

تعیین دور و عمق مناسب آبیاری کلزا به روش تشت تبخیر در استان بوشهر

مهرداد نوروزی^{۱*} و مختار زلفی باوریانی^۲^۱،^۲ اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹)

چکیده

تحقیق حاضر به منظور تعیین دور و عمق مناسب آبیاری کلزا در استان بوشهر انجام گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار دور آبیاری بر اساس ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A طی دو سال زراعی (۸۱-۱۳۸۰) و (۸۲-۱۳۸۱) در مرکز تحقیقات کشاورزی استان بوشهر با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک اجراء گردید. طبق نتایج بدست آمده با افزایش فواصل آبیاری، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب کاهش پیدا کرد اما درصد روغن دانه تغییرات معنی‌داری پیدا نکرد. دوره‌های آبیاری متناسب با ۵۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت از لحاظ تأثیر بر عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از آنجا که دور آبیاری بر اساس ۷۰ میلی‌متر به دلیل مصرف کمتر آب و تعداد آبیاری کمتر بر تیمار ۵۰ میلی‌متر ارجحیت دارد، لذا برای حصول حدود ۱/۲ تن در هکتار دانه کلزا و ۵۴۵ کیلوگرم در هکتار روغن کلزا و کارایی مصرف آب ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط آب و هوایی استان بوشهر، تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به عنوان دور آبیاری مناسب کلزا توصیه گردید. کل آب مصرفی کلزا در طول فصل رشد شامل (آب آبیاری و باران مؤثر) ۵۶۱ میلی‌متر بود. لذا برای آبیاری کلزا با فرض ناچیز بودن بارندگی در طول فصل رشد حداقل ۱۰ نوبت آبیاری به فواصل ۱۰ تا ۲۰ روز و در هر وعده ۵۰ میلی‌متر آب لازم است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، کلزا، عملکرد، تشت تبخیر

مقدمه

تعیین شده است (Francois, 1994) و جزء گیاهان نسبتاً مقاوم به شوری به شمار می‌رود (Mass and Hoffman, 1977). لذا در مناطقی مانند استان بوشهر که شوری منابع آب و خاک عامل محدود کننده تولید است، می‌توان کلزا را با محصولاتی که نسبت به شوری حساس هستند، جایگزین نمود و یا به تناوب گذاشت.

از طرفی کلزا گیاهی است که در سراسر دوره رشد خود به آب کافی و هوای خنک احتیاج دارد (Azizi et al., 1997). گرما و کمبود رطوبت از عوامل اصلی محدودیت تولید کلزا در مناطق خشک به شمار می‌رود و گرمای زودهنگام در مرحله گلدهی باعث عقیم ماندن گل‌ها و افت شدید عملکرد می‌شود (Angadi et al., 2000; Nuttal et al., 1992). لذا کشت آن در مناطق گرمسیری در ماه‌های خنک سال امکان‌پذیر است (Angadi et al., 1999; Brandt and McGregor, 1997).

تحقیقات انجام شده در کانادا نشان می‌دهد که بین عملکرد دانه و درجه حرارت یک رابطه رگرسیون خطی وجود دارد. بطوریکه به ازای یک درجه افزایش در میانگین دمای روزانه در طول مراحل گلدهی و رسیدگی، ۱۸۸ kg/ha (حدود ۰.۵٪ عملکرد

گیاهان روغنی از جمله محصولات کشاورزی هستند که روغن بدست آمده از آن‌ها در تغذیه انسان و کنجاله آن‌ها در تأمین خوراک دام و طیور دارای اهمیت زیادی هستند (Weiss, 2000). در این میان دانه‌های کلزا (*Brassica Napus L.*) حاوی ۴۲٪ روغن و کنجاله آن حاوی ۲۱٪ پروتئین و به دلیل داشتن چربی اشباع کم و کم‌خطر بودن آن برای سلامت انسان، یکی از بهترین روغن‌های خوراکی مورد استفاده انسان (Francois, 1994) و به عنوان سومین منبع مهم روغن خوراکی دنیا بعد از سویا و نخل روغنی به شمار می‌رود (Downey and Rimmer, 1993). کلزا گیاهی است پهن‌برگ که می‌تواند در تناوب با سایر گیاهان زراعی مخصوصاً غلات قرار بگیرد و در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مزارع و افزایش عملکرد این گیاهان مؤثر باشد (Anderson et al., 1999; Lafond et al., 1992; Zenter et al., 2000).

آستانه تحمل این گیاه به شوری (حداکثر شوری عصاره اشباع خاک که در آن افت عملکرد اتفاق نمی‌افتد) ۹/۷dS/m

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: Nowroozzi50@yahoo.com

پتانسیل) افت عملکرد اتفاق می‌افتد (Brandt and McGregor, 1997).

از میان مراحل رشد کلزا حساسترین زمان به کمبود رطوبت مرحله گلدهی و اوایل غلاف‌بندی است (Brandt and McGregor, 1997; Nielson, 1997; Rao and Mendham, 1991). آبیاری به موقع کلزا تعداد غلاف را در اثر طولانی کردن مرحله گلدهی افزایش می‌دهد و نیز تعداد دانه در غلاف در اثر وجود سطح برگ بیشتر در زمان گلدهی افزایش پیدا می‌کند (Azizi et al., 1997). زیرا عرضه بیشتر مواد فتوسنتزی در اثر سطح برگ بیشتر باعث همبستگی مثبت بین تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف می‌شود (Rao and Mendham, 1991; Scarisbrick and Daniels, 1986).

