تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۴ شماره‌ی ۲ الف، اسفند ماه ۹۰

مطالعه‌ی اثر تنش خشکی انتهایی (پایان فصل رشد) بر روی عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن، درصد پروتئین و خصوصیات رشد ریشه‌ی کلزا (*Brassica napus*) در شرایط آب و هوایی اهواز

عبدالرضا سید احمدی[۱*]، محمد حسین قرینه[۲]، عبدالمهدی بخشنده[۳]، قدرت الله فتحی[۴] و احمد نادری[۵]

۱*- **نویسنده‌ی مسؤول**: دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین Seyedahmadi1342@gmail.com()

۲،۳و۴- به ترتیب دانشیار و استادان دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

۵- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۱۵

چکیده

این تحقیق به منظور مطالعه‌ی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن، درصد پروتئین و صفات وابسته به ریشه به مدت دو سال ۱۳۸۷و ۱۳۸۸ در شرایط گل دانی درگلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. تیمارها شامل سطوح خشکی ۵۰،۶۰ و۷۰ درصد تخلیه ی رطوبت خاک که از مرحله ی شروع گل دهی تا زمان برداشت اعمال گردید و سه رقم کلزا بهاره به نام های هایولا۴۰۱، شیرالی و آر.جی.اس بوده که به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. اندازه گیری ها شامل عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، درصد پروتئین، درصد روغن، طول، قطر، حجم و ماده ی خشک ریشه بودند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش معنی دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد و میانگین کاهش دو ساله به ترتیب ۲۱/۳ ، ۲۹/۳ و ۳۲/۱ درصد بود. در بین اجزا عملکرد دانه وزن دانه و تعداد غلاف در بوته در اثر تنش خشکی به ترتیب ۲۸/۳ و ۴۹/۴ درصد کاهش یافتند. تنش خشکی درصد روغن را ۹/۱ درصد کاهش و میزان پروتئین دانه را ۱۶/۶ درصد افزایش داد. تنش خشکی سبب کاهش طول ریشه، ماده ی خشک ریشه و افزایش قطر ریشه شد. میانگین طول ریشه و ماده ی خشک ریشه به ترتیب ۵۵ و ۳۶/۹ درصدکاهش یافتند و قطر ریشه ۵۸/۰۳ درصد افزایش نشان داد. یافته های به دست آمده نشان داد در شرایط آب و هوایی استان خوزستان تنش خشکی انتهایی فصل از طریق تاثیر بر مؤلفه های ریشه و همچنین با کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه وکاهش درصد روغن تولید کلزا را کاهش داده است.

کلید واژه ها: تنش خشکی، ریشه، عملکرد دانه، روغن، کلزا

مقدمه

پایداری تولید محصولات زراعی در مناطق گرم و خشک کشور به دلیل محدودیت‌های محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده، در تولید محصولات زراعی از جمله کلزا محسوب می گردد. تجارب چند سال گذشته نشان داد در مناطق مختلف خوزستان محدودیت‌های محیطی به خصوص تنش خشکی، تولید کلزا را تحت تأثیر قرار داده است. در نتیجه باید با شیوه‌های به زراعی و به نژادی در جهت کاهش این اثرات محدود کننده تلاش نمود. به طور کلی به شرایط نامناسبی که لزوماً مرگ آنی را در پی نداشته باشد و به طور دائم یا موقتی در یک محل حادث می‌شود تنش گویند (۴). تنش خشکی ممکن مربوط به دو رویداد، یکی مربوط به افزایش آب و دیگری مربوط به کمبود آب می باشد (۱۰). در حالت

غرقابی اولین نتیجه ی آن کاهش اکسیژن قابل تامین برای ریشه‌ها است که جذب مواد غذایی و تنفس را کاهش می‌دهد. بیش ترین حالت تنش آبی مربوط به کمبود آب است که به آن تنش خشکی می‌گویند (۲۰). گان و همکاران[1] (۱۴) دریافتند تنش خشکی در کلزا در مرحله ی اولیه ی رشد قابل بازیابی است. محمد و همکاران[2] (۲۵) گزارش نمودند بیش ترین کاهش تنش خشکی در سه مرحله ی سبز شدن اولیه، گل دهی و تشکیل دانه بود. ارال و دیویس[3] (۱۳) نیز گزارش نمودند تنش خشکی باعث کاهش توسعه ی برگ ها و کاهش رشد ساقه و ارتفاع بوته گردید. تنش خشکی به طور معنی دار باعث کاهش رشد و تولید گیاهان می‌شود (۳۳)، به طوری که در یک مطالعه ای تنش خشکی بین ۱۱ تا ۴۰ درصد بیوماس گیاهان را کاهش داد (۷). در چغندرقند تنش خشکی شدید رشد قسمت‌های هوایی گیاهی را بیش تر از ریشه ی گیاه کاهش داد (۲۳). رهنما و بخشنده[4] (۲۷) گزارش نمودند بیش ترین کاهش عملکرد کلزا بهاره موقعی رخ داد که گیاه در اثر عدم نزولات جوی بهاره با تنش خشکی مواجه شد. چن و همکاران[5] (۱۲) اظهار داشتند تولید کلزا در مناطق خشک و نیمه خشک به وسیله دوره کوتاه رشد گیاهان محدود گردیده و همبستگی بین بارندگی و زمان گلدهی و رسیدن دانه وجود داشت، لذا تنش خشکی مهم ترین عامل محدود کننده کلزا در مناطق دیم ارزیابی شد. انگادی و همکاران[6] (۶) گزارش نمودند کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در مرحله ی رشد طولی ساقه و گلدهی عمدتاً مربوط به کاهش تعداد غلاف در بوته بود، ولی بروز تنش خشکی در مرحله ی پر شدن دانه کاهش عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش وزن دانه صورت گرفت. سیانکی و همکاران[7] (۳۰)، گان و همکاران (۱۵) گزارش نمودند تنش خشکی در مرحله ی توسعه ی غلاف ها بیش ترین کاهش و خسارت را به مجموع غلاف وارد می‌نماید. شاخص برداشت به طور معنی‌دار کاهش یافت که کاهش مذکور مربوط به تعداد کم غلاف بود. گزارش ها در مورد اثر تنش خشکی روی درصد روغن دانه عمدتاً مربوط به اثر منفی خشکی بر محتوای روغن می باشد. سیانکی و همکاران (۳۰) گزارش نمودند تنش خشکی درصد روغن دانه را ۲۰ درصد نسبت به شرایط کنترل شده کاهش داد. احمدی و بحرانی[8] (۵) نشان دادند رژیم های مختلف آبیاری بر روی عملکرد پروتئین و روغن تأثیر معنی دار داشته و عملکرد روغن دانه را از ۱۲۶۴ به ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش داد. بر اساس یافته های قبادی و همکاران (۳) با افزایش تنش خشکی درصد روغن کاهش و درصد پروتئین افزایش یافت، همچنین این تغییرات روی عملکرد روغن و پروتئین معنی دار بود. سی و والتون[9] (۲۹) گزارش نمودند هر چه طول دوره ی گل دهی طولانی تر و شرایط آب و هوایی خنک تر باشد درصد روغن دانه بالاتر خواهد بود. ریشه ها علاوه بر جذب آب و مواد غذایی، تعادل بین بیوماس قسمت های بالایی و زیرزمینی گیاه را فراهم می‌سازند (۳۱). از میان مولفه های مربوط به ریشه، حداکثر طول ریشه، قطر ریشه و نسبت ماده ی خشک ریشه به ساقه برای تحمل خشکی از فاکتورهای مهم در شرایط مناطق نیمه خشک ارزیابی شدند (۳۵). کوین و همکاران[10] (۲۸) گزارش نمودند قطر ریشه در اثر فشردگی خاک کاهش یافت (۳۴). گان و همکاران (۱۵) گزارش دادند بیش از ۸۵ درصد از ریشه‌های کلزا در تراکم ۴۰-۰ سانتی متر بود. ریشه ی ارقام هیبرید کلزا به کمبود آب حساسیت زیادی دارند

