودی که ذخیره جهانی غذا معمولاً با تکیه بر گندم، برنج، ذرت و حبوبات به عنوان غذاهای اصلی، مورد توجه قرار می‌گیرد، اما دانه‌های روغنی در مقام دوم محصولات، نقش مهمی در برنامه غذایی ایفا می‌کنند (خواجه پور، ۱۳۸۵)؛ بنابراین، لزوم برنامه‌ریزی منسجم درازمدت با هدف نیل به خودکفایی در تولید روغن‌های خوراکی با کیفیت نظیر کلزا که درصد اسیدهای چرب اشباع کمتری نسبت به سایر روغن‌های خوراکی دارند، غیرقابل انکار است (ملکوتی و سپهر، ۱۳۸٤)؛ بنابراین گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح است (فائو، ۲۰۱۱). آب نقش حیاتی در رشد و توسعه کلزا دارد. اثرات زیان‌بار تنش کمبود آب در طول مراحل زایشی خیلی بیشتر از مراحل رویشی است و باعث کاهش عملکرد می‌گردد (دین و همکاران، ۲۰۱۱). در بسیاری از مناطق کشور، طی بحرانی‌ترین مراحل رشد یعنی گلدهی، خورجین‌دهی و پر شدن دانه ممکن است هیچ گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد. از طرفی چون این مراحل با شرایط آب و هوایی گرم اواخر بهار و اوایل تابستان مواجه می‌شوند و نیاز آبی سایر محصولات نیز بالا است، امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن چندین آبیاری در طی حساس‌ترین مراحل رشد وجود دارد (سیانکی و همکاران، ۲۰۰۷)؛ بنابراین، کمبود رطوبت قابل دسترس در خاک به خصوص در انتهای دوره رشد می‌تواند توسعه سطح زیر کشت و تولید موفقیت آمیز کلزا را در کشور با مشکل مواجه سازد (شکاری، ۱۳۸۰). شیرانی راد و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب باعث کاهش ۳۸ و ۱٤ درصدی عملکرد کلزا می‌گردد.

از طرف دیگر، فسفر نقش مهمی در بهبود کیفیت و کمیت کلزا دارد. کلزا در انواع خاک‌ها به خوبی رشد می‌کند و از آنجا که اغلب خاک‌های کشور دارای حالت قلیایی می‌باشند لذا شرایط برای رسوب کردن فسفر خاک فراهم است. کمبود غلظت فسفات‌های قابل جذب به ویژه در خاک‌های قلیایی باعث شده است که از سال‌ها پیش تاکنون برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر را به صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه کنند (ناتیال، ۲۰۰٦). فسفر جزو عناصر کم تحرک در خاک است و می‌تواند به سرعت روی ذرات خاک تثبیت شود که این به معنی نیاز برای روش‌های مناسب کاربرد فسفر در خاک است که مطمئن شویم در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (سیلسپور و بانیانی، ۱۳۸۹؛ ملکوتی و سپهر، ۱۳۸٤).

کل فسفر مورد نیاز کلزا بسته به پتانسیل عملکرد منطقه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متفاوت است (ملکوتی و سپهر، ۱۳۸٤). کمبود شدید فسفر باعث توقف رشد رویشی و تشکیل اندام‌های زایشی کلزا می‌شود و در کمبودهای با شدت کمتر رشد گیاه، ارتفاع گیاه، شاخه بندی، تعداد خورجین‌ها، اندازه دانه کاهش می‌یابد (ساندهو و همکاران ۲۰۰٦). ماجومدار و ساندهو (۲۰۰۵) گزارش کردند کود فسفره تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه را به مقدار کمی افزایش داده، ولی نتیجه آن‌ها تأثیری در افزایش عملکرد نداشت. دو روش کاربرد کود فسفر، روش نواری و دستپاش است. تیسدال و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند قرار دادن صحیح فسفر به صورت نواری در افزایش کارایی بازیافت فسفر از سبز شدن تا رسیدگی گیاه و جلوگیری از آسیب بذر و گیاهچه مهم می‌باشد.

با توجه به بحران خشک‌سالی در استان فارس و به ویژه در منطقه داراب و لزوم توجه به مصرف بهینه آب و کود در دستیابی به کشاورزی پایدار و ثبات تولید، ضروری است که با مدیریت صحیح آب و کاربرد کود فسفر، این مشکلات را برطرف نمائیم. در راستای مدیریت صحیح آب توجه به انتخاب ارقام مناسب و میزان تقاضای آب در مراحل مختلف رشد بسیار مهم می‌باشد و در رابطه با مدیریت کاربرد کود فسفر باید به دنبال یافتن راهی بود که بتوان با اقتصادی‌ترین روش ممکن، نیاز گیاه به فسفر را به میزان لازم و در زمان مناسب رفع نمود؛ بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر روش‌های کاربرد کود فسفر بر عملکرد، انتقال مجدد مواد پرورده و کارایی بازیافت فسفر در شرایط تنش آبی در گیاه کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر روش‌های کاربرد کود فسفر بر اجزای عملکرد، عملکرد و کارایی بازیافت فسفر دو رقم کلزا در شرایط تنش آبی، آزمایشی مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ٤٥ دقیقه در سال زراعی ۹۳ – ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. بر اساس میانگین داده‌های سی‌ساله هواشناسی داراب، متوسط بارندگی سالانه

منطقه ۲۷۰ میلی‌متر است. بافت خاک مزرعه آزمایشی، لومی با ۰/۰۴۸٪ کربن آلی، اسیدیته ۷/۵۴ و هدایت الکتریکی ۲/۶۵ دسی-زیمنس بر متر بود که نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. سطوح مختلف رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری رایج، قطع آبیاری از اواسط مرحله گلدهی و اواسط غلاف رفتن در کرت‌های اصلی، روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر شامل سطوح بدون فسفر، دستپاش و نواری در کرت‌های فرعی و دو رقم کلزا به نام‌های ساری‌گل و آر جی اس در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. بذر دو رقم کلزا از مرکز تحقیقات کشاورزی داراب (حسن آباد) تهیه گردید.

هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۳ متر، با فاصله ۶۰ سانتیمتری بود. برای جلوگیری از اثر حاشیه، بین کرت‌های اصلی سه ردیف نکاشت، بین کرت‌های فرعی دو ردیف نکاشت و بین کرت‌های فرعی فرعی، یک ردیف به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین تکرارها ۲ متر بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، **میزان** فسفر قابل جذب در عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری خاک به ترتیب ۱۵ و ۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود (جدول ۱). بر همین اساس، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل استفاده شد. در روش دستپاش، قبل از کاشت، کود فسفر به صورت یکنواخت در تمام کرت پخش شد و در روش نواری، نوار کود فسفر در عمق ۳ سانتی‌متری از خاک و بذرهای کلزا در عمق ۲ سانتی‌متری از خاک قرار گرفتند. همچنین میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو مرحله ۴ برگی و اوایل ساقه دهی جهت تکمیل مراحل رشد و نمو گیاه به خاک اضافه شد.

کاشت در تاریخ ۶ آذرماه ۱۳۹۲ انجام گرفت. در تیمار آبیاری رایج، پس از قطع بارندگی‌ها در بهار، هر ۱۰ روز یک‌بار تا انتهای فصل رشد کرت‌ها آبیاری شدند و در تیمارهای قطع آبیاری هر ۱۰ روز یک بار تا اواسط مراحل گلدهی و غلاف رفتن آبیاری انجام و سپس تا پایان فصل رشد آبیاری قطع شد. لازم به ذکر است که در زمان اعمال تیمارهای تنش آبی، بارندگی صورت نگرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی قبل از اعمال تیمارها.

خصوصیات خاک عمق نمونه‌برداری (cm)	۰ تا ۱۵	۱۵ تا ۳۰
هدایت الکتریکی (dS / m)	۲/۶۴۶	۱/۵۹۶
اسیدیته (pH)	۷/۵۴	۷/۶۴
درصد اشباع (S.P)%	۸۸/۸	۸۸/۸
درصد کربن آلی (O.C) %	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸
فسفر قابل جذب ((mg / kg	۱۵	۱۱
پتاسیم قابل جذب ((mg / kg	۵۹۰	۵۹۰
آهن (mg / kg)	۴/۱۱۶	۷/۳۰۴
منگنز (mg / kg)	۴/۸۷	۱/۹۱۶
مس (mg / kg)	۱/۶۹۲	۱/۶۳
روی (mg / kg)	۱/۴۸۴	۱/۷۰۴
نیتروژن (٪)	۰/۱۶	۰/۱۶
شن (%)	۴۱/۰۸	۴۱/۰۸
رس (%)	۱۸/۷۶	۱۸/۷۶
سیلت (%)	۴۰/۱۶	۴۰/۱۶
کلاس بافت خاک	لومی	لومی

میزان آب مورد نیاز برای هر کرت بر اساس ظرفیت زراعی خاک مزرعه (۱٤/۵٪ وزنی) و با استفاده از روش گریم و همکاران (۱۹۸۷) بدست آمد. در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت ۲ مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه درآمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شد و روی آن با پلاستیک پوشانده شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، در فواصل زمانی هر ٦ ساعت یک‌بار از عمق ۰ تا ۱ متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. این عمل آن‌قدر ادامه داده شد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری پشت سر هم تقریباً با هم برابر شدند که این مقدار رطوبت بر اساس فرمول زیر برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می‌باشد. مقدارrطوبت در ظرفیت زراعی=

[وزن خاک خشک/(وزن خاک خشک –وزن خاک تر)] ×۱۰۰

نیازآبی کلزا به صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (فائو ۲۰۱۱). مراحل محاسبه نیاز آبی بطور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد:

۱ - تبخیر -تعرق گیاه (ETc) در مراحل مختلف رشد کلزا با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$ET_c = K_c . ET_0$$

ET_c: تبخیر-تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_0 :تبخیر - تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) وK_c: ضریب گیاهی است. تبخیر -تعرق گیاه مرجع ET_0 با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب بدست آمد.

۲- میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$IR = ETc\ (Ea \times LR)$$

IR:میزان آب آبیاری،Ea: راندمان مصرف آب، LR:میزان آبشویی.

به طور کلی تیمار آبیاری رایج ۱۰ دور، تنش خشکی از اواسط گلدهی ٦ دور و تنش خشکی از اواسط غلاف رفتن ۸ دور آبیاری شدند. در هر دور آبیاری، به طور متوسط ۲۲۲ مترمکعب در هکتار آب استفاده شد. در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد (آبیاری رایج) ۲۲۲۰ مترمکعب در هکتار، تنش از اواسط گلدهی ۱۳۳۰ مترمکعب در هکتار و تنش از اواسط غلاف رفتن ۱۷۷٦ مترمکعب در هکتار بود.