در مناطق شمالی کانادا نتایج مطالعات نشان می‌دهد برای اینکه کلزا به مرحله گلدهی برسد، حداقل ۱۲۷ میلی‌متر آب لازم دارد. پس از آن به ازای هر میلی‌متر بارندگی ۶/۹ تا ۷/۲ کیلوگرم در هکتار دانه تولید می‌شود (Johnston et al., 2002). اساساً آب مورد نیاز کلزا به شرایط آب و هوایی، خاک، رقم و مدیریت زراعی محصول بستگی دارد (Dadivar et al., 2003).

درخصوص نیاز آبی کلزا گزارش‌های متفاوتی در نقاط مختلف ایران و جهان وجود دارد. مثلاً در منطقه Lethbridge کانادا بین ۴۵۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر، در نواحی Canadian Prairies بین ۳۸۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر و در مناطق دیگری از کانادا بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر گزارش شده است (نقل از: Goosheh et al., 2004).

در تحقیقات انجام شده در دانشگاه ساسکاچوان کانادا، میزان آب مورد نیاز کلزا ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر تعیین شده است (Dadivar et al., 2003). با مطالعات لایسیمیتری انجام شده در اصفهان میزان تبخیر و تعرق پتانسیل کلزا در شرایط استاندارد برای عملکردی معادل ۳/۳ تن در هکتار ۵۷۸ میلی‌متر برآورد شده است (Haghighat, 2003). در شرایط آب و هوایی نیمه جنوبی استان خوزستان نیاز آبی کلزا برای حصول ۱/۵ تا ۲ تن در هکتار دانه کلزا ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (Goosheh et al., 2004). در شرایط آب و هوایی استان زنجان برای حصول ۳/۶ تن در هکتار دانه کلزا، مصرف ۵۴۰mm آب با دور آبیاری بر اساس ۷۵mm تبخیر از تشتت کلاس A پیشنهاد شده است (Esmaeeli et al., 2009). در استان آذربایجان شرقی نیز میزان آب مورد نیاز کلزا ۶۰۴mm گزارش شده است (Farajnia, 2004).

میزان عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی تحت عنوان بهره‌وری آب (Water Productivity) از جمله

شاخص‌هایی است که در تحقیقات آبیاری مناطق خشک بررسی می‌شود و مبنای انتخاب گزینه برتر قرار می‌گیرد. بر اساس تحقیقات به عمل آمده هرچند ارقام مختلف کلزا در شرایط تنش خشکی می‌توانند از بهره‌وری آب بالایی برای تولید ماده خشک برخوردار باشند، اما این توانایی در تبدیل ماده خشک تولیدی به روغن کاهش پیدا می‌کند (Vafamanesh et al., 2009).

کارایی مصرف آب کلزای دیم مناطق نیمه مرطوب Canadian Prairies که هوا به اندازه مطلوب خنک و مرطوب است، بین ۰/۸۳ تا ۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب و در مناطق نیمه خشک آن بین ۰/۶۹ تا ۰/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Johnston et al., 2002).

بدون شک علاوه بر مدیریت آبیاری از راهکارهای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب کلزا، مدیریت دیگر نهاده‌های تولید از قبیل کود و بذر و عملیات زراعی بهینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان مدیریت آبیاری به معنی آبیاری به موقع و به قدر کفایت، یکی از اقدامات مهم در عملیات زراعی است که مبتنی بر برنامه‌ریزی صحیح آبیاری (تعیین دور و عمق مناسب آبیاری) می‌باشد (Alizadeh, 1995) و استفاده از تشت تبخیر کلاس A، یکی از روش‌های معمول برنامه‌ریزی آبیاری است (Sentelhas and Folgatti, 2003). با توجه به کمبود آب قابل دسترس در کشور و بالاخص مناطق جنوبی، ارزش غذایی بالای کلزا و نقش مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد آن، تحقیق حاضر به منظور تعیین دور و عمق مناسب آبیاری کلزا در شرایط آب، خاک و اقلیم استان بوشهر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر (طول جغرافیائی ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض ۲۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی با ارتفاع حدود ۱۱۰ متر از سطح دریا) اجراء گردید. بافت خاک مزرعه لوم شنی، رطوبت نقطه ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب ۲۴/۷ و ۹/۲ درصد حجمی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۶ گرم بر سانتیمترمکعب بود.

شوری عصاره اشباع، اسیدیتته، درصد مواد خنثی شونده و درصد مواد آلی آن به ترتیب ds/m ۶/۳، ۷/۹، ۶۰ درصد و ۵۲ درصد بود.

برخی از خصوصیات شیمیایی آب که قبل از اجرای آزمایش تعیین شدند به شرح جدول (۱) می‌باشد:

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیائی آب مورد استفاده

SAR	Na ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	EC dS/m
			meq/l				
۲/۸	۱۲	۳۷	۳۶	۸/۵	۴/۵	۷/۶	۳/۴

توسعه ریشه کلزا بسته به نوع خاک، میزان رطوبت، دما، شوری و ساختمان خاک متغیر است و عواملی مانند بالا بودن سطح ایستایی، تراکم خاک، دمای پایین، لایه نمکی و رقابت علف‌های هرز نفوذ ریشه را محدود می‌کند (Thomas, 2003). اندازه‌گیری‌های مبتنی بر پخش نوترون نشان داده است که کلزا به دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای راست می‌تواند آب را از عمق ۱۶۵ سانتیمتر استخراج کند، ولی ۹۲ تا ۹۵ درصد آب مصرف شده در طول فصل رشد، از عمق ۱۲۰-۰ سانتیمتر دریافت می‌شود (Nielsen, 1997).