1- Gan *et al*.
2- Muhammad *et al.*
3- Earl & Davis
4- Rahnama & Bakhshandh
5- Chen *et al*.
6- Angadi *et al*.
7- Sinaki *et al* .
8- Ahmad I & Bahrani
9- Si & Walton
10- Qin *et al.*

(۱۴). کیکر گارد و همکاران[1] (۲۰) گزارش نمودند تراکم طول ریشه و عمق نفوذ ریشه در کلزا به آب قابل دسترس در خاک بستگی دارد. پژوهشگران (۱۹) گزارش کردند، بین طول ریشه و تحمل خشکی در شرایط تنش در سورگم و ارزن همبستگی مثبت وجود داشت. نظر به اهمیت تنش خشکی انتهایی فصل که معمولاً در ماه های اسفند و فروردین و مصادف با مرحله ی گل دهی و پرشدن دانه رخ می دهد، شناسایی ژنوتیپ هایی با پایداری عملکرد دانه و همچنین مطالعه ی صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی از اهمیت ویژه ای برخودارمی باشد. هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی عکس العمل ارقام کلزا به تنش خشکی و واکنش برخی صفات فیزیولوژیکی در اثر اعمال این تنش می باشد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تنش خشکی بر روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین طول ریشه و ماده ی خشک ریشه ارقام کلزا این تحقیق به صورت گلدانی به مدت دو سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان بخش اصلاح نهال و بذر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با سه سطح تیمار آبیاری (پس از ۵۰،۶۰ و۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی) و ارقام کلزا (هایولا ۴۰۱ و شیرالی و آر.جی.اس) اجرای شد. گلخانه به صورت شیشه ای با اسکلت فلزی با پنجره های بزرگ و باز که به راحتی تبادل حرارتی و رطوبتی با محیط بیرون انجام می شد به طوری که تفاوتی بین درجه ی حرارت و رطوبت بیرون و داخل گلخانه وجود نداشته و از بارش نزولات جوی به گلدان ها جلوگیری می نمود. قطر گلدان ها ۳۲ سانتی‌متر و طول آن ۴۰ سانتی‌متر که به وسیله ی دریل در کف هر گلدان ۵-۴ سوراخ و به عمق ۴-۳ سانتی‌متر شن به اندازه ی تقریبی ۳-۲ سانتی متر ریخته شد. سپس گلدان ها به مزرعه منتقل شد و از خاک مزرعه پر گردید (نتایج تجزیه ی خصوصیات خاک در جدول (۱) نشان داده شده است). کاشت بذر ها در گلدان در هر دو سال در تاریخ ۲۳ آبان صورت گرفت. تمام گلدان ها با آب پاش آبیاری گردیدند. پس از ۷۲ ساعت که رطوبت گلدان به حد ظرفیت مزرعه رسید، در هر گلدان ۲۵ عدد بذر کلزا کاشته شد. سپس روی بذر ۲-۱ سانتی‌متر خاک نرم ریخته شد، پس از سبز شدن در دو مرحله ی ۳-۲ برگی و ۵-۴ برگی عملیات تنک کردن گلدان صورت و در نهایت هشت بوته در هر گلدان نگهداری شد. اعمال تنش خشکی از مرحله ی شروع گلدهی تا زمان برداشت صورت گرفت. برای اعمال تنش برای هر تیمار یک گلدان برای نمونه‌گیری از خاک در نظر گرفته شد، نمونه‌گیری از خاک با اوگر دستی با میله ی ۱۲ میلی متری صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای تنش خشکی از ابتدای گل دهی تا انتهای دوره ی رشد مرتباً از گلدان ها نمونه برداری خاک انجام گرفت، اندازه گیری میزان رطوبت خاک به روش وزنی بود (۱). نمونه های خاک بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه وزن و به مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۱۰۵ درجه ی سانتی گراد قرار گرفتند. نمونه های خاک توزین (وزن ثانویه) و طبق رابطه ی زیر میزان رطوبت موجود در خاک اندازه گیری شد. پس از مشخص شدن در صد رطوبت خاک در صورت تخلیه ی رطوبت خاک به حد مورد نظر به آبیاری آن تیمار اقدام می گردید.

(وزن _وزن اولیه ی خاک)= میزان رطوبت خاک (٪)
۱۰۰× وزن ثانویه ی خاک /ثانویه خاک

برای برآورد عملکرد دانه به وسیله ی قیچی باغبانی تمامی بوته ها از کف بریده و در معرض هوای آزاد جهت خشک شدن قرار داده شدند، پس از اینکه بوته ها خشک شده به وسیله ی الک دانه های مربوط به هر گلدان از سایر قسمت ها جداسازی و توزین گردید. اندازه گیری عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه بر اساس وزن کل و وزن دانه های هر گلدان انجام گردید.

