"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۴ زمستان ۱۳۸۹

اثر تنش آبی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کیفیت کلزای پاییزه (*Brasica napus* L.) رقم لیکورد
Effect of water stress on grain yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brasica napus* L.) *cv*. Licord

علی شعبانی[۱]، علی اکبر کامگارحقیقی[۲]، علیرضا سپاسخواه[۳]، یحیی امام[۴] و تورج هنر[۵]

چکیده

شعبانی، ع.، ع. ا. کامگارحقیقی، ع. ر. سپاسخواه، ی. امام و ت. هنر. ۱۳۸۹. اثر تنش آبی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کیفیت کلزای پاییزه رقم لیکورد (*Brasica napus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۴) ۴۲۱-۴۰۹.**

کشت کلزا در ایران بخصوص در مناطق نیمه خشک کشور که از نظر منابع آب دارای محدودیت زیادی می‌باشد، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. بدیهی است که در این مناطق تکمیل اطلاعات جهت پیش بینی اثر کمبود آب در مراحل مختلف رشد گیاه بر عملکرد و کیفیت کلزا دارای اهمیت زیادی می باشد. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزا، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در طی سال های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۸۴ انجام گرفت. آزمایش روی رقم لیکورد (پاییزه) در قالب طرح بلوک‌های تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)، تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای دوره رشد در زمان جوانه زنی تا زمان استقرار گیاه. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای دوره رشد، کمترین و تیمار شاهد بیشترین میزان عملکرد دانه (به ترتیب ۹۸۰ و ۳۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) و روغن (به ترتیب ۲۵۰ و ۱۲۸۰ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. تنش آبی با میزان پروتئین دانه رابطه معکوس نشان داد. تیمار شاهد و تیمار تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین بیشترین (۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب) و تیمار دیم کمترین (۰/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب) شاخص بهره‌وری آب آبیاری را دارا بودند. بر اساس نتایج این آزمایش در شرایط کمبود آب، مناسب ترین زمان برای اجرای کم آبیاری از نظر مقدار مصرف آب و عملکرد دانه و روغن، دوره رشد رویشی مجدد در بهار و حساس‌ترین مرحله دوره پر شدن و رسیدگی دانه کلزا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، پروتئین دانه، روغن دانه، کشت دیم، کلزا و کم آبیاری.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/ ۵

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: shabani8ali@yahoo.com)
۲- استاد بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
۳- استاد بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
۴- استاد بخش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
۵- استادیار بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز می باشند. از آنجا که بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی در ایران از طریق واردات تامین و تنها کمتر از ۱۰ درصد از تولید داخلی تامین می‌شود، تولید دانه های روغنی در سال های اخیر از سوی مسئولان وزارت جهاد کشاورزی در اولویت بیشتری قرار گرفته است (Shariaty and Ghazi Shahnizadeh, 2000). کلزا بر خلاف بیشتر گیاهان دانه روغنی در فصل پائیز نیز قابل کشت بوده و در کشت پائیزه عملکرد بیشتری تولید می کند (Eilkaee and Emam, 2006). توسعه آبیاری در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ موجب افزایش بیش از ۵۰ درصدی تولید غذا در سطح جهان شده و با توجه به نرخ افزایش جمعیت جهان، توسعه آبیاری بیش از پیش مورد نیاز می باشد. گسترش سطح اراضی آبی مانند گذشته به آسانی امکان پذیر نمی‌باشد، زیرا منابع آب در دسترس محدود و رقابت برای استفاده از آن زیاد می‌باشد، بنابراین مدیریت آب در آبیاری، مدیریت منابع آب و استفاده مجدد از پساب‌ها از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Oster and Wichelns, 2003). دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.,* 2004.) گزارش کردند که از لحاظ تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و فرعی گیاه کلزا در سطح یک درصد، طول خورجین و وزن هزار دانه در سطح پنج درصد در بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی داری وجود داشت. فنایی و همکاران (Fanai *et al.,* 2006) نیز با بررسی تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه کلزا مشاهده کردند که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه بیشترین کاهش محصول را ایجاد کرده و بیشترین مقدار عملکرد در تیمار های با آبیاری کامل و تنش در مرحله رشد رویشی بدست آمد. از نظر میزان روغن و تعداد دانه در خورجین بیشترین مقدار مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به تیمار تنش در مرحله گلدهی و پر شدن خورجین بود. نتایج مشابهی نیز توسط گان و همکاران (Gan *et al.,* 2004) گزارش شده است. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh *et al.,* 2005) با اعمال تنش خشکی بر گیاه کلزا گزارش کردند که توقف آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش میزان روغن دانه و عملکرد روغن، عملکرد دانه و اجزای آن شد. از نظر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین به ترتیب تیمار تنش در مرحله گلدهی و تنش در مرحله رسیدن دانه کمترین مقدار را دارا بوده اند. همچنین وزن هزار دانه تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی در بین تیمار های مختلف کمترین مقدار بود. نیلسن (Nielsen, 1996) با انجام تحقیقی روی کلزا گزارش کرد، وزن هزار دانه در تیماری که تنش در دوره پر شدن خورجین اعمال شده بود، دارای بیشترین کاهش بوده و عملکرد در سال اول در تیمار تنش در دوره پر شدن خورجین و در سال دوم در تیمار تنش در دوره رشد زایشی بیشترین کاهش داشته است. کمترین کارایی مصرف آب در شرایط اعمال تنش در دوره پر شدن خورجین و بیشترین مقدار آن در شرایط اعمال تنش در دوره رشد رویشی بدست آمد. در بین تیمارهای آزمایش، مقدار آب مصرفی در تیماری که تنش آبی در مرحله پر شدن خورجین اعمال شده بود دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بود. میزان روغن دانه در تیماری که گیاه در مرحله پرشدن خورجین، آبیاری نشده بود از کمترین مقدار برخوردار بود.

