

## اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و

### کارایی مصرف آب ارقام پاییزه کلزا (*Brassica napus* L.)

علی اکبر صادقی نژاد<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup>، سید علی طباطبایی<sup>۳</sup> و سید مرتضی مدرس وامقی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۰۶

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

<sup>۲</sup> استاد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

<sup>۳</sup> عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد

<sup>۴</sup> کارشناس آزمایشگاه، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: modaresa@modares.ac.ir

#### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب پنج رقم کلزا، آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در شهرستان ابرکوه انجام گرفت. در این آزمایش ۴ تیمار آبیاری کامل با در نظر گرفتن ۴ رژیم تخلیه رطوبت متفاوت برای خاک، بعنوان کرت اصلی، شامل تخلیه ۴۰ درصد آب قابل دسترس در تمام طول فصل رشد (I<sub>1</sub>)، تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله ساقه‌دهی تا رسیدگی (I<sub>2</sub>)، تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله دانه‌بندی تا رسیدگی (I<sub>3</sub>) و تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله دانه‌بندی تا رسیدگی (I<sub>4</sub>) بودند. ارقام کلزا به عنوان کرت فرعی در ۵ سطح شامل، هایولا ۴۰۱، زرفام، مدنا، ساریگل و آپشن ۵۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد اثر تیمارهای مختلف آبیاری روی عملکرد و اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) بود. تخلیه بیشتر رطوبت خاک در هر سه مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و دانه‌بندی تا رسیدگی، سبب کاهش متوسط اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه به ترتیب با میزان ۱۳/۳٪ و ۱۵/۶٪ و در نهایت منجر به کاهش متوسط عملکرد دانه به میزان ۲۱/۴٪ نسبت به شاهد شد. کاهش عملکرد دانه در هر سه تیمار I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub>، I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> عمدتاً به دلیل کاهش غلاف در بوته و دانه در غلاف بود. کارایی مصرف آب هر سه تیمار تنش کم آبی نسبت به تیمار I<sub>1</sub> کاهش یافت. در بین ارقام نیز رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین کارایی مصرف آب را داشت. در مقایسه پنج رقم مشخص شد که رقم زرفام بیشترین (۴۰۰۶ کیلوگرم در هکتار) و رقم آپشن ۵۰۰ کمترین (۲۵۱۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را داشتند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، ارقام کلزا، عملکرد، اجزاء عملکرد، کارایی مصرف آب

## Effect of Water Deficit Stress at Various Growth Stages on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Five Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars

AA Sadeghinejad<sup>1</sup>, SAM Modarres-Sanavy\*<sup>2</sup>, SA Tabatabaei<sup>3</sup> and SM Modares Vaneghi<sup>4</sup>

Received: 12 June 2012 Accepted: 28 July 2013

<sup>1</sup>M.Sc. student in Agronomy, Faculty of Agric, Tarbiat Modares Univ, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Prof., Agronomy Dept., Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ., Tehran, Iran

<sup>3</sup>Research Assist. Prof., Faculty member, Agric. and Natural Resources Research Centre of Yazad, Iran

<sup>4</sup>Laboratory Manager, Faculty of Agric., Tarbiat Modares Univ. Tehran, Iran

\*Corresponding Author Email: modaresa@modares.ac.ir

### Abstract

In order to study the effect of water deficit stress at various growth stages on yield, yield components and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars, a field experiment was conducted as split-plot in a randomized complete block design with three replications during 2009-2010 growing seasons in Abarkouh, Iran. Full irrigation based on four different soil water depletion regimes were applied to the main plots including: 40% of available water depletion (AWD) during full growth period (I<sub>1</sub>), 80% of AWD during stem elongation stage to maturity (I<sub>2</sub>), 80% AWD from flowering stage to maturity (I<sub>3</sub>) and 80% AWD from seed filling stage to maturity (I<sub>4</sub>). Five rapeseed cultivars as sub plot units including: Hayola401, Zarfam, Modena, Sarigol and Option500 were investigated. Analysis of variance showed that there were significant ( $P \leq 0.01$ ) differences among irrigation levels for yield, yield components and water use efficiency. In this study, insufficient soil moisture at the three growth stages, reduced yield components such as seed number per pod and 1000-seed weight by 13.3% and 15.6%, respectively, and led to reduced seed yield as much as 21.4% compared to the control. Reduction of seed yield in each three treatments I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> and I<sub>4</sub> was mainly due to reduction in pods and seeds per pod. Water use efficiency decreased more in I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> and I<sub>4</sub> treatments than the control. Among the cultivars, Hayola401 had the highest water use efficiency. Statistical comparisons showed that Zarfam cultivar produced the highest seed yield (4006 kg ha<sup>-1</sup>) and Option500 produced the lowest seed yield (2515 kg ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Rapeseed cultivars, Water deficit stress, Water use efficiency, Yield, Yield components

## مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک، آب محدودیت اصلی بوده و خشکی از جمله مهمترین عوامل القا کننده تنش در گیاهان زراعی به حساب می آید. چنین تنشی بر روی عملکرد محصول اثر گذاشته و اغلب باعث ایجاد افت آن می شود (سیرتس و همکاران ۱۹۸۷، سولان و همکاران ۱۹۹۰). ایران سرزمینی است بسیار خشک با نزولات جوی بسیار کم، در حالی که میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین حدود ۸۶۰ میلی متر تخمین زده می شود، متوسط بارندگی سالانه در ایران حدود ۲۴۰ میلی متر است. بنابراین ملاحظه می شود که متوسط بارندگی در ایران حتی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهانی است. همچنین توزیع زمانی و مکانی بارندگی در ایران با نیاز بخش کشاورزی که مصرف کننده اصلی آب در این کشور است مطابقت ندارد (علیزاده ۱۳۸۶). کلزا با نام علمی *Brassica napus L.* دارای صفات مطلوبی از جمله، کیفیت بالای روغن دانه و صفات زراعی مناسبی مانند مقاومت به سرما، کم آبی، شوری، دارا بودن ژنوتیپ های بهاره و پاییزه، استفاده بهینه از رطوبت و بارندگی، هزینه کم تر تولید و عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح نسبت به دیگر دانه های روغنی مورد کشت در کشور بوده و کشت این گیاه در اکثر نقاط کشور توصیه می شود (آلیاری و شکاری ۱۳۷۹). اصولاً طول هر مرحله فنولوژیک می تواند از طریق مصرف بیشتر منابع یا از طریق کاهش تنش های محیطی و کاهش طول هر دوره، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. دینبراک (۲۰۰۰) با بررسی تحقیقات انجام شده در ۳۰ سال اخیر روی کلزا دریافت که صفات طول دوره گلدهی، زودرسی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، نقش قابل توجهی در بهبود عملکرد دانه کلزا به طور مستقیم و غیرمستقیم داشته اند. با توجه به اینکه در گیاهان زراعی شدت اثرات سوء خشکی در مراحل مختلف رشد متفاوت می باشد، بنابراین شناسایی حساس ترین مراحل رشدی گیاه نسبت به خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. وقوع تنش در

اواخر فصل رشد عملکرد گیاهان دیررس را بیشتر از گیاهان زودرس کاهش می دهد (جراکانگمن و همکاران ۱۹۹۵) و ارقام زودرس دارای ثبات عملکرد نسبتاً بیشتری در مناطق دارای خشکی دیرنگام می باشند (فوکای ۱۹۹۹). عملکرد کلزا تابع تراکم، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه ها می باشد (انگادی و همکاران ۲۰۰۳) و در این بین، تعداد غلاف در گیاه مهمترین جزء عملکرد به شمار می آید که تعداد آن توسط بقای گل ها و غلاف های جوان نسبت به تعداد گل ها و غلاف های پتانسیل تعیین می گردد (دینبراک ۲۰۰۰). در شرایط خشکی، عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف کاهش می یابد و کمترین تعداد غلاف و دانه در غلاف مربوط به گیاهان تنش دیده در مرحله گلدهی می باشد (هاشم و همکاران ۱۹۹۸). بین میزان بارندگی پس از مرحله گرده افشانی و عملکرد دانه همبستگی مثبت وجود دارد (سی و والتون ۲۰۰۴). نتایج پژوهش های کیفوما و همکاران (۲۰۰۶) روی کلزا نشان داد، تنش کمبود آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه تأثیر منفی روی عملکرد دانه دارد. اعمال تنش کم آبی در مراحل گلدهی و تشکیل غلاف ها عملکرد دانه را کاهش می دهد و با تسریع پیری برگ ها موجب کاهش دوره رشد گیاه می گردد (شرستا و همکاران ۲۰۰۶) دوره گلدهی و مراحل نمو اولیه غلاف ها یعنی زمان تعیین تعداد غلاف و دانه در کلزا از دیدگاه نیاز آبی، مراحل بحرانی به حساب می آیند، با تأمین آب کافی در این مراحل تعداد غلاف در واحد سطح و تعداد دانه در غلاف افزایش می یابد (سیناکی و همکاران ۲۰۰۷). کارایی مصرف آب نیز یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک است که نشان دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنش آب است (دانیلز و همکاران ۱۹۹۱). روش های افزایش کارایی مصرف آب برای تولید عملکرد بهینه در مزارع تحت آبیاری از زمینه های اصلی مطالعه اثر متقابل گیاه و محیط در دهه های گذشته بوده است. آب، دی اکسید کربن، دمای هوا، گونه گیاهی، مسیر فتوسنتزی گیاه، رفتار روزنه ای گیاه، اندازه و ساختمان و

ترتیب لومی، ۰/۶۶، ۰/۰۵ و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب لومی، ۰/۵۴ و ۰/۰۴ بود. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. آبیاری قبل از اجرای تیمار تنش به صورت کامل و بر مبنای ۴۰٪ تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک انجام گرفت به طوری که هیچ تنشی به گیاهان در کرت‌های مختلف وارد نشود. در این آزمایش ۴ تیمار آبیاری کامل با در نظر گرفتن ۴ رژیم تخلیه رطوبت متفاوت برای خاک، بعنوان کرت اصلی، شامل تخلیه ۴۰ درصد آب قابل دسترس در تمام طول فصل رشد ( $I_1$ )، تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله ساقه‌دهی (کد ۲/۰۱) تا رسیدگی (کد ۶/۹) ( $I_2$ )، تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله گلدهی تا رسیدگی ( $I_3$ ) و تخلیه ۸۰ درصد آب قابل دسترس از مرحله دانه‌بندی (کد ۶/۱) تا رسیدگی ( $I_4$ ) بودند. کدبندی براساس منبع سیلوستر برادلی و همکاران (۱۹۸۴) صورت گرفت. ارقام کلزا به عنوان کرت فرعی شامل، ( $V_1$ ) هایولا ۴۰۱، ( $V_2$ ) زرفام، ( $V_3$ ) مدنا، ( $V_4$ ) ساریگل و ( $V_5$ ) آپشن ۵۰۰ در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۶ متر و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود. کاشت روی ردیف‌ها، در عمق ۲-۱ سانتی‌متری و با فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۵-۳ سانتی‌متر انجام شد. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱ متر و کرت‌های اصلی ۲ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. مصرف کود براساس آزمایش تجزیه خاک صورت گرفت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۵۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت تقسیط سه گانه، (۸۰ کیلو-گرم در هکتار) به ترتیب در زمان کاشت، قبل از ساقه‌دهی و در زمان گلدهی مصرف گردید. عملیات کاشت بصورت دستی و در ۱۵ مهرماه انجام شد. برای تراکم مناسب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگگی اقدام به تنک گیاهان گردید. اعمال تنش با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری به روشی که در ذیل آمده است، انجام گرفت.

