اثر آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا پاییزه رقم روهان (خرم‌آباد)

فاطمه علیزاده، علی‌حیدر نصرالهی*، مهری سعیدی‌نیا و مجید شریفی‌پور[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۱۱)

چکیده

در مناطقی که میزان پراکنش بارندگی‌ها بالا است، مدیریت‌های صحیح آبیاری از جمله آبیاری تکمیلی از راهکارهای مؤثر در افزایش تولید است. به‌منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا پاییزه روهان یک آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار مدیریت آبیاری شامل؛ دیم (I1)، تک‌آبیاری در مرحله گلدهی (I2)، تک‌آبیاری مرحله پرشدن غلاف (I3)، دو آبیاری در مراحل پرشدن غلاف و گلدهی (I4)، سه آبیاری در مراحل گلدهی، پرشدن غلاف و پرشدن دانه (I5) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه لرستان اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی نشان داد، تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در تیمار I1 کمترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن به‌دست آمد، که به‌ترتیب نسبت به تیمار I5 به‌میزان ۴۴/۶۲، ۵۰/۹۵ و ۵۳/۵۸ درصد کاهش مشاهده شد. با اعمال تک‌آبیاری در مرحله پر شدن غلاف عملکرد دانه و عملکرد روغن به‌ترتیب ۱۳/۲۲ و ۲۰/۲۳ درصد نسبت به تیمار I1 افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری کل در تیمار I5 با مقدارهای ۰/۲۵۲ و ۰/۰۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب نسبت به عملکرد دانه و روغن به‌دست آمد. به‌طور کلی با توجه به اینکه تنش خشکی در مراحل زایشی کلزا موجب کاهش عملکرد می‌شود، بنابراین هر چه تعداد آبیاری ها در مراحل زایشی کلزا بیشتر باشد عملکرد بالاتری خواهیم داشت.

واژه‌های کلیدی: تک‌آبیاری، عملکرد روغن، عملکرد بیولوژیک، تنش آبی

۱. گروه مهندسی آب ، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: nasrolahi.a@lu.ac.ir

مقدمه

در اقلیم‌هایی که شامل تابستان‌های گرم‌وخشک و زمستان‌های مرطوب هستند در شرایطی که توزیع زمانی بارش متناسب با نیاز آبی گیاه نباشد، به‌دلیل کمبود رطوبت در مراحل حساس رشد، عملکرد و کیفیت محصول به‌شدت کاهش خواهد یافت (۲ و ۲۵). در اینگونه شرایط، مدیریت‌های صحیح آبیاری از جمله آبیاری تکمیلی، می‌تواند یکی از راهکارهای مهم برای تولید حداکثر محصول باشد (۱۷ و ۲۷). منظور از آبیاری تکمیلی، تأمین نیاز آبی گیاه در مواقعی است که بارش قطع شده است (۲۱ و ۳۰). بنابراین شناخت مراحل حساس گیاه به کم‌آبی، به‌منظور اعمال آبیاری تکمیلی در این مراحل، بسیار حائز اهمیت است. در مورد گیاهان دانه‌ای محدودیت آب در طول دوره رشد، کمیت و کیفیت دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌گونه‌ای که در مرحله پرشدن دانه، رشد دانه متوقف می‌شود (۳۳). دانه‌های روغنی، به‌دلیل عملکرد مهم در مباحث تغذیه‌ای، در سراسر جهان، با تقاضای زیادی روبه‌رو هستند (۳). کلزا با داشتن ۴۵-۳۰ درصد میزان روغن دانه بعد از سویا دومین گیاه زراعی مهم در زمینه تولید روغن است (۱۸ و ۲۰). گیاه کلزا با ویژگی‌های خاص زراعی از جمله دامنه گسترده سازگاری به انواع اقلیم‌ها و شرایط آب و هوایی و دارا بودن دو رقم پاییزه و بهاره می‌تواند در برنامه تناوب زراعی در مناطق مختلف قرار بگیرد (۴، ۶ و ۱۶). اثر تنش آبی بر گیاه کلزا نیز، تابعی از ژنوتیپ، آب و هوا، شدت و مدت تنش و مراحل رشد گیاه است که در این میان زمان وقوع تنش بسیار مهم‌تر از شدت تنش است (۱ و ۲۶). مراحل گلدهی، تشکیل و پر شدن دانه مراحل حساس کلزا نسبت به وقوع تنش آبی هستند (۹، ۱۵ و ۲۸). از آنجایی که کلزا عموماً در فصل پاییز کشت می‌شود و بسته به بارندگی سالانه درصدی از نیاز آبی آن از طریق بارندگی تأمین می‌شود برای افزایش عملکرد آن آبیاری تکمیلی گزینهٔ مناسبی است، از این‌رو تحقیقات متعددی در این زمینه صورت گرفته است. در پژوهشی نشان داده شد که در شرایط پر باران، آبیاری کلزا تعداد غلاف را در اثر طولانی کردن مرحله گلدهی و نیز تعداد دانه در غلاف را در اثر ایجاد سطح بالاتر در زمان گلدهی افزایش می‌دهد (۵). حساس‌ترین زمان برای آبیاری کلزا، مرحله گلدهی و اوایل غلاف‌بندی بوده و آبیاری در این مراحل باعث افزایش تعداد غلاف و درنتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود. در تحقیقی که روی اثر تنش خشکی بر عملکرد کلزا صورت گرفت، گزارش شد که کمبود آب باعث کاهش عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه درنتیجه عملکرد دانه و روغن می‌شود (۱۴). به‌منظور ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی پژوهشی با دو سطح آبیاری شامل معمول و تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی انجام شد. در این پژوهش نشان داده شد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و عملکرد روغن و افزایش شاخص برداشت می‌شود (۱۳). به‌منظور بررسی اثر مراحل مختلف آبیاری تکمیلی روی عملکرد کلزای بهاره، تحقیقی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. در این تحقیق چهار سطح مدیریت آبیاری شامل بدون آبیاری (دیم) و مقادیر ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر آبیاری در مراحل مختلف رشد اعمال شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه در میزان ۹۰ میلی‌متر آبیاری و مرحلهٔ گلدهی حاصل شد (۳۱). یک آزمایش دو ساله به‌منظور تعیین تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک دشت هاران ترکیه انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقادیر تبخیر از تشت کلاس A بود. نتایج نشان داد، که هر سطح آبیاری اضافی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع محصول، وزن هزار دانه، عملکرد و زیست توده شد. اگرچه کلزا گیاهی مقاوم به خشکی تلقی می‌شود، اما نتایج نشان داد، آبیاری در مراحل سریع رشد گیاه تاثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد و عملکرد داشت (۷). پژوهشی با هدف بررسی تأثیر کمبود آب بر عملکرد دانه و روغن کلزا در کرج در دو سال زراعی انجام گرفت. این پژوهش شامل چهار سطح آبیاری و