از آنجا که هیچگونه اطلاعاتی درخصوص عمق ریشه کلزا در منطقه مورد مطالعه وجود نداشت، با توجه به منابع موجود (Agrichem, 2007) عمق ریشه در مرحله دانه‌ال (seedling) ۲۰ سانتیمتر، در مرحله سبز شدن (Rosette) ۳۵ سانتیمتر، در مرحله توسعه ساقه و غنچه‌دهی (Bud) ۸۵ سانتیمتر، در مرحله گلدهی (Flowering) ۱۲۵ سانتیمتر و در مرحله پایانی و رسیدگی (Ripening) ۱۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. با این وجود کوتاه شدن دوره رشد گیاه به دلیل گرم شدن هوا از اوایل ماه فروردین باعث می‌گردد تا رشد و توسعه ریشه گیاه در مراحل انتهایی نسبت به شرایط بدون محدودیت کمتر باشد. بطوریکه با حفر پروفیل در پایان فصل رشد، حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه در مرحله رسیدگی حدود ۸۰ تا ۹۵ سانتیمتر بدست آمد.

با توجه به الگوی فرضی قریب به واقعیت جذب آب و مواد غذایی بصورت ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درصد از لایه‌های چهارگانه پروفیل توسعه ریشه گیاه، دو لایه فوقانی که در آن ۷۰ درصد جذب اتفاق می‌افتد، به عنوان عمق ریشه مؤثر تعیین گردید. براین اساس عمق مؤثر ریشه کلزا از حدود ۱۵ سانتیمتر در مرحله دانه‌ال و رشد اولیه تا حداکثر ۷۰ سانتیمتر در مرحله رسیدگی برای تعیین عمق آب آبیاری در نظر گرفته شد.

از ابتدا تا انتهای فصل زراعت، نسبت به ثبت روزانه اطلاعات هواشناسی شامل تبخیر از تشت، دمای حداقل، دمای حداکثر و میزان بارندگی اقدام می‌گردید که در جدول (۲) بصورت ماهیانه درج گردیده است.

تبخیر تجمعی از تشت زمان فرارسیدن آبیاری در هر کدام از تیمارهای دور آبیاری را مشخص می‌کرد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در محل آزمایش میزان تخلیه

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار دور آبیاری بر اساس ۵۰، ۷۰، ۹۰، ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A طی دو سال زراعی (۸۲-۱۳۸۰) بر روی رقم ساریگل کلزا اجراء گردید. رقم مورد اشاره بهاره، زردگل، پاکوتاه و مقاوم به ورس می‌باشد. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک، مرزبندی کرت‌های آزمایشی و کوددهی چند روز قبل از کاشت بذر انجام شد. دو روز قبل از کاشت بذر، همه کرت‌ها بطور یکسان و به میزان ۶۰ میلی‌متر آبیاری شدند. روش کاشت جوی و پشته‌ای و مساحت هر کرت آزمایشی (۲۲/۵ = ۴/۵ × ۵) مترمربع شامل ۶ پشته به فاصله ۷۰ سانتیمتر بود که روی هر پشته دو ردیف بذر قرار داشت. پس از سبز شدن عمل تنک به گونه‌ای انجام شد که فاصله بین بوته‌ها حدود ۵ سانتیمتر شود. فاصله بین کرت‌ها ۲ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد.

کودهای شیمیایی مورد نیاز براساس آزمون خاک شامل ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم قبل از کشت محاسبه و بطور یکسان مصرف گردید. ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره طی دو مرحله در زمان قبل از کاشت و مرحله خروج از رزت بطور یکسان در همه کرت‌ها مصرف شد.

عمق آب آبیاری (IW) در هر وعده با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$IW = \frac{(\theta_f - \theta) \times \rho \times D}{(1 - LR)Ea} \quad (1)$$

که در آن $(\theta_f - \theta)$ تفاوت رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی و زمان آبیاری (درصد وزنی)، ρ چگالی نسبی ظاهری خاک (بدون بعد) و D عمق مؤثر ریشه (سانتیمتر)، LR نیاز آبشویی و Ea راندمان آبیاری می‌باشد. از آنجا که هدایت آب به کرت‌های آزمایشی با استفاده از نوله‌های انعطاف‌پذیر (شینلنگ) انجام می‌شد و سرعت جریان به گونه‌ای بود که نفوذ در ابتدا و انتهای جوی تقریباً یکسان و توزیع رطوبت یکنواخت باشد، راندمان آبیاری صددرصد فرض گردید.

برای محاسبه LR از رابطه زیر استفاده گردید:

$$LR = \frac{EC_{IW}}{5(EC_e) - EC_{IW}} \quad (2)$$

که در آن، EC_{IW} و EC_e به ترتیب شوری آب آبیاری و شوری عصاره اشباع خاک برحسب dS/m می‌باشد.

اندازه‌گیری شده کمتر از مقادیر فوق بود. بارندگی مؤثر با استفاده از رابطه ۳ که روش اداره احیاء اراضی آمریکا (USBR) می‌باشد محاسبه گردید.

$$P_{\text{eff}} = P_t (125 - 0.2P_t) / 125 \quad (3)$$

که در آن P_{eff} بارندگی مؤثر (mm) و P_t بارندگی کل (mm) می‌باشد.