با توجه به اهمیت کلزا به عنوان یکی از محصولات مهم تامین کننده روغن خوراکی در ایران با اجرای روش کم آبیاری می‌توان در هنگام بروز خشکسالی با کمبود آب مقابله نمود بنابراین با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک ایران، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزای

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

پاییزه رقم لیکورد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه کلزا بر عملکرد آن، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز که در فاصله ۱۶ کیلومتری شمال شرقی شیراز در دشت باجگاه قرار دارد، طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ اجرا گردید. خصوصیات فیزیکی خاک منطقه در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- بعضی از خواص فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش در اعماق مختلف

Table 1. Some soil physical characteristics of experimental site in different depths

خصوصیات خاک / Soil characteristics	Soil depth (cm) عمق خاک						
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90	90-110	110-130
ظرفیت زراعی FC ($cm^3.cm^{-3}$)	0.31	0.38	0.39	0.40	0.40	0.41	0.40
نقطه پژمردگی دائم PWP ($cm^3.cm^{-3}$)	0.11	0.12	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
چگالی ظاهری ρ_b ($g.cm^{-3}$)	1.23	1.4	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
بافت خاک Soil texture	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silt loam

تحقیق حاضر در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی شامل پنج تیمار در چهار تکرار انجام شد. به‌جز عملیات آبیاری سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمار ها به طور یکسان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل I_1: آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)، I_2: اعمال تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، I_3: اعمال تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، I_4: اعمال تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای رشد در مرحله کاشت و جوانه‌زنی بودند. قبل از اعمال تنش، همه تیمارها دارای شرایط یکسان بوده و آبیاری تا شروع رشد رویشی مجدد در اواخر زمستان و اوایل بهار در همه بطور یکسان انجام شد. در حین اعمال تیمارها، کرت‌هایی که تحت تنش بودند در مرحله مورد نظر آبیاری نگردید و بقیه تیمارها تا اندازه رسیدن رطوبت خاک تا عمق ریشه گیاه به حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. در تیمار شاهد مزرعه در تمام مراحل رشد به اندازه نیاز و بدون محدودیت آبیاری شد. اطلاعات مربوط به کلیه مراحل رشد گیاه به صورت مشاهده‌ای و با استفاده از روش ارائه شده توسط زواره و امام (Zavareh and Emam 2000) مشخص گردید.

کرت های آزمایشی به طول ۱۰ متر، عرض ۳ متر و فاصله بین پشته ها ۵۰ سانتی متر انتخاب شد. جهت جلوگیری از نفوذ آب بین هر کرت با کرت مجاور، بین هر دو کرت فاصله ای به اندازه دو جویچه در نظر گرفته شد. فاصله بین دو تکرار در حدود ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جبران کمبود مواد غذایی بنابر توصیه بخش خاکشناسی، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (در دو نوبت، ۵۰ کیلو گرم در هکتار در هنگام کاشت و ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار در هنگام شروع رشد رویشی در اوایل بهار به صورت سرک) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم در زمان شخم به طور مساوی در همه کرت‌ها پخش شد. نوع کلزای مورد استفاده رقم لیکورد بود که از ارقام پاییزه رایج مورد استفاده در منطقه بوده و به سرما مقاوم می‌باشد. کاشت بذر در همه تکرارها به صورت دستی و با تراکم ۱۵۰ عدد بذر در متر مربع یا ۶ کیلو گرم در هکتار در تاریخ ۲۵ مهر ماه ۱۳۸۳ و اول مهر ماه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

۱۳۸۴ بر روی پشته‌ها انجام گرفت. هجوم گنجشک‌ها باعث کاهش شدید عملکرد دانه در سال اول آزمایش شد که برای رفع این مشکل در سال دوم توری‌های سیمی با منافذ کوچک غیر قابل عبور برای گنجشک روی کرت‌ها نصب شد.

عملیات برداشت به صورت دستی از مساحت یک متر مربع در کرت انجام گرفت. از گیاهان برداشت شده تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و تعداد شاخه‌های فرعی و اصلی آنها در هر بوته شمارش شدند. شاخه های اصلی و فرعی و مابقی بوته ها به طور جداگانه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشکانده شدند. سپس دانه های کلزا از بوته جدا و عملکرد در واحد سطح تعیین شد. همچنین طول خورجین های شاخه های اصلی و فرعی، وزن هزار دانه شاخه های اصلی و فرعی، تعداد خورجین های شاخه اصلی و فرعی، میزان روغن دانه شاخه های اصلی و فرعی به روش انحلال در تترا کلرید کربن و پروتئین دانه شاخه های اصلی و فرعی با روش تعیین نیتروژن دانه ها با استفاده از دستگاه کجلدال و تبدیل آن به مقدار پروتئین دانه اندازه گیری شد. کلیه داده‌های اندازه‌گیری شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. تمامی صفات مانند وزن هزار دانه، طول خورجین و میزان روغن دانه برای شاخه های فرعی و اصلی بطور جداگانه اندازه گیری شدند.

برداشت در سال اول در تاریخ ۱۹ خرداد ۱۳۸۴ انجام شد. در سال دوم محصول کرت های تیمار تنش در مرحله رسیدن خورجین و تیمار دیم زودتر از سایر تیمارها در تاریخ ۹ خرداد ۱۳۸۵ و بقیه در تاریخ ۱۷خرداد ۱۳۸۵ برداشت شدند. چون کاشت در سال اول با تاخیر صورت گرفته بود، بنابراین زمان برداشت در سال اول با وجود اینکه زودتر از موعد بوده است، نسبت به سال دوم دیرتر انجام گرفت.

