

دور و نیاز آبیاری سه رقم مختلف کلزا در منطقه زرقان استان فارس

جانب ا... نیازی^۱ و حمیدرضا فولادمند^۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر میزان عملکرد و روغن بذر کلزا و تعیین میزان آب مورد نیاز و برنامه مناسب آبیاری این گیاه، آزمایشی با طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل چهار تیمار آبیاری در سه تکرار به مدت ۳ سال (۸۲-۱۳۷۹) در اراضی زراعی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان فارس اجرا گردید. تیمارهای آبیاری شامل چهار دور آبیاری پس از ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A بود (T₁₂₅، T₁₀₀، T₇₅، T₅₀). مقدار آب آبیاری برای هر تیمار نیز با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری و رساندن آن به حد ظرفیت زراعی تعیین می‌گردید. در سه سال آزمایش ارقام اکاپی، اورینت و لیکورد کشت گردید و داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری عملکرد و مقدار روغن بذر برای هر سال به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در سال اول آزمایش تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد رقم اکاپی معنی‌دار نشد، ولی حداکثر و حداقل عملکرد بذر به ترتیب در تیمارهای T₁₀₀ و T₇₅ برابر ۲۶۷۸ و ۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار روغن بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید و حداکثر و حداقل مقدار روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₁₀₀ و T₇₅ برابر ۴۲/۵۰ و ۴۱/۶۶ درصد به دست آمد. در سال دوم آزمایش نتیجه تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد رقم اورینت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و حداکثر و حداقل عملکرد بذر به ترتیب در تیمارهای T₁₂₅ و T₅₀ برابر ۳۱۳۳ و ۲۱۳۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار روغن بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید و حداکثر و حداقل مقدار روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₇₅ و T₅₀ برابر ۴۶/۳۸ و ۴۴/۸۲ درصد به دست آمد. در سال سوم آزمایش نتیجه تأثیر تیمارها بر عملکرد رقم لیکورد در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و حداکثر و حداقل عملکرد بذر به ترتیب در تیمارهای T₁₂₅ و T₅₀ برابر ۳۶۶۷ و ۲۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار روغن بذر در سطح یک درصد معنی‌دار گردید و حداکثر و حداقل مقدار روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₁₂₅ و T₅₀ برابر ۴۷/۶۳ و ۴۴/۶۰ درصد به دست آمد. هم‌چنین مناسب‌ترین دور آبیاری برای سه رقم کلزای مورد مطالعه در منطقه زرقان فارس بین ۱۰ تا ۱۲ روز به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبیاری، دور آبیاری، عملکرد، کلزا، زرقان

مقدمه

مدیریت زراعی محصول بستگی دارد (۱۴). در تحقیقی الگوی جذب آب از خاک توسط کلزا و گندم در شرایط مختلف

آبیاری مورد نیاز گیاهان به شرایط آب و هوایی، خاک، رقم و

۱. کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

۲. مربی آبیاری و زه‌کشی، دانشگاه آزاد مرودشت

میلی متر، عملکرد بذر و مقدار آب مصرفی رقم ریوارد به ترتیب برابر ۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۲۵ میلی متر به دست آمد (۹). در عربستان سعودی تأثیر استفاده از مقادیر مختلف آب آبیاری و کود ازت بر روی دو رقم کلزا در خاکی با بافت لوم رسی شنی مورد مطالعه قرار گرفت (۸). نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار کود ازت مناسب برای شرایط مختلف آبیاری برابر ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار می باشد. هم چنین نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه دو رقم کلزای مورد استفاده در این آزمایش در شرایط مصرف کافی آب آبیاری بین ۲۶۵۰ تا ۳۴۴۰ و ۲۷۳۰ تا ۳۲۶۰ کیلوگرم در هکتار متغیر می باشد. در تحقیقی دو ساله در ترکیه، تأثیر تاریخ کاشت و مقدار کود نیتروژن بر دو رقم تاور و لیراول کلزای بهاره مورد بررسی قرار گرفت (۱۷). در این پژوهش چهار تاریخ کشت با اختلاف زمانی ۱۰ روز از اواسط آوریل تا اواخر ماه می و چهار سطح کود ازت (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) به کار رفت. در این تحقیق تاریخ کشت زودتر، منجر به افزایش عملکرد گردید. هم چنین نتایج نشان داد که مقدار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود ازت برای تأمین نیاز کودی گیاه مناسب می باشد.

کلارک و سیمپسون (۱۳) به منظور ارزیابی روش صحیح جهت تعیین زمان مناسب آبیاری، مطالعه ای به مدت ۲ سال با به کارگیری تانسومتر (در اعماق ۲۰ و ۴۰ سانتی متری خاک) و اندازه گیری پتانسیل اسمزی برگ بر روی کلزا انجام دادند. این محققین در سال اول مطالعه خود با استفاده از تانسومترهای کار گذاشته شده در اعماق ۲۰ و ۴۰ سانتی متری خاک، زمان آبیاری کلزا را تعیین نمودند و در سال دوم آزمایش خود زمان انجام آبیاری را با اندازه گیری پتانسیل اسمزی برگ تعیین نمودند. با توجه به آن که مقدار آب آبیاری در دو روش متفاوت بود، برنامه ریزی آبیاری بر اساس میزان پتانسیل اسمزی برگ، اختلافی را در عملکرد (ناشی از آبیاری) بذر ایجاد نمود که مشابه اختلافات ایجاد شده در عملکرد بر اساس آبیاری مبتنی بر پتانسیل ماتریک (اندازه گیری شده توسط تانسومترهای کارگذاشته در عمق ۲۰ سانتی متری خاک) بود. در پایان این