آرایش برگ‌ها، خصوصیات خاک و عوامل اقتصادی تولید از عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب می‌باشند (استانهیل ۱۹۸۶). با ازدیاد مقدار آب، افزایش بیشتری در کارایی مصرف آب مشاهده می‌شود (داماتو و جیوردانو ۱۹۸۷). هدایی و همکاران (۱۹۹۱) بین تنش آب و کارایی مصرف آب در گندم همبستگی منفی مشاهده نمودند و اظهار داشتند اصولاً این صفت ژنتیکی می‌باشد، در حالی که گیلیند و هنگ (۲۰۰۳) نشان دادند که کارایی مصرف آب در تیمار عدم آبیاری بهاره در گیاه کلزا حداکثر است و با افزایش آب مصرفی کاهش می‌یابد. مدیریت آب ممکن است به وسیله کاهش آب تلف شده از سطح خاک و بنابراین افزایش آب مفید قابل دسترس برای تعرق گیاه به افزایش کارایی مصرف آب کمک نماید.

کلزا به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح، و کشور ایران دارای منابع آب محدود، و در نتیجه کم آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی است لذا تعیین دور آبیاری مناسب که بتوان با اعمال آن ضمن صرفه جویی در آب، عملکرد قابل قبولی نیز به دست آورد و شناسایی ارقام کلزا که در شرایط محدودیت آب بتوانند عملکرد قابل قبولی تولید، و همچنین مطالعه چگونگی روند رشد و عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در شرایط تنش کم آبی ضروری به نظر می‌رسد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ابرکوه واقع در ۱۴۰ کیلومتری یزد انجام گرفت. براساس آمار آب و هوایی و با توجه به منحنی آمبروترمیک، منطقه مورد نظر جزء مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. قبل از کاشت از اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، نمونه‌گیری به عمل آمد و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم خاک تعیین گردید. بافت خاک، درصد کربن آلی و مقدار نیتروژن کل (درصد)، در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به

در طول رشد گیاه، مراحل فنولوژیک، طول دوره رشد (تعداد روز از کاشت تا سیاه و سخت شدن بذور)، طول دوره گلدهی (تعداد روز از زمانی که ۱۰ درصد بوته‌های هر کرت روی ساقه اصلی حداقل ۵ گل باز داشت تا وقتی که در ۹۰ درصد بوته‌ها، روی ساقه اصلی گلدهی پایان یافته بود)، روز تا گلدهی (تعداد روز از کاشت تا زمانی که ۱۰ درصد بوته‌های هر کرت روی ساقه اصلی حداقل ۵ گل باز داشت) طول دوره پر شدن دانه (تعداد روز از شروع مرحله پر شدن دانه تا زمانی که ۵۰-۴۵ درصد دانه‌ها در غلاف کل بوته به رنگ قهوه‌ای روشن در آمده بود) برای هر رقم ثبت گردید. به منظور تعیین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها تعیین گردید. برای تعیین وزن هزار دانه، سه نمونه هزار دانه‌ای از محصول هر کرت به وسیله دستگاه بذر شمار، شمارش و سپس توزین گردید. عملکرد دانه پس از رسیدن فیزیولوژیک در هر تیمار با حذف دو خط کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار برای هر کرت ثبت شد. کارایی مصرف آب نیز با تعیین نسبت عملکرد دانه در واحد سطح به مقدار آب مصرفی محاسبه گردید (سالیوان و استین ۱۹۷۴). در این تحقیق از نرم افزار SAS برای تجزیه واریانس داده‌ها و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم افزار MSTATC (P≤۰/۰۵) استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### طول دوره رشد

اثر آبیاری و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد برای این صفت معنی‌دار بودند (جدول ۱). تنش کم آبی در هر سه سطح I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub>، موجب کاهش طول دوره رشد و زودرسی گیاهان گردید (جدول ۲). کاهش روز تا رسیدگی بر اثر تنش کم آبی توسط شرستا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شده است. تنش

جهت تعیین دقیق زمان آبیاری، در فاصله بین دو آبیاری و با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، روزانه از هر کرت اصلی، یک کرت فرعی بطور تصادفی انتخاب و توسط مته نمونه‌هایی از خاک مزرعه در منطقه مؤثر ریشه (با زدن پروفیل خاک) که تابعی از مرحله رشد گیاه است نمونه‌برداری شد و به منظور تعیین رطوبت خاک به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده جهت انجام آبیاری کامل از رابطه زیر حجم آب آبیاری (V<sub>w</sub>) بر حسب مترمکعب برای هر سطح آبیاری محاسبه شد (علیزاده ۱۳۸۱).

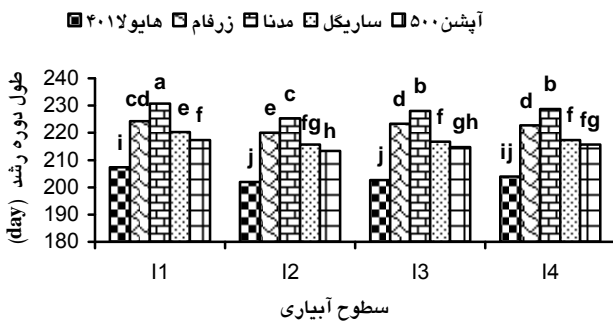
$$V_w = [(FC - \theta) \cdot BD \cdot D \cdot A] / E_a \quad [1]$$

در این رابطه:

FC درصد وزنی رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای خاک (با استفاده از دستگاه صفحه فشاری بدست آمد)  
 $\theta$  درصد وزنی رطوبت خاک هنگام نمونه‌برداری  
 BD وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌مترمکعب  
 D عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه بر حسب متر  
 A مساحت کرت بر حسب مترمربع  
 E<sub>a</sub> راندمان مصرف آب آبیاری در مزرعه بر حسب درصد است.