با استفاده از اطلاعات مربوط به رطوبت خاک قبل از هر آبیاری و مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، مقدار آب آبیاری جهت رساندن خاک منطقه توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی برای هر یک از تیمارها محاسبه گردید (مقادیر آب آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است). تیمار های I_2، I_3 و I_4 در سال اول آزمایش به ترتیب از تاریخ ۸۴/۱/۹ تا ۸۴/۱/۲۷، ۸۴/۱/۲۷ تا ۸۴/۲/۲۴ و ۸۴/۲/۲۴ تا ۸۴/۳/۱۹ و در سال دوم از تاریخ ۸۴/۱۲/۲۰ تا ۸۵/۱/۲۲، ۱/۲۲ تا ۸۵/۲/۹ و ۲/۹ تا ۸۵ تا زمان برداشت آبیاری نشدند. با توجه به اندازه گیری رطوبت خاک قبل از هر آبیاری، عمق ریشه معادل عمقی در نظر گرفته شد که پایین تر از آن به دلیل عدم نفوذ ریشه گیاه، تغییری در میزان رطوبت خاک ایجاد نمی شود. حجم آب آبیاری با استفاده از کنتور که در انتهای خروجی لوله های آبیاری نصب شده بود، اندازه‌گیری شد. میزان بارندگی در فروردین سال ۸۵ به اندازه ۶۰ میلی متر نیاز به آبیاری در مرحله رشد رویشی را به یک بار تقلیل داد.

نتایج و بحث

آب آبیاری

میزان آب آبیاری مصرفی در هر یک از تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است. در هر دو سال آزمایش تیمار شاهد بیشترین میزان آب آبیاری را داشت، زیرا تمامی آب مورد نیاز گیاه در این تیمار تامین گردید و چون گیاه تحت تنش قرار نگرفت، حداکثر تبخیر و تعرق صورت گرفت. اما در تیمار دیم که گیاه در کل دوره رشد در بهار با تنش مواجه بوده است، میزان آب آبیاری کمترین مقدار بود. از بین تیمارهایی که به صورت دوره ای از رشد با تنش آبی مواجه بودند، در هر دو سال آزمایش، تنش مرحله رسیدن دانه کمترین میزان آب مصرفی را دریافت داشت. این مرحله دارای بیشترین میزان کاهش محصول نیز بود.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

جدول ۲- میزان بارندگی، آب آبیاری (W) و تبخیر- تعرق (ET) بر حسب میلی متر در تیمارهای آبیاری

Table 2. Precipitation, Irrigation (W) and evapotranspiration (ET) rates in water stress treatments (mm)

سال Year	بارندگی Precipitation (mm)	تیمارهای تنش آبی Water stress Treatments									
		I_1		I_2		I_3		I_4		I_5	
		W	ET	W	ET	W	ET	W	ET	W	ET
۱۳۸۳-۸۴ 2004-05	582.0	686	835	611	769	579	734	501	716	191	458
۱۳۸۴-۸۵ 2005-06	368.5	689	879	658	837	636	824	420	678	269	548

I_1: آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)، I_2: اعمال تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، I_3: اعمال تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، I_4: اعمال تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای رشد در مرحله کاشت و جوانه‌زنی.

I_1: full irrigation in all growth stages, I_2: water stress in vegetative stage in early spring, I_3: water stress in flowering and podding stages, I_4: water stress in grain filling stage and I_4:dryland treatment with supplemental irrigation in time of planting.

تعداد شاخه‌های فرعی

تیمار تنش در مرحله رشد رویشی در اوایل بهار با متوسط ۴/۱۴ شاخه فرعی بیشترین و تیمار دیم با متوسط ۱/۸ شاخه فرعی کمترین تعداد شاخه فرعی در هر بوته را داشتند. بنابراین، اعمال تنش کم آبی موقت در مرحله رشد رویشی در اوایل بهار، سبب افزایش رشد رویشی بعد از اتمام دوره تنش شده است. اما اعمال تنش کم آبی بصورت پیوسته تاثیر منفی چشمگیری بر رشد رویشی کلزا داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته در تیمار دیم با سایر تیمارها وجود داشت. بین سایر تیمار ها از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳).

تعداد خورجین در شاخه‌های اصلی، فرعی و کل بوته

نتایج مقایسه میانگین تعداد خورجین شاخه اصلی، فرعی و کل بوته در تیمارهای تنش آبی مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. تعداد خورجین در هر سه حالت در تیمار دیم کمترین مقدار بود و از بین تیمارهایی که در مرحله‌ای از رشد تحت تاثیر تنش قرار گرفتند، تیمار تنش در مرحله گلدهی دارای کمترین تعداد خورجین در شاخه فرعی بود. به نظر می‌رسد که این موضوع ناشی از تاثیر تنش بر گرده افشانی گل‌های کلزا است که سبب کاهش باروری شده و گل‌ها قبل از باروری خشک شده و در نتیجه خورجین و دانه تشکیل نمی‌شود. این موضوع در مورد ساقه اصلی نسبت به بقیه تیمار ها کمتر مشاهده شد که علت آن را می‌توان به ترتیب گلدهی شاخه ها در کلزا نسبت داد. گلدهی در کلزا از ساقه اصلی شروع شده و تقریبا در اواسط دوره گلدهی در ساقه اصلی، شاخه‌های فرعی شروع به گلدهی می‌نمایند. بنابراین، در زمان اعمال تنش در مرحله گلدهی، چون دوره گل دهی ساقه اصلی مصادف با اوایل دوره تنش بوده و گیاه در این مدت از ذخیره آب خاک استفاده می کند، بنابراین، گلدهی ساقه اصلی کمتر تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد.