رطوبتی (شامل آبیاری کامل و بدون محدودیت، کشت دیم و شرایط تنش خشکی) مورد مقایسه قرار گرفت (۱۵). نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط بارندگی طبیعی و تنش خشکی، الگوی مصرف آب گندم و کلزا مشابه است و در شرایط آبیاری کامل، رقم پالیش به دلیل زودرسی نسبت به گندم، به طور معنی داری نیاز آبی کمتری دارد. به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر وزن توده زنده گیاه (بیوماس) و نیز نسبت برگ به ساقه کلزا، آزمایشی در کالیفرنیا به مدت سه سال انجام شد (۱۰). تیمارهای این آزمایش شامل پنج مقدار آب آبیاری برابر ۶۲، ۱۷۳، ۲۳۵، ۲۹۷ و ۳۵۹ میلی متر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مقدار آب آبیاری، نسبت برگ به ساقه و وزن توده زنده گیاه افزایش می یابد و حداکثر مقدار بیوماس تولیدی در اثر اعمال مقادیر آب ۲۹۷ و ۳۵۹ میلی متر به دست می آید. در تحقیقی در هندوستان تأثیر فاصله خطوط کشت، آبیاری و تاریخ های برداشت بر روی عملکرد و روغن بذر کلزا انجام شد (۱۱). تیمارهای آبیاری این آزمایش شامل انجام آبیاری در مرحله شروع گل دهی یا مرحله تشکیل غلاف و آبیاری در هر دو مرحله رویشی مذکور بود. نتایج نشان داد که حداکثر عملکرد و میزان روغن بذر با انجام آبیاری در مراحل گل دهی و تشکیل غلاف به دست آمد. هم چنین انجام آبیاری در مرحله شروع گل دهی، عملکرد بذر بیشتری را نسبت به انجام آبیاری در مرحله تشکیل غلاف ایجاد نمود. در تحقیقی در اسپانیا از مقادیر آب آبیاری بر اساس ۳۰، ۵۵، ۱۰۰ و ۱۳۵ درصد تبخیر تعرق برای تولید کلزا رقم میداس استفاده شد (۱۶). میزان آب مصرفی گیاه با احتساب مقدار بارندگی در تیمارهای ذکر شده به ترتیب برابر ۴۹۵، ۳۹۸ و ۳۳۸ میلی متر بود. این مقادیر آب به ترتیب سبب تولید ۲۶۶۰، ۲۶۹۰، ۲۳۴۰ و ۲۲۴۰ کیلوگرم بذر در هکتار گردید. در حقیقت اعمال تیمارهای T₃₀ و T₅₅ نسبت به تیمارهای T₁₀₀ و T₁₃₅ عملکرد معنی داری داشتند، ولی تأثیر تیمارهای آبیاری بر درصد روغن بذر معنی دار نشد. در تحقیقی در شمال آمریکا کشت کلزا در یک خاک لوم سیلتی و با میانگین بارندگی سالانه برابر ۴۰۰

آبیاری پس از ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A و در سه تکرار بر روی کلزای رقم اکاپی انجام شد (۳). نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد در تیمار T₅₀ برابر ۳۱۶۱/۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با تیمار T₇₅ (عملکرد ۲۸۷۸/۳ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی داری نداشت. هم چنین نتایج نشان داد که بین مقدار درصد روغن بذر تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود نداشت، ولی بیشترین و کمترین مقدار درصد روغن به ترتیب در تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ برابر ۴۶/۹۸ و ۴۵/۹۱ درصد به دست آمد (۳).

به دلیل اهمیت کلزا به عنوان یک گیاه با دانه روغنی و نیز اهمیت منابع آبی کشور، اهداف این مطالعه تعیین دور آبیاری (بر اساس مقدار بهینه تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A) و نیاز آبیاری کلزا (در شرایطی که امکان رخ دادن تنش رطوبتی وجود دارد) در منطقه زرقان در استان فارس می باشد.

مواد و روش ها

منطقه زرقان در ارتفاع ۱۵۹۶ متری از سطح دریا با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه در ۲۵ کیلومتری شمال شیراز قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر مقادیر آب آبیاری بر کمیت و کیفیت عملکرد بذر، تعیین آب مورد نیاز و برنامه مناسب آبیاری کلزا در این منطقه آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک های کامل تصادفی با چهار تیمار آبیاری در سه تکرار به مدت سه سال زراعی (۸۲-۱۳۷۹) اجرا گردید. تیمارهای آبیاری شامل چهار دور آبیاری پس از ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A بود که به اختصار به صورت T₅₀، T₇₅، T₁₀₀ و T₁₂₅ نشان داده می شوند. براین اساس زمانی که میزان تبخیر از تشتک کلاس A (واقع در ایستگاه هواشناسی مجاور محل آزمایش) به مقادیر فوق نزدیک شد، نمونه های خاک از اعماق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۳۰ سانتی متر تهیه و رطوبت وزنی آنها در آزمایشگاه اندازه گیری می گردید. سپس مقدار آب آبیاری هر تیمار از رابطه زیر محاسبه و اعمال می شد.

محققین به این نتیجه رسیدند که انجام آبیاری کلزا براساس میزان پتانسیل اسمزی برگ کلزا، یک روش موفقیت آمیز جهت تعیین نیاز آبی این گیاه می باشد.

در تحقیق دیگری نیز خصوصیات فیزیکی کلزا در سه سطح رطوبت دانه (۴/۷۰، ۱۳/۱۴ و ۲۳/۹۶ درصد) اندازه گیری گردید و مقدار طول دانه بین ۲/۰۷ تا ۲/۲۹ میلی متر، قطر دانه بین ۱/۸۴ تا ۱/۹۹ میلی متر و جرم دانه بین ۰/۰۰۴۰ تا ۰/۰۰۶۵ گرم به دست آمد (۱۲).