میزان انتقال مجدد ماده خشک برای کلزا به روش فلونگ و سیدیکو (۱۹۹۱) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$DMR = DMa - DMm$$

DMa: میزان ماده خشک بوته در مرحله ۵۰٪ گلدهی (گرم در مترمربع)

DMm: میزان ماده خشک بوته به جزء دانه در مرحله رسیدگی (گرم در مترمربع)

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

با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های موجود در مساحت ۱ مترمربع از هر کرت به طور جداگانه کف بر شدند. سپس نمونه‌ها در آون به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از خشک شدن بوته‌ها عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و پس از توزین بر اساس وزن آن‌ها وزن هزار دانه مشخص شد. همچنین ۲۰ گرم دانه از هر کرت تهیه شد و پس از عصاره گیری از نمونه‌ها و دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل شیمادزو اس ۵۱۰، ساخت ژاپن) کل فسفر جذب شده توسط دانه و کارایی بازیافت فسفر با استفاده از فرمول های زیر محاسبه شد (فاجریا و همکاران، ۱۹۹۸).

کل فسفر جذب شده دانه (کیلوگرم در هکتار) =

[عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) × درصد فسفر در دانه] /۱۰۰

$$\text{کارآیی بازیافت فسفر (٪)} = \frac{\text{کل فسفر جذب شده در پلات کود داده شده (Kg/ha)} - \text{کل فسفر جذب شده در پلات شاهد (Kg/ha)}}{\text{مقدار فسفر به کار برده شده (Kg/ha)}} \times 100$$

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATCتجزیه واریانس شدند و میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه

شدند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel 2010 استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر رژیم آبیاری و شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر اجزای عملکرد و عملکرد ارقام کلزا

تعداد خورجین در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها اثر اصلی تیمار رژیم آبیاری بر تعداد خورجین در بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری، نشان داد که تعداد خورجین در بوته از ٦١٧/٧٧ عدد در شرایط آبیاری رایج به ٤٦٦/٦٢ در قطع آبیاری از اواسط گلدهی و ٤٧١/٣٢ در قطع آبیاری از اواسط غلاف رفتن رسید (جدول ۳). یکی از عوامل مهم در ریزش خورجین‌ها پس از تشکیل شدن، عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی جهت اختصاص به خورجین‌های تولید شده است (احمدی و جاوید فر، ۱۳۸۷). همچنین سایرتز و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که دیواره خورجین در حال رشد با دانه‌های در حال توسعه، برای جذب مواد فتوسنتزی به شدت رقابت می‌کنند که در زمان افزایش تنش‌های محیطی مانند خشکی، این رقابت بیشتر شده و منجر به کاهش عملکرد دانه‌ی کلزا از طریق ریزش خورجین‌ها می‌گردد. در پژوهش حاضر قطع آبیاری از اواسط گلدهی و غلاف رفتن به ترتیب باعث کاهش ٢٤/٤ و ٢٣/٦ درصدی در تعداد خورجین در بوته شد (جدول ۳) که بطور میانگین تقریباً با نتایج تریبوی بلوندل و رینارد (۲۰۰۰) مطابقت دارد به صورتیکه آن‌ها مشاهده کردند که تعداد خورجین در بوته در شرایط کم آبیاری در آخر فصل بین ۲۰ تا ۲۸٪ کاهش می‌یابد.

تعداد دانه در خورجین

تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر رژیم آبیاری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌داری شد (جدول ۲). قطع آبیاری از اواسط گلدهی با ٢٢/٢٥ دانه در خورجین و از اواسط غلاف رفتن با ٢٢/٩٤ تفاوت معنی‌داری با آبیاری رایج (٢٥/٣١ دانه در خورجین) داشت (جدول ۳). تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مقصد بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که منجر به افزایش عملکرد می‌شود (مندهام و همکاران، ۲۰۰٤). از طرفی دیگر تنش خشکی از طریق ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی لازم بدلیل کاهش فتوسنتز کل گیاه و افزایش رقابت برای جذب مواد پرورده برای پر کردن دانه‌ها، تعداد دانه در خورجین را تحت تأثیر قرار می‌دهد (سایرتز و همکاران (۲۰۰۷).

در این آزمایش اثر رقم بر تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در خورجین به رقم آر جی اس با میانگین ٢٤/٢٧ عدد و کمترین به رقم ساری‌گل با میانگین ٢٢/٧٢ عدد تعلق داشت. روش‌های کاربرد فسفر تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در خورجین نداشت (جدول ۲). مشابه با نتایج حاضر، در پژوهشی در هند، ماجومدار و ساندهو (۲۰۰۵) بیان کردند روش کاربرد کود شیمیایی فسفر تعداد دانه در خورجین را به مقدار کمی افزایش داده ولی تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد نداشت.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است (جدول ۲). قطع آبیاری سبب کاهش وزن هزار دانه از ۳/٤۲ گرم در شرایط آبیاری مطلوب به ۲/۵۹ گرم در قطع آبیاری از اواسط گلدهی (کاهش ٢٤٪) و ۲/٦۵ گرم در شرایط قطع آبیاری از اواسط غلاف رفتن (کاهش ٢٢٪) شده است (جدول ۳). رابرتسون و هولاند (۲۰۰۸) بیان نمودند قطع آبیاری در اواخر فصل رشد و شروع پر شدن دانه کلزا در استرالیا باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌شود. همچنین سیانکی و همکاران (۲۰۰۷) کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش خشکی را به افزایش رقابت برای جذب مواد پروده در خورجین های مختلف و کاهش میزان انتقال مواد پرورده از مبدأ به مقصد نسبت دادند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه دو رقم کلزا در تیمارهای مختلف آبیاری و روش‌های مختلف کاربرد کود شیمیایی فسفر