1- Kirkegaard *et al.*

جدول ۱ نتایج آزمون خاک آزمایش تنش خشکی در گلدان

اندازه گیری ها		سال اول	سال دوم
درصد اشباع بازی		۵۰	۵۴
هدایت الکتریکی (میلی موز برسانتی متر)		۳۰/۱	۳/۲
اسیدیته خاک		۷/۷۲	۷/۶۱
کربن آلی (درصد)		۰/۵۸	۰/۷۱
فسفر قابل جذب (پی.پی.ام)		۱۳/۲	۱۲/۱
پتاسیم قابل جذب (پی.پی.ام)		۳۲۵	۳۷۹
بافت خاک (درصد)	رس	۵۲/۹	۵۲/۳۲
	سیلت	۴۱/۹	۴۲/۳
	شن	۶/۲	۵/۳۸

برای تعیین اجزای عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف میانگین هشت بوته به عنوان اندازه‌گیری نهایی منظور گردید، برای تعیین وزن هزار دانه چهار نمونه ی ۵۰۰ عددی به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه استفاده شد. درصد روغن دانه از روش NMR و درصد ازت دانه به روش کجلدال به دست آمد. درصد پروتئین دانه از ضرب درصد ازت دانه در ضریب ۶/۲۵ به دست آمد (۱). اندازه گیری این دو صفت در آزمایشگاه ملی بخش تحقیقات دانه های روغنی مؤسسه اصلاح و تهیه ی نهال بذر کرج طی سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ صورت گرفت. برای محاسبه ی عملکرد پروتئین و روغن دانه درصد پروتئین و روغن هر کدام از گلدان در عملکرد دانه همان گلدان ضرب شد. به روش تنت[1] (۳۲) طول، قطر و حجم ریشه به شرح ذیل اندازه گیری شد، پس از شست وشوی خاک گلدان در حوضچه‌های شست و شوی، ریشه‌های باقی مانده در پاکت قرار داده و در آون ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. وزن خشک ریشه به وسیله ی ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه ابتدا نیم گرم از قسمت‌های مختلف ریشه جدا سازی و در پتری دیش قرار داده شد و به منظور تثبیت ریشه در پتری‌دیش‌ها به مقدار کافی پارافین مایع اضافه شده سپس با استفاده ی کاغذ شطرنجی تعداد برخوردهای عمودی و افقی شمارش و طبق فرمول ذیل اندازه‌گیری طول ریشه انجام شد.

$$RL = \frac{11}{14} N.D$$

N= تعداد برخوردها

D= طول هر ضلع از کاغذ شطرنجی

RL = طول ریشه به سانتی‌متر

قطر ریشه از تقسیم طول ریشه به وزن خشک ریشه به دست آمد (۳۲). برای اندازه گیری حجم ریشه، ریشه‌های مربوط به هر گلدان در داخل ارلن مدرج با مقدار معین آب قرار داده شد به طوری که کلیه ی ریشه‌ها در آب غوطه‌ور شوند حجم ریشه از تفاضل حجم آب اولیه ی ارلن از حجم آب و ریشه محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده به روش تجزیه ی مرکب واریانس با استفاده از نرم افزار MSTATC صورت گرفت و مقایسه ی میانگین ها به روش LSD انجام شد.

1-Tennant

نتایج و بحث

۱-عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول۲) با افزایش تنش خشکی عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت به طور معنی‌دار کاهش یافت. میانگین عملکرد بیولوژیکی از ۷۷/۳ گرم در هر گلدان در حالت ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی به ۵۳/۳۲ گرم در تیمار ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی رسید، که معادل ۲۹/۳ درصد کاهش در عملکرد بیولوژیکی است (جدول۳). رقم‌های مورد بررسی از نظر عملکرد بیولوژیکی تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول۲). رقم هایولا۴۰۱ با میانگین عملکرد بیولوژیکی ۷۴/۳۷ گرم در هر گلدان نسبت به دو رقم شیرالی و آر.جی.اس به ترتیب ۳۳/۳ و ۱۰/۰۷ درصد عملکرد بیولوژیکی بیش تری داشت (جدول۳). میانگین عملکرد دانه از۲۱/۳ گرم در هر گلدان در تیمار ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی به۱۰ گرم در تیمار ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی رسید که معادل ۵۳/۱ درصد کاهش عملکرد دانه بود (جدول۳). رقم‌های مورد کاشت از نظر عملکرد دانه با هم تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول۲). هیبرید هایولا ۴۰۱ با میانگین عملکرد دانه ۲۰/۹۷ گرم در هر گلدان نسبت به دو رقم دیگر برتری داشت. میانگین شاخص برداشت از ۲۷/۸ در تیمار۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی به ۱۸/۸ در تیمار ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی رسید که معادل ۳۲/۴ درصد کاهش شاخص برداشت بود. رقم هایولا ۴۰۱ با شاخص برداشت ۲۷/۸ بیش ترین شاخص برداشت را داشت (جدول۳). کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی مربوط به کاهش عملکرد کاه و عملکرد دانه می باشد، کاهش عملکرد کاه بیش تر در نتیجه کاهش ارتفاع بوته و کاهش عملکرد دانه مربوط به کاهش اجزای عملکرد بود (جدول۳).

در این تحقیق عملکرد رقم شیرالی به نظر می رسد به دلیل طولانی تر بودن دوره ی رشد و در نتیجه افزایش طول دوره تحت تنش خشکی نسبت به دو رقم هایولا ۴۰۱ و آر.جی.اس کمتر بود. گاناسکرا و همکاران[1] (۱۶) گزارش نمودند، میانگین کاهش عملکرد بیولوژیکی در سه رقم از دو گونه کلزا در تنش های خشکی ملایم و شدید به ترتیب ۱۷ و ۳۲ درصد بود، این محققان همچنین اظهار داشتند عملکرد دانه اولین جز بود که در اثر تنش خشکی خاک کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه، کاهش عملکرد بیولوژیکی در کلزا در اثر تنش خشکی توسط توحیدی و همکاران (۳۳) سیانکی و همکاران (۳۰) چم پولیور و مرین[2] (۱۱) نیز گزارش شده است این محققین اظهار داشتند بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گردید. این یافته ها با نتیجه های به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