طول خورجین در شاخه‌های اصلی، فرعی و کل بوته

مقایسه میانگین صفات نشان داد که کمترین طول خورجین در تیمار دیم بدست آمده و بین تیمارهایی که بصورت مرحله ای تحت تنش قرار گرفتند، تنش در مرحله رسیدن دانه به علت همزمانی رشد خورجین ها با دوره تنش، کمترین طول خورجین را دارا بود.

تعداد دانه در خورجین در شاخه‌های اصلی، فرعی و کل بوته

تعداد دانه در هر خورجین در تیمار تنش گلدهی در بین تیمارهایی که بصورت مرحله‌ای از رشد تحت تنش قرار گرفتند، کمترین مقدار بود. به نظر می‌رسد که چون تعداد دانه در خورجین تحت تاثیر تنش در دوره گرده افشانی می‌باشد، بنابراین در اثر اعمال تنش در مرحله گلدهی، کاهش بیشتری در تعداد دانه در هر خورجین حاصل شده است (جدول ۳).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی کلزا در تیمارهای تنش آبی (۸۵-۱۳۸۴)

Table 3. Mean comparison of plant characteristics of rapeseed in water stress treatments (2005-2006)

Plant characteristic	صفات گیاهی	Water stress Treatment			تیمارهای تنش آبی	
		I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
No. branch	تعداد شاخه فرعی	3.4 a	4.1 a	3.8 a	3.1 a	1.9 b
No. Silique.branch^{-1}	تعداد خورجین در شاخه فرعی	13.6 ab	14.4 a	10.7 b	11.6 ab	5.8 c
No. Silique.main stem^{-1}	تعداد خورجین در ساقه اصلی	33.1 a	29.1 a	30.2 a	32.4 a	8.6 b
No. Silique.plant^{-1}	تعداد خورجین در بوته	46.7 ab	43.5 a	41.0 b	44.0 b	14.4 c
Silique length.branch^{-1} (cm)	طول خورجین در شاخه فرعی	5.8 a	5.7 a	5.8 a	5.3 b	4.6 c
Silique length.main stem^{-1}(cm)	طول خورجین در ساقه اصلی	6.0 a	5.3 b	5.9 a	5.0 bc	4.8 c
Silique length.plant^{-1} (cm)	طول خورجین در ساقه اصلی	5.9 a	5.5 b	5.8 a	5.5 c	4.7 d
No. grain. Silique^{-1}.branch^{-1}	تعداد دانه در خورجین شاخه فرعی	16.3 a	16.2 a	13.0 b	16.3 a	11.4 b
No. grain. Silique^{-1}.main stem^{-1}	تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی	16.9 a	14.3 b	13.0 bc	16.0 a	11.6 c
No. grain. Silique^{-1}.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین بوته	16.6 a	15.3 a	13.0 b	16.6 a	11.5 b
1000 grain wt.branch^{-1} (g)	وزن هزار دانه در شاخه فرعی	3.6 ab	3.6 ab	4.1 a	3.2 bc	3.0 c
1000 grain wt.main stem^{-1} (g)	وزن هزار دانه در ساقه اصلی	3.8 a	3.8 a	3.8 a	3.3 a	3.0 a
1000 grain wt.plant^{-1} (g)	وزن هزار دانه در بوته	3.69 ab	3.71 ab	3.98 a	3.26 bc	2.99 c
Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه	3560.0 a	3270.0 a	3080.0 ab	2640.0 b	980.0 c
Straw yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کاه	5400.0 ab	5900.0 a	4700.0 b	5400.0 ab	2400.0 c
Oil content.branch^{-1} (%)	میزان روغن دانه در شاخه فرعی	36.1 a	34.3 ab	34.6 ab	28.0 ab	23.5 b
Oil content.main stem^{-1} (%)	میزان روغن دانه در ساقه اصلی	35.9 a	31.6 a	33.6 a	32.3 a	27.1 a
Oil content. plant^{-1} (%)	میزان روغن دانه در بوته	36.0 a	32.9 ab	34.1 ab	30.1 ab	25.3 b
Oil yield (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن	1280.0 a	1070.0 a	1080.0 a	790.0 b	250.0 c
Protein content.branch^{-1} (%)	میزان پروتئین دانه در شاخه فرعی	24.06 a	21.4 a	26.0 a	24.5 a	24.4 a
Protein content.main stem^{-1} (%)	میزان پروتئین دانه در ساقه اصلی	26.3 a	23.7 a	27.0 a	26.4 a	22.8 a
Protein content.plant^{-1} (%)	میزان پروتئین دانه در بوته	25.2 ab	22.6 b	26.5 a	25.5 ab	23.6 ab
Harvest index (%)	شاخص برداشت	40.0 a	35.0 ab	40.0 a	33.0 ab	29.0 b

I_1: آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)، I_2: اعمال تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، I_3: اعمال تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، I_4: اعمال تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای رشد در مرحله کاشت و جوانه‌زنی.

I_1: full irrigation in all growth stages, I_2: water stress in vegetative stage in early spring, I_3: water stress in flowering and podding stages, I_4: water stress in grain filling stage and I_4:dryland treatment with supplemental irrigation in time of planting.

در هر ردیف میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each row, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

این نتایج توسط حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh *et al.*, 2005) نیز گزارش شده است.