رطوبت در تیمارهای دور آبیاری به ترتیب معادل ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد آب قابل دسترس (AW) بدست آمد. برای آبیاری متناسب با تیمارهای آبیاری، از کنتور حجمی استفاده گردید. به دلیل تقارن فصل زراعت کلزا با فصل بارندگی بخشی از آب آبیاری مورد نیاز گیاه از طریق بارندگی مؤثر تأمین می‌شد. لذا هنگام آبیاری مخصوصاً در دوره رویشی، میزان تخلیه رطوبت

جدول ۲-دماهای حداقل و حداکثر (درجه سانتیگراد)، میزان بارندگی، باران مؤثر و تبخیر ماهانه (میلی‌متر) در فصل رشد کلزا طی سال‌های ۸۲-۱۳۸۰

سال ۱۳۸۱-۸۲					سال ۱۳۸۰-۸۱					
باران مؤثر (mm)	بارندگی (mm)	تبخیر (mm)	دمای حداکثر (C°)	دمای حداقل (C°)	باران مؤثر (mm)	بارندگی (mm)	تبخیر (mm)	دمای حداکثر (C°)	دمای حداقل (C°)	
۴۹/۰	۵۳/۵	۱۵۵/۷	۲۴	۱۲/۱	۶۷/۰	۷۶/۳	۱۶۸/۰	۲۵	۱۴/۵	آذر
۴۲/۶	۴۶/۰	۱۳۵/۵	۱۹/۸	۷/۶	۲۴/۸	۲۵۹	۱۱۷/۷	۲۱	۹/۶	دی
۶۲/۳	۷۶/۷	۱۳۵/۴	۲۰/۹	۸/۹	۲۹/۵	۳۱/۰	۱۱۰/۹	۲۰/۵	۷/۴	بهمن
۲۴/۰	۲۵/۰	۱۵۴/۹	۲۵/۶	۱۱/۵	۲۴/۹	۲۶/۰	۱۲۹/۶	۲۳/۷	۹/۳	اسفند
-	۱/۸	۲۲۱/۳	۳۳/۶	۱۷/۷	۱۷/۹	۱۸/۵	۱۶۱/۶	۳۰/۴	۱۸	فروردین
۱۸۰/۰	۲۰۳/۰	۸۰۳/۰	-	-	۱۶۴/۰	۴۱۰/۸	۶۸۸/۰	-	-	جمع

در خاک طبق تعریف تیمارها می‌باشد. بر اساس جداول (۲)، (۳) و (۴) مقدار آب مصرفی (شامل آب آبیاری و بارندگی مؤثر)، تعداد دفعات آبیاری و دور آبیاری در تیمارهای مختلف در دو سال آزمایش به صورت جدول (۵) ارائه گردیده است.

عملکرد و کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه (kg/ha)، درصد روغن (٪)، عملکرد روغن (kg/ha) و کارایی مصرف آب (kg.m⁻³) طی سال‌های زراعی (۸۱-۱۳۸۰) و (۸۲-۱۳۸۱) به ترتیب در جداول (۶) و (۷) ارائه شده است. با توجه به جدول (۶) اختلاف بین تیمارهای سطوح آبیاری در سال اول از نظر عملکرد دانه و عملکرد روغن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد اما از نظر درصد روغن و کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. تیمارهای دور آبیاری در سال دوم از نظر عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار دارند ولی از نظر درصد روغن تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب در دو سال با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ در جداول (۸) و (۹) ارائه شده است. با توجه به جدول ۸ بیشترین عملکرد دانه (۱۱۹۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۵۳۴/۷ کیلوگرم در هکتار) در سال اول مربوط به تیمار آبیاری اول (I1) است که اختلاف آن با تیمارهای I2 و I3 معنی‌دار نیست ولی با تیمار I4 اختلاف معنی‌دار دارد.

عملیات داشت از قبیل حذف علف‌های هرز بصورت دستی انجام گردید. در پایان پس از حذف حاشیه‌های هر کرت آزمایشی از ناحیه‌ای به مساحت ۵ مترمربع عمل برداشت انجام گردید. پس از جداسازی دانه، عملکرد دانه در تیمارهای مختلف تعیین شد. از تقسیم میزان عملکرد دانه بر حجم آب مصرفی کارایی مصرف آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. حدود ۲۰۰ گرم دانه جهت تعیین درصد روغن به آزمایشگاه ارسال شد و در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

مقدار آب مصرفی

زمان و میزان آبیاری در تیمارهای مختلف در دو سال زراعی (۸۲-۱۳۸۰) بصورت جداول (۳) و (۴) تنظیم گردیده است. در این جداول مراحل مختلف رشد گیاه شامل دانهال (seedling)، سبز شدن (Rosette)، توسعه ساقه و غنچه‌دهی (Bud)، گلدهی (Flowering) و مرحله پایانی و رسیدگی (Ripening) مشخص شده است.