۲- تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه

در اثر تنش خشکی تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه به طورمعنی‌دار کاهش یافت (جدول۲). میانگین تعداد غلاف در بوته در تیمار ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از ۸۴ به ۴۹ غلاف در بوته در تیمار ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی کاهش یافت که معادل ۴۱/۶ درصد کاهش در تعداد غلاف در بوته بود. رقم‌های مورد بررسی در تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول۲). رقم هایولا ۴۰۱ با میانگین ۷۸ غلاف در بوته در گروه اول و ارقام آر.جی.اس و شیرالی با میانگین ۶۳ و ۵۹ غلاف در بوته در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۳). جدول مقایسه ی میانگین ها (جدول۳) نشان داد با افزایش تنش خشکی تعداد دانه در غلاف کاهش یافت. میانگین تعداد دانه در غلاف از ۱۷/۸۳ به ۱۳/۶۸ دانه در هر غلاف کاهش داشت که معادل۲۳/۳ درصد کاهش در تعداد دانه غلاف بود. رقم‌های مورد کاشت از نظر میانگین تعداد دانه در غلاف با هم تفاوت معنی‌دار داشتند به طوری که رقم هایولا

1- Gunasekara *et al.*
2- Champolivier & Merrin

جدول۲ –تجزیه ی واریانس مرکب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهایی

	میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه ی آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه درغلاف	وزن هزار دانه
سال	۱	۲/۰۷۲۴	۸/۴۶۸	۴/۲۰۶	۷/۴۰۳	۱/۰۰۶	۰/۷۲
aاشتباه	۴	۰/۵۸۱	۲۳/۲۷۹	۲/۱۹۰	۶۲/۳۵۲	۲/۴۱۹	۰/۰۳۴.
تنش خشکی	۲	۵۴/۴**	۹۲۰/۰۹**	۳۶۵/۹۸۲**	۵۵۴۶/۱۳**	۱۱۹/۹۸۶**	۳/۸۴۷**
تنش خشکی×سال	۲	۰/۷۵۳	۵/۸۴۱	۲/۸۴۸	۱۷/۵۷۴	۱/۳۸۶	۰/۰۲۱
رقم	۲	۴۱۲/۲۳**	۹۹۴/۷۵**	۲۹۸/۲۰۸**	۱۸۵۹/۱۸**	۲۱/۹۹۱**	۰/۷۴۲**
رقم ×سال	۲	۰/۲۹۶	۳۱/۱۷۱	۰/۴۲۱	۴۶/۲۹۶	۱/۱۲۶	۰/۰۵۸
رقم×تنش خشکی	۴	۴/۹۲۱	۱۷/۵۱۷	۲۶/۸۳۶	۶۶/۰۷۴	۱/۰۰۹	۰/۰۷۱
رقم × تنش خشکی×سال	۴	۰/۲۱۸	۱/۶۵۶	۴/۷۹۳	۵/۴۶۳	۰/۰۷۶۴	۰/۰۴۲
اشتباه مرکب	۳۲	۱۰/۵۴۵	۸۹/۴	۲/۸۴	۸۱/۱	۱/۴۲	۰/۱۵۶
CV(%)		۶/۵۹	۴/۹۵	۷/۲۹	۴/۵۲	۴/۲۶	۶/۲۲

*. **. به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی

تیمار ها	عملکرد دانه (گرم در هر گلدان)	عملکرد بیولوژیک (گرم در هر گلدان)	شاخص برداشت(درصد)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه(گرم)
تنش						
تنش ۵۰درصد	۲۱/۳۱a	۷۷/۳a	۲۷/۸۱a	۸۸/۴۴a	۱۷/۸۳a	۳/۱۹a
تنش ۶۰درصد	۱۵/۴۷b	۶۶/۴۸b	۲۲/۷۶b	۶۵/۲۷b	۱۵/۶۳b	۲/۵۸b
تنش ۷۰درصد	۱۰/۰۱c	۵۳/۳۳c	۱۸/۸۲c	۴۹/۳۹c	۱۳/۶۹c	۲/۲۹c
رقم						
شیرالی	۱۱/۷۹c	۵۷/۵۱c	۲۰/۳۵b	a۵۸/۶۷	۱۳/۳۹b	۲/۵۱b
هایولا ۴۰۱	۲۰/۹۷a	۷۴/۳۷a	۲۷/۸a	۷۷/۸۹a	۱۶/۵۷۹a	۲/۹۰a
آر.جی.اس	۱۴/۰۱b	۶۵/۲۴b	۲۱/۲۴b	۶۲/۵۶a	۱۵/۱۹a	۲/۶۶b
LSD(%۵)	۳/۷۸	۱۱/۰۹	۱/۷۴۸	۸/۹۲	۱/۲۴۳	۰/۴۱۱

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نیستند.

۴۰۱ و آر.جی.اس نسبت به رقم شیرالی تعداد دانه ی بیش تری داشتند (جدول۳). براساس نتایج جدول مقایسه میانگین ها (جدول۳) با افزایش تنش خشکی میانگین وزن هزار دانه کاهش یافت، به طوری که وزن هزار دانه درتیمار ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی ۳/۱۹ گرم بود که به ۲/۲۹ در ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبت رسید که معادل ۲۸/۲ درصدکاهش بود. رقم‌های مورد بررسی از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول۳). رقم هایولا ۴۰۱ با میانگین وزن هزار دانه ۲/۹۰ بیش ترین وزن هزار دانه و رقم شیرالی با میانگین وزن هزار دانه ۲/۵۱ کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول۳). یافته های به دست آمده نشان داد تنش خشکی در طول دوره ی زایشی به خصوص مرحله ی گل دهی و تشکیل غلاف منجر به کاهش عملکرد دانه و کاهش تعداد غلاف شد. کاهش عملکرد دانه در مرحله ی گل دهی و نمو غلاف ها عمدتاً در اثر کاهش تعداد غلاف در بوته بود. در مرحله ی پرشدن دانه کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی عمدتاً از طریق کاهش وزن دانه صورت گرفت. نتایج تحقیق طی دو سال نشان داد تنش خشکی موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه کلزا گردید، این کاهش از طریق تغییر در اجزای عملکرد دانه انجام گرفت، تعداد دانه در غلاف از عوامل مؤثر و تعیین کننده ی عملکرد دانه در کلزا است. تعداد دانه در غلاف حساس ترین جز عملکرد دانه نسبت به تنش خشکی است، به نظر می رسد ارقامی که تعداد بالای دانه در غلاف هستند برای تحمل تنش خشکی مطلوب تر هستند، ولی افزایش تعداد دانه در غلاف دارای محدودیت است، زیرا ظرفیت تولید این جز از عملکرد بیش تر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است. وزن دانه بیش تر یک صفت مفید برای تحمل تنش خشکی محسوب می شود،که در گزینش ژنوتیپ های کلزا باید مورد توجه قرار داد (۴ و۱۵). چم پولیور و مرین (۱۱) گزارش نمودند، تنش خشکی ممکن است عملکرد را تا ۵۰ درصد کاهش دهد که کاهش مذکور ناشی از سقط جنین و کاهش غلاف در هر بوته بود. حسن زاده و همکاران (۲) گزارش نمودند، در کلزا کمبود آب در مرحله ی پر شدن دانه باعث کوچک شدن دانه شد، این محققین گزارش دادند وزن هزار دانه از ۳/۵ گرم به ۲/۷ گرم کاهش یافت. تنش شدید خشکی در طول دوره ی زایشی به خصوص در مرحله ی غلاف بندی به طور معنی دار باعث سقط جنین و کاهش وزن دانه گردید. مجموع یافته های انجام شده با یافته های به دست آمده برابری دارد.