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	انتقال مجدد	جذب فسفر	کارایی بازیافت فسفر
بلوک	۲	۱۱۲۶۵٤/۹۵۲**	۷/۳۷۰^{NS}	۰/۰۱٦^{NS}	٤۱۷/٤٦^{NS}	٥٦۰۱۸٥/۱۸^{NS}	٦۱٥۲٥۸٥/۹۳^{NS}	۱٥٤۲/۳٦۳^{NS}	۰/۰۰۳^{NS}	۲/۷۳٤^{NS}
رژیم آبیاری	۲	۱۳۹٤۰/۲٥۱**	٤٦/٤۱۹*	۳/۸٥٥*	۱٦۲/۹۰۷^{NS}	۳٥٦۸٤۹٦۲۹/٦۳۰**	٤۷۲۲۲۱۳٦/۲۰۷**	۱۲۷۷۰٦/۲٤**	۱۱٦/٥۹*	۱/٥٤
خطای کرت اصلی	٤	٥۸۸٤/۷٥۰	٤/۷٤۷	۰/۲٥٥	۱۱٤/۸۸۰	٥٦۰۱۸٥/۱۸٥	۱۱۳۸٥٦۳/٦٦۳	۳۰٥۹/٥۳	۸/٤٤	۲/٦٤
شیوه‌های کاربرد فسفر	۲	۷٦٥۱٤/۹۰٥^{NS}	۲/۰٤۱^{NS}	۰/۲٦٦^{NS}	۲۰۸٤/٥۷**	۳۲۸۰۰۹٦۲۹/٦۳۰**	٦۷۰۲۲۰۹/٤٦۸^{NS}	٥۹۸٦/۸٦^{NS}	۱۱/۸٥^{NS}	۹/٥٥**
رژیم آبیاری × شیوه‌های کاربرد فسفر	٤	۱٤۱۷۳/۹٦۱^{NS}	٤/۸٤۸^{NS}	۰/۰۲۹^{NS}	۱۸۰/٤۰۷^{NS}	٤۳٤۳٦۲۹٦/۲۹٦**	۲٤٦۳۱۲٥/۰٥۹^{NS}	۲۹۹٦٥/۰٤*	۱۱/۲۷^{NS}	۰/٤۱^{NS}
خطای کرت فرعی	۱۲	٦۱٦۱۲/۷۹٥	۹/٥٦٦	۰/۱۱۳	۹۱/۳۲٤	٥٦۰۱۸٥/۱۸٥	٤۳٤۸۳۰۸/٤٥٦	٥۰۰۱/۳٦	۸/٦۹	۱/۱۳
رقم	۱	۱٦۲۱۸/۸۰۳^{NS}	۳۲/٤۳٤**	۱/۱۰۹*	۷۷۸/۲٤۱**	۲۲۹٤٥۱۸٥/۱۸٥**	۱٤۹۲۰۰۳۹/۷۷٦**	٥۷۱/٥۹**	۱۲/۰٤^{NS}	۱/۲٦^{NS}
آبیاری × رقم	۲	۳۳۱٥۷/۰۸٤^{NS}	۱/۷۸٦^{NS}	۰/۰۸۳^{NS}	۲۸/۲٤۱^{NS}	۲۹۳۹۱۸٥۱/۸٥۲**	۳۸۷۱٤۳۲/۳۸۸^{NS}	۱۷۷۱۱/۸٥*	۲۱/۲۹^{NS}	۱/٦٥^{NS}
فسفر × رقم	۲	٥٦۷۸٥/۱۰٤^{NS}	۲/۳٥٥^{NS}	۰/۱٥۷^{NS}	۲٥۱/٦۸٥^{NS}	۱٦٥٤٥۱۸٥/۱۸٥**	٤۰۱۳۹۸٥/۹۰۱^{NS}	٤۱۱٤٥/٥۳^{NS}	۰/۲٤^{NS}	۰/۳۳^{NS}
رژیم آبیاری × فسفر × رقم	٤	٥٤٦۰٥/٤٥٦^{NS}	۱/۳۹٤^{NS}	۰/۱۰۱^{NS}	۳۷۲/۰۱۹**	۷٥۱٥۱۸٥/۸٥۲**	٤۸۹۸۲۸٥/٤٤۰*	٤۳٥٥/۸٤^{NS}	۹/۷۱^{NS}	۱/۲٥^{NS}
خطای کرت فرعی فرعی	۱۸	۲۹٦٥۸/٦۳۲	۱/۰۲٥	۰/۲۲۱	۲۸/۰۱۹	۱۸٥٥٦۰/۱۸٥	۱٥۳۱۱۸٤/٤٦٦	۲۸٥۷/٤۲	٤/٦٤	۰/٦۳
ضریب تغییرات (٪)		۳۳/۲۱	٤/۳۱	۱٦/۲۸	۱٥/۸۲	٤/۳۸	۲۳/۷٥	۱۷/۲۸	۱٥/۸٤	۱٦/٥۷

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ٣- مقایسه میانگین صفات گیاهی دو رقم کلزا در تیمارهای مختلف آبیاری و شیوه‌های مختلف کاربرد کود شیمیایی فسفر.

