نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۵۱۷-۵۰۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 501-517
ISSN: 2008 - 4730

اثر رژیم‌های کم آبیاری روی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم انجیر

غلامحسین داوری‌نژاد[1*]- سمیه شیربانی [2]- مهدی زارعی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶

چکیده

میزان آب قابل دسترس برای گیاهان از جمله عوامل مهمی است که، رشد رویشی در گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هدف از مطالعه این تحقیق بررسی ارقام مختلف انجیر از لحاظ مقاومت به رژیم‌های مختلف کم آبیاری می‌باشد. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل (۴×۴) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. ارقام مورد مطالعه شامل: سبز، سیاه، شاه انجیر و متی می‌باشد، که با ۴ سطح آبیاری شامل تامین آب کافی برای گلدان‌ها یا شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) تیمار شدند. برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شامل: رشد شاخه، تعداد برگ، سطح برگ، طول ریشه، سطح ریشه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، میزان کلروفیل و پرولین برگ اندازه‌گیری شدند. مطابق با نتایج، در همه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهده شد. بیشترین رشد شاخه، تعداد برگ و سطح برگ در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) تعیین شد در حالی که کمترین مقدار آن‌ها در تیمار تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهد شد. نتایج نشان داد که، وزن تر و خکش شاخه و ریشه با افزایش سطح تنش کاهش می‌یابند به طوری که کمترین مقدار آن‌ها در تیمار شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) تنش بدست آمد. محتوی نسبی آب به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت به طوری که گیاهان تیمار شده با تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) دارای کمترین مقدار محتوی نسبی آب در حالی که تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) دارای بیشترین میزان آن بودند. بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل به ترتیب در تیمارهای شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مشاهد شد. میان تیمارهای مورد مطالعه، تیمار تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) دارای بیشترین طول ریشه، سطح ریشه و نسبت ریشه به شاخه را دارا بود در حالی تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) کمترین میزان آن‌ها را به خود اختصاص داده بود. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که، با افزایش سطح تنش خشکی میزان نشت الکترولیتی افزایش می‌یابد. تیمار تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین مقدار پرولین و تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) کمترین میزان آن را به خود اختصاص دادند. همچنین در تمامی صفات اندازه‌گیری شده یک اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف مشاهد شد. میان ارقام مورد مطالعه، رقم سیاه نسبت به سایر ارقام شرایط کم آبی را بهتر و بیشتر تحمل می‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که، تمامی صفات مورد مطالعه به طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع تیمار تنش خشکی و رقم قرار می‌گیرند. براساس نتایج مشخص شد رقم مهمترین فاکتور جهت تعیین خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی در انجیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تنش خشکی، کلروفیل، نشت الکترولیت، *Ficus carica* L.

مقدمه

انجیر (*Ficus carica* L.) از جمله محصولات نیمه گرمسیری است که، در بسیاری از نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری و همچنین در بسیاری از مناطق معتدله کشت می‌شود. پراکندگی انجیر در جهان، بیانگر این موضوع است که این گیاه با شرایط مختلف آب و هوایی سازگاری خوبی نشان می‌دهد. هم اکنون انجیر در پنج قاره جهان جهت مصرف داخلی یا به عنوان یک محصول صادراتی کشت و پرورش داده می‌شود. در ایران کشت انجیر در اکثر استان‌های کشور رواج دارد، ولی فارس مقام نخست را در کشور دارا می‌باشد، که شهرستان استهبان این استان اولین و مهمترین منطقه انجیرکاری در ایران می‌باشد (۹).

میزان آب قابل دسترس برای گیاهان از جمله عوامل مهمی است

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: davarynej@um.ac.ir)
۳- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

که، رشد رویشی در گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مشخص شده است که، اگر آب قابل دسترس برای ریشه گیاه محدود شود و یا سرعت تعرق ناگهان بسیاز زیاد شود، به گیاه تنش خشکی وارد می‌شود که معمولاً در مناطق و اقلیم‌های خشک و نیمه خشک مشاهده می‌شود (۲۱). تنش خشکی دارای اثرات زیادی بر الگوی رشد گیاهان می‌باشد، یکی از مهمترین این اثرات تغییر سیستم ریشه در شرایط نقصان رطوبت خاک است، که به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی و همچنین رشد رویشی اندام‌های هوایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۳).

مهمترین مناطق تولید انجیر در ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند، که در سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی‌های پی در پی مشکلات زیادی در تامین آب این محصول به وجود آمده است به طوری که، باعث کاهش کمیت و کیفیت تولید محصول شده است، و همچنین وضعیت اقتصادی نابسامانی برای تولیدکنندگان این محصول به وجود آورده است. بنابراین بررسی میزان مقاومت ارقام مختلف انجیر به شرایط خشک و کم آبیاری بسیار با اهمیت می‌باشد.