۳- درصد روغن و پروتئین

اثر خشکی روی درصد روغن و پروتئین در تجزیه مرکب دو ساله معنی دار شد. اثر سال و اثر متقابل سال در خشکی معنی دار نشد (جدول ۶). تنش خشکی درصد روغن را کاهش داد به طوری که میانگین درصد روغن از ۴۲/۹۲ درصد به ۳۸/۹۱ درصد کاهش یافت، که معادل ۹/۱ درصد کاهش بود (جدول۷). کاهش درصد روغن از کاهش تخلیه ی رطوبتی از ۵۰ به ۶۰ درصد به ازای ۱۰ درصد کاهش رطوبت ۵/۶ درصد بود و از تخلیه ی رطوبتی ۶۰ به ۷۰ درصد ۳/۵ درصد بود. درصد کاهش روغن از تخلیه ی رطوبتی ۵۰ به ۶۰ بیش تر از ۶۰ به ۷۰ درصد بود. که نشان دهنده ی حساسیت کلزا نسبت به تنش خشکی می باشد. در جدول ۴ بیش ترین درصد روغن در تیمار ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ با ۴۳/۶۶ درصد و کم ترین درصد روغن مربوط به تیمار ۷۰ درصد رطوبتی در رقم آر.جی.اس که ۳۹/۴۱ درصد بود. طبق جدول مقایسه ی میانگین ها تنش خشکی درصد پروتئین دانه را افزایش داد، به طوری که میانگین دو ساله درصد پروتئین دانه از ۲۴/۵۹ به ۲۸/۶۶ درصد افزایش یافت.که معادل ۱۶/۶درصد بود (جدول۷). افزایش درصد پروتئین از کاهش تخلیه ی رطوبتی از ۵۰ به ۶۰ درصد به ازای ۱۰درصد کاهش رطوبت ۱۱/۵۶درصد بود و از تخلیه ی رطوبتی ۶۰ به ۷۰ درصد ۵ درصد بود. درصد افزایش پروتئین از تخلیه ی رطوبتی ۵۰ به ۶۰ بیش تر از ۶۰ به ۷۰ بود (جدول۴). بین ارقام مورد بررسی از نظر درصد

پروتئین تفاوت معنی دار وجود نداشتند (جدول۶)، ولی میزان پروتئین دانه رقم آر.جی.اس از دو رقم دیگر بیش تر بود. نتایج به دست آمده از اثر تنش خشکی روی درصد روغن و پروتئین و عملکرد روغن و پروتئین به نظر می رسد مربوط به کاهش دوره پرشدن دانه و عدم انتقال مواد فتوسنتزی به مقاصد تعیین شده باشد که منجر به کاهش درصد روغن دانه و افزایش پروتئین دانه گردید. ازآن جایی که خشکی انتهایی فصل مصادف با گرمایی فروردین ماه بود، پروتیئن های شوک حرارتی به عنوان عامل کلیدی برای سازگاری و تحمل تنش گرمایی نقش به سزایی دارند (۲۶)، لذا تولید و توسعه پروتیئن های با وزن مولکولی کم تا زیاد برای تحمل تنش گرمایی در گونه های متفاوت گیاهان بسیار مهم می باشد (۱۸). با توجه به کاهش عملکرد دانه و کاهش درصد روغن و پروتئین بدیهی است عملکرد روغن وپروتئین نیزکاهش خواهد یافت (جدول۵). در مجموع به ازای یک درجه تخلیه ی رطوبتی از ۵۰ درصد به بالا ۰/۴۸درصد روغن کاهش و ۰/۸۳درصد پروتئین افزایش یافته ولی چون عملکرد دانه کاهش یافته آن افزایش جبران این کاهش را نمی کند که در نهایت مقدار پروتئین در واحد سطح یا تولید توسط تک بوته کاهش می یابد. به ازای یک درجه تخلیه ی رطوبتی از ۵۰ درصد به بالا عملکرد روغن و پروتئین به ترتیب ۲/۳ و۲/۲ درصد کاهش یافتند (جدول های ۴و۵). در بین ارقام مورد بررسی کاهش عملکرد روغن و پروتئین هیبرید هایولا ۴۰۱ از دو رقم دیگر بیش تر بود، که نشان دهنده ی این موضوع است که ارقام هیبرید به تنش خشکی حساسیت بیش تری نسبت به ارقام آزاد گرده افشان دارند.