تیمارها	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (گرم)	انتقال مجدد (گرم در مترمربع)	جذب فسفر (کیلوگرم در هکتار)	کارایی بازیافت فسفر (٪)
آبیاری						
آبیاری رایج	٦١٧/٧٧a	٢٥/٣١ a	٣/٤٢ a	٢١٣/٢٢ b	١١/٠٢a	٠/٥٩a
قطع آبیاری از اواسط گلدهی	٤٦٦/٦٢b	٢٢/٢٥ b	٢/٥٩ b	٣٤٥/٢٠ a	٥/٩٥ c	١/١٥ a
قطع آبیاری از اواسط غلاف رفتن	٤٧١/٣٢ b	٢٢/٩٤ b	٢/٦٥ b	٣٦٩/٨٧ a	٨/٠٨b	٠/٧٣a
شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر						
بدون فسفر	٤٨٤/١١a	٢٣/٨٦a	٢/٧٦ a	٣١٦/٦٠ a	٧/٠٦ a	٠/٠٠c
روش دستپاش	٥٩٣/٧٧a	٢٣/٢٠a	٣/٠٠١a	٢٨٨/٧٠ a	٨/٠a	١/٠٩b
روش نواری	٤٧٧/٨٣a	٢٣/٤٢a	٢/٩٠a	٣٢٢/٩٩ a	٨/٠١a	١/٣٨a
رقم						
ساری گل	٥٣٥/٩a	٢٢/٧٢b	٢/٧٤ b	٣٠٦/١٨ b	٧/٠٦a	٠/٩٨a
آرجی اس	٥٠١/٢٤a	٢٤/٢٧a	٣/٠٣ a	٣١٢/٦٨ a	٨/٠٤a	٠/٨٧ a

-در هر ستون میانگین‌های هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در مقایسه میانگین اثر رقم، بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب به رقم آر جی اس با میانگین ٣/٠٣ گرم و رقم ساری‌گل با میانگین ٢/٧٤ گرم تعلق داشت (جدول ٣). گزارش شده است که اندازه نهایی دانه به میزان زیادی در بین ژنوتیپ‌ها و نیز تحت شرایط محیطی مختلف متغییر است (عزیزی و همکاران، ١٣٧٨). اگر چه تأثیر شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر وزن هزار دانه از نظر آماری معنی‌دار نشده است، اما مقایسه میانگین‌ها افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد کود فسفر را نشان می‌دهد (جدول ٣).

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای آبیاری، شیوه‌های کاربرد فسفر و رقم به تنهایی و برهمکنش هر سه عامل بر عملکرد بیولوژیک در سطح ١٪ معنی‌دار بود (جدول ١). در قطع آبیاری از اواسط گلدهی، مصرف نواری کود شیمیایی فسفر در رقم آر جی آس دارای بیشترین عملکرد بیوژیک (١٢٤٣٥ کیلوگرم در هکتار) بود و اختلاف معنی‌داری با این تیمار در قطع آبیاری در اواسط غلاف رفتن داشت (شکل ١). از طرف دیگر، قطع آبیاری از گلدهی در شرایط مصرف دستپاش کود شیمیایی فسفر، رقم آرجی اس کمترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. جنسن و همکاران (٢٠٠٦) در بررسی اثر تنش خشکی بر کلزا اظهار داشتند که کمبود آب در مرحله گلدهی، با تحت تأثیر قرار دادن تعداد خورجین در بوته و همچنین تعداد دانه در خورجین و اندازه دانه، عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار آبیاری، کاهش داد. همچنین سانهوو همکاران (٢٠٠٦) بیان کردند کاهش ارتفاع و سطح برگ گیاه و بدنبال آن کاهش سرعت رشد گیاهی در ارقام کلزا نقش مهمی در کاهش عملکرد بیولوژیک دارد. هنگامی که فسفر به صورت دستپاش روی سطح خاک مخلوط می‌شود، نتیجه آن تبدیل شکل محلول به نامحلول است و کارایی مصرف آن کاهش می‌یابد و از آن جایی که فسفر نقش بسیار مهمی را در تولید عملکرد بهینه ایفا می‌کند تبدیل شکل محلول به نامحلول سبب کاهش عملکرد می‌شود (پلرین و همکاران، ٢٠٠٠؛ شاه و همکاران، ٢٠٠٦).