در ایران نیز تحقیقاتی در مورد دور و نیاز آبیاری کلزا انجام شده است. در تحقیقی در منطقه کبوترآباد اصفهان تبخیر تعرق پتانسیل کلزای رقم طلایه در طول فصل رشد ۲۱۵ روز به روش لایسیمتری برابر ۵۷۸ میلی متر به دست آمد (۲). در یک تحقیق در زابل با میانگین بارندگی سالانه ۵۳ میلی متر اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد کلزای رقم هیولا ۳۰۸ بررسی گردید (۴). نتایج این تحقیق نشان داد که اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار می باشد، به طوری که بالاترین عملکرد دانه در تیمار بدون تنش برابر ۴۸۸۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، ولی اثر اعمال تیمارهای مختلف بر روی درصد روغن بذر معنی دار نگردید (۴). تحقیق دیگری در زابل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با پنج تیمار آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A و در سه تکرار بر روی کلزای رقم هیولا ۳۰۸ انجام شد (۵). نتایج این تحقیق نشان داد که بین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف در سطح یک درصد تفاوت معنی دار وجود دارد، به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تیمارهای T₉₀ و T₂₁₀ برابر ۳۶۸۶ و ۲۶۷۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. هم چنین نتایج نشان داد که بین مقدار درصد روغن بذر تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود نداشت، اما بیشترین و کمترین مقدار درصد روغن به ترتیب در تیمارهای T₉₀ و T₁₈₀ برابر ۴۲/۲۸ و ۴۰/۷۱ درصد به دست آمد (۵). در تحقیق دیگری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اراک، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تیمار

جدول ۱. نتیجه تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های مختلف اجرای آزمایش (۸۲-۱۳۷۹)

سال زراعی	عمق خاک (سانتی‌متر)	EC (dS/m)	pH	OC (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	بافت
۷۹-۸۰	۰-۳۰	۱/۸۵	۸/۳	۰/۹۷	۰/۰۷۴	۱۰/۸۰	۲۷۵	لوم رسی سیلتی
	۳۰-۶۰	۱/۴۰	۸/۲	۱/۰۵	۰/۰۷۱	۱۰/۶۰	۲۸۰	لوم رسی سیلتی
۸۰-۸۱	۰-۳۰	۱/۹۰	۸/۱	۰/۷۸	۰/۰۶۹	۱۲/۱۰	۲۵۰	لوم رسی سیلتی
	۳۰-۶۰	۱/۵۰	۸/۲	۰/۹۹	۰/۰۷۲	۱۰/۹۰	۲۶۰	لوم رسی سیلتی
۸۱-۸۲	۰-۳۰	۱/۹۰	۸/۱	۰/۹۴	۰/۰۶۸	۱۳/۴۰	۲۹۰	لوم رسی سیلتی
	۳۰-۶۰	۱/۶۰	۸/۱	۱/۰۸	۰/۰۷۵	۱۲/۱۰	۲۷۵	لوم رسی سیلتی

میزان کودهای لازم در هر سه سال آزمایش به شرح زیر تعیین و به زمین اضافه شد: اوره: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۰۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، اسیدبوریک: ۱۰، سولفات آهن: ۴۰ و سولفات روی به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار.

در این آزمایش هر سال یک رقم کلزا کشت گردید. این رقم‌ها در سال‌های زراعی ۷۹-۸۰ تا ۸۱-۸۲ به ترتیب اکاپی، اورنیت و لیکورد بودند. لازم به ذکر است که این ارقام هر سال در آزمایش‌های به نژادی و به زراعی بخش تحقیقات اصلاح و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی استان فارس وارد می‌گردید و توصیه کارشناسان مربوطه این بود که اگر رقم دیگری کشت شود در آزمایش‌های آنها اختلال فیزیولوژیکی به وجود می‌آید. هر سال در زمان برداشت، میزان بذر از دو ردیف میانی (با حذف حاشیه‌ها) تهیه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. نمونه‌های بذر برای تعیین مقدار روغن به آزمایشگاه ارسال گردید. چون طرح آماری این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی بود، داده‌های مربوط به عملکرد و میزان روغن بذر هر رقم فقط برای همان سال مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفت و میانگین‌ها به روش دانکن مورد مقایسه قرار گرفت (۱).

نتایج

در جدول ۱ نتیجه تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش ارائه شده است.

$$In = \frac{\theta_{FC} - \theta_i}{100} \times \rho_b \times D$$

که در آن In: مقدار آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، θ_{FC} : مقدار رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی بر حسب درصد (که برای خاک مورد نظر برابر ۲۰/۵ درصد اندازه‌گیری شده بود)، θ_i : مقدار رطوبت وزنی خاک هر تیمار در زمان آبیاری بر حسب درصد (میانگین رطوبت خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر)، ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (که برای خاک محل آزمایش برابر ۱/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شده بود) و D: عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی‌متر می‌باشد که در طی فصل رشد بین ۱۰ تا ۶۰ سانتی‌متر متغیر در نظر گرفته شد. مقادیر آب آبیاری محاسبه شده با این روش از طریق سیفون به کرت‌های مربوط به هر تیمار اعمال گردید.