تاریخ‌هایی که میزان آبیاری صفر منظور شده است بیانگر این است که در این تاریخ‌ها زمان آبیاری بر اساس تعریف تیمارها فرا رسیده اما آب مورد نیاز توسط بارندگی تأمین شده است. علامت منفی اعداد در زمان برداشت بیانگر آب آبیاری باقیمانده

جدول ۳- زمان و میزان آبیاری در مراحل مختلف رشد کلزا در سال زراعی اول (۸۱-۱۳۸۰)

I4 (E=110mm)		I3 (E= 90mm)		I2 (E=70 mm)		I1 (E= 50 mm)		
میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری	میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری	میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری
۶۰	آبیاری اولیه	۸۰/۸/۲۴	۶۰	آبیاری اولیه	۸۰/۸/۲۴	۶۰	آبیاری اولیه	۸۰/۸/۲۴
-	کاشت بذر	۸۰/۸/۲۶	-	کاشت بذر	۸۰/۸/۲۶	-	کاشت بذر	۸۰/۸/۲۶
۴۰	Seedling	۸۰/۹/۳	۴۰	Seedling	۸۰/۹/۳	۴۰	Seedling	۸۰/۹/۳
۱۵	Rosette	۸۰/۹/۱۰	۱۵	Rosette	۸۰/۹/۱۰	۱۵	Rosette	۸۰/۹/۱۰
۳۰	Bud	۸۰/۱۰/۲	۴۶/۵	Bud	۸۰/۹/۲۸	۴۴	Rosette	۸۰/۹/۱۹
۰	Bud	۸۰/۱۰/۳۰	۰	Bud	۸۰/۱۰/۱۸	۰	Bud	۸۰/۹/۲۹
۴۸	Flower	۸۰/۱۱/۳۰	۵۰	Bud	۸۰/۱۱/۱۶	۰	Bud	۸۰/۱۰/۱۰
۴۵	Ripening	۸۰/۱۲/۲۶	۴۸	Flower	۸۰/۱۲/۸	۵۳	Bud	۸۰/۱۰/۲۱
-۱۴	برداشت	۸۰/۱۱/۱۷	۵۴/۵	Ripening	۸۰/۱۲/۲۸	۵۱	Flower	۸۰/۱۱/۷
۲۲۴	کل آب آبیاری		-۲۰	برداشت	۸۱/۱۱/۱۷	۶۰	Flower	۸۰/۱۱/۲۱
			۲۹۴	کل آب آبیاری		۶۵	Ripening	۸۱/۱۱/۷
						-۳۰	برداشت	۸۰/۱۱/۲۳
						۲۵۸	کل آب آبیاری	
						۳۵	Flower	۸۰/۱۲/۳
						۴۵	Flower	۸۰/۱۲/۱۵
						۳۵	Ripening	۸۰/۱۲/۲۶
						۴۰	Ripening	۸۰/۱/۷
						۴۰	Ripening	۸۰/۱/۱۷
						-۳۰	برداشت	۸۰/۱/۲۳
						۳۶۵	کل آب آبیاری	

جدول ۴- زمان و میزان آبیاری در مراحل مختلف رشد کلزا در سال زراعی دوم (۸۲-۱۳۸۱)

I4 (E=110mm)		I3 (E= 90mm)		I2 (E=70 mm)		I1 (E= 50 mm)		
میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری	میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری	میزان آبیاری (mm)	مرحله رشد	تاریخ آبیاری
۶۰	آبیاری اولیه	۸۱/۸/۲۶	۶۰	آبیاری اولیه	۸۱/۸/۲۶	۶۰	آبیاری اولیه	۸۱/۸/۲۶
-	کاشت بذر	۸۱/۸/۲۸	-	کاشت بذر	۸۱/۸/۲۸	-	کاشت بذر	۸۱/۸/۲۸
۳۵	Seedling	۸۱/۹/۵	۳۵	Seedling	۸۱/۹/۵	۳۵	Seedling	۸۱/۹/۵
۲۰	Rosette	۸۱/۹/۱۲	۲۰	Rosette	۸۱/۹/۱۲	۲۰	Rosette	۸۱/۹/۱۲
۶۰	Bud	۸۱/۱۰/۵	۵۵	Bud	۸۱/۱۰/۱	۴۰	Rosette	۸۱/۹/۲۲
۶۳	Bud	۸۱/۱۰/۲۹	۵۸	Bud	۸۱/۱۰/۲۰	۴۰	Bud	۸۱/۱۰/۴
۶۵	Flower	۸۱/۱۱/۲۵	۰	Bud	۸۱/۱۱/۱۱	۳۰	Bud	۸۱/۱۰/۱۶
۸۰	Ripening	۸۱/۱۲/۱۸	۵۰	Flower	۸۱/۱۱/۳۰	۳۵	Bud	۸۱/۱۰/۲۶
-۷	برداشت	۸۲/۱/۱۸	۶۵	Flower	۸۱/۱۲/۱۹	۴۰	Flower	۸۱/۱۱/۹
۳۷۶	کل آب آبیاری		۷۵	Ripening	۸۲/۱/۵	۴۵	Flower	۸۱/۱۱/۲۰
			-۱۵	برداشت	۸۲/۱/۲۵	۴۵	Ripening	۸۱/۱۲/۲۳
			۴۰۳	کل آب آبیاری		۵۰	Ripening	۸۲/۱/۱۶
						-۱۲	برداشت	۸۲/۱/۲۵
						۴۲۳	کل آب آبیاری	
						۴۳	Flower	۸۱/۱۲/۲۰
						۴۵	Flower	۸۱/۱۲/۲۸
						۴۰	Ripening	۸۱/۱/۷
						۴۰	Ripening	۸۱/۱/۱۵
						-۲۰	برداشت	۸۲/۱/۲۵
						۴۷۰	کل آب آبیاری	

جدول ۵- مقدار آب مصرفی، دفعات آبیاری و دور آبیاری در دو سال زراعی (۸۲-۱۳۸۰)