شش رقم کلزا بود. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد در سال اول برای رقم لیکورد به مقدار ۳۰/۴۴ درصد و در سال دوم برای رقم زرفام به مقدار ۵۰/۲۷ درصد در شرایط قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی بود (۲۰). تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد دانه، میزان روغن دانه و عملکرد روغن و کارآیی انرژی کلزا رقم اوکاپی در سال زراعی ۹۴-۹۳ در شهرستان سلسله بررسی و بر اساس نتایج به‌دست آمده تعداد خورجین در واحد سطح، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، میزان روغن دانه و عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار گرفت (۸). یک آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر سطح آبیاری، فاصله ردیف و فاصله گیاه بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری کلزا، در دانشگاه کشاورزی پادشاه عبدالعزیز اجرا شد. در این آزمایش دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه، سه فاصلهٔ ردیف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر و سه فاصلهٔ بین گیاهان ۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سطح آبیاری ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه سبب کاهش عملکرد دانه در بوته، عملکرد دانه کل و درصد روغن دانه و افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌شود. همچنین، کاهش فاصله ردیف و فاصله بین گیاهان باعث کاهش عملکرد دانه در بوته می‌شود درحالی که عملکرد کل دانه و بهره‌وری آب آبیاری را افزایش می‌دهد (۱۱). همان‌طور که ملاحظه شد آبیاری تکمیلی به‌عنوان یک راهکار مدیریتی در مزرعه می‌تواند سبب افزایش عملکرد محصول شود. در استان لرستان با سطح زیر کشت ۲۰۰۰ هکتار کلزا عموما کشت کلزا در ابتدای پاییز صورت گرفته و با وجود بارندگی‌های زیاد در زمستان و اوایل بهار در اکثر سال‌ها مراحل گلدهی و پر شدن غلاف کلزا مصادف با دورهٔ خشکی است. از سوی دیگر کشاورزان منطقه از همان ابتدا در برخی از نقاط استان به آبیاری‌های متوالی روی می‌آورند که در بسیاری از مواقع ضرورتی ندارد. با توجه به این مسائل بررسی منطقه‌ای مدیریت صحیح آبیاری کلزا به‌منظور افزایش عملکرد و نیز بهبود بهره‌وری آب ضروری است. لذا تحقیق حاضر به بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد کلزا (رقم روهان) در شرایط خرم‌آباد با هدف تعیین زمان و عمق مناسب آبیاری تکمیلی برای دستیابی به حداکثر عملکرد می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۴۷ متری از سطح دریا انجام گرفت. دانشکده در شمال غربی شهرستان خرم‌آباد و در کیلومتر ۱۲ جاده اندیمشک واقع شده است. اطلاعات اقلیمی منطقه در طول دورهٔ آزمایش از ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد که در مجاورت دانشکده واقع است، استخراج شد (جدول ۱). برای تعیین خصوصیات خاک مزرعه تحقیقاتی در ابتدای کار و قبل از کشت کلزا از نقاط مختلف مزرعه نمونه‌برداری صورت گرفت که نتایج آنالیز آن در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمایش خاک مقادیر لازم کود برای برطرف کردن نیاز تغذیه‌ای کلزا، قبل ازکشت به خاک مزرعه اضافه شد. در این پژوهش کلزای پاییزه رقم روهان در تاریخ ۱۲ مهر ۱۳۹۷ کشت شد. برای این منظور ابتدا زمین شخم، دیسک و ماله‌کشی به‌منظور تسطیح و ایجاد فاروها و سپس کرت‌های آزمایشی به مساحت ۲/۵×۴ متر ایجاد شد. به‌منظور کنترل اثرات تیمارهای آزمایش روی یکدیگر فاصلهٔ کرت‌های آزمایشی از هم ۲ متر درنظر گرفته شد. هر کرت آزمایش به پنج فارو انتها بسته تقسیم و بذر کلزا در عمق ۲/۵ سانتی‌متر کشت شد. در پژوهش آبیاری به‌روش غرقابی انجام شد و برخی خصوصیات کیفی آب مورد استفاده برای آبیاری نیز سنجیده شد (جدول ۳). این تحقیق در پنج سطح مدیریت آبیاری شامل کشت دیم (I_1)، آبیاری تکمیلی به میزان ۳۰ میلی‌متر در مرحله گلدهی (I_2)، آبیاری تکمیلی به میزان ۳۰ میلی‌متر در مرحله پر شدن