جدول ٤- درصد روغن و پروتئین دانه ی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی

درصدتخلیه ی رطوبتی	درصد روغن دانه در رقم			درصد پروتئین دانه در رقم		
	شیرالی	آر.جی.اس	هایولا ۴۰۱	شیرالی	آر.جی.اس	هایولا ۴۰۱
۵۰	۴۱/۵۱	۴۳/۵۰۹	۴۳/۴	۲۴/۶۷	۲۵/۱۶	۲۳/۹۴
۶۰	۴۰/۵۵	۴۰/۱۰	۴۰/۲۱	۲۷/۰۴	۲۸/۸۹	۲۶/۳
۷۰	۳۹/۶۴	۴۰/۲۱	۴۰/۰۲	۲۸/۲۴	۲۹/۰۶	۲۸/۷۱

جدول ٥- عملکرد روغن و پروتئین دانه ی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی

درصدتخلیه ی رطوبتی	عملکردروغن دانه در رقم (گرم در گلدان)			عملکرد پروتئین دانه در رقم (گرم در گلدان)		
	شیرالی	آر.جی.اس	هایولا ۴۰۱	شیرالی	آر.جی.اس	هایولا ۴۰۱
۵۰	۶/۶۹	۸/۳۹	۱۳/۱۴	۳/۹۷	۴/۹	۷/۳۹
٦۰	۴/۶۹	۵/۹۸	۸/۶۱	۳/۱	۴/۳۲	۵/۶۳
۷۰	۳/۲۸	۳/۹	۵/۳۰	۲/۳۳	۲/۹۵	۳/۷۹

صفات وابسته به ریشه

طول، ماده ی خشک، قطر و حجم ریشه

اثر خشکی روی طول، ماده خشک، قطر و حجم ریشه در تجزیه ی واریانس مرکب دو ساله معنی‌دار شد (جدول۶). میانگین طول ریشه در تیمار ۵۰ درصد تخلیه ی رطوبتی از۲۱۶۴۷ سانتی‌متر در هر گلدان به ۹۷۵۹ سانتی‌متر در تیمار ۷۰ درصد تخلیه ی رطوبتی رسید، که معادل ۵۵ درصد کاهش در طول ریشه بود (جدول۷). بین رقم‌های مورد بررسی از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول۶). رقم شیرالی با طول ریشه ۲۰۳۳۸ سانتی‌متر در هرگلدان نسبت به دو رقم دیگر دارای طول ریشه ی بیش تری بود. میانگین ماده ی خشک ریشه در اثر تنش خشکی از ۲۹/۷۵ گرم در هر گلدان به ۱۸/۸۰ گرم رسید که معادل ۳۶/۹ درصد کاهش در ماده ی خشک ریشه بود (جدول۷).

رقم‌های مورد بررسی از نظر ماده ی خشک ریشه تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول۶). براساس جدول مقایسه ی میانگین ها بیش ترین ماده ی خشک ریشه مربوط به رقم شیرالی با ۲۹/۱۴ گرم و کمترین ماده ی خشک ریشه با ۱۸/۸۹ گرم در هرگلدان مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ بود.

جدول ٦- تجزیه ی واریانس مرکب درصد روغن و پروتئین و صفات ریشه‌ی کلزا در شرایط خشکی انتهایی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه ی آزادی	درصد روغن	درصد پروتئین	طول ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	قطر ریشه
سال اول	۱	۰/۴۲۰	۵/۵۸	۱۵۰۴۲۵	۴/۲	۱۰/۱	۰/۰۸
اشتباه a	۴	۳/۵۲	۴/۴۴	۱۱۰۴۱۰	۲/۵	۱۴/۲	۰/۰۱۳
تنش خشکی	۲	۶۵/۰۷**	۷۸/۵**	۶۵۱۸۴۶۳**	۵۲/۵**	۳۷۷/۷*	۰/۷۴۳**
تنش خشکی×سال	۲	۰/۵۴۲	۲/۰۷	۶۴۱۰۵	۱/۱۳	۱۰/۱	۰/۰۲۱
رقم	۲	۲/۸۷۵	۹/۶۹**	۳۹۲۷۸۰۶**	۴۷/۲۱**	۱۲۲/۸*	۰/۶۰۶*
رقم ×سال	۲	۲/۳۱۱	۰/۴۷۵	۳۷۱۳۲	۱/۳۷	۵/۱۲	۰/۰۷
رقم × تنش خشکی	۴	۵/۹۵۱	۲/۴۹	۶۴۴۹۷۸	۱/۶۲	۳/۴۳	۰/۰۸۲
رقم × تنش خشکی×سال	۴	۱/۴۹۷	۱/۲	۴۲۲۲۵	۰/۸۷	۵/۳۱	۰/۰۲۷
اشتباه مرکب	۳۲	۱/۵۷۰	۰/۷۱	۷۵۲۴۲	۴/۷۲	۷/۴۱	۰/۰۲۷
CV(%)		۳/۰۸	۳/۴۲	۷/۳۴	۶/۱۶	۴/۱۶	۸/۷۷

*. **. به ترتیب معنی دار درسطح احتمال ۵ و ۱ ٪

جدول ۷- میانگین درصد روغن، درصد پروتئین و صفات ریشه ی کلزا در شرایط خشکی انتهایی

تیمار ها	درصد روغن	درصد پروتئین	طول ریشه (سانتی متر در هر گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در هر گلدان)	حجم ریشه (سانتی متر مکعب در هر گلدان)	قطر ریشه (میلی متر در واحد سطح ریشه)
تنش						
تنش ۵۰درصد	۴۲/۴۱a	۲۴/۹۶b	۲۱۶۷۴/۳a	۲۹/۷۵a	۳۶/۰۱a	۰/۳۳۶b
تنش ۶۰درصد	۴۰/۳۸b	۲۷/۷۴a	۱۳۸۴۸/۱۶b	۲۳/۵۴b	۳۰/۱۷b	۰/۴۲۴b
تنش ۷۰درصد	۳۸/۸۱c	۲۸/۲۹a	۹۷۵۹/۹۶c	۱۸/۸c	۲۶/۹۷c	۰/۵۳۱a
رقم						
شیرالی	۴۰/۱۰a	۲۶/۲۵b	۲۰۳۳۸/۴۷a	۲۹/۱۴a	۳۸/۵a	۰/۳۴۶b
هایولا ۴۰۱	۴۱/۰۰a	۲۶/۱۸b	۱۱۴۹۶/۳۶b	۱۸/۸۹b	۲۱/۱۸b	۰/۵۲۹a
آر.جی.اس	۴۰/۵a	۲۷/۲۹a	۱۳۴۴۷/۵۹b	۲۴/۰۳c	۳۳/۴۸c	۰/۴۱۶b
LSD(%۵)	۱/۲۷	۰/۹۸	۲۸۵۰	۲/۲۰	۲/۷۱	۰/۱۸۴

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از ازمون LSDدر سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دارنیستند