پس از محاسبه مقدار آب لازم براساس میزان تخلیه رطوبت خاک کرت‌ها با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن و به صورت سطحی آبیاری گردید و دبی آب عبوری توسط کنتور اندازه‌گیری شد. برای ارقام زرفام، مدنا، ساریگل و آپشن ۵۰۰ در تیمارهای I<sub>1</sub>، I<sub>2</sub>، I<sub>3</sub> و I<sub>4</sub> به ترتیب تعداد ۱۰، ۵، ۶ و ۸ بار آبیاری انجام گرفت. برای رقم هایولا ۴۰۱ (طول دوره رشد آن کمتر از بقیه ارقام بود)، حجم آب آبیاری در تیمار I<sub>1</sub> ۶۴۶۷ متر مکعب در هکتار، I<sub>2</sub> ۵۶۴۳ متر مکعب در هکتار، I<sub>3</sub> ۵۹۵۴ متر مکعب در هکتار و I<sub>4</sub> ۶۰۵۵ متر مکعب در هکتار بود.

بود. نتایج مشابهی نیز توسط آلن و مورگان (۱۹۷۲) گزارش شده است. طول دوره گلدهی با صفات غلاف در بوته، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۳).



شکل ۱- اثر متقابل آبیاری و رقم بر طول دوره رشد ارقام کلزا.

#### طول دوره پر شدن دانه

اثر آبیاری و رقم بر طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار بود ( $P \leq 0/01$ ) (جدول ۱). تیمار I<sub>4</sub> باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه گردید. تحت شرایط تیمار I<sub>1</sub>، طول دوره پر شدن دانه ۳۰/۵۳ روز بود که در شرایط تیمار I<sub>4</sub> به ۲۷/۹۳ روز کاهش یافت (جدول ۲). در بررسی‌های انجام شده قبلی نیز کاهش طول دوره پر شدن دانه در شرایط اعمال تنش در اواخر دوره رشد گزارش شده است (نیلسن و همکاران ۱۹۹۸). رقم هایولا ۴۰۱ طولانی‌ترین و رقم زرفام کوتاه‌ترین طول دوره پر شدن دانه را دارا بودند (جدول ۲).

#### ارتفاع بوته

اثر آبیاری و رقم بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). ارتفاع بوته در تیمار I<sub>2</sub> نسبت به تیمار I<sub>1</sub> ۱۵/۰۴ درصد کاهش داشت و تیمار آبیاری در بقیه سطوح معنی‌دار نبود (جدول ۲). تنش در مرحله رویشی ارتفاع بوته‌ها را با کاهش بیشتری نسبت به اعمال تنش در مرحله زایشی مواجه ساخت. کاهش بیشتر در مرحله رویشی به این دلیل می‌تواند باشد که در

کم آبی سبب تسریع در زودرسی گیاهان می‌شود و زودرسی یکی از مکانیسم‌های مهم گریز از خشکی به شمار می‌رود (جزایری و رضایی ۱۳۸۵). رقم مدنا دیررس‌ترین و رقم هایولا ۴۰۱ زودرس‌ترین ارقام بودند (جدول ۲). در هر چهار سطح آبیاری رقم مدنا و هایولا ۴۰۱ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول دوره رشد بودند (شکل ۱).

#### تعداد روز تا گلدهی

از نظر این صفت، بین ارقام اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0/01$ ) وجود داشت (جدول ۱). بررسی فولکز و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که تنش کم آبی تأثیر زیادی روی زمان گلدهی ندارد و رابطه‌ای بین زمان گلدهی و عملکرد دانه مشاهده نگردید. ارقام هایولا ۴۰۱ و مدنا به ترتیب به عنوان زودگل‌ترین و دیرگل‌ترین ارقام شناسایی شدند (جدول ۲). بین ارتفاع بوته و تعداد روز تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) وجود داشت (جدول ۳).

#### طول دوره گلدهی

اثرات آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار بودند ( $P \leq 0/01$ ) (جدول ۱). تیمار I<sub>1</sub> و I<sub>4</sub> بیشترین و تیمار I<sub>2</sub> کمترین طول دوره گلدهی را دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی در مرحله گلدهی موجب کاهش طول دوره گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی گیاهان گردید. با اجرای آبیاری تکمیلی در کلزا، طول دوره گلدهی و در نتیجه تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد که این امر احتمالاً ناشی از سطح برگ بیشتر در طول دوره گلدهی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بیشتر است (رایت و همکاران ۱۹۹۵). رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین و رقم مدنا کمترین طول دوره گلدهی را داشتند (جدول ۲). طول دوره گلدهی تحت تأثیر درجه حرارت هوا، از زمان شروع تا پایان گلدهی بدین ترتیب بود که ارقامی که در هوای خنک‌تری به گل رفته، طول دوره گلدهی آن‌ها نسبت به ارقام دیررس‌تر که در هوای گرم‌تر به گل رفته، بیشتر

رشد نامحدود افزایش تعداد شاخه فرعی و به دنبال آن افزایش میزان برگ و سطوح فتوسنتز کننده، میزان فتوسنتز بیشتری در پی داشته و در نتیجه این تغییرات به افزایش تعداد غلاف در گیاه منجر می‌گردد (نیلسن ۱۹۹۷).