جدول ۱. پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد

پارامتر هواشناسی	مهر	ابان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
میانگین درجه حرارت (^{0}C)	۲۲/۱۵	۱۳/۸	۸/۵۹	۶/۰۹	۶/۴۹	۷/۲۶	۱۲/۲۷	۱۷/۷۸	۲۶/۴۲
میانگین رطوبت نسبی (%)	۳۰/۹۵	۶۵/۱۲	۷۴/۲۲	۶۹/۵۵	۶۷/۳۴	۶۶/۰۲	۶۹/۴۵	۵۵/۷۳	۳۳/۳۲
میانگین سرعت باد	۷/۰۳	۵/۶۷	۴/۴۷	۵/۲۳	۵/۴۹	۷	۷/۱۹	۶/۹۴	۲/۴۸
مجموع بارندگی (mm)	۹/۰۴	۱۳۹/۱۱	۱۵۰/۸	۱۲۷/۰۳	۱۱۵/۲	۹۶/۹	۳۰۹/۱	۶/۱	۰

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک	بافت خاک	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	OC %	N% ($mg\ kg^{-1}$)	P% ($mg\ kg^{-1}$)	K% ($mg\ kg^{-1}$)	ρb ($gr\ cm^{-3}$)	FC (%حجمی)	PWP (%حجمی)
۰-۳۰	لوم-رسی	۷/۵۲	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۰۹	۲۴	۵۴۵	۱/۱۲	۲۵/۶	۱۴/۵
۳۰-۶۰	لوم-رسی	۷/۷۱	۰/۶۴	۰/۷۸	۰/۰۸	۱۳	۲۹۵	۱/۱۳	۲۶	۱۴/۴

جدول ۳. خصوصیات کیفی آب آبیاری در طول فصل

PH	EC (dS/m)	TDS (meq/l)	Ca^{2+} (meq/l)	Mg^{2+} (meq/l)	Na^{+} (meq/l)	SAR
۷	۰/۶	۳۹۷	۴/۶	۱/۶	۱/۲۸	۰/۷۳

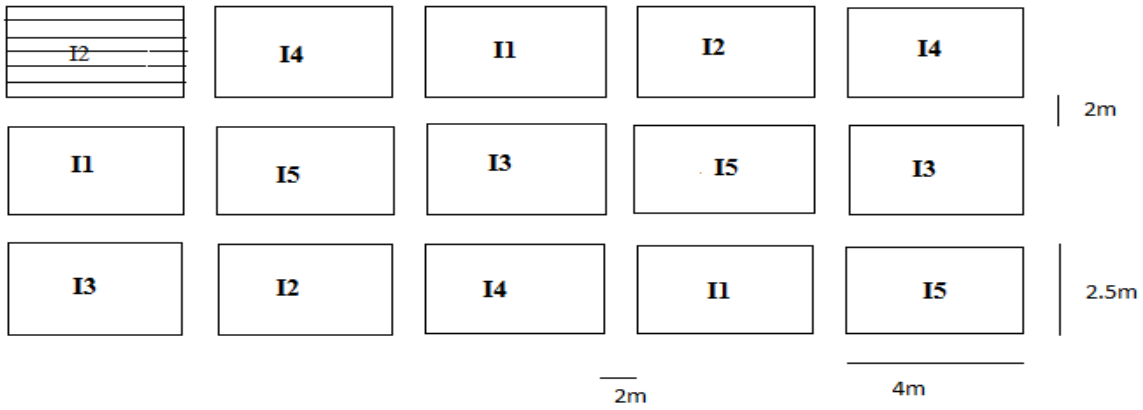
غلاف (I_3)، آبیاری تکمیلی به میزان ۳۰ میلی‌متر در مرحله پر شدن غلاف و ۳۰ میلی‌متر در مرحله گلدهی (I_4) و درنهایت آبیاری در ۳ نوبت (گلدهی، پر شدن غلاف و پر شدن دانه) در هر مرحله به میزان ۳۰ میلی‌متر (I_5)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد (شکل ۱). برای تعیین عمق آبیاری در هر مرحله، کمبود رطوبت خاک به‌عنوان عمق خالص و معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه درنظر گرفته شد. برای دستیابی به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کمبود رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه، با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$d_n=(\theta_{fc}-\theta_i)\ \rho b.Dr \qquad (۱)$$

در رابطه بالا: θ_{fc}: درصد وزنی رطوبت در حد ظرفیت زراعی، θ_i: رطوبت موجود در خاک یک روز قبل از آبیاری، ρb: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، Dr: ارتفاع مؤثر ریشه (سانتی‌متر). جدول (۴) زمان، مقدار آبیاری و خصوصیات فنولوژیک مربوطه را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. در پایان فصل، برداشت محصول با حذف دو خط کاشت از اطراف هر کرت از سطحی معادل یک مترمربع از سه خط کاشت داخلی صورت گرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، طول غلاف و درصد روغن دانه اندازه‌گیری شد. درنهایت برای بررسی اثر تیمارهای مختلف روی بهره‌وری آب شاخص‌های بهره‌وری آب به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$WP_I = Y / I \qquad (۲)$$