شکل ۱- برهم‌کنش تیمارهای آبیاری، روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر و رقم بر عملکرد بیولوژیک کلزا. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

عملکرد دانه

تأثیر تیمار آبیاری و رقم به تنهایی در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش رژیم آبیاری، شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر و رقم در سطح احتمال ۵٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۱). در هر دو رقم، مصرف نواری کود شیمیایی فسفر در آبیاری رایج دارای بیشترین عملکرد در واحد سطح بود، در حالی که در قطع آبیاری از اواسط گلدهی در شرایط مصرف دستپاش کود شیمیایی فسفر، رقم ساری گل با ۳۷۳۰ کیلوگرم در هکتار دارای عملکرد دانه کمتری نسبت به مصرف نواری فسفر بود (شکل ۲). به طور کلی قطع آبیاری از اواسط گلدهی و اواسط غلاف رفتن به ترتیب باعث کاهش ٤٦ و ۳۰ درصدی عملکرد نسبت به آبیاری مطلوب شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که مصرف آب کافی طی مراحل مختلف نمو با اثر مثبت بر اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها) منجر به بهبود عملکرد کلزا می‌شود. دادیور و خودشناس (۲۰۰۷) کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را متأثر از کاهش اجزای عملکرد دانسته‌اند. کمبود آب می‌تواند اثر سویی بر عملکرد کلزا بگذارد که این اثر به ژنوتیپ نیز وابسته است. اثر رقم بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ در این پژوهش معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه به رقم آرجی اس با میانگین ۵۷۳٦/۷۸ و کمترین عملکرد دانه به رقم ساری‌گل با میانگین ٤٦۸۵/۵ کیلوگرم در هکتار تعلق دارد. خوش نظر و همکاران (۲۰۰۰) بین ارقام مختلف کلزا تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده کردند. طبق جدول تجزیه واریانس اثر شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). مشابه با نتایج این پژوهش، مک لارن و کامرون (۲۰۰٦) نشان دادند که اثر روش‌های مصرف فسفر بر عملکرد دانه کلزا معنی‌دار نیست.

تأثیر رژیم آبیاری و شیوه‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر انتقال مجدد مواد پرورده

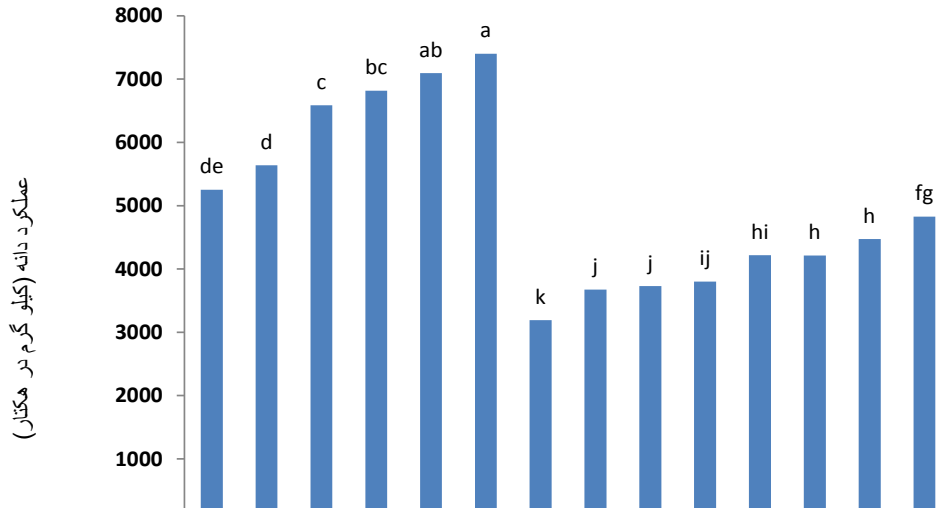
انتقال مجدد فرآیندی است که در صورت مواجه گیاه با تنش خشکی از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری می‌کند. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر رژیم آبیاری و رقم بر انتقال مجدد مواد پرورده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. همچنین برهمکنش آبیاری در روش‌های کاربرد فسفر و آبیاری در رقم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). کمترین انتقال مجدد در

شرایط آبیاری رایج با میانگین ۲۱۳/۲۲ گرم در مترمربع و بیشترین آن به طور مشترک در دو تیمار تنش از اواسط گلدهی و غلاف رفتن به ترتیب با میانگین ۳٤٥/۲ و ۳٦۹/۸۷ گرم در مترمربع مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با آبیاری رایج داشتند (جدول ۳). قطع آبیاری در انتهای فصل رشد، باعث کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش فتوسنتز می‌گردد، بنابراین نیاز مقصدی برای پر کردن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می‌شود. اگرچه انتقال مجدد مواد فتوسنتزی یک جزء مهم عملکرد محسوب می‌شود، اما فتوسنتز که در طول پر شدن دانه‌ها انجام می‌گیرد معمولاً مهم‌ترین منبع تشکیل دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می-باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۲۰۰۰). پلات و همکاران (۲۰۰٤) عنوان نمودند که در شرایط تنش خشکی، استفاده از ذخایر اندام‌های رویشی برای پر شدن دانه‌ها، یک ساز و کار مؤثر در کاهش خسارت ناشی از تنش و افزایش عملکرد دانه ارقام کلزا می‌باشد، به طوری که در شرایط تنش شدید نقش و سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده غیرساختاری در برگ و ساقه که در اثر تحریک تنش به قندهای قابل حل و انتقال تبدیل شده‌اند، جهت جبران کاهش فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه‌ها به شدت افزایش می‌یابد (بلوم، ۲۰۰۵). در بین دو رقم کلزا، رقم آر جی اس با ۳۱۲/٦۸ گرم در مترمربع انتقال مجدد بیشتری نسبت به رقم ساری گل داشت (جدول ۳). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، رابرتسون و هولاند (۲۰۰۸) نیز میزان انتقال مجدد مواد پرورده را با نوع ژنوتیپ کلزا و محیط مرتبط دانسته‌اند.