بیش ترین کاهش رشد ماده‌ی خشک ریشه در اثر تنش خشکی مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ بود که معادل ۴۳/۴ درصد است و در دو رقم شیرالی و آر.جی اس به ترتیب ۳۰/۳ و ۲۸ درصد بود. با افزایش شدت خشکی قطر ریشه‌ها افزایش یافت به طوری که قطر ریشه از۰/۳۳۶ میلی‌متر به ۰/۵۳۱ میلی‌متر افزایش یافت (جدول۷). بین رقم‌های مورد بررسی از نظر قطر ریشه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول۶). بیش ترین قطر ریشه مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ با قطر ریشه ۰/۵۲۹ میلی‌متر و کم ترین آن مربوط به رقم شیرالی با قطر ریشه ۰/۳۴۶ میلی متر بود (جدول۷). بر اساس جدول مقایسه ی میانگین ها (جدول۷) با افزایش تنش خشکی حجم ریشه کاهش یافت.حجم ریشه از ۳۶/۰۱ سانتی‌متر مکعب در هر گلدان به ۲۶/۹۹ سانتی‌متر مکعب در هرگلدان در تیمار خشکی شدید رسید، که معادل ۲۵/۱ درصد کاهش در حجم ریشه بود. بین رقم‌های مورد بررسی از نظر حجم ریشه تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول۶). رقم شیرالی با میانگین حجم ریشه ۳۸/۵ سانتی متر مکعب در هر گلدان بیش ترین و رقم هایولا با میانگین ۲۰/۱۹ سانتی‌گرم در متر مکعب کم ترین حجم ریشه را داشت (جدول۷). کاهش در رشد ریشه اثر عمومی تنش خشکی است. تنش خشکی باعث افزایش مقاومت خاک و کاهش قدرت نفوذپذیری و تخلخل خاک شده و تغییرات نامطلوبی را به وجود می آورد که نتیجه ی آن کاهش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه است. با افزایش تنش خشکی طول ریشه کاهش یافت که کاهش مذکور عمدتاً مربوط به فشردگی خاک و کاهش و از بین رفتن ریشه های مویی بود. بین طول ریشه، ماده خشک ریشه و حجم ریشه رابطه وجود دارد (۲۱). لذا کاهش طول ریشه منجر به کاهش ماده ی خشک ریشه و حجم ریشه شد علاوه بر آن، کاهش حجم ریشه در شرایط خشکی ممکن است منجر به کاهش رشد ریشه شود (جدول۷). کاهش تراکم ریشه در اثر تنش خشکی و از بین رفتن ریشه های منشعب باعث کاهش ماده خشک ریشه و به افزایش قطر ریشه ها باقی مانده انجامید. با کاهش تراکم ریشه و حجم ریشه قطر ریشه ها

افرایش یافت، که نشان دهنده فشردگی خاک و کاهش نفوذ ریشه ها بود. در همین رابطه بنین و همکاران[1] (۸) گزارش نمودند همبستگی منفی بین تراکم طول ریشه و قطر ریشه وجود دارد، بدین معنی که کاهش در قطر ریشه می‌تواند مربوط به افزایش زیاد طول ریشه‌ها باشد. کیکرگارد و همکاران (۲۰) گزارش نمودند طول ریشه در کلزا به آب قابل دسترس در خاک بستگی دارد. بنین و همکاران (۸) گزارش نمودند طول ریشه با افزایش مقاومت در خاک کاهش یافت و قسمت های بالای ریشه بیش ترین تأثیر را در اثر فشردگی خاک از خود نشان دادند. مستاجران و همکاران[2] (۲۴) گزارش نمودند، تنش خشکی در برنج رشد ریشه و بافت‌های آئرانشیم سلول‌های ریشه را کاهش داد. هانگ و فری[3] (۱۷) گزارش کردند وزن خشک ریشه در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌دار کم تر از شرایط نرمال بود. کاهش وزن خشک گیاه مربوط به کاهش پتانسیل آب ریشه‌ها و فشار اسمزی آن‌ها در خاک خشک می‌باشد. در بررسی بنجامین و نیسلون [4] (۹) در مورد گیاه نخود مشاهده نمودند وزن خشک ریشه در رژیم آبیاری ۱۵۰ درصد بیش تر از رژیم خشک و بدون آبیاری بود. خلدون و همکاران (۱۹) رابطه ی بین وزن خشک ریشه و حجم ریشه را در شرایط تنش خشکی در جو مشاهد نمودند. مریل و همکاران[5] (۲۲) گزارش نمودند سیستم ریشه گیاهان به طرف عمق خاک قطر ریشه و جرم آن کم تر و طول ریشه ها هم کوتاه‌تر شده، و در نهایت گستردگی آن کاهش می‌یابد. در مجموع، نتایج دو ساله نشان داد تنش خشکی موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه ی کلزا گردید، این کاهش عملکرد از طریق کاهش در اجزای عملکرد انجام گرفت. مؤلفه های ریشه مانند ماده ی خشک ریشه، طول ریشه و گسترش ریشه از عوامل مهم در تحمل به تنش خشکی می باشند که در اثر تنش خشکی کاهش یافت، همچنین درصد و عملکرد روغن نیز کاهش یافت در جمع بندی نهایی می توان گفت در خوزستان زراعت کلزا به وسیله ی خشکی تهدید می شود این واقعیت نشان می دهد که با این تنش محیطی به نحوی باید رفتار شود تا محصول کلزا افزایش یابد. این تحقیق جنبه های مختلف تنش خشکی را در زراعت کلزا بررسی نمود که نتیجه های به دست آمده نشان دهند امکان مدیریت این تنش با مدیریت جامع وجود دارد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت بخش اصلاح بذر و نهال مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان که در انجام تحقیق زحمات زیادی را تحمل نمودند تشکر و قدردانی می گردد.

1-Benie *et al.*
2-Mostajeran *et al.*
3-Huang *et al.*
4-Benjamin *et al.*
5-Merrill *et al.*

منابع

۱. تاندون، اچ.ال.اس.، ۱۳۸۱ .روش های تجزیه ی خاک ها، گیاهان، آب ها و کود ها. ترجمه ی توللی، و ا.سمنانی. اهواز : انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۲۱۹ص.

۲. حسن زاده .م، شیرانی، ا.ح.، درباغ شاهی، م.، نصیری، ب.م. و مدنی، ح. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پرمحصول کلزای پاییزه. مجله ی علوم کشاورزی، (۲): ۱۷-۲۴.

۳. قبادی، م.، بخشنده، ع.، فتحی، ق .، قرینه، م .ح .، عالمی سعید، خ.، و نادری ا .، ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش خشکی و گرمای انتهای دوره ی رشد بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد رقم های بهاره ی کلزا. پایان نامه ی دکترای زراعت . دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۱۰ ص.