#### تعداد غلاف در بوته

اثرات آبیاری و رقم و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار بودند ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۱). نتایج نشان داد که تیمار  $I_1$ ، به طور معنی‌داری تعداد غلاف بیشتری در بوته نسبت به تیمارهای دیگر آبیاری تولید کرده بود (جدول ۲)، که با نتایج سیناکی و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. در تیمار  $I_1$  وجود رطوبت کافی در مراحل گلدهی و شروع تشکیل غلاف باعث رشد رویشی بیشتر و تشکیل تعداد زیادی غلاف گردیده است. اما محدودیت آب در مراحل بعدی بنظر می‌رسد نتوانسته جوابگوی این تعداد غلاف باشد و بعلت ریزش غلاف‌ها تعداد غلاف در بوته کاهش یافته است. در تیمارهای  $I_2$  و  $I_3$  کمبود رطوبت در مراحل گلدهی و تشکیل غلاف باعث کاهش تعداد غلاف گردید ولی در تیمار  $I_4$  بعلت اینکه گیاه مرحله گلدهی و تشکیل غلاف را پشت سر گذاشته است کمبود آب تأثیری روی تعداد غلاف در بوته نداشته است. به نظر می‌رسد که تنش رطوبتی بیشترین تأثیر خود را روی عدم تلقیح گل‌ها و یا ریزش آن‌ها داشته باشد، آنچنان که در طول اجرای آزمایش ریزش شدید گل‌ها در شرایط تخلیه رطوبتی ۸۰ درصد خاک مشاهده گردید. رایت و همکاران (۱۹۹۵) نیز اظهار داشتند که در کلزا، کاهش تعداد غلاف از ریزش زیادتر گل و غلاف ناشی می‌گردد و این مشکل در تنش‌های با شدت بیشتر مشهود است. در خصوص تعداد غلاف در بوته نیز بیشترین و کمترین به ترتیب متعلق به ارقام ساریگل و آپشن ۵۰۰ می‌باشد (جدول ۲).

بیشترین (۲۴۴/۹) و کمترین (۷۱/۵) تعداد غلاف در بوته به ترتیب از اثر متقابل  $I_1V_4$  و  $I_2V_5$  حاصل گردید (شکل ۲). تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه، کارایی

این مرحله رشد طولی گیاه سریع بوده در حالی که در مرحله زایشی رشد طولی گیاه با سرعت کمتری انجام پذیرفته یا متوقف شده است. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (شرستا و همکاران ۲۰۰۶، یارنیا و همکاران ۲۰۰۵). به نظر برخی محققان در شرایط تنش خشکی آبسیزیک اسید سبب القای توقف رشد ساقه بعلت توقف ترشح پروتون‌های القایی اکسین می‌شود (رد و بنر ۱۹۷۴). ارقام زرفام و مدنا بیشترین و ارقام هایولا ۴۰۱ و آپشن ۵۰۰ کمترین ارتفاع را دارا بودند (جدول ۲). برتون و همکاران (۲۰۰۳) بر این اعتقاد هستند که ژنوتیپ‌های دارای طول دوره رشد بیشتر، از نظر ارتفاع، بلندتر از سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشند، چرا که طویل شدن بوته‌ها تا زمان گلدهی ادامه می‌یابد. بین ارتفاع بوته با طول دوره رشد و تعداد روز تا گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد و با تعداد شاخه فرعی همبستگی منفی و معنادار در سطح پنج درصد مشاهده شد (جدول ۳).

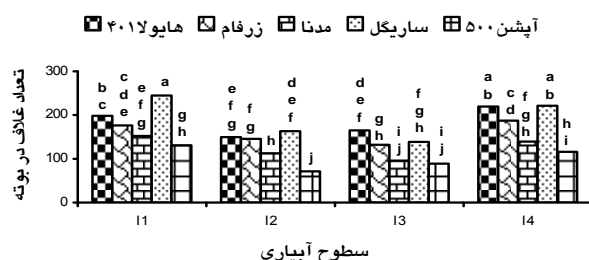
#### تعداد شاخه فرعی در بوته

اثر آبیاری و اثر رقم اختلاف معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد نشان داد (جدول ۱). تیمار  $I_2$  باعث کاهش تعداد شاخه فرعی به میزان ۱۶/۴۹ درصد در بوته شد (جدول ۲). تیمارهای  $I_3$  و  $I_4$  نیز باعث کاهش این صفت شدند ولی این کاهش معنی‌دار نبود که با نتایج به دست آمده از بررسی‌های سینگ و همکاران (۱۹۹۶) مطابقت دارد.

تعداد کمتر شاخه‌های فرعی در گیاه در صورت ایجاد تنش رطوبتی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت داد. ارقام هایولا ۴۰۱، ساریگل و آپشن ۵۰۰ دارای بیشترین و رقم مدنا دارای کمترین تعداد شاخه فرعی بودند (جدول ۲). به نظر می‌رسد در گیاهان

آبی کاهش یافت. در شرایط تیمار  $I_1$ ، بیشترین وزن هزار دانه بدست آمد و بین سه تیمار دیگر آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد در صورت وجود عوامل مساعد محیطی به دلیل ایجاد پوشش گیاهی مناسب و توسعه سطح سبز گیاه، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش یافته و وزن دانه بالاتر خواهد رفت (هانگ و گیلیند ۱۹۹۱). علت کاهش وزن هزار دانه در شرایط کم آبی، وقوع تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی است که موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردید. این وضعیت موجب از بین رفتن اندام‌های زایشی (گل‌ها) و در نتیجه افزایش آسیب پذیری تشکیل دانه در غلاف‌ها گردید. در آغاز پر شدن دانه‌ها ادامه ارسال آسیمیالات کافی به دانه‌ها با افزایش سقط دانه‌های دیگر مقدور نیست. در این زمان، فتوسنتز برگ و انتقال مواد فتوسنتزی نیز توسط خشکی کاهش یافته و به دلیل عدم ارسال مواد فتوسنتزی به دانه، وزن دانه کاهش می‌یابد. رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین و رقم مدنا کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۲). بین وزن هزاردانه و طول دوره گلدهی رابطه مثبت و معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) وجود داشت (جدول ۳).

مصرف آب و طول دوره گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۳).



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و رقم بر تعداد غلاف در بوته ارقام کلزا.