وزن هزار دانه در شاخه اصلی، فرعی و کل بوته

در اثر تنش آبی در مرحله گلدهی، تعداد دانه در خورجین کاهش یافت، بنابراین به نظر می‌رسد که در پایان اعمال تنش درمرحله گلدهی و انجام آبیاری، دانه‌هایی که تشکیل شده بودند از مواد پرورده بیشتری برخوردار شده و امکان رشد بیشتری داشته و وزن آنها نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. مشابه نتایج گزارش شده توسط نیلسن (Nielsen, 1996) وزن هزار دانه در تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه نسبت به سایر تیمارها که بصورت مرحله ای تحت تاثیر تنش قرار گرفته بودند، کمترین مقدار را داشت. این موضوع می‌تواند ناشی از هم زمانی رشد دانه با زمان اعمال تنش باشد که باعث کوچک ماندن دانه‌ها می‌شود و در نتیجه وزن دانه کاهش می‌یابد. در مجموع وزن هزار دانه در ساقه اصلی، به‌جز در تیمار تنش در مرحله، گلدهی در کلیه تیمارها بیشتر از وزن هزار دانه در شاخه فرعی بود. علت این موضوع را می‌توان به برتری فتوسنتزی ساقه اصلی نسبت به شاخه های فرعی در زمان گلدهی نسبت داد که پیش تر درباره آن بحث شد (جداول ۳ و ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در تیمارهای تنش آبی (۸۴-۱۳۸۳)

Table 4. Mean comparison of yield and yield components of rapeseed in water stress treatments (2004-05)

Plant characteristic	صفات گیاهی	Water stress treatments تیمارهای تنش آبی				
		I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
1000 grain wt.plant^{-1} (g)	وزن هزار دانه در بوته	3.4 a	3.4 a	3.2 ab	3.3 a	2.9 b
Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه	1250.0 a	930.0 b	1100.0 ab	870.0 b	260.0 c
Straw yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کاه	5610.0 a	5510.0 a	5120.0 a	5070.0 a	1820.0 b
Oil content.plant^{-1} (%)	میزان روغن دانه در بوته	36.7 a	30.4 ab	32.2ab	29.1 b	34.5 ab
Oil yield (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن	460.0 a	280.0 b	360.0 ab	260.0 b	90.0 c
Protein content.plant^{-1} (%)	میزان پروتئین دانه در بوته	20.7 a	20.2 a	22.7 a	21.8 a	23.8 a

I_1: آبیاری در کل دوره رشد (شاهد)، I_2: اعمال تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، I_3: اعمال تنش آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، I_4: اعمال تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای رشد در مرحله کاشت و جوانه‌زنی.

I_1: full irrigation in all growth stages, I_2: water stress in vegetative stage in early spring, I_3: water stress in flowering and podding stages, I_4: water stress in grain filling stage and I_4:dryland treatment with supplemental irrigation in time of planting.

در هر ردیف میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means, in each row, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

عملکرد دانه

در هر دو سال آزمایش مقدار عملکرد دانه تحت تاثیر تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۵). تیمار شاهد دارای بیشترین مقدار عملکرد و تیمار دیم دارای کمترین مقدار بوده است. عملکرد دانه در سال اول (جدول ۴) نسبت به سال دوم (جدول ۳) کاهش زیادی را نشان داد که بیشتر ناشی از هجوم پرندگان بود. البته تاریخ کشت دیرتر و وقوع سرمازدگی در بهار نیز در این کاهش محصول موثر بوده است. در سال اول بین تیمارهای تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار و تیمار تنش در مرحله گلدهی و تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما اختلاف بین این سه تیمار با دو تیمار شاهد و دیم معنی‌دار بود. در سال دوم، عملکرد دانه در تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار و تنش در مرحله گلدهی، تحت تاثیر جدی تنش خشکی قرار نگرفت. این نتایج با نتایج آزمایش استانبول اوغلو و همکاران (Istanbulluoglu *et al.* 2010) در ترکیه، هم‌خوانی دارد. علت این موضوع را می‌توان در بارندگی‌های بهاره این کشور و مشابهت شرایط آن با

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

شرایط تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد که گیاه بیشتر از باران و ذخیره رطوبتی خاک ناشی از بارندگی زمستانه استفاده می‌کند، دانست. اعمال تنش در مرحله رسیدگی دانه تاثیر معنی‌داری در عملکرد دانه داشت (جدول ۴). نتایج مشابهی توسط گان و همکاران (Gan *et al.,* 2004) و فنایی و همکاران (Fanai *et al.,*2004) گزارش شده است. با توجه به اینکه عملکرد دانه در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشته است، بنابراین می توان آبیاری در این مرحله را حذف نمود. به نظر می رسد که علت عدم اختلاف نیز استفاده گیاه از آب ذخیره شده در خاک ناشی از بارندگی زمستانه باشد. بنابراین بر اساس جدول ۲ با حذف آبیاری در این مرحله حدود ۳۱ میلی متر در مصرف آب صرفه جویی خواهد شد. بنابراین همانطور که محققانی مانند (Fereres and Soriano, 2007) و گیرتس و رایس (Geerts and Raes, 2009) گزارش کردند، می‌توان بجای دستیابی به حداکثر محصول به ازای واحد سطح با آبیاری کامل، با اجرای کم آبیاری میزان مصرف آب را کاهش داد بدون اینکه کاهش زیادی در عملکرد دانه ایجاد شود.

عملکرد کاه

نتایج عملکرد کاه برای سال اول در جدول ۴ و برای سال دوم در جدول ۳ ارائه شده است. در تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار به علت از سر گرفته شدن رشد رویشی، مقدار عملکرد کاه تحت تاثیر تنش قرار نگرفت و حتی در سال دوم بیشترین وزن کاه نسبت به سایر تیمار ها بدست آمد. کمترین مقدار عملکرد کاه مربوط به تیمار دیم بود که به علت تنش آبی پیوسته در طول دوره رشد، گیاه از رشد کمتری برخوردار بوده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثرتیمارهای تنش آبی بر عملکرد دانه کلزا (۸۴-۱۳۸۳) و (۸۵-۱۳۸۴)

Table 4. Analysis of variance for grain yield of rapeseed (2005-2004) and (2005-2006)