۴. لارچر، و.۱۳۷۶.، اکوفیزولوژی گیاهی ترجمه ی کوچکی .ع.الف.سلطانی. ، و و م.عزیزی.، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی ، ۲۱۷ ص.

5. Ahmadi, M., and. Bahrani, M.J., 2009 .Yield and Yield Components of Rapeseed as Influenced by Water Stress at Different Growth Stages and Nitrogen Levels . American-Eurasian Journal. Agricultur. & Environment. Science. 5 (6): 755-761.

6. Angadi, S.V., H, Cutforth, W., McConkey, B.G., and Gan. Y.T., 2003. Yield adjustment by canola under different plant populations in the semiarid prairie. Crop .Science. 43:1358–1366.

7. Anyia, A.O., Herzog, H., 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy, Amsterdam, V. 20, N. 4, p. 327-339.

8. Benie, A.T.P., Waisel, I., eshed, Y., and. Kafkaf, A., 1996. Growth and machincal impedance .plant root the hidden half 2: ed: NewYork Marcel Dekker pp:453-470.

9. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C., 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97, 248– 253.

10. Bray, E.A., Bailey-Serres, J., Weretilnyk, E., 2000. Responses to a biotic stresses, in: W. Gruissem, B. Buchannan, R. Jones (Eds.), Biochemistry and Molecular Biology of Plants, American Society of Plant Biologists, Rockville, MD, pp:158–124914.

11. Champolivier, L., and Merrin, A., 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. Var. oleifera on yield, yield components and, seed quality. Europ Agronomy. Journal, 5, 153-160.

12. Chen, C., Jackson, G., Neill, K., Wichman, D., Johnson, G., and Johnson, D., 2005. Determining the Feasibility of Early Seeding Canola in the Northern Great Plains Agronomy. Journal, 97:1252–1262.

13. Earl, H.J., and Davis, R.F., 2003. Effect of Drought Stress on Leaf and Whole Canopy Radiation Use Efficiency and Yield of Maize Agronomy. Journal, 95, 688–696.

14. Gan, Y., Malhi, S.S., Brandt, S.A., Katepa-Mupondwa, F., and Stevenson, C., 2008. Nitrogen use efficiency and N uptake of juncea canola under diverse environments. Agron. J. Hsiao, T.C. 1990. Crop water requirement and productivity. Pages 5-18 *in* Proc. AGRITECH ’90. 5th International Conference on Irrigation. Israel. 100: 285-295.

15. Gan, Y., Angadi, S.V., Cutforth, H., Angadi V.V., and Mc Donald C.L., 2004.Canola and mustard responseto short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Can. J. Plant Science, 84: 697-704.

16. 16. Gunasekara, C.P., Martin, L.D., French, R.J., siddique, K.H.M., and Walton, G. H., 2003. Effects of water stress on water relations and yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.). Proceedings of the 11 th Australian Agronomy Conference, Geelong. Australia.

17. Huang, B., and Fry, J.D. 1998. Root anatomical physiological and morphological respons to drought stress for Tall fescus cultivars .Crop .Science 38, 1017-1022.

18. Iba, K., 2002. Acclimative response to temperature stress in higher plants:approaches of gene engineering for temperature tolerance. Annu. Rev. Plant Biology, 53, 225–245

19. Khaldoun, A., Chéry, J., and Monneveux, P., 1990. Etude des caractères d'enracinement et deleur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Agronomie 10: 369-379.

20. Kirkegaard, J.A., Hocking, P.J., Angus, J.F., How, G.N., and Gardner, P.A., 1997. Comparison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environments. II. Breakcrop and nitrogen effects on subsequent wheat crops. Field Crops Research, 52: 179-191.

21. Mahajan, S., and Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139–158 www.elsevier. com /locate/yabbi.

22. Merrill, S.D., Tanaka, D.L., and Hanson, J.D. 2002. Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils. Soil Science. Soc. Am. Journal, 66, 913–923.

23. Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., and Sadeghian, S.Y., 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristicsof sugar beet genotypes. Turkisk Journal Botany, 29: 357–368.

24. Mostajeran, A., and Rahimi-Eichi, V., 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of. rice cultivars (*Oryza sativa* L.) Pakastan Journal of Science, 11(18): 2173-2183.

25. Muhammad, T., A. Ali, M.A. Nadeem, A. Tanveerand, Q.,and. Sabir, M., 2007. Performance of canola soil nitrogen in annual cropping system. Agron. J., (*Brassica napus* L.) under different irrigation levels. Pakastan Journal Botany., 39, 739-746.

26. Nieto-Sotelo, J., Mart´ınez, L.M., Ponce, G., Cassab, G.I., Alag´on, A., Meeley,R.B., Ribaut, J.-M., and Yang, R., 2002. Maize HSP101 plays important roles in both induced and basal thermotolerance and primary root growth. Plant Cell 14, 1621–1633.

27. Rahnema, A.A., and Bakhshande, A.M., 2006.Determination of optimum irrigation level and compatible canola varieties in the Mediterranean. environment. Asian J. Plant Sciencs., 5(3): 543-546.

28. Qin, R.J., Stamp, P. and Richner, W., 2004. Impact of Tillage on Root Systems of Winter Wheat. Agronomy. Journal. 96,1523–1530.

29. Si, P., and Walton, H., 2004. Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of Western Australia. Australia. Journal. Expt. Agricultural. 55: 367-377.

30. Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Rad, A.H.S., Noormohammadi, G., and Zarei, G.,2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus L*.). American-Eurasian. Journal. Agriculture. Environmental Science, 2,(4) 417–422.

31. Smucker, A.J.M., and Ritchie, J.T., 1993. Plant physiological responses to the soil -discussion. Int. Crop Science, (1):747-748.

32. Tennant, D., 1975. A test of modified line interscts method of estimating root length journal of Ecology, 63, 995-1001.

33. Tohidi-M, H.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D., Modarres-Sanavy S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojar M., and Dolatabadian, A., 2009. Response of six oil seed rape genotype to water stress and hydrogical application. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, 39 (3): 243-250.

34. Waisel, Y., and Eshel, A., 2002. Functional diversity of various constituents of a single root system. Pages 157-174 *in* Y. Waisel, A. Eshel, U. Kafkafi, eds. Plant roots, the hidden half

35. Yoshida, S. and Hasegawa, S., 1982. The rice root system: its development and function. Pages 97-114 *in* IRRI, eds. Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. Los Banos, Philippines.