هر یک از ۱۲ قطعه آزمایشی دارای ابعاد ۵×۴ متر مربع بود و محل آزمایش (پلات‌ها) در هر سه سال آزمایش ثابت در نظر گرفته شد. فاصله بین بوته‌ها روی هر ردیف پس از تنک کردن به ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر می‌رسید. فاصله بین کرت‌ها ۲ و بین تکرارها ۴ متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید. سپس براساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۶)

جدول ۲. مقدار تبخیر تعرق پتانسیل کلزا در سه سال آزمایش

سال سوم		سال دوم		سال اول		ضریب گیاهی	ماه سال
ET _p (mm)	ET _o (mm/d)	ET _p (mm)	ET _o (mm/d)	ET _p (mm)	ET _o (mm/d)		
۲۶/۹	۲/۵۶	۲۶/۴	۲/۵۱	۲۶/۸	۲/۵۵	۰/۳۵	آبان
۱۵/۸	۱/۲۰	۱۵/۶	۱/۱۸	۱۵/۶	۱/۱۸	۰/۴۴	آذر
۲۳/۴	۱/۲۸	۲۴/۳	۱/۳۳	۲۵/۱	۱/۳۷	۰/۶۱	دی
۴۴/۵	۱/۹۰	۴۵/۲	۱/۹۳	۴۵/۴	۱/۹۴	۰/۷۸	بهمن
۸۳/۲	۳/۰۲	۸۹/۳	۳/۲۴	۹۲/۰	۳/۳۴	۰/۹۵	اسفند
۱۶۷/۴	۴/۷۸	۱۶۱/۵	۴/۶۱	۱۸۴/۳	۵/۲۶	۱/۱۳	فروردین
۱۹۴/۳	۵/۴۵	۲۰۲/۸	۵/۶۹	۲۰۵/۳	۵/۷۶	۱/۱۵	اردیبهشت
۱۴۴/۶	۶/۲۲	۱۴۳/۷	۶/۱۸	۱۴۵/۱	۶/۲۴	۰/۷۵	خرداد
۷۰۰		۷۰۹		۷۴۰			مجموع

جدول ۳. نتیجه عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و میزان روغن بذر کلزا رقم اکاپی در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹

تیمار	عملکرد بذر کلزا رقم اکاپی (کیلوگرم در هکتار)			میزان روغن بذر کلزا رقم اکاپی (درصد)			
	I	II	III	میانگین*	I	II	III
T ₅₀	۲۳۰۰	۱۶۶۷	۲۴۰۰	۲۱۲۲ ^B	۴۱/۸۰	۴۱/۹۰	۴۲/۴۰
T ₇₅	۲۹۳۴	۲۱۶۶	۲۹۳۴	۲۶۷۸ ^A	۴۱/۷۰	۴۱/۵۰	۴۱/۸۰
T ₁₀₀	۱۷۳۴	۲۲۵۰	۲۱۶۶	۲۰۵۰ ^B	۴۱/۹۰	۴۲/۹۰	۴۲/۷۰
T ₁₂₅	۲۳۳۴	۲۱۳۴	۲۳۳۴	۲۲۶۷ ^{AB}	۴۱/۹۰	۴۲/۳۰	۴۲/۱۰

*: در کلیه جدولها میانگینهایی که دارای حروف مشترک نیستند، در سطح ۵ درصد معنی دار هستند.

ارائه شده است.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان عملکرد و درصد روغن بذر کلزا رقم اکاپی در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در جدول ۳ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر تیمارها بر عملکرد بذر معنی دار نیست، ولی مقایسه میانگینها به روش چند دامنه‌ای دانکن، اختلاف معنی داری را در سطح ۵ درصد نشان داد. براین اساس، تیمار T₇₅ با عملکرد ۲۶۷۸ و تیمار T₁₀₀ با عملکرد ۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حداکثر و حداقل تولید را داشته‌اند. بنابراین

با توجه به زمان یکسان کشت در هر سه سال آزمایش و با استفاده از میانگین داده‌های هواشناسی ماهانه ایستگاه هواشناسی زرقان (مجاور محل آزمایش)، مقدار میانگین ماهانه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع به روش پنمن مانیت (۷) محاسبه گردید. سپس با توجه به مقادیر پیشنهادی ضریب گیاهی سه گانه کلزا (به ترتیب برابر ۰/۳۵، ۱/۱۵ و ۰/۳۵) و طول فصل رشد ۲۴۰ روز، مقدار ضریب گیاهی هر ماه محاسبه گردید (۷). در پایان مقدار تبخیر تعرق پتانسیل کلزا در هر ماه سال و برای سه سال آزمایش به صورت جداگانه محاسبه شد. نتایج فوق در جدول ۲

جدول ۴. مقدار آب آبیاری و تعداد آبیاری‌ها در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ برای رقم اکاپی

تیمارها	میزان آب آبیاری	تعداد آبیاری‌ها	میزان آب مصرفی کلزا طی فصل رشد (میلی‌متر)
T ₅₀	۲۸۰	۶	۶۹۸/۹
T ₇₅	۲۳۶	۴	۶۵۴/۹
T ₁₀₀	۲۱۷	۳	۶۳۵/۹
T ₁₂₅	۲۱۰	۲	۵۷۸/۹

جدول ۵. مقادیر و تاریخ‌های آبیاری انجام شده برای هر تیمار در آزمایش در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹

تیمار T ₅₀		تیمار T ₇₅		تیمار T ₁₀₀		تیمار T ₁₂₅	
تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب
۸۰/۱/۱۵	۳۰ میلی‌متر	۸۰/۱/۲۱	۵۰ میلی‌متر	۸۰/۱/۲۵	۶۰ میلی‌متر	۸۰/۱/۳۰	۱۱۰ میلی‌متر
۸۰/۱/۲۵	" ۴۰	۸۰/۲/۶	" ۶۰	۸۰/۲/۱۷	" ۷۹	۸۰/۲/۲۸	۱۰۰ میلی‌متر
۸۰/۲/۶	" ۵۰	۸۰/۲/۲۲	" ۶۰	۸۰/۳/۸	" ۷۸		
۸۰/۲/۱۷	" ۵۰	۸۰/۳/۸	" ۶۶				
۸۰/۲/۲۸	" ۵۰						
۸۰/۳/۸	" ۶۰						
کل آب: ۲۸۰ میلی‌متر		۲۳۶ میلی‌متر		۲۱۷ میلی‌متر		۲۱۰ میلی‌متر	