		درجه آزادی d.f		میانگین مربعات MS		F	
S. O. V.	منابع تغییر	2004-5	2005-6	2004-5	2005-6	2004-5	2005-6
Block	بلوک	3	3	0.086	0.243	3.6*	1.97
Irrigation	آبیاری	4	4	0.576	4.17	24.16**	33.89**
Error	خطا	12	12	0.024	0.123		

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

میزان روغن دانه در ساقه اصلی، شاخه فرعی و کل بوته

نتایج اندازه‌گیری روغن برای سال اول در جدول ۴ و برای سال دوم در جدول۳ ارائه شده است. بیشترین میزان روغن دانه‌های کل بوته در هر دو سال مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن در سال اول مربوط به تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه و در سال دوم مربوط به تیمار دیم بود. سینکی و همکاران (Sinaki *et al.* 2007) نیز گزارش کردند که تنش آبی باعث کاهش میزان روغن دانه در کلزا می شود. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که به‌جز در تیمار دیم در سال اول، تنش آبی باعث کاهش میزان روغن دانه گردید که اگر تنش در مرحله رسیدگی دانه رخ می‌داد، کاهش میزان روغن بیشتر بود. این موضوع توسط سایر پژوهشگران از جمله نیلسن (Nielsen, 1996) نیز گزارش شده است. میزان روغن دانه در ساقه اصلی در تیمار دیم و در تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه بیشتر از میزان روغن در شاخه‌های فرعی بود که قبلا علت آن بیان شده است.

عملکرد روغن

چون هدف اصلی از کشت کلزا استحصال روغن

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

می‌باشد، بنابراین، عملکرد روغن اهمیت بیشتری نسبت به میزان روغن دانه دارد. اگرچه تنش آبی تاثیر زیادی بر میزان روغن دانه در تیمارهای مختلف نداشت، اما بر عملکرد روغن در واحد سطح تاثیر زیادی گذاشت. مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار و تیمار رسیدگی دانه و تیمار دیم بود. در سال دوم نیز بین عملکرد روغن دانه تیمار شاهد، تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار و تیمار تنش مرحله گلدهی نسبت به تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه و تیمار دیم اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد مشاهده شد (جداول ۳ و ۴).

میزان پروتئین دانه در ساقه اصلی، شاخه فرعی و کل بوته

بر اساس اطلاعات جداول ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود که در هر دو سال آزمایش برای کل بوته، تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار کمترین میزان پروتئین و در سال اول در تیمار دیم و در سال دوم در تیمار تنش در مرحله گلدهی، بیشترین میزان پروتئین دانه را دارا بودند. میزان پروتئین دانه ساقه اصلی بجز در تیمار دیم، در سایر تیمارها بیشتر از میزان پروتئین دانه شاخه فرعی بود. در سال دوم آزمایش، بین میزان پروتئین دانه شاخه فرعی و ساقه اصلی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نشد، ولی بین تیمار تنش در مرحله گلدهی و تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه برای کل بوته اختلاف معنی‌دار بود. دربین کلیه صفات اندازه گیری شده، تیمار دیم نسبت به سایر تیمارها همواره مقادیر کمتری داشت، اما در مورد میزان پروتئین این روند تغییر کرد و در تیمار تحت تنش افزایش یافت. بنابراین تنش خشکی به خصوص در مراحل پایانی اثر معکوسی بر میزان پروتئین دانه کلزا داشت. این نتایج با مشاهدات هنری و مک دونالد (Henry and Macdonald, 1978) نیز مطابقت دارد.

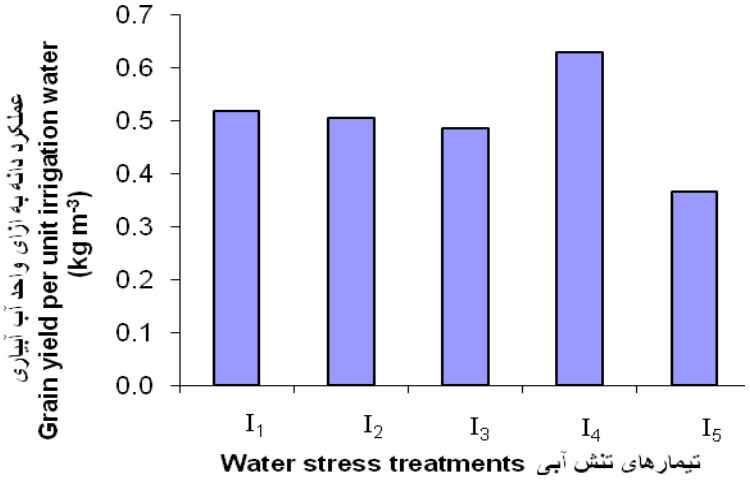
شاخص برداشت

نتایج مربوط به شاخص برداشت (نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک کل گیاه) در جدول ۳ ارائه شده است. در سال اول چون عملکرد دانه برابر عملکرد واقعی ناشی از اثر تنش نبود، بنابراین شاخص برداشت برای سال اول محاسبه نشد. تیمار شاهد و تیمار تنش در مرحله گلدهی بیشترین و تیمار دیم کمترین شاخص برداشت را داشتند. در تیمار دیم و تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه به علت کاهش عملکرد در اثر تنش آبی، دارای شاخص برداشت کمتری بوده است. در تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار به علت وزن خشک کاه بیشتر ناشی از رشد رویشی، با وجود عملکرد دانه بیشتر، دارای شاخص برداشت کمتری نسبت به تیمار تنش در مرحله گلدهی بود.