سال زراعی اول (۸۱-۱۳۸۰)			سال زراعی دوم (۸۲-۱۳۸۱)		
مقدار آب مصرفی mm	تعداد آبیاری مورد نیاز	حداکثر دور آبیاری	مقدار آب مصرفی mm	تعداد آبیاری مورد نیاز	حداکثر دور آبیاری
۵۲۹	۱۴	۱۶	۶۴۸	۱۵	۱۴
۵۲۲	۱۰	۲۱	۶۰۱	۱۱	۱۷
۴۵۸	۸	۲۸	۵۸۱	۹	۲۱
۳۸۸	۷	۳۰	۵۵۴	۷	۲۶

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب به سال (۸۰-۱۳۸۱)

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۸۲۰۷/۳۹ ^{ns}	۷/۴ ^{ns}	۲۶۴۶/۴۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تیمار آبیاری	۳	۱۲۰۷۲۸/۴۵ ^{**}	۱۶/۲ ^{ns}	۳۴۴۰/۳۲ ^{**}	۰/۰۷ ^{ns}
خطا	۶	۱۴۰۳۹/۷۹	۵/۰۱	۴۲۳۰/۳۶	۰/۰۵
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۶۲	۵/۲۸	۱۴/۹	۱۲/۸۷

جدول ۷- تجزیه واریانس عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب به سال (۸۲-۱۳۸۱)

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۹۳۹۴/۱ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۷۴۶/۸۴ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
تیمار آبیاری	۳	۳۶۵۶۳۴/۹ ^{**}	۱/۷ ^{ns}	۶۴۶۱۲/۲۱ ^{**}	۰/۶۹*
خطا	۶	۹۵۰۲/۰	۱	۱۴۷۹/۱۳	۰/۰۲
ضریب تغییرات (%)		۹/۳۲	۲/۲۷	۸/۵۵	۸/۷

***: اثرات تیمار بر پاسخ گیاهی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است ns: اثرات تیمار بر پاسخ گیاهی معنی دار نیست

جدول ۹- مقایسه نتایج میانگین عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب مربوط به سال (۸۲-۱۳۸۱) با آزمون دانکن (α=5%)

کارایی مصرف آب Kg/m ³	عملکرد روغن (Kg/ha)	عملکرد محصول (Kg/ha)	تبخیر تجمعی از تشت (mm)
۲/۱ a	۵۵۶/۷ a	۱۳۵۲/۵a	۵۰ (I1)
۲/۱ a	۵۸۵/۸ a	۱۳۱۶/۴a	۷۰ (I2)
۱/۷ b	۳۷۸/۴ b	۸۸۴/۹b	۹۰ (I3)
۱/۱ c	۲۷۷/۷ c	۶۳۰/۵c	۱۱۰ (I4)

بنابر این نتایج، تیمار ۷۰ میلی‌متر با میانگین مقدار آب مصرفی سالانه ۵۶۱ میلی‌متر با وجود اینکه از لحاظ کارایی مصرف آب، میزان عملکرد دانه و عملکرد روغن با تیمار ۵۰ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری ندارد ولی به دلیل مصرف کمتر آب، دور آبیاری بیشتر و دفعات کمتر آبیاری در اولویت قرار دارد. میانگین عملکرد دانه در این تیمار ۱/۲ تن در هکتار بود که نسبت به سایر مناطق کشور خیلی پایین است ولی با نتایج بدست آمده در خوزستان (Goosheh et al., 2004) مشابهت دارد. دمای

با توجه به جدول (۹) بیشترین عملکرد دانه (kg/ha) ۱۳۵۲/۵ و عملکرد روغن (kg/ha) ۵۵۶/۷ در سال دوم زراعی نیز مربوط به تیمار آبیاری اول (I1) است که اختلاف معنی‌داری با تیمار I2 ندارد ولی با تیمارهای I3 و I4 اختلاف معنی‌دار دارد. در سال اول افزایش فاصله آبیاری‌ها اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب نداشته است اما در سال دوم بیشترین کارایی مصرف آب (۲/۱ kg.m⁻³) مربوط به تیمارهای I1 و I2 و کمترین آن (۱/۱ kg.m⁻³) مربوط به تیمار I4 است.

جدول ۸- مقایسه نتایج میانگین عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب مربوط به سال (۸۱-۱۳۸۰) با آزمون دانکن (α=5%)

تبخیر تجمعی از تشت (mm)	عملکرد محصول (Kg/ha)	عملکرد روغن (Kg/ha)	کارایی مصرف آب Kg/m ³
۵۰ (I1)	۱۱۹۴/۰*	۵۳۴/۷ a	۱/۸ a
۷۰ (I2)	۱۱۵۲/۹a	۵۰۴/۱ a	۱/۸ a
۹۰ (I3)	۹۷۷/۸ab	۴۱۰/۹ ab	۱/۷ a
۱۱۰ (I4)	۷۵۲/۵b	۲۹۶/۷ b	۱/۵ a

* میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

رشد ریشه کلزا از بسیاری از گیاهان زراعی دیگر بیشتر و تخلیه رطوبت خاک در مزارع کلزا سریع‌تر اتفاق می‌افتد (Angadi et al., 1999). به همین دلیل نیاز آبی آن در اوج مصرف روزانه به مراتب بیش از نیاز آبی گیاهانی مانند جو، گندم، لوبیا و یونجه است (Azizi et al., 1997). لذا با افزایش فاصله آبیاری و بیشتر شدن تنش رطوبتی افت عملکرد بیشتری بر گیاه تحمیل می‌شود.