میلی‌متر، یک نوبت آبیاری به مقدار ۵۰ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۷۹/۱۲/۲۰ به دلیل کاهش شدید رطوبت خاک به صورت یک‌نواخت به کلیه تیمارها اعمال شد. مقدار کل بارش این سال نیز برابر ۲۱۸/۹ میلی‌متر بوده است. در جدول ۵ نیز مقادیر آب آبیاری در زمان‌های مختلف این سال زراعی برای هر تیمار نشان داده شده است. لازم به ذکر است در اثر وقوع بارندگی در زمان‌های مختلف فصل رشد به دلیل افزایش رطوبت خاک، مقدار آب آبیاری منظور شده برای رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی کاهش می‌یافت.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان عملکرد و درصد روغن بذر کلزا رقم اورینت در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در جدول ۶ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر تیمارها بر عملکرد بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، به طوری که تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ با

تیمار T₇₅ در یک گروه، تیمارهای T₅₀ و T₁₀₀ در گروه دیگر و تیمار T₁₂₅ در بین این دو گروه قرار می‌گیرند. نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد روغن بذر در تیمارهای آبیاری، اختلافی را در سطح ۵ درصد نشان داد به طوری که تیمارهای T₁₀₀ و T₇₅ به ترتیب با ۴۲/۵۰ و ۴۱/۶۶ درصد حداکثر و حداقل مقدار روغن را تولید کرده‌اند. مقایسه میانگین‌های درصد روغن بذر تولید شده به روش دانکن نشان داد که هر یک از تیمارهای T₁₀₀ و T₇₅ در یک گروه و تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ در گروه دیگری قرار می‌گیرند. مقادیر آب آبیاری، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه طی فصل رشد سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در جدول ۴ ارائه شده است. به طوری که مشاهده می‌شود مقدار آب آبیاری، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه در تیمار T₅₀ حداکثر و در تیمار T₁₂₅ حداقل است. لازم به ذکر است که علاوه بر خاک‌آب و پی‌آب به میزان ۱۵۰

جدول ۶. نتیجه عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و میزان روغن کلزا رقم اورنیت در سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۰

تیمار	عملکرد بذر کلزا رقم اکاپی (کیلوگرم درهکتار)			میزان روغن بذر کلزا رقم اکاپی (درصد)		
	I	II	III	I	II	III
T ₅₀	۳۰۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۴۴/۹۲	۴۴/۴۷	۴۵/۰۶
T ₇₅	۲۶۰۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۴۵/۹۹	۴۷/۱۷	۴۶/۰۶
T ₁₀₀	۲۰۰۰	۲۶۰۰	۳۲۰۰	۴۵/۸۰	۴۶/۱۲	۴۶/۷۴
T ₁₂₅	۲۰۰۰	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۴۵/۸۸	۴۶/۲۸	۴۶/۶۴

جدول ۷. مقدار آب آبیاری و تعداد آبیاری‌ها در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ برای رقم اورنیت

تیمارها	میزان آب آبیاری	تعداد آبیاری‌ها	میزان آب مصرفی کلزا طی فصل رشد (میلی‌متر)
T ₅₀	۲۳۵	۵	۸۲۰/۲ ^A
T ₇₅	۱۹۶	۴	۷۸۱/۲ ^{AB}
T ₁₀₀	۱۸۰	۳	۷۶۵/۲ ^{AB}
T ₁₂₅	۱۷۱	۲	۷۵۶/۲ ^B

کل بارش این سال نیز برابر ۴۳۵/۲ میلی‌متر بوده است. در جدول ۸ نیز مقادیر آب آبیاری در زمان‌های مختلف این سال زراعی برای هر تیمار نشان داده شده است.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان عملکرد و درصد روغن بذر کلزا رقم لیکورد در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ در جدول ۹ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر تیمارها بر عملکرد بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، به طوری که تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ با عملکرد ۳۶۶۷ و ۲۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حداکثر و حداقل عملکرد را تولید نموده‌اند. نتیجه مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که تأثیر تیمارها طوری بوده است که هرکدام در یک گروه مجزا قرار می‌گیرند. نتیجه تجزیه واریانس درصد روغن بذر نشان داد که تیمارهای مختلف اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر مقدار روغن بذر رقم لیکورد داشته‌اند به طوری که تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ با ۴۷/۶۳ و ۴۴/۶۰ درصد به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار درصد روغن بذر را ایجاد کرده‌اند. هم‌چنین نتیجه مقایسه میانگین‌های درصد روغن بذر

عملکرد ۳۱۳۳ و ۲۱۳۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حداکثر و حداقل عملکرد را تولید نموده‌اند. مقایسه میانگین‌های عملکرد بذر به روش دانکن، اختلافی را در سطح ۵ درصد نشان داد. به طوری که تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ در دو گروه متمایز و تیمارهای T₇₅ و T₁₀₀ در یک گروه قرار می‌گیرند. نتیجه تجزیه واریانس درصد روغن بذر نشان داد که تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری بر میزان روغن بذر رقم اورنیت داشته‌اند به طوری که تیمارهای T₅₀ و T₇₅ با ۴۶/۳۸ و ۴۴/۸۲ درصد به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار درصد روغن بذر را ایجاد کرده‌اند. میانگین‌های درصد روغن بذر در اثر تیمارهای مختلف آبیاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. به طوری که تیمار T₅₀ در یک گروه و بقیه تیمارها در گروه دیگری قرار گرفته‌اند. مقدار آب، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه در این سال زراعی در جدول ۷ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود مقدار آب آبیاری، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه در تیمار T₅₀ حداکثر و در تیمار T₁₂₅ حداقل است. مقدار آب آبیاری برای خاک‌آب و پی‌آب برابر ۱۵۰ میلی‌متر و مقدار