شاخص بهره‌وری آب

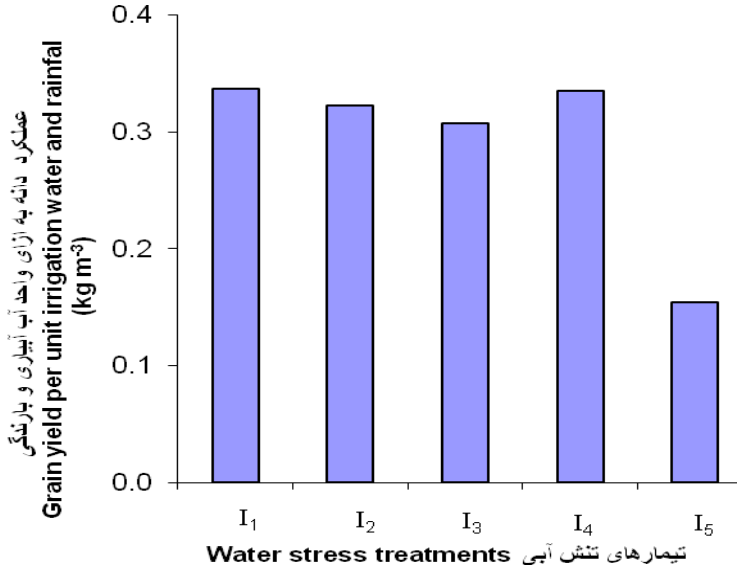
از تقسیم عملکرد دانه بر مقدار آب آبیاری، مقدار عملکرد در واحد آب مصرفی محاسبه شد. این نسبت برای تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه بیشترین مقدار (۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب) و کمترین آن مربوط به تیمار دیم (۰/۳۶ کیلو گرم بر متر مکعب) بود. از بین تیمارهایی که در مرحله‌ای از رشد تحت تاثیر تنش بودند، تیمار تنش در مرحله گلدهی (۰/۴۸کیلوگرم بر متر مکعب) کمترین و تیمار تنش در مرحله رویشی مجدد در بهار (۰/۶۳ کیلوگرم بر متر مکعب) بیشترین مقدار شاخص بهره وری آب را داشتند (شکل ۱). اگر عملکرد دانه (کیلو گرم بر هکتار) در هر یک از تیمارها بر مجموع بارندگی و آبیاری (بر حسب متر مکعب در هکتار) تقسیم شود، مقدار عملکرد به ازای واحد آب ورودی کل بدست خواهد آمد که برای تیمارهای I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5 به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۳۲، ۰/۳، ۰/۳۳ و ۰/۱۵ کیلو گرم بر متر مکعب محاسبه شد (شکل ۲). شاخص بهره‌وری آب که در این آزمایش بدست آمد از مقادیر ارائه شده توسط

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]



شکل ۱- میانگین عملکرد دانه کلزا به ازای واحد آب آبیاری در تیمارهای تنش آبی (۸۵-۱۳۸۴)

Fig. 1. Mean grain yield per unit irrigation water in water stress treatments in rapeseed (2005-06)



شکل ۲- میانگین عملکرد دانه کلزا به ازای واحد آب ورودی کل در تیمار های تنش آبی (۸۵-۱۳۸۴)

Fig. 2. Mean grain yield per unit irrigation water in water stress treatments in rapeseed (2005-06)

سینکی و همکاران (Sinaki *et al.*, 2007) کمتر بود. به نظر می‌رسد که علت این تفاوت، استفاده از ارقام مقاوم‌تر به خشکی کلزای مورد استفاده توسط آنان بوده است.

نتیجه گیری

ارزیابی اثر تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در این آزمایش نشان داد که در شرایط کمبود آب اگر گیاه در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار با تنش آبی مواجه شود، کمترین میزان کاهش عملکرد را خواهد داشت و تنش آبی در مرحله رسیدگی دانه حساس‌ترین مرحله رشد گیاه کلزا به خشکی می‌باشد. در تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در ابتدای فصل رشد، تنش آبی به طور پیوسته باعث

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

کاهش عملکرد چشمگیری خواهد شد، به طوری که می‌توان گفت در منطقه مورد مطالعه، کشت دیم کلزا از کارایی مناسبی برخوردار نمی‌باشد. در بین تیمارهای آبیاری، تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار بیشترین و تیمار دیم کمترین تعداد شاخه‌های فرعی در بوته را داشتند، بنابراین اعمال تنش کم آبی فقط در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار، افزایش رشد رویشی بعد از اتمام دوره تنش را در پی خواهد داشت. در بین تیمارهایی که در مرحله‌ای از رشد تحت تاثیر تنش قرار گرفتند، کمترین تعداد خورجین، در تیمار تنش در مرحله گلدهی مشاهده شد. به علت ترتیب گلدهی شاخه‌ها در کلزا که از ساقه اصلی شروع شده و تقریبا در اواسط گلدهی ساقه اصلی، شاخه‌های فرعی شروع به گلدهی می‌نمایند، کاهش تعداد خورجین در ساقه اصلی نسبت به شاخه فرعی کمتر مشاهده می‌شود. تنش آبی در مرحله رسیدگی دانه بیشترین اثر را بر طول خورجین داشت. کمترین تعداد دانه در خورجین در بین تیمارهایی که بصورت مرحله‌ای از رشد تحت تاثیر تنش قرار گرفته بودند، در تیمار تنش آبی در مرحله گلدهی مشاهده شد. وزن هزار دانه در تیمار تنش در مرحله گلدهی در شاخه فرعی، شاخه اصلی و کل بوته بیشتر از سایر تیمارها حتی تیمار شاهد بود که ناشی از کمتر بودن تعداد دانه در خورجین و استفاده بیشتر از مواد فتوسنتزی بعد از خاتمه تنش می‌باشد. بیشترین میزان روغن دانه‌ها در هر دو سال مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن در سال اول مربوط به تیمار تنش در مرحله رسیدگی دانه و در سال دوم مربوط به تیمار دیم بوده است. اثر تنش آبی به خصوص در مراحل پایانی دوره رشد، اثر معکوس بر میزان پروتئین دانه کلزا داشت. میزان پروتئین دانه در تیمار دیم در هر دوسال بیشتر از سایر تیمارها بوده است. بر اساس نتایج این آزمایش، در صورت کمبود آب و ضرورت اجرای روش کم آبیاری از نظر مقدار مصرف آب و مقدار تولید دانه و روغن، بهترین دوره جهت اعمال تنش آبی دوره رشد رویشی مجدد در بهار و حساس ترین دوره رشد گیاه به تنش آبی، دوره پر شدن و رسیدگی دانه کلزا می باشد.