نتیجه‌گیری

بطور کلی آبیاری به موقع و به قدر کفایت کلزا به منظور حصول عملکرد مناسب و استفاده بهینه از منابع آب مخصوصاً در مناطق خشک ضروری است، بطوریکه ادامه رشد زایشی آن در این مناطق تنها با آبیاری امکان‌پذیر است. بنابر نتایج بدست آمده با افزایش فاصله آبیاری‌ها، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب کاهش پیدا می‌کند. فواصل آبیاری بر اساس ۵۰ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از لحاظ تأثیر بر عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. با وجود اینکه بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. ولی تیمار ۷۰ میلی‌متر به دلیل مصرف کمتر آب و سهولت آبیاری مزرعه با دور آبیاری بیشتر برای کشاورزان بر تیمار ۵۰ میلی‌متر ارجحیت دارد. ، لذا برای حصول حدود ۱/۲ تن در هکتار دانه کلزا و ۵۴۵ کیلوگرم در هکتار روغن کلزا و کارایی مصرف آب ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط آب و هوایی استان بوشهر تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تحت تبخیر کلاس A به عنوان دور آبیاری مناسب کلزا توصیه گردید. کل آب مصرفی کلزا در طول فصل رشد شامل (آب آبیاری و باران مؤثر) ۵۶۱ میلی‌متر بود. لذا برای آبیاری کلزا با فرض ناچیز بودن بارندگی حداقل ۱۰ نوبت آبیاری به فواصل ۱۰ تا ۲۰ روز و در هر وعده ۵۰ میلی‌متر آب لازم است.

حداکثر روزانه مناسب در طول مرحله گلدهی کلزا در مناطق نیمه خشک Canadian Prairies ۲۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است (Angadi et al., 1999) و ۳ درجه سانتیگراد افزایش در دمای حداکثر روزانه (از ۲۱ به ۲۴ درجه سانتیگراد) در مرحله گلدهی باعث ۴۳۰ kg/ha افت عملکرد دانه می‌شود (Nuttal et al., 1992). لذا اگرچه زراعت کلزا در استان بوشهر در ماه‌های خنک سال انجام می‌شود اما به نظر می‌رسد فرارسیدن گرمای زودهنگام در اواخر فصل رشد یکی از عوامل پایین بودن میزان عملکرد کلزا نسبت به سایر نقاط کشور باشد. همچنین اگرچه دوره زراعت کلزا (از اول آذر تا اواخر فروردین) با بارندگی‌های زمستانه همزمان است، ولی توزیع زمانی بارندگی و کفایت آن در طول فصل و مخصوصاً در مرحله گلدهی و اوایل غلاف بندی که حساس‌ترین مراحل به تنش آبی هستند (Brandt and McGregor, 1997) عامل مهمی است که تیمارهای آبیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بطوریکه هرچه میزان و بهنگام بودن بارندگی در این مرحله بیشتر باشد، بدلیل اینکه احتمال بروز تنش آبی برای گیاه کمتر می‌شود، اختلاف بین تیمارهای آبی کمتر نمایان می‌شود. با توجه به مشاهدات انجام شده در حین اجرای آزمایش، شروع گلدهی کلزا در استان بوشهر اواخر بهمن‌ماه می‌باشد. لذا دوره رشد این گیاه را از لحاظ برنامه‌ریزی آبیاری، می‌توان به دو دوره رشد رویشی (Vegetable Stages) و رشد زایشی (Reproduction Stages) تقسیم نمود که اولی از اول آذر تا اوایل اسفند و دومی از اوایل اسفند تا اواخر فروردین ادامه دارد. با توجه به جدول (۲) تنها ۲۶٪ بارندگی مؤثر سال اول (۴۲/۸ mm) و ۱۳٪ بارندگی مؤثر سال دوم (۲۴ mm) در دوره زایشی و حساس به تنش رطوبتی اتفاق افتاده است. از طرفی به دلیل فرارسیدن گرمای زودهنگام، بیش از ۴۲٪ تبخیر در این دوره رخ داده است. همین مسئله باعث گردیده است تا اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد در هر دو سال آزمایش معنی‌دار شود. به عبارت دیگر ادامه رشد زایشی کلزا تنها با آبیاری امکان‌پذیر است. لازم به ذکر است که سرعت

REFERENCES

- Agrichem. (2007). Canola growth stage identifications and rooting depth, In: *Fluid Focus No. 0010*, Retrieved May 25, 2010, from <http://www.agrichem.com.au/fluidfocus/pdf>
- Alizadeh, A. (1995). Principles and practices of drip irrigation. *Qods-e-Razavi Press*. P. 450. (in Farsi)
- Anderson, R. L., Bowman, R. A., Nielson, D. C., Vigil, M. F., Aiken, R. M. and Benjamin, J. G. (1999). Alternative crop rotations for the central great plains. *Journal of Production Agriculture*, 12, 95-99
- Angadi, S. V., McConkey, B. G., Olrich, D., Cutforth, H. W., Miller, P. R., Entz, M. H., Brandt S. A. and Volkmar, K. (1999). Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Project Rep. *Agriculture and Agri-Food Canada*, Swift Current, SK.
- Angadi, S.V., Cutforth, H.W., Miller, P.R., McConkey, B.G., Entz, M.H., Brandt, S.A. and Volkmar, K.M. (2000). Response of three *Brassica* species to high temperature stress during reproductive growth. *Canadian Journal of Plant Science* 80, 693-701.
- Azizi, M., Soltani, A. and Khavari-e-Khorasani, S. (1997). *Canola, Physiology, Breeding and*