تأثیر رژیم‌های آبیاری و روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر میزان جذب فسفر توسط دانه و کارایی بازیافت فسفر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر مقدار جذب فسفر دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری نشان داد که بیشترین مقدار جذب فسفر به تیمارهای آبیاری رایج با میانگین ۱۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن به تیمار قطع آبیاری از اواسط گلدهی با میانگین ۵/۹۵ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۲). در شرایط کمبود آب، جذب مواد غذایی توسط گیاه معمولاً به علت کاهش قابل توجه میزان انتقال، اختلال در انتقال فعال، نفوذپذیری غشا و در نتیجه کاهش قدرت جذب ریشه افت می‌یابد (لویت، ۱۹۹۰). با مصرف فسفر، جذب فسفر توسط کلزا بیشتر شده است هر چند که تفاوت معنی‌داری بین روش‌های مختلف کاربرد کود شیمیایی فسفر مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر بر کارایی بازیافت فسفر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). متوسط کارایی بازیافت فسفر در روش دستپاش ۱/۰۹٪ و روش نواری ۱/۳۸٪ بود (جدول ٤). نتایج نشان می‌دهد که روش نواری دارای بیشترین کارایی بازیافت فسفر بوده است که تفاوت معنی‌داری با روش دستپاش داشته است (جدول ۲). روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر در افزایش کارایی بازیافت فسفر مهم هستند زیرا روش‌های مختلف کاربرد فسفر کارایی مصرف متفاوتی دارند (شاه و همکاران، ۲۰۰٦). رحیم و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کارایی بازیافت فسفر در روش نواری بهتر از روش دستپاش است. بیشتر بودن کارایی بازیافت فسفر در روش نواری نسبت به روش دستپاش به این دلیل است که دستپاش کردن کود شیمیایی فسفر و مخلوط کردن آن با خاک سبب افزایش سطح تماس فسفر با خاک شده و احتمال تثبیت فسفر را افزایش می‌دهد، ولی روش نواری تماس بین کود فسفر و خاک را کاهش می‌دهد، بنابراین تثبیت فسفر در خاک کاهش می‌یابد.



شکل ۲- برهم‌کنش تیمارهای آبیاری، روش‌های کاربرد کود شیمیایی فسفر و رقم بر عملکرد دانه کلزا. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، عملکرد دانه با افزایش مقدار آب یعنی از قطع آبیاری از اواسط گلدهی به اواسط غلاف رفتن و در نهایت به شرایط بدون تنش (آبیاری رایج)، افزایش یافته است. در مناطقی که خطر خشکی در انتهای فصل رشد وجود دارد، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و سازگار به منطقه که دارای پتانسیل عملکرد بالا هستند قابل توصیه است. در این راستا رقم آر جی اس نسبت به رقم ساری گل، در شرایط قطع آبیاری از اواسط گلدهی و غلاف رفتن، رقم برتر بوده که می‌توان آن را به انتقال مجدد بهتر مواد پرورده در شرایط کم آبیاری در مقایسه با آبیاری رایج نسبت داد. در نهایت، با توجه به برهمکنش موجود بین رژیم آبیاری، رقم و روش مصرف کود شیمیایی فسفر در رابطه با عملکرد دانه و از طرفی به دلیل تثبیت سریع فسفر در خاک‌ها به ویژه در خاک‌های سنگین و آهکی، کاربرد نواری کود شیمیایی فسفر در ارقام آر جی اس و ساری گل در شرایط تنش آبی آخر فصل قابل توصیه می‌باشد.

منابع

احمدی، م. ر. و ف. جاویدفر.۱۳۸۷. تغذیه گیاه روغنی کلزا. انتشارات کمیته دانه‌های روغنی. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی. ۱۰۷ صفحه.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰. تولیدنباتات صنعتی. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۲۳ صفحه.

سیلسپور، م. و ع. بانیانی. ۱۳۸۹. امکان سنجی استفاده از کود میکروبی فسفاته در زراعت کلزا با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ٤٦٩.

شکاری، ف. ۱۳۸۰. بررسی تنش خشکی بر روی فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رسالهٔ دکتری رشتهٔ زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۸۰ صفحه.

شیرانی راد، ا. ح.، م. نعیم پوش و ح. نصراصفهانی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پائیزه کلزا. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۲، شماره ۲: ۱۳۲-۱۲۱.

عزیزی، م.، ا. سلطانی و س. خاوری خراسانی. ۱۳۷۸. کلزا. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ صفحه.

کوچکی، ع. و غ. سرمد نیا. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ٤٦٧ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و ا. .سپهر.۱۳۸٤ .تغذیه بهینه دانه‌های روغنی. انتشارات خانیران. ٤٥٢ صفحه.

Dadivar, M. and M. A. Khodshenas. 2007. Evaluation of water stress effect on canola (*Brassica napus* L.). J. Agr. Sci. 12: 845-853.

Din, J., S. U. Khan, I. Ali and A. R. Gurmani. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. J. Animal Plant Sci.21: 78- 82.

Fageria, N. K., O. P. Morais, V. C. Baligar and R. J. Wright. 1998. Response of rice cultivars to phosphorus supply on anoxisoil. Fert. Res. 16:195-206.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2011. Crop production statistics, http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm.

Grimes D. W., H. Yamada and S. W. Hughes. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. Agr. Water Man. 12:293–304.