$$WP_p = Y / P \qquad (۳)$$



شکل ۱. نقشه کلی طرح

جدول ۴. زمان، مقدار آب آبیاری و خصوصیات فنولوژیک در تیمارهای مختلف

تیمار	مقدار آب آبیاری (mm)	تاریخ آبیاری	تعداد روز بعد از کشت	خصوصیات فنولوژیک
I1	–	–	–	–
I2	۳۰	۹۸/۲/۸	۲۰۶	گلدهی
I3	۳۰	۹۸/۲/۲۲	۲۲۱	پرشدن غلاف
I4	۶۰	۹۸/۲/۸	۲۰۶	گلدهی
		۹۸/۲/۲۲	۲۲۱	پرشدن غلاف
I5	۹۰	۹۸/۲/۸	۲۰۶	گلدهی
		۹۸/۲/۲۲	۲۲۱	پرشدن غلاف
		۹۸/۳/۸	۲۳۹	پرشدن دانه

$$WP_{(P+I)} = Y / P+I) \quad (۴)$$

در روابط بالا: Y: عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) یا عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I: میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار)، P: میزان آب باران (متر مکعب در هکتار)، P+I: میزان آب آبیاری + باران (متر مکعب در هکتار)، WP_I : بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب)، WP_p: بهره‌وری آب باران (کیلوگرم در متر مکعب) و $WP_{(P+I)}$: بهره‌وری آب کل (کیلوگرم در متر مکعب) است. در این پژوهش تجزیه‌وتحلیل طرح با نرم‌افزار SPSS در سطح احتمال ۹۹ درصد انجام شد و درنهایت برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. رسم نمودارها به‌کمک EXCEL صورت گرفت.

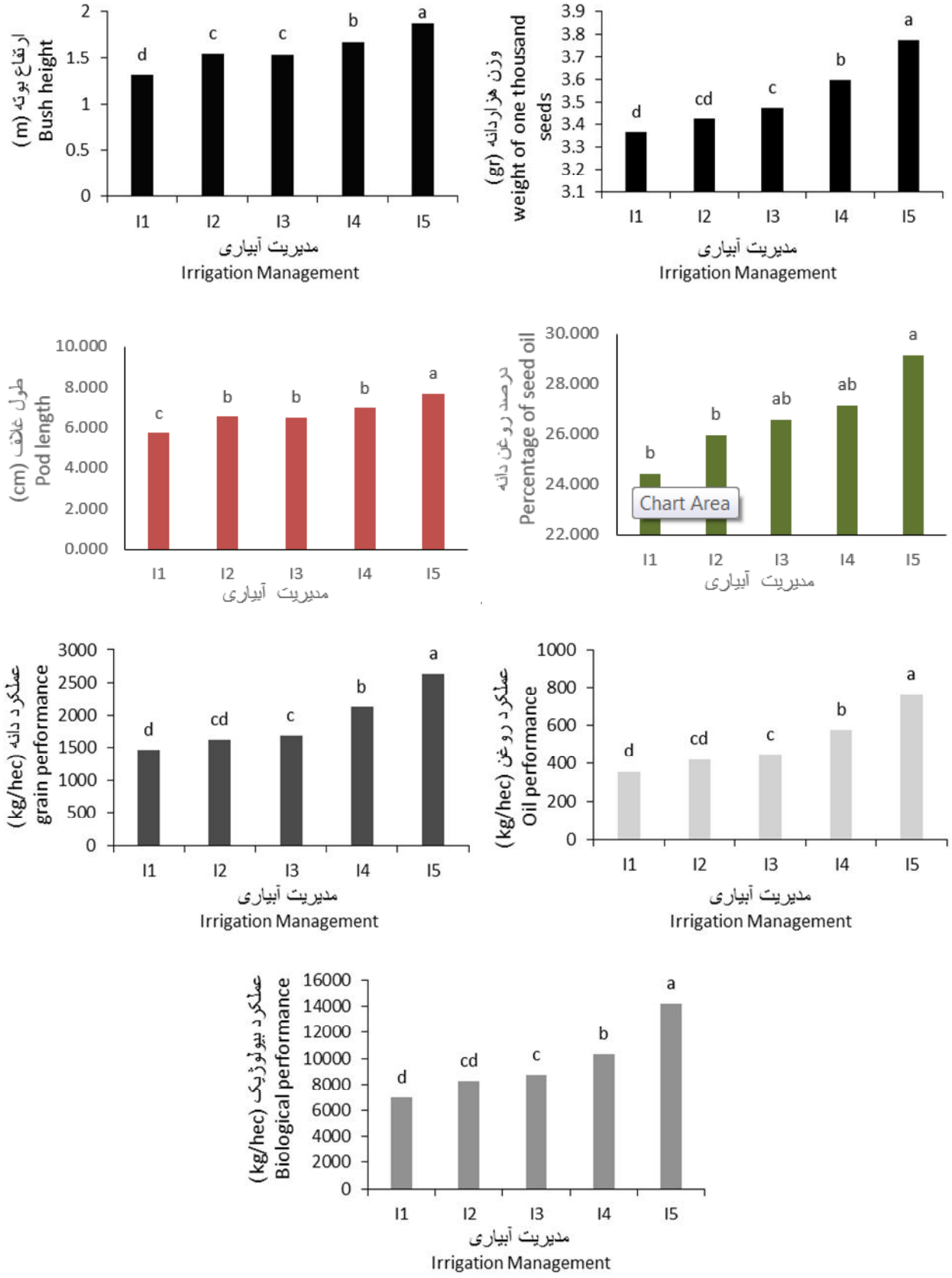
نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مدیریت‌های مختلف آبیاری نشان داد تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، طول غلاف و درصد روغن دانه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود

جدول ۵. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد روغن	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	طول غلاف	درصد روغن دانه
تیمار	۴	۶۷۹۵۷۸/۷۴۵**	۲۳۴۰۶۷۷۵/۳۲۲**	۷۹۴۳۱/۵۶۳**	۰/۱۲۶**	۰/۷۹**	۱/۵۰۴**	۸/۸۳۴**
خطا	۱۰	۵۶۱۷/۵۷۶	۳۰۵۳۷۵/۵۳۳	۱۰۲۶/۹۷۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۰	۰/۸۸۲
ضریب تغییرات		۱/۳	۱/۹	۲/۱	۰/۷	۰/۳	۰/۰	۰/۰

(جدول ۵). بر این اساس مقایسهٔ میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و نتایج آن در شکل ۲ ارائه شد. همان‌گونه که در شکل مشخص است بیشترین مقدار صفات مختلف در تیمار ۳ بار آبیاری حاصل شد به‌طوری که میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن در این شرایط به‌ترتیب ۲۶۳۱/۱۱۱، ۱۴۲۰۴/۰۴۷ و ۷۶۶/۶۶۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و با سایر تیمارها در سطح آماری یک درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. از طرف دیگر کمترین مقادیر صفات مورد بررسی در تیمار بدون آبیاری (دیم) به‌دست آمد. در شرایط دیم عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن به‌ترتیب ۱۴۵۷/۰۲۷، ۶۹۶۷/۴۰۶ و ۳۵۵/۹۰۲ کیلوگرم در هکتار بودند که نسبت به شرایط سه‌بار آبیاری به‌میزان ۴۴/۶۲، ۵۰/۹۵ و ۵۳/۵۸ درصد کاهش عملکرد مشاهده شد. مقایسهٔ ۳ تیمار I_2، I_3 و I_4 نشان می‌دهد که در این حالات بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن در I_4 با مقدارهای ۲۱۲۲/۲۲، ۱۰۳۳۸/۶۶۵ و ۵۷۶/۲۹۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و با تیمارهای تک‌آبیاری تفاوت معنی داری داشت. برای ارتفاع بوته و وزن هزار دانه نیز بین تیمار سه بار آبیاری، تیمار دیم و تیمارهای آبیاری تکمیلی تفاوت معنی دار بود. بیشترین ارتفاع بوته ۱/۸۸ متر و کمترین ۱/۳۱ متر در تیمارهای سه‌بار آبیاری و دیم بود. نوری و همکاران (۱۹) و توحیدی و همکاران (۳۲) در بررسی‌های خود نشان دادند بین تعداد آبیاری و ارتفاع بوته همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در این پژوهش بیشترین وزن هزار دانه ۳/۷۷ گرم و کمترین وزن هزار دانه ۳/۳۶ گرم در تیمارهای سه‌بار آبیاری و تیمار دیم بود. در عملکرد روغن مقایسهٔ تک‌آبیاری کلزا در ۲ مرحلهٔ گلدهی و پرشدن غلاف نشان می‌دهد بیشترین عملکرد به‌میزان ۴۴۶/۱۵۲ کیلوگرم در تیمار پرشدن غلاف بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار گلدهی نداشت. رائو و مندهام (۲۳) با بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد روغن کلزا نشان دادند که تنش در مراحل زایشی و انتهایی رشد کلزا سبب کاهش عملکرد روغن دانه کلزا می‌شود. اعمال آبیاری تکمیلی، درصد روغن دانه کلزا را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری‌که اعمال دو و سه بار آبیاری درصد روغن دانه را به‌ترتیب ۲/۷۲ و ۴/۷ درصد نسبت به تیمار دیم افزایش داد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار دو بار آبیاری و تیمار تک‌آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف ۲ درصد با هم اختلاف در درصد روغن دانه دارند، درصورتی که تیمار دو بار آبیاری ۵۰ درصد آب بیشتر نسبت به تیمار آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف در طول اعمال تیمار دریافت کرده است. این امر با نتایج تحقیق دیگر مبنی بر کاهش تولید روغن دانه کلزا در شرایط کمبود آب در مراحل حساس رشد خصوصاً مرحلهٔ پر شدن غلاف و گلدهی مطابقت دارد (۲۹). بین تیمارهای تک‌آبیاری، تفاوت طول غلاف معنی‌دار نشد، که این به معنای کفایت تک‌آبیاری در یکی از مراحل حساس گلدهی یا پر شدن غلاف است. همچنین در تحقیقی در شرایط تنش آب کاهش تعداد



شکل ۲. تأثیر آبیاری‌های مختلف بر صفات مختلف کلزا

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		بهره‌وری آبیاری (عملکرد دانه)	بهره‌وری آبیاری (عملکرد روغن)	بهره‌وری باران (عملکرد دانه)	بهره‌وری باران (عملکرد روغن)	بهره وری کل (عملکرد دانه)	بهره‌وری کل (عملکرد روغن)
تیمار	۴	۱۳/۹۵۵**	۱/۰۵۵**	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱**
خطا	۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ضریب تغییرات		۰/۶۸	۱/۵۹	۵/۲۹	۱۹/۶۱	۵/۵۶	۲۰/۶۳