سپاسگزاری

از شورای فناوری استان فارس بخاطر تامین بخشی از بودجه این پایان نامه دانشجویی تقدیر و تشکر می شود.

منابع مورد استفاده

References

Daneshmand, A. R., A. H. Shirani Rad, F. Darvish and M. R. Ardakani. 2004. Assessment of water stress on quantity and quality of yield and yield components and leaf's relative water content of oil seed rape (*Brasica napus*). Proceeding of the 8th Iranian crop Sciences congress, Rasht. 24-26 Aug. 2004. Guilan, Iran. (In Persian).

Eilkaee, M. N. and Y. Emam. 2006. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 34(3) 509-515. (In Persian with English abstract).

Fanai, H., Gh. Kaikha H. Akbari Moghadam, S. Modarres Najaf Abadi and Sh. A. Kouhkan. 2004. Assessment of harvesting time on yield and yield components of oil seed rape (*Brasica napus*) in Sistan region. Proceeding of the 8th Iranian crop Sciences congress, Rasht. 24-26 Aug. 2004. Guilan, Iran. (In Persian).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

Fereres, E. and M. A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Exp. Bot. 58(2) 147–159.

Gan, Y., S. V. Angadi., H. Cutforth., D. Potts., V. V. Angadi and C. L. MacDonald. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Can. J. Plant Sci. 84: 679-704.

Geerts, S. and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agric. Water Manag. 96: 1275–1284.

Hasanzadeh, M., A. H. Shirani Rad, M. R. Nadery Darbaghshahi, B. Majd Nasiri and H. Madani. 2005. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn rapeseed varieties. J. Agric. 7: 17-24. (In Persian with English abstract).

Henry, J. L. and K. B. Macdonald. 1978. The effects of soil and fertilizer nitrogen and moisture stress on yield, oil and protein concentration of rape. Can. J. Soil Sci.58:303-310.

Istanbulluoglu, A., B. Arslan, E. Gocmen, E. Gezer and C. Pasa. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Biosys. Engin. 105: 388-394.

Nielsen, D. C. 1996. Potential of canola as a dry land crop in north eastern Colorado. p. 281-287. in: Janick, J. Progress in New Crops. ASHS press. Alexandria.

Oster, J. D. and D. Wichelns. 2003. Economic and agronomic strategies to achieve sustainable irrigation. Irrig. Sci. 22: 107-120.

Shariaty, Sh. and P. Ghazi Shahni Zadeh. 2000. Rapseed. (first Ed.). Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian).

Sinaki, J. M. and E. M. Heravan, A. H. Shairani Rad, Gh. Noormohammadi and Gh. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). American- Eurasin J. Agric. Environ. Sci. 2(4): 417-422.

Zavareh, M. and Y. Emam. 2000. An identification guide for rapeseed (*Brassica napus* L.) developmental stages. Iran. J. Crop Sci. 2 (1) 1-14. (In Persian with English abstract).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

Effect of water stress on grain yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brasica napus* L.) *cv*. Licord

Shabani A[1]., A. A. Kamkar Haghighi[2], A. R. Sepaskhah[3], Y. Emam[4] and T. Honar[5]

ABSTRACT

Shabani A., A. A. Kamkar Haghighi, A. R. Sepaskhah, Y. Emam and T. Honar. 2010. Effect of water stress on grain yield, yield components and quality of rapeseed (*Brasica napus* L.) *cv.* Licord. **Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (4) 409-421 (In Persian)**

To study the effect of water stress at different growth stages on seed yield and yield components and quality of winter rapeseed (*Barassica napus* L.) *cv*. Licord a field experiment was conducted at the experimental research field of Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran, in 2004- 2005 and 2005- 2006 growing seasons. Experiment was performed using compelte randomized block design with five treatments and four replications. Treatments included full irrigation in all growth stages, water stress in vegetative stage in early spring, water stress in flowering and silique formation stages, water stress in grain filling stage and rainfed treatment with supplemental irrigation at planting time. Results showed that the rainfed treatment had the least and the full irrigation treatment had the maximum grain (980 and 3560 $kg.ha^{-1}$, respectively) and oil yield (250 and 1280 $kg.ha^{-1}$, respectively), respectively. Water stress had had revrese relationship with grain protein content. Full irrigation and water stress in flowering and silique formation stages had maximum(0.63 $kg.m^{-3}$) and rainfed treatment had minimum (0.36 $kg.m^{-3}$) water use productivity, respectively. Considering water use for grain and oil yields, it is concluded that vegetative stage in early spring is more tolerant to waters stress than grain filling stage in winter rapeseed under the conditions of this experiment.

Key words: Deficit irrigation, Grain yield, Oil content, Protein content, Rainfed and Rapeseed

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.4.4.7]

Received: September, 2009 Accepted: February, 2010

1-Former MSc Student, Shiraz University, Shiraz, Iran (Corresponding author) (Email: shabani8ali@yahoo.com)
2- Prof. Shiraz University, Shiraz, Iran
3- Prof. Shiraz University, Shiraz, Iran
4- Prof. Siraz University, Shiraz, Iran
5- Assistant Prof. Shiraz University, Shiraz, Iran