#### تعداد دانه در غلاف

اثر سطوح آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار بود ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۱). تنش کم آبی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف گردید. تیمار  $I_1$  و  $I_2$  به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف تولید نمودند (جدول ۲). به نظر می‌رسد تیمار  $I_1$  با افزایش دوره گلدهی، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را افزایش داده که احتمالاً علت آن، وجود سطح برگ بیشتر در دوره گلدهی (کلارک و سیمپسون ۱۹۷۸) و افزایش کارایی فتوسنتز در واحد سطح می‌باشد (کروگمن و هابس ۱۹۷۵). تنش کم آبی، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌های در حال توسعه کاهش می‌دهد. در نتیجه مقدار مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها کاهش یافته و باعث افزایش آسیب پذیری تشکیل دانه می‌شود (کافی و همکاران ۲۰۰۰). ارقام زرغام و آپشن ۵۰۰ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف بودند (جدول ۲). تعداد دانه در غلاف با عملکرد دانه و کارایی مصرف آب همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۳).

#### وزن هزاردانه

اثر سطوح آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار بود ( $P \leq 0.01$ ) (جدول ۱). وزن هزار دانه در شرایط تنش کم



جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام کلزا.

منابع تغییر	درجه آزادی	طول دوره رشد	روز تا گلدهی	طول دوره گلدهی	شنن دانه	شکل دانه (cm)	فرعی	بوته	تعداد غلاف در تعداد دانه در	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۰/۸۶ NS	۵/۶۱ NS	۲/۲۱ NS	۲/۴۵ NS	۲۹/۱۴ NS	۷/۲۲ NS	۱/۶۷ NS	۰/۰۸ NS	۸۹۰۴۵/۲۴ NS	۰/۰۰۲ NS	
آبیاری	۲	۵۷/۵۵ NS	۷/۲۱ NS	۵۷/۱۷ NS	۷۸/۷۵ NS	۷۷/۲/۹۱ NS	۶/۹۰ *	۱۲۸۰۵/۷۸ NS	۰/۰۹ NS	۴۵۸۴۴۶/۴۴ NS	۰/۱۴ NS	
خطای اصلی	۶	۰/۵۵	۲/۲۲	۱/۵۸	۲۲/۵۶	۰/۹۰	۳۶/۳۷	۱/۲۳	۰/۰۰۵	۸۰۳۱۸/۲۶	۰/۰۰۲	
رقم	۴	۹۶۷/۳۵ NS	۱۴۵۳/۸۵ NS	۱۷۲/۷۷ NS	۱۰۲/۹۱ NS	۱۷۲۷ NS	۱۴/۲۳ NS	۸۰/۲۵ NS	۲/۱۳ NS	۴۵۸۴۹۲۵/۱۵ NS	۰/۱۹ NS	
آبیاری × رقم	۱۲	۱/۲۹ *	۱/۱۷ NS	۰/۲۶ NS	۰/۹۶ NS	۹۴/۱۱ NS	۰/۶۹ NS	۰/۴۸ NS	۰/۰۱ NS	۵۳۰۴۸/۳۹ NS	۰/۰۰۱ NS	
خطای فرعی	۳۲	۱۶/۶۰	۰/۷۶	۰/۶	۵۵/۱۴	۱۹۰/۲	۱/۲۶	۰/۸۵	۰/۰۰۸	۱۰۲۰۱۶/۸۳	۰/۰۰۲	
ضریب تغییرات (%)	۰/۳۴	۰/۶	۲/۴۱	۲/۵۸	۹/۴۷	۱۹/۱۷	۴/۸۶	۹/۲۷	۲/۶۷	۹/۲۷	۹/۳	

\*و\*\*به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ NS غیر معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام کلزا در سطوح مختلف آبیاری و رقم.

تیمار	طول دوره رشد (روز)	روز تا گلدهی	طول دوره گلدهی (روز)	شنن دانه (روز)	طول دوره پیران‌تقاع بوته (cm)	فرعی	در بوته	غلاف	تعداد دانه در	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg.h <sup>-1</sup> )	کارایی مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> )
I <sub>1</sub>	۲۵۵/۲۰۸b۲۳۰۰a	۲۵/۶۸	۲۰/۵۳a	۱۰۲/۲۷a	۶/۳۸	۷۸/۰/۶۰a	۲۷/۱/۶۸	۲/۹۴a	۲۱۰۳/۶۸	۲۹۰۳/۶۸	۰/۶۸a	
I <sub>2</sub>	۲۱۵/۲۶d	۱۴۳/۹۳b	۲۱/۶۶c	۸۶/۸۷b	۴/۹۱b	۱۲۸/۶b	۱۷/۲۸c	۳/۳۳b	۲۹۳۳/۶c	۲۹۳۳/۶c	۰/۷۵۱	
I <sub>3</sub>	۲۱۷/۰۶c	۱۴۵/۴۸a	۳۲/۰۶B	۱۰۱/۷۵a	۵/۸۸a	۱۲۴/۱b	۱۷/۵۷c	۲/۳۳b	۲۰۳۳/۸c	۲۰۳۳/۸c	۰/۴۸c	
I <sub>4</sub>	۲۱۷/۸b	۱۴۵/۲۶ab	۲۵/۶۸a	۹۷/۴۸a	۲۷/۹۳b	۱۷۶/۸۶a	۱۹/۷۷ab	۲/۳۳b	۲۶۹۷/۷b	۲۶۹۷/۷b	۰/۶۲b	
هایولا ۴۰	۲۰۴/۱۶e	۱۳۰/۳۱e	۲۸/۳۳a	۵۸/۱c	۶/۴۷a	۱۸۳/۳a	۲۰/۵۹b	۲/۹۱a	۲۹۹۱/۸a	۲۹۹۱/۸a	۰/۴۸a	
زرغام	۲۲۲/۵ab	۱۵۰/۱۶b	۳۲/۰۸c	۲۵/۶۶e	۵/۳۱b	۱۶۰/۴b	۲۲/۳۵a	۲/۲۸c	۴۰۰۶/۱a	۴۰۰۶/۱a	۰/۶۲b	
مدنا	۲۲۸/۱۶a	۱۶۰/۰۸a	۲۸/۰ad	۲۱/۵ab	۴/۲۳c	۱۸۷/۲c	۱۸/۲c	۲/۷۷d	۲۴۸۷/۲b	۲۴۸۷/۲b	۰/۵۶c	
ساریگل	۲۱۷/۵c	۱۴۳/۵ac	۲۰/۴۱c	۹۷/۸۴b	۶/۸۲a	۱۹۱/۲	۱۷/۹۶c	۲/۳۳c	۲۲۲۲/۹b	۲۲۲۲/۹b	۰/۵۱c	
آپشن ۵۰۰	۲۱۵/۲۵d	۱۴۱/۵ad	۲۵/۳۳B	۷۸/۹۱d	۵۵/۴۳c	۱۰۱/۸d	۱۵/۶۳d	۳/۵۸b	۲۵۱۵/۹c	۲۵۱۵/۹c	۰/۴d	

هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

آبیاری معمول بر اساس تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده (A<sub>1</sub>)، آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله ساقه‌دهی تا رسیدگی (A<sub>2</sub>)، آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله دانه‌بندی تا رسیدگی (A<sub>3</sub>)

## عملکرد دانه

۲۵ درصد، در تیمار  $I_3$ ، ۲۹ درصد و در تیمار  $I_4$  ۹ درصد کاهش داشت. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب در تیمارهای  $I_1$  و  $I_3$  مشاهده شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش کم آبی، کارایی مصرف آب بالاتر است. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (اهدایی و همکاران ۱۹۹۱، نیسانکا و همکاران ۱۹۹۷، نیلسن و همکاران ۱۹۹۸). علت کاهش کارایی مصرف آب در شرایط تنش کم آبی می‌تواند بدین دلیل باشد که تنش باعث بسته شدن روزنه‌ها شده و کارایی مصرف آب به علت پایین آمدن فتوسنتز و در نهایت عملکرد، کاهش می‌یابد. رقم هایولا ۴۰۱ دارای بیشترین و رقم آپشن ۵۰۰ دارای کمترین میزان این صفت بودند (جدول ۲). علت کاهش کارایی مصرف آب در بعضی ارقام می‌تواند به دلیل کاهش بیشتر فتوسنتز و تعرق باشد علت این امر مقاومت مزوفیلی بیشتر برای عبور دی اکسید کربن و یا وارد آمدن خسارت به مزوفیل بر اثر تنش کم آبی ذکر شده است (نیسانکا و همکاران ۱۹۹۷) ارقام دیررس کلزا نسبت به ارقام زودرس، آب بیشتری مصرف کرده و لذا کارایی مصرف آب پایین‌تری دارند. پس علت کارایی مصرف آب بیشتر در رقم هایولا ۴۰۱ می‌تواند به علت زودرسی و عملکرد بالای این رقم باشد. در این بررسی کارایی مصرف آب با صفات، غلاف در بوته، دانه در غلاف و عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۳).

## کارایی مصرف آب

اثرات سطوح آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار بودند ( $P \leq 0/01$ ) (جدول ۲). تیمارهای  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$  عملکرد دانه را کاهش دادند (جدول ۳). بررسی نیلسن (۱۹۹۷) نیز بیانگر عکس‌العمل خطی بین عملکرد دانه و آب مصرفی در گیاه کلزا است. عملکرد دانه در تیمارهای  $I_2$ ،  $I_3$  و  $I_4$  به ترتیب ۲۷/۲۶، ۲۶/۲۴ و ۹/۸۸ درصد کاهش یافت. علت عملکرد بیشتر دانه در تیمار  $I_1$  وجود آب کافی در دسترس گیاه می‌باشد که باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه شده و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافته است. عملکرد دانه کلزا تابعی از تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه است (هابکت ۱۹۹۳)، پس هر عاملی که باعث کاهش این صفات شود بطور غیرمستقیم عملکرد دانه را نیز کاهش خواهد داد. همچنین خشکی از طریق اثر روی ظرفیت‌های بیوشیمیایی در جذب کربن، می‌تواند بر عملکرد تأثیر بگذارد (پاری و همکاران ۲۰۰۲). رقم زرفام بیشترین و رقم آپشن ۵۰۰ کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۲). علت عملکرد بالاتر ارقام هایولا ۴۰۱ و زرفام در این بررسی تولید بالاتر اجزای عملکرد این دو رقم نسبت به ارقام دیگر می‌باشد. عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و کارایی مصرف آب همبستگی مثبت و معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۳).

اثرات تیمارهای آبیاری و رقم بر این صفت معنی‌دار بودند ( $P \leq 0/01$ ) (جدول ۱). این صفت در تیمار  $I_2$

جدول ۳- ضرایب همبستگی برای صفات مورد مطالعه ارقام کلزا.

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱- طول دوره رشد	۱										
۲- طول دوره گلدهی	-۰/۷۴**	۱									
۳- روز تا گلدهی	۰/۹۶**	-۰/۸۵**	۱								
۴- دوره پرشدن دانه	-۰/۴۱*	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	-۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۱							
۵- غلاف در بوته	-۰/۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۶**	-۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱						
۶- دانه در غلاف	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۸ <sup>ns</sup>	-۰/۰۱ <sup>ns</sup>	-۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۶۹*	۱					
۷- وزن هزاردانه	-۰/۸۷**	۰/۸۹**	-۰/۹۴**	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱				
۸- ارتفاع	۰/۷۵**	-۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۱**	-۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۴*	-۰/۶۲ <sup>ns</sup>	۱			
۹- تعداد شاخه فرعی	-۰/۵۵**	۰/۸**	-۰/۶۶**	-۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۳*	-۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۶۳**	-۰/۴۱*	۱		
۱۰- عملکرد دانه	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	-۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	-۰/۰۶ <sup>ns</sup>	-۰/۷۴**	۰/۹۵**	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	-۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۱	
۱۱- کارایی مصرف آب	-۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	-۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	-۰/۷۳**	۰/۸۹**	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	-۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۹۵**	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪. ns غیر معنی‌دار