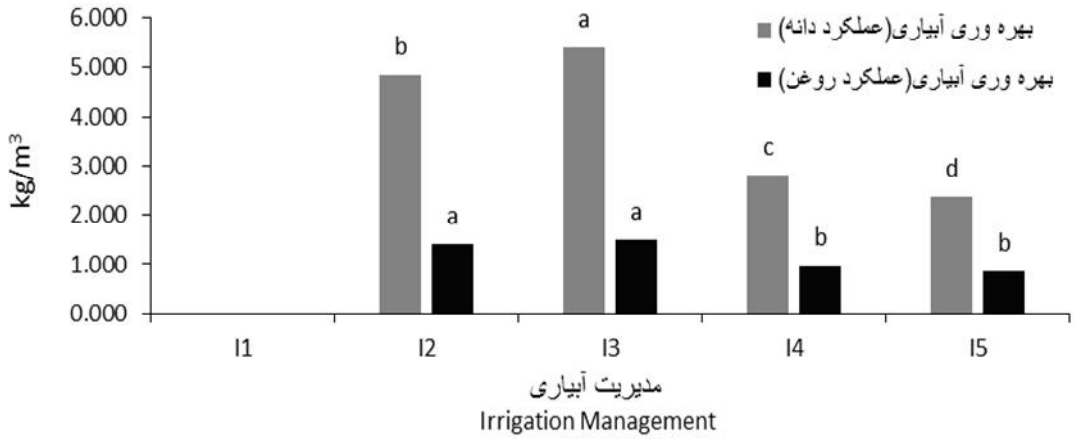
غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف گزارش شده است (۱۰، ۱۲، ۱۸ و ۲۲).

به‌طور کلی بررسی تیمارهای مختلف آبیاری نشان می‌دهد که با وجود کاهش عملکرد دانه و عملکرد روغن در تیمارهای تک‌آبیاری نسبت به تیمار ۳ بار آبیاری در شرایط کمبود آب تک‌آبیاری گزینهٔ مناسبی نسبت به شرایط دیم است. رائو و مندهام (۲۴) نیز در مطالعه خود ملاحظه کردند که یک نوبت آبیاری برای افزایش عملکرد کفایت نمی‌کند، آنها مشاهده کردند که با یک نوبت آبیاری در زمان گلدهی تغییر عملکرد ناچیز بود، ولی با سه نوبت آبیاری تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف افزایش یافت.

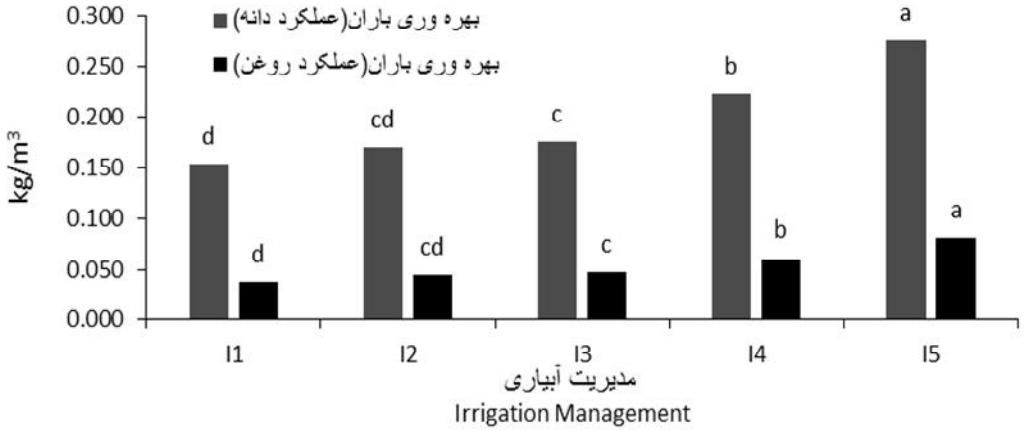
نتایج تجزیه واریانس مدیریت‌های مختلف آبیاری نشان داد تأثیر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب در سطح یک درصد آماری معنی‌دار است (جدول ۶). بنابراین مقایسهٔ میانگین صفات مورد نظر با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و نتایج آن در شکل‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه و عملکرد روغن در تیمار I_3 حاصل شد به‌طوری که در این شرایط به‌ترتیب ۵/۴۰۷ و ۱/۴۸۷ کیلوگرم در متر مکعب به‌دست آمد. مقایسهٔ ۲ تیمار I_4 و I_5 نشان می‌دهد که در این حالات بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج مقایسهٔ میانگین بهره‌وری باران نشان داد که بیشترین بهره‌وری باران برای عملکرد روغن و عملکرد دانه را تیمار I_5 به‌ترتیب به مقادیر ۰/۰۸ و ۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب داشت. مقایسهٔ تیمارهای I_2، I_3 و I_4 نیز نشان داد که بیشترین مقدار بهره‌وری باران برای عملکرد دانه و عملکرد روغن را تیمار I_4 داشت و با تیمارهای تک‌آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. مقایسهٔ تأثیر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری کل نشان داد که بیشترین بهره وری کل در تیمار I_5 با مقدارهای ۰/۲۵۲ و ۰/۰۷۳ کیلوگرم بر متر مکعب به‌ترتیب نسبت به عملکرد دانه و روغن به‌دست آمد که با تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت. از سوی دیگر کمترین بهره‌وری کل در تیمار I_1 با مقدارهای ۰/۱۵۳ و ۰/۰۳۷ کیلوگرم بر متر مکعب به‌ترتیب نسبت به عملکرد دانه و روغن به‌دست آمد که نسبت به تیمار I_5 به‌ترتیب ۳۹/۲۸ و ۴۹/۳۲ درصد کاهش داشت که به‌خوبی بیانگر تأثیر آبیاری مناسب بر عملکرد و بهره‌وری آب است.