Halvin, J. l., J. D. Beaton, S. L. Tisdae and W. L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizer. An introduction to nutrient management, 6th Edi.. Hall, Upper Saddle River, London, UK. 225p.

Jensen, C. R., V. O. Mogensen, G. Mortensen, M. N. Andersen, J. K. Schjoerring, J. H. Thage and J**.** Koribidis. 2006. Leaf photosynthesis and drought adaptation in field grown of oil seed rape (*Brassica napus*L.). Aus. J. Plant Phys. 23: 631-644.

Levitt, J. 1990. Response of plants to environmental stresses*:* water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New Yourk. 511 p.

Majumdar, D.K. and A.S. Sandhu. 2005. Effect of time of sowing and fertilizer on the

growth, development, quality characteristics and chemical composition of rapeseed (*Brassica campestris*). Ferti. 39:27-36.Mc Laren, R.G. and K. C. Cameron. 2006. Soil, plant and phosphorus fertilizer in oil seed rape. (Chapter15). In Soil Science: sustainable production and environmental protection. Oxford University Press. 353pp.

Mendham, N. J., J. Russell and G. C. Buzza. 2004. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rap *(Brassica napus* L.*).* J. Agric.Sci. Camb. 123:303-316.

Nautiyal N. J. 2006. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from Alkaline soil. Microb. Lett. 182:292-296.

Pellerin, S., A. Mollier and D. Plenet. 2000. Phosphorus deficiency affects the rate of emergence and number of maize adventitious nodal roots. Agron. J. 92:690- 697.

Pheloung, P. and K. Siddique. 1991. Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. Func. Plant Biol. 18:53–64.

Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal and C. W. Wrigley. 2004. Transport of dry matter into developingwheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Res. 86: 185-198.

Rahim, A., A. M. Ranjha, B. Rahamtullah and E. A. Waraich. 2010. Effect of phosphorus application and irrigation scheduling on wheat yield andphosphorus use efficiency. Soil Environ. 29: 15□22.

Robertson, M. J. and J.F. Holland. 2008. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. Aus. J. Agric. Res. 59: 525-538.

Sandhu, K.S., N.S. Dhesi and U.S. Kang. 2006. Pod and seed characters of rapeseed (*Brassica napus*) as influenced by N, P, K and spacing treatments. Ferti. 40:154-166.

Shah, S. K. H., M. Aslam, P. Khan, M.Y. Memon, M. Imtiaz, S. Siddiqui and B. Nizamuddin, 2006. Effect of different methods and rates of phosphorus application in rapeseed. Soil Environ. 25: 55□58.

Sianaki, J, M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G.H. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Amer.Eura. J. Agri.Enviro.Sci. 2: 417-422.

Sierts, H. P., G. Geisler, J. Leonard and W. Diepenbrock**.** 2007. Stability of yield components from winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sci. 158:107-113.

Thurling, N. 1994**.** Morphological determinates of yield in rape seed (*Brassica compestris* and *napus*) under water shortage. I. Growth and morphological characters**.** Aus. J. Agric. Res. 25:697-710.

Tisdale, S. L., W. L. Nelson and J. D. Beaton. 2007. Soil fertility and fertilizer. Mc Millan Publishing Company, New York. 603 pp.

Triboi-Blondel, A. M. and M. Renard. 1999. Effect of temperature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil (*Brassica napus* L.). Proceeding of the 10th International Repeseed Congress. Australia. pp: 21-23.

Effect of irrigation regime and chemical phosphorus application methods on phosphorus recovery efficiency and grain yield of two rapeseed cultivars

R. Baladi[1], E. Bijanzadeh[2], R. Naderi[2]

Received: 2015-06-30 Accepted: 2015-09-08

Abstract

To investigate the effects of water deficit and chemical phosphorus (P) application methods on yield and phosphorus recovery efficiency of two rapeseed cultivars, a field experiment was conducted at Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2013-2014. The experimental design was a split split-plot based on randomized complete block design with three replications. Treatments including irrigation regimes (common irrigation, cutting off irrigation at mid-flowering and mid-silique formation stages), P application methods (without P, broadcast and band) and rapeseed cultivars (Sarigol and RGS) were assigned in main plots, sub plots and sub sub plots, respectively. Results showed that cutting of irrigation at common irrigation with 25.31 seed numbers per silique had significant differences with mid-flowering with 22.25 seed numbers per silique and cutting of irrigation at mid-silique formation with 22.94 seed numbers per silique. In cutting of irrigation at mid-flowering and band application of P, RGS had the highest biological yield (12435 hg/ha). Common irrigation had the highest (11.02 kg/ha) and cutting of irrigation at mid-flowering had the lowest (5.95 kg/ha) P absorption amount. Overall, P recovery efficiency in broadcast and band application methods of P was 1.09% and 1.38%, respectively. RGS cultivar compared to Sarigol had maximum grain yield under cutting of irrigation at mid-flowering (3830 kg/ha) and mid-silique formation conditions (5428 kg/ha). RGS had the highest rate of assimilate remobilization under cutting off irrigation at mid-flowering and band application of P and it can prevent a further reduction in grain yield when exposed to late season water shortage.

Key words: Assimilate remobilization, biological yield, cutting of irrigation, phosphorus recovery efficiency

1- Graduate Student of Agroecology Department, Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran
2- Assisstant Professor of Agroecology Department, Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University Darab, Iran