جدول ۸. مقادیر و تاریخ‌های آبیاری انجام شده برای هر تیمار به آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۰-۸۱

تیمار T ₁₂₅		تیمار T ₁₀₀		تیمار T ₇₅		تیمار T ₅₀	
تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب
۸۱/۲/۱۴	۸۵ میلی‌متر	۸۱/۲/۱۱	۵۰ میلی‌متر	۸۱/۲/۴	۴۰ میلی‌متر	۸۱/۱/۳۰	۴۰ میلی‌متر
۸۱/۳/۸	۸۶ میلی‌متر	۸۱/۲/۳۰	۶۵ میلی‌متر	۸۱/۲/۲۱	۴۵ میلی‌متر	۸۱/۲/۱۱	۴۵ میلی‌متر
		۸۱/۳/۴	۶۵ میلی‌متر	۸۱/۳/۲	۵۵ میلی‌متر	۸۱/۲/۲۱	۵۰ میلی‌متر
				۸۱/۳/۷	۵۶ میلی‌متر	۸۱/۲/۳۰	۵۰ میلی‌متر
						۸۱/۳/۶	۵۰ میلی‌متر
۱۷۱ میلی‌متر		۱۸۰ میلی‌متر		۱۹۶ میلی‌متر		کل آب: ۲۳۵ میلی‌متر	

جدول ۹. نتیجه عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و میزان روغن بذر کلزا رقم لیکورد در سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۲

تیمار	عملکرد بذر کلزا لیکورد (کیلوگرم در هکتار)			میزان روغن بذر کلزا رقم لیکورد (درصد)		
	I	II	III	I	II	III
T ₅₀	۴۰۰۰	۴۲۵۰	۲۷۵۰	۴۷/۰۰	۴۷/۸۵	۴۸/۰۵
T ₇₅	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۳۲۵۰	۴۷/۹۰	۴۷/۳۰	۴۷/۶۰
T ₁₀₀	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۲۵۰	۴۵/۶۰	۴۵/۵۰	۴۵/۷۰
T ₁₂₅	۲۵۰۰	۲۲۵۰	۲۰۰۰	۴۳/۷۰	۴۵/۵	۴۴/۶۰

ترتیب حداکثر و حداقل عملکرد را داشته‌اند. نتایج تحقیقات دادیور و همکاران (۳) در مورد همین رقم و با اعمال تیمارهای مشابه در اراک تفاوت معنی‌داری بین عملکرد بذر تیمارهای مختلف نشان داد، اما در این پژوهش نیز بین تیمارهای T₅₀ با T₇₅ (با حداکثر عملکرد) و تیمارهای T₁₀₀ با T₁₂₅ (با حداقل عملکرد) تفاوت معنی‌داری حاصل نشد (۳). بنابراین از نظر حداکثر و حداقل عملکرد رقم اکاپی در دو منطقه زرقان و اراک همخوانی نسبتاً مناسبی بین نتایج به دست آمده دیده می‌شود. از طرف دیگر نتیجه تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد روغن بذر در تیمارهای آبیاری رقم اکاپی در سال اول آزمایش اختلافی را در سطح ۵ درصد نشان داد به طوری که تیمارهای T₇₅ و T₁₀₀ به ترتیب با ۴۲/۵۰ و ۴۱/۶۶ درصد حداکثر و حداقل مقدار روغن را تولید کرده‌اند. در حالی که در تحقیق مشابه دادیور و همکاران (۳) در اراک بین درصد روغن بذر تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری دیده نشد، اما با این وجود

به روش دانکن نشان داد که تیمارهای T₅₀ و T₇₅ در یک گروه و تیمارهای T₁₀₀ و T₁₂₅ در گروه دیگری قرار می‌گیرند. مقدار آب، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه در این سال زراعی در جدول ۱۰ نشان داده شده است. به طوری که دیده می‌شود مقدار آب آبیاری، تعداد آبیاری‌ها و مقدار آب مصرفی گیاه در تیمار T₅₀ حداکثر و در تیمار T₁₂₅ حداقل است. مقدار آب آبیاری برای خاک‌آب و پی‌آب برابر ۱۵۰ میلی‌متر و مقدار کل بارش این سال نیز برابر ۲۸۶/۵ میلی‌متر بوده است. در جدول ۱۱ نیز مقادیر آب آبیاری در زمان‌های مختلف این سال زراعی برای هر تیمار نشان داده شده است.

بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر عملکرد بذر رقم اکاپی در سال اول معنی‌دار نگردید، اما تیمار T₇₅ با عملکرد ۲۶۷۸ و تیمار T₁₀₀ با عملکرد ۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار به

جدول ۱۰. مقدار آب آبیاری و تعداد آبیاری‌ها در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ برای رقم لیکورد

تیمارها	میزان آب آبیاری (میلی‌متر)	تعداد آبیاری‌ها	میزان آب مصرفی کلزا طی فصل رشد (میلی‌متر)
T ₅₀	۲۵۰	۶	۶۸۶/۵۰
T ₇₅	۲۰۶	۴	۶۴۲/۵۰
T ₁₀₀	۱۸۷	۳	۶۲۳/۵
T ₁₂₅	۱۵۳	۲	۵۸۹/۵۰

جدول ۱۱. مقادیر و تاریخ‌های آبیاری انجام شده برای هر تیمار در آزمایش در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱

تیمار T ₁₂₅		تیمار T ₁₀₀		تیمار T ₇₅		تیمار T ₅₀	
تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب	تاریخ	مقدار آب
۸۲/۱/۱۹	۳۰ میلی‌متر	۸۲/۱/۳۱	۵۴ میلی‌متر	۸۲/۱/۲۴	۵۷ میلی‌متر	۸۲/۱/۱۹	۳۰ میلی‌متر
۸۲/۱/۳۱	۴۸ میلی‌متر	۸۲/۲/۱۸	۶۹ میلی‌متر	۸۲/۲/۱۰	۴۰ میلی‌متر	۸۲/۱/۳۱	۴۸ میلی‌متر
۸۲/۲/۱۰	۲۹ میلی‌متر	۸۲/۳/۴	۶۴ میلی‌متر	۸۲/۲/۲۳	۵۲ میلی‌متر	۸۲/۲/۱۰	۲۹ میلی‌متر
۸۲/۲/۱۸	۴۰ میلی‌متر			۸۲/۲/۲۸	۵۷ میلی‌متر	۸۲/۲/۱۸	۴۰ میلی‌متر
۸۱/۲/۲۸	۴۴ میلی‌متر					۸۱/۲/۲۸	۴۴ میلی‌متر
۸۲/۳/۴	۵۹ میلی‌متر					۸۲/۳/۴	۵۹ میلی‌متر
کل آب: ۲۵۰ میلی‌متر		۱۸۷ میلی‌متر		۲۰۶ میلی‌متر		۱۵۳ میلی‌متر	

سال دوم حداکثر و حداقل مقدار درصد روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₇₅ و T₅₀ و در سال سوم حداکثر و حداقل مقدار درصد روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ به دست آمد. در صورتی که در تحقیق انجام شده در زابل، تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر مقدار درصد روغن بذر رقم هیولا ۳۰۸ معنی‌دار نشد، ولی حداکثر و حداقل مقدار درصد روغن بذر به ترتیب در تیمارهای T₉₀ و T₁₈₀ به دست آمد (۵). به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که رقم اکاپی با تیمار T₇₅ و ارقام اورنیت و لیکورد با تیمار T₅₀ حداکثر عملکرد بذر را تولید نمودند. در حالی که میزان روغن بذر حاصل از اعمال این تیمارها کمتر از میزان روغن بذر در تیمارهای دیگر بود. یعنی با کاهش مقدار آب آبیاری، درصد روغن بذر درحد کم‌تر از یک درصد افزایش یافت. البته رقم اکاپی از این روند تبعیت نکرد، یعنی با افزایش مقدار آب آبیاری درصد روغن به

تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ به ترتیب با ۴۶/۹۸ و ۴۵/۹۱ درصد حداکثر و حداقل مقدار روغن را تولید کردند. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر عملکرد بذر ارقام اورنیت و لیکورد در سال‌های دوم و سوم آزمایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد، به طوری که در هر دو سال حداکثر و حداقل عملکرد به ترتیب در تیمارهای T₅₀ و T₁₂₅ به دست آمد. در تحقیق انجام شده روی کلزای رقم هیولا ۳۰۸ در زابل نیز حداکثر و حداقل عملکرد به ترتیب در تیمارهای با کمترین و بیشترین مقدار تبخیر جمعی از تشتک کلاس A (۹۰ و ۲۱۰ میلی‌متر) به دست آمد (۵). بنابراین نتایج به دست آمده از این دو تحقیق با یکدیگر مشابه می‌باشد. از طرف دیگر نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر مقدار درصد روغن بذر ارقام اورنیت و لیکورد در سال‌های دوم و سوم آزمایش به ترتیب در سطح ۵ و یک درصد معنی‌دار شد، به طوری که در

با توجه به کل بارش ۲۱۸/۹ میلی‌متر در طی فصل رشد، شرایط پتانسیل برقرار نبوده و تنش رطوبتی در مواقعی از فصل رشد رخ داده است. در سال دوم آزمایش آب مصرفی کلزا در تیمار T₅₀ بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد (حدود ۸۲۰ میلی‌متر). هم‌چنین آب مصرفی سایر تیمارها نیز بیشتر از تبخیرتغرق پتانسیل محاسبه شده کلزا در این سال (۷۰۹ میلی‌متر) می‌باشد، بنابراین در این سال در هیچ کدام از تیمارها تنش رطوبتی رخ نداده است. یکی از دلایل مهم این موضوع وقوع بارش قابل توجه ۴۳۵/۲ میلی‌متر در طی فصل رشد بوده است. در سال سوم آزمایش نیز آب مصرفی کلزا در تیمار T₅₀ بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد (حدود ۶۸۷ میلی‌متر). بنابراین حتی در این تیمار نیز با توجه به کل بارش ۲۸۶/۵ میلی‌متر در طی فصل رشد، شرایط پتانسیل برقرار نبوده و تنش رطوبتی در مواقعی از فصل رشد رخ داده است.

برای تعیین برنامه مناسب آبیاری کلزا، اگر تیمار T₅₀ برای ارقام اورنیت و لیکورد در نظر گرفته شود، دور آبیاری برای اعمال این تیمارها بین ۱۰ تا ۱۲ روز است که برای خاک لوم رسی سیلتی زرقان دوری مناسب است. از آنجا که نیاز آبی گندم و کلزا تقریباً مشابه است و دور مرسوم آبیاری گندم در منطقه زرقان بین ۸ تا ۱۰ روز است، بنابراین با دور تعیین شده برای کلزا تقریباً تطابق دارد. هم‌چنین از آنجا که میانگین ۲۵ ساله بارندگی در منطقه زرقان ۳۴۰ میلی‌متر است، بنابراین با در نظر گرفتن این مقدار بارش، ترتیب اولویت توصیه‌ای برای کشت کلزا در این منطقه به صورت لیکورد، اورنیت و اکاپی می‌باشد.