نتیجه‌گیری

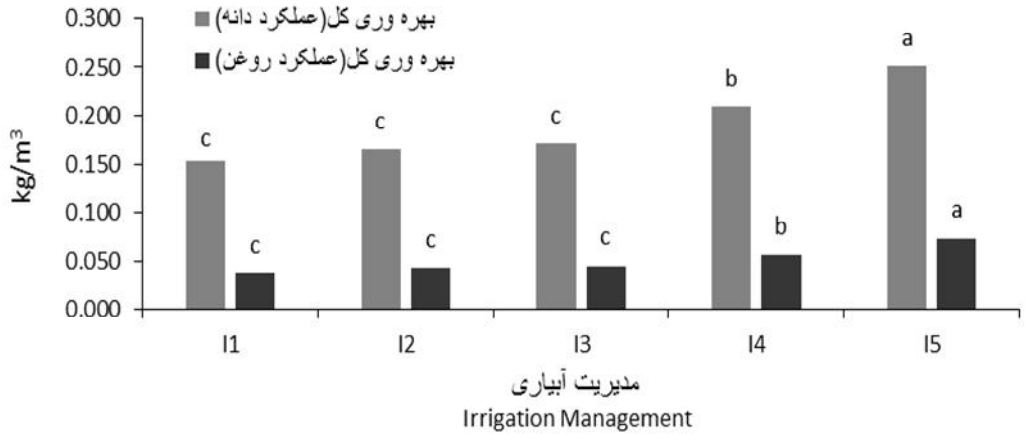
مطابق با نتایج این پژوهش برای ارزیابی تیمارهای آبیاری تکمیلی بر اساس شاخص بهره‌وری آب و عملکرد در شرایط محدودیت آب می‌توان با انجام یک نوبت آبیاری در مرحله پرشدن غلاف، عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا را نسبت به کشت دیم به‌ترتیب ۱۳/۲۲ و ۲۰/۲۳ درصد افزایش داد. به‌طور کلی در تیمارهای دو آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن غلاف،



شکل ۳. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری در کشت کلزا



شکل ۴. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب باران در کشت کلزا



شکل ۵. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب کل (آبیاری+ باران) در کشت کلزا

تک‌آبیاری در مرحله پرشدن غلاف و تک‌آبیاری در مرحله گلدهی نسبت به تیمار دیم عملکرد بالاتری حاصل شد. لذا می توان بیان داشت با توجه به اینکه تنش خشکی در مراحل زایشی کلزا موجب کاهش عملکرد می‌شود، درنتیجه این مراحل از مراحل حساس کلزا به تنش خشکی هستند. بنابراین هر چه تعداد آبیاری‌ها در مراحل زایشی کلزا بیشتر باشد عملکرد بالاتری خواهیم داشت. پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های مدیریت آبیاری به این شاخص‌ها توجه بیشتری شود.

منابع مورد استفاده

1. Abbasian, A. and A. H. Shirani Rad. 2011. Investigation of the response of rapeseed cultivars to moisture regimes in different growth stages. *Journal of Central European Agriculture* 12(2): 353-366.
2. Abedi, T. and H. Pakniyat. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* 46(1): 27-34.
3. Camaş, N., C. Cirak and E. Esendal. 2007. Seed yield, oil content and fatty acids composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown in northern Turkey conditions. *Journal of the Faculty of Agriculture*. OMU 22: 98-104.
4. Canakci. M., I. Topakci, I. Akinci and A. Ozmerzi. 2005. Energy partner of some field crops and vegetable production: case study for Antalya. *Energy Conversion and Management* 46(4): 655-666.
5. Clarke, J. and G. C. Simpson. 1978. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus*. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 731-737.
6. Dehshiri, A., M. Ahmadi and Z. Tahmaseb Servestani. 2001. Response of rapeseed cultivars to water stress. *Journal of Agricultural Sciences* 32(3): 649-659. (In Farsi).
7. Dogan, E., O. Copur, A. Kahraman, H. Kirnak and M. E. Guldur. 2011. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. *Agricultural Water Management* 98(9): 1403-1408.
8. Eskandari, H. and A. Alizadeh Amraie. 2016. The effect of supplementary irrigation at the reproductive growth stage on grain yield, oil and energy efficiency of canola production system in dryland conditions. *Journal of Crop Improvement* 18(4): 907-919.
9. Hasanzadeh, M., A. H. Shirani Rad, M. R. Naderi Darbaghshahi, F. Majd Nasiri and H. Madani. 2005. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn high rape cultivars. *Journal of Agriculture* 7(2): 17-24. (In Farsi).
10. Heidarpour, N. and S. Talaie. 2016. Effect of supplementary irrigation and nitrogen on wheat yield and agronomic traits (*Triticum aestivum* L.) dry cultivar of Koohdasht. *Iranian Crop Sciences* 47(4): 541-549. (In Farsi).
11. Hoseini, F., A. Nezami, M. Parsa and K. Haj Mohmad Nia Ghalibaf. 2016. Effect of supplemental irrigation in phenological stages on some growth indices of lentil cultivars in Mashhad. *Iranian Journal Pulses Research* 7(1): 105-120. (In Farsi).
12. Ismail, S. M. 2016. Maximizing production and irrigation water productivity of canola crop (*Brassica napus* L.) under arid land conditions. *Irrigation and Drainage* 65(3): 254-263.
13. Jamshidi, N., A. H. Shirani Rad, F. Takht Chin, P. Nazeri and M. Ghafari. 2012. Evaluation of rapeseed cultivars under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology* 323-338. (In Farsi).
14. Jensen, C. R., R. O. Mogensen, G. Mortensen, J. K. fieldsend, G. F. J. Milford, M. N. Andersen and J. H. Thaga. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) as affected by soil drying and evaporative demand. *Field Crops Research* 47: 93-105.
15. Johnston, A. M., D. L. Tanaka, P. R. Miller, S. A. Brandt, D. C. Nielsen, G. P. Lafond and N. R. Riveland. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 231-240.
16. Kimber, D. S. and D. L. Gregor. 1995. Brassica oil seed: Production and utilization. CAB international. Region, Turkey. *Energy Conservation and Management* 46: 655-666.
17. Koocheki, A., S. M. Seyyedi and M. Jamshid Eyni. 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad. *Northeast. Scientia Horticulturae* 180: 147-155.
18. Mostafavi Rad, M., M. Azad Marzabadi and S. Faraji. 2013. Evaluation of seed traits and qualitative function in some winter rapeseed cultivars. *Journal of Applied Crop Breeding* 33-42. (In Farsi).
19. Noori, S. A., H. Khalaj, A. H. Rad, I. Alahdadi, G. A. Akbari and M. R. Abadi. 2007. Investigation of seed vigor and germination of canola cultivars under less irrigation in padding stage and after it. *Pakestan Journal Biology Science* 10(17): 2880-2884.