## منابع مورد استفاده

- آلیاری ه و شکاری ف، ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی. ص ۱۸۲.
- جزائری م ر و رضایی ع ا، ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام یولاف در شرایط آب و هوایی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۳. صفحه‌های ۳۹۳ تا ۴۰۴.
- علیزاده ا، ۱۳۸۱. خشکسالی و ضرورت مدیریت در مصرف آب. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۳. صفحه‌های ۳ تا ۷.
- علیزاده ا، ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سیزدهم، با تجدید نظر. انتشارات آستان قدس رضوی.
- Allen EJ, and Morgan DG, 1972. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. J Agric Sci Camb 78: 315 – 324.
- Angadi SV, Cutforth HW, McConkey BG and Gan Y, 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Sci 43: 1358-1366.
- Burton WA, Salisbury P and Potts D, 2003. The potential of canola quality *Brassica juncea* as an oilseed crop for Australia Pp. 62-64. Proceeding 13th biennial Australian research assembly on brassicas. Australia.
- Clark JM and Simpson GM, 1978. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv. Tower. Can J of Plant Sci 58: 731-737.
- Damato A and Giordano L, 1987. Response of spring sown sugar beet at different irrigation volumes nitrogen and plant density in southern italy. Irrigation and Drainage 34: 2:3-9.
- Daniels MB and Scott HD, 1991. Water use efficiency of double cropped wheat and soybean. Agron J 83: 564-570.
- Diepenbrock W, 2000. Yield analysis of winter oilseed rape areview. Field Crop Res 67: 35-49.
- Ehdaie B, Hall AE, Nguyen GD and Waines JG, 1991. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. Crop Sci 31: 1282-1288.
- Foulkas MJ, Sylvester-Bradley R and. Scott RK, 2001. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield . J Agric Sci Camb 137:1-16.
- Fukai S, 1999. Phenology in rainfed lowland rice. Field Crop Res 64: 51-60.
- Gilliland GC and Hang AN, 2003. Oilseed rape keeps irrigated land productive during drought Pp.1-3. Agriculture Research and Extension Center, Prosser, EM4833.
- Habekotte B, 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. Field Crops Res 35: 21-33.

- Hang AN and Gilliland GC, 1991. Water requirement for winter rapeseed in central Washington Pp.1235-1240. In: McGregor, DI (ed.). Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon.
- Hashem A, Amin Majumdar MN, Hamid A and Hossein MN, 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth , cell membrane stability and gas exchange of synthesized *Brassica napus* L. J Agron and Crop Sci 180: 129-136.
- Jerakongman S, Rajatasereekul S, Naklang K, Romyen P, Fukai S, Skulkha E and Josefsson E, 1995. Content of glucosinolate in seed meals of *Sinapis alba* as affected by heredity, environment and seed part. J Sci Food and Agric 21: 94-97.
- Kafi M, Zand E, Kamkar B, Sharifi H and Goldani H, 2000. Plant Physiology. 2<sup>nd</sup> ed., Mashhad Jihad Daneshgahi Publication. (in Farsi)
- Krogman KK and Hobbs EH, 1975. Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* L. CV. Span) to irrigation and fertilizer treatment. Can J Plant Sci 55: 903-909.
- Nielsen DC, 1997. Water use and yield of canola under dryland condition in the Central Great Plains. J Prod Agric 10(2): 307-313.
- Nielsen DC and Nelsen NO, 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Sci 38:422-427.
- Nissanka SP, Dioxin MA and Tollenaar M, 1997. Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. Crop Sci 37:172-181.
- Parry MAJ, Andralojic PJ, Khan S, Lea PJ and Keys AJ, 2002. Rubisco activity: effects of drought. Annals of Botany 89: 833-839.
- Qifuma Sh, Niknam R and Turner DW, 2006. Resposes of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. Aust J Agric Res 57: 221-226.
- Reed NR and Banner BA, 1974. The effect of abscisic acid on the uptake of potassium and chloride in to avena coleoptile sections. Planta 116: 173-185.
- Shrestha R, Turner NC, M. Siddique KH, Turner DW and Speijers J, 2006. A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod number but not pod size. Aust J of Agric Res 57(4): 427-438.
- Sierts HP, Geisler G, Leon J and Dipenbrock W, 1987. Stability of yield components for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J Agron and Crop Sci 158: 107-113.
- Si P and Walton GH, 2004. Determination of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of wesern Australia. Aust J of Agric Res 55: 367-377.
- Singh pK, Mishra AK and Imtiyaz M, 1996. Moisture stress and the water use efficiency of mustard. Agric Water Mang 20: 245-253.
- Sinaki JM, Majidi Heravan E, Shirani Rad AH, Noormohamadi G and Zarei G, 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B.napus* L.). Ameri-Eurasi J Agric Enviro 2(4): 417-424.
- Sloan RJ, Patterson RP and Carter TE, 1990. Field drought tolerance of soybean plant introduction. Crop Sci 30: 118-123.
- Stanhill G, 1986. Water use efficiency. Adv in Agron 39:53-85.
- Sullivan CY and Eastin JD, 1974. Plant physiological response to water stress. Agric Meteorol 14: 113-127.
- Sylvester-Bradley R and Makepeace RJ, 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Aspects of Applied Biol 6: 399-419.
- Wright PR, Morgan JM, Jessop RS and Cass A, 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and India mustard(*B. Jancea*) to soil water deficits, yield and yield components. Field crops Research 42: 11-13.
- Yarnia M, Amirhallaji H, Alyari H, Valizade M and Khorshidi MB, 2005. Evaluation of drought on yield and yield components of azarghol (*Helianthus annuus*) in different density. P2.99. InterDrought-II. 24-28 Sept. Rome, Italy.