- Biotechnology*, Mashhad Univ. Press. P. 230. (in Farsi)
- Brandt, S.A., and McGregor, D.I. (1997). Canola response to growing season climatic conditions. In: Proceedings of *Workshop on Soils and Crops '97*, 20–21 Feb. Univ. Ext. Press, Saskatoon, SK, Canada. pp. 322–328.
- Dadivar, M., Khodshenas, M. A., Vaziri, Zh. and ghadbeikloo, J. (2003). The effects of water stress on canola seed yield. In: Proceedings of 8th *Iranian Soil Science Congress*, 31 Aug.-3 Sep., Rasht, Iran, pp. 1035-1036. (in Farsi)
- DeClercq, D.R., and Daun, J.K. (1999). Quality of western Canadian canola. *Technical Reports of the Canadian Grain Commission*, Winnipeg, MB.
- Downey, R.K., and Rimmer, S.R. (1993). Agronomic improvement in oilseed Brassicas. *Advances in Agronomy*, 50, 1–66.
- Esmaeeli, M., Damavandi, A. and Tabandeh, L. (2009). Study the effects of irrigation depth and interval on oil percent and seed yield of canola. In: Proceedings of 11th *Iranian Soil Science Congress*, 12-15 July, Gorgan, Iran, pp. 1748-1749. (in Farsi)
- Farajnia, A. (2004). Interaction of irrigation regime and urea fertilizer on oil percent and seed yield of canola. In Proceedings of 3rd *National Conference on the Development in the Application of Biological Products & Optimum Utilization of Chemical Fertilizers & Pesticides in Agriculture*, Karaj, Iran, pp. 138-139. (in Farsi)
- Francois, L.E. (1994). Growth, Seed Yield, and Oil Content of Canola grown under Saline Conditions. *Agronomy Journal* 86, 233-237
- Goosheh, M., Saremi, M. Vaziri, Z. (2004). Determination of suitable interval and depth of canola irrigation by class A evaporation pan method in Khoozestan. *Journal of Soil and Water Sciences*. 1(20), 164-171. (in Farsi)
- Haghighat, E. (2003). Potential evapotranspiration of canola. In: Proceedings of 8th *Iranian Soil Science Congress*, 31 Aug.-3 Sep., Rasht, Iran, pp. 1030-1031. (in Farsi)
- Johnston, A.M., Entz, M. H., Brandt, S.A., Lafond, C.P. and Campbell, C.A., (1996). Management of water use by crops in crop rotations on the canadian prairies, In: *Workshop on Soils and Crops'96*, 22-23 Feb., University Extension Press, Saskatoon, SK, Canada
- Johnston, A. M. , Tanaka, D. J. Miller, D. K., Brandt, S. A., Nielson, D. C., Lafond, G. P. and Riveland, N. R. (2002). Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains, *Agronomy Journal*, 94, 231-240.
- Lafond, G.P., Loeppky, H. and Derksen, D.A. (1992). The effects of tillage systems and crop rotations on soil water conservation, seedling establishment and crop yield. *Canadian Journal of Plant Science*. 72, 103–115
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. (1977). Crop salt tolerance: current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers* 103, 115-134
- Nielsen, D.C. (1997). Water use and yield of canola under dryland conditions in the central Great Plains. *Journal of Production Agriculture* 11, 476–480.
- Nuttal, W.F., Moulin, A.P., and Townley-Smith, L.J. (1992). response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation and temperature. *Agronomy Journal*. 84, 765–768.
- Rao, M.S.S. and Mendham, N.J. (1991). Soil-Plant-Water relations of oilseed rape (*Brassica Napus* and *B. campestris*) *Journal of Agricultural Science., Cambridge*. 117, 197-205
- Scarisbrick, D.H. and Daniels R.W. (1986). *Oilseed rape*, (1st Ed.), Great Britain Pub. Collins Professional and Technical Books.
- Sentelhas, D. C. and M. V. Folgatti, 2003. Class A pan Coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET₀). *Revista Brasileira de Engenharia e Agrícola e Ambiental*, 7(1), 111-115, available at: <http://www.agriambi.com.br>
- Thomas, Ph. (2003). *Chapter 3- growing stages, Canola growers manual* (Ed.), The Canola Council of Canada, available at: <http://www.canola-council.org>.
- Vafamanesh, j., Nasiri-e-mahallati, M., Koocheki, A. and Azizi, M. (2009). Effects of drought stress on water use efficiency and seed yield of canola, *Iranian Journal of Crop Researchs*, 1(7), 285-292. (in Farsi)
- Weiss, E.A. (2000). Oilseed crops (2nd ed.) *Blackwell Science Ltd*. 364 pp.
- Wright, G.C., Smith, C.G. and Woodroffe, M.R. (1988). The effect of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed (*Brassica Napus*) production in south-eastern Australia, I: Growth and seed yield, *Irrigation Science*, 9, 1-13
- Zentner, R.P., Wall, D.D., Nagy, C.N., Smith, E.G., Young, D.L., Miller, P.R., Campbell, C.A., Campbell, B.G., Brandt, S.A., Lafond, G.P., Johnston, A.M., and Derksen, D.A. (2002). Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian prairies. *Agronomy Journal*, 94, 216–230