20. Oad. F. C., B. K. Solangi, M. A. Samo, A. A. Lakho, Z. Ul-Hassan and N. L. Oad. 2001. Growth, yield and relationship of rapeseed (*Brassica napus* L.) under different row spacing. *International Journal of Agriculture and Biology* 3: 475-476.
21. Oweis, T., A. Hachum and J. Kijne. 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. System-Wide Initiative on Water Management Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
22. Rad, A. H. S., A. Abbasian and H. Aminpanah. 2014. Seed and oil yields of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under irrigated and non-irrigated conditions. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 24(1): 204-210.
23. Rao, G. and N. J. Mendham. 1991b. Comparison of Chinoli (*B. campestris*) and *B. napus* oilseed rape using different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments. *Journal of Agricultural Science* (Cambridge) 117: 177-187.
24. Rao, M. S and N. J. Mandham. 1991a. Soil plant-water relations of oilseed rape *(B. napus, B. compestris*). *Journal. Agriculture Science Combridge* 117: 197-205.
25. Rezaei-Chiyaneh, E., S. M. Seyyedi, E. Ebrahimian, S. Siavash Moghaddam and C. A. Damalas. 2018. Exogenous application of gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates the effect of water deficit stress in black cumin (*Nigella sativa* L.). *Industrial Crops and Products* 112: 741-748.
26. Robertson, M. J. and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 55: 525-538.
27. Sayari, N., M. Bannayan, A. Alizadeh and A. Farid. 2013. Using drought indices to assess climate change impacts on drought conditions in the northeast of Iran (case study: Kashafrood basin). *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 20: 115-127.
28. Shabani, A., A. Kamkar Haghighi, A. Sepaskhah, Y. Emam and T. Honar. 2019. Effect of water stress on seed yield, yield components and quality of autumn canola lycord cultivar. *Iranian Journal of Crop Sciences* 409-421. (In Farsi).
29. Shirani Rad, A. H. 2012. Winter rapeseed response to zeolite and nitrogen rates under different irrigation regimes. *International Journal of Advanced Science and Technology* 2(1): 108-115.
30. Tavakkoli, A. R. and T. Y. Owise. 2002. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agriculture Water Management* 65: 225-236.
31. Tavakoli, A. and B. Abdolrahmani. 2015. Effect of single irrigation on seed yield and agronomic traits of spring rapeseed under rainfed conditions. *Journal of Agriculture* 106: 64-72. (In Farsi).
32. Tohidi-M, H. R., A. H. Shirani-Rad, G. Nour-Mohammadi, D. Habibi, S. A. M. Modarres-anavy, M. Mashhadi-Akbar-Boojar and A. Dolatabadian, A. 2009. Response of six oil seed rape genotype to water stress and hydrogical application. *Pesquisa Agropecuária Tropical. Trop., Goiânia* 3: 243-250.
33. Younesi, O., and A. Moradi. 2009. The effect of water limitation in the field on sorghum seed germination and vigor. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2): 1156-1159.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 25, No. 1, Spring 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Supplementary Irrigation at Different Growth Stages on the Yield and Water Productivity of Autumn Rapeseed Cultivar Rohan (Khorramabad)

F. Alizadeh, A. H. Nasrollahi*, M. Saeedinia and M. Sharifipour[1]

(Received: January 18-2020; Accepted: July 1-2020)

Abstract

In areas with high rainfall distribution, proper irrigation management, including complementary irrigation, is one of the effective strategies to increase crop production. In order to investigate the effect of supplementary irrigation in different growth stages on the yield and water productivity of Autumn rapeseed, an experiment in the form of a complete randomized block design with five irrigation management treatments including rainfed (I1), single irrigation at flowering stage (I2), single Irrigation at pod filling stage (I3), two irrigation at pod filling stage and flowering (I4), three irrigation at flowering, and pod filling and grain Filling stages (I5) was carried out at Lorestan University Research Field. Results showed that there was a significant difference between the effects of different irrigation treatments at 1% level. The lowest grain yield, biological yield and oil yield were obtained in I1 treatment with 44.62%, 50.95% and 53.58% decrease, as compared to I5 treatment. The results also showed that by applying irrigation at pod filling stage, grain yield and oil yield were increased by 13.22% and 20.23%, as compared to I1 treatment. The highest total productivity for the grain yield and oil yield was obtained in I5 treatment with 0.252 and 0.073 kg / m3. In general, due to the fact that drought stress in rapeseed calving stages reduces yield, the higher the number of irrigations in rapeseed calving stages, the more the yield.

Keywords: Single irrigation, Oil yield, Biological yield, Water stress

1. Irrigation and Drainage Department, College of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran.
Corresponding author, Email: nasrolahi.a@lu.ac.ir