اندازه ۰/۳۷ درصد نسبت به کاهش آب افزایش یافته است. از نظر بررسی و تعیین عکس‌العمل سه رقم مورد مطالعه به تیمارهای آبیاری، می‌توان اولویت توصیه‌ای: لیکورد، اورنیت و اکاپی را در نظر گرفت.

از دیگر اهداف طرح، تعیین میزان آب مصرفی کلزا و تعیین برنامه مناسب آبیاری برای این گیاه در منطقه زرقان در استان فارس بود. لازم به ذکر است که چون طی سه سال آزمایش از سه رقم مختلف (هرسال یک رقم) استفاده شده است، نمی‌توان عمل میانگین‌گیری را برای تعیین آب مصرفی این گیاه انجام داد، بنابراین نتیجه هرسال آزمایش برای رقمی که مورد مطالعه قرار گرفته، صادق می‌باشد. برای محاسبه آب مصرفی گیاه، مقادیر آب آبیاری در شروع کشت، میزان بارندگی سالانه و مقادیر آب آبیاری مربوط به هر تیمار در طی فصل رشد، مبنای محاسبه قرار گرفته است. مقدار بارش طی سه سال آزمایش به ترتیب برابر ۲۱۸/۹، ۴۳۵/۲ و ۲۸۶/۵ میلی‌متر بوده است. در صورتی که در تحقیق انجام شده در منطقه کبوترآباد اصفهان تبخیرتغرق پتانسیل کلزای رقم طلایه در طی فصل رشد ۲۱۵ روز به روش لایسیمتری برابر ۵۷۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است (۲). مقدار تبخیرتغرق پتانسیل محاسبه شده کلزا در سال‌های اول تا سوم این آزمایش در منطقه زرقان بر اساس ضریب گیاهی و تخمین تبخیرتغرق پتانسیل گیاه مرجع به روش پنمن مانیتیت (۷)، به ترتیب برابر ۷۴۰، ۷۰۹ و ۷۰۰ میلی‌متر برای دوره رشد ۲۴۰ روز به دست آمد. در سال اول آزمایش آب مصرفی کلزا در تیمار T₅₀ بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد (حدود ۶۹۹ میلی‌متر). بنابراین حتی در این تیمار نیز

منابع مورد استفاده

۱. بصیری، ع. ۱۳۷۳. طرح‌های آماری در علوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز، چاپ ششم.
۲. حقیقت، ا. ۱۳۸۲. تعیین تبخیر و تغرق پتانسیل کلزا در شرایط استاندارد (به روش لایسیمتری). مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۱۰۳۰ تا ۱۰۳۱، دانشگاه گیلان.
۳. دادپور، م.، م. ع. خودشناس، ژ. وزیری و ج. قدبیکلو. ۱۳۸۲. اثرات تنش آب بر عملکرد و اجزای آن در کلزا. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۱۰۳۵ تا ۱۰۳۶، دانشگاه گیلان.

۴. فنایی، ح. ر.، غ. ع. کیخا، ح. اکبری مقدم، ش. ع. کوهکن، ح. رستمی و س. س. مدرس نجف‌آبادی. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنش رطوبتی (قطع آب) در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا در منطقه سیستان. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۹۷۰ تا ۹۷۲، دانشگاه گیلان.
۵. کیخا، غ. ع.، ع. جهانبین، ح. ر. فنایی، ش. ع. کوهکن، ح. اکبری مقدم، ح. رستمی و س. س. مدرس نجف‌آبادی. ۱۳۸۲. بررسی اثر دور و عمق آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در منطقه سیستان. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۱۰۸۴ تا ۱۰۸۷، دانشگاه گیلان.
۶. ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، کرج.
7. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper, No. 56, FAO, United Nations, Rome, Italy.
8. Al-Jaloud, A. A., G. Hussian, S. Karimulla and A. H. Al-Hamidi. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on yield components of two rapeseed cultivars. *Agric. Water Manag.* 30: 57-68.
9. Anderson, R. L., D. L. Tanaka and S. D. Merrill. 2003. Yield and water use of broadleaf crops in a semiarid climate. *Agric. Water Manag.* 58: 255-266.
10. Banuelos, G. S., D. R. Bryla and C. G. Cook. 2002. Vegetative production of Canola under irrigation in central California. *Indust. Crops and Prod.* 15: 237-245.
11. Bhan, S., M. Balaraju and V. Ram. 1980. Water use, yield and quality of rapeseed as influenced by spacing, irrigation and time of harvest when raised in a multiple-cropping system. *Indian J. Agric. Sci.* 50: 760-763.
12. Calisir, S., T. Marakoglu, H. Ogut and O. Ozturk. 2005. Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). *J. Food Eng.* 69: 61-66.
13. Clark, J. M. and G. M. Simpson. 1977. Leaf osmotic potential as an indicator of crop water deficit and irrigation need in rapeseed (*B. napus*). *Agric. Water Manag.* 1: 351-356.
14. McKenzie, R. H. 1996. Fertilizer Irrigated Grain and Oilseed Crops. Alberta Agric. Food and Rural Develop Pub., Canada.
15. Miller, P., H. Culforth, B. Mcconkey and M. Entz. 1998. How thirsty are canola and mustard? *Semiarid Prairie Agric. Res. Center. Res., Newsletter NO: 4.*
16. Munoz, F. I. and J. L. M. Fernandez. 1979. Effect of different levels of irrigation on the yield of a crop of rapeseed (*B. napus*, 2., var. Midas) in south-east Spain. *Proceed. 5th Inter. Rapeseed Conf.* 1: 254-256.
17. Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *Europ. J. Agron.* 19: 453-463.