برخی از مهمترین ارقام انجیر عبارتند از: رقم سبز، انجیر سیاه، شاه انجیر و متی می‌باشند، که به طور نسبتاً وسیعی در ایران کشت و کار می‌شوند. همه این ارقام دارای رشد و باروری زیاد با تاج گسترده می‌باشند. رقم سبز دارای میوه‌های شیرین، ضخامت گوشت زیاد، دیررس و به صورت خشک مصرف می‌شوند. میوه‌های رقم انجیر سیاه ترش، ضخامت گوشت کم، زودرس و به صورت تازه‌خوری مصرف می‌شوند. همچنین میوه‌های رقم شاه انجیر شیرین، پر بذر، میان رس که بیشتر به صورت تازه‌خوری مصرف می‌شوند در حالی که رقم متی دارای میوه‌های شیرین، کم بذر، دیررس و مصرف تازه‌خوری می‌باشند. هدف از این تحقیق بررسی میزان مقاومت ارقام سبز، انجیر سیاه، شاه انجیر و متی به رژیم‌های مختلف کم آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ارقام مورد مطالعه انجیر عبارتند از: سبز، سیاه، شاه انجیر و متی می‌باشند، که اواسط بهمن قلمه‌های ارقام مختلف از ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان تهیه، و به دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند، و در محیط کشت پرلایت و کوکوپیت ریشه‌دار شدند. سپس گیاهان سالم و نسبتاً یکنواخت را به گلدان‌های ۱۰ لیتری حاوی خاک (۶۴ درصد شن، ۲۰ درصد سیلت و ۱۶ درصد رس)، ماسه و خاکبرگ به نسبت ۱:۱:۱ منتقل گردیدند (اوایل اردیبهشت ماه). وزن گلدان‌های حاوی قلمه‌های ریشه‌دار شده از ارقام مختلف یکسان بود. گیاهان تا زمان استقرار کامل (از اوایل اردیبهشت ماه تا اول مرداد ماه به مدت ۹۰ روز) به گونه‌ای که خروج آب از زهکش گلدان‌ها قابل رویت بود آبیاری شدند. جهت اعمال تنش خشکی از روش وزنی (با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم) استفاده شد بدین ترتیب که، اول مرداد ماه ۳ نمونه خاک به طور تصادفی از توده خاک برداشته و جهت تعیین P.W.P[1] به آزمایشگاه منتقل شدند، و به وسیله دستگاه صفحات فشاری مقدار P.W.P (فشار بر روی ۱۵ بار تنظیم شد بود) اندازه‌گیری شد. برای تعیین F.C.[2] نیز ۳ عدد گلدان با وزن و اندازه مشابه کاملاً اشباع گردید، سپس اجازه داده شد تا آب ثقلی از گلدان‌ها خارج گردد در این حالت وزن گلدان (w_t) نشان دهنده مجموع وزن خاک خشک (w_s) + وزن گلدان (w_p) + وزن آب در حد ظرفیت مزرعه ($w_{w(f.c)}$) می‌باشد.

پس از به دست آمدن مقادیر رطوبت وزنی خاک در F.C و P.W.P (به ترتیب W_{fc}= 0.32 و $W_{p.w.p}$ = 0.075) برای تعیین A.W[3] یا آب قابل دسترس به طریقه زیر عمل شد:

$$(w_{f.c}-w_{p.w.p})\times w_s$$

$$(0.32-0.075)\times 10kg = 2.45kg$$

بنابراین میزان A.W برابر 2.45 kg یا 24.5% وزن خاک بود، که برای تعیین وزن تیمارها به روش زیر عمل شد:

۱) تیمار آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه (شاهد) = W_P[4]$+W_S$ [5]$+(W_{P.W.P}$[6]$+W_{AW}$[7]$)W_S$

۲) تیمارآبیاری ۷۵٪ ظرفیت مزرعه (تنش ملایم) = $W_P+W_S+(W_{P.W.P}+75\%W_{AW})W_S$

۳) تیمار آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه (تنش متوسط) = $W_P+W_S+(W_{P.W.P}+50\%W_{AW})W_S$

۴) تیمار آبیاری ۲۵٪ ظرفیت مزرعه (تنش شدید) = $W_P+W_S+(W_{P.W.P}+25\%W_{AW})W_S$

آبیاری و وزن کردن گلدان‌ها هر ۲ روز یکبار انجام شد.

خصوصیات مورفولوژیکی

طول شاخه قبل و بعد از دوره تیماردهی (از اوایل مرداد ماه تا انتهایی فصل زراعی) با استفاده از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) تعیین شد. سطح برگ به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Win DIAS Image Analysis) محاسبه شد. با شمارش تعداد برگ‌ها قبل و بعد از دوره تیماردهی، تعداد برگ جدید شمارش شد. ریشه‌ها پس از قطع اندام هوایی به دقت از گلدان‌ها خارج و با آب مقطر شستشو شدند. پس از جدا کردن مواد زائد، با استفاده از کولیس

1- Permanent wilting point
2- Field capacity
3- Available water
4- Pot weight
5- Soil weight
6- Weigh the relative moisture content of soil in the permanent wilting point
7- Weight of water available

دیجیتالی طول ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. حجم ریشه به روش اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم معینی از آب (قانون ارشمیدس) محاسبه شد (۱۰). نسبت ریشه به ساقه از تقسیم طول ریشه به طول ساقه که پس از قطع از محل طوقه به وسیله کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شده بود، بدست آمد. وزن‌تر ریشه و اندام هوایی به وسیله ترازو دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ تعیین شد. درصد ماده خشک ریشه و اندام هوایی با استفاده از توزین وزن معینی از ریشه و اندام هوایی و قرار دادن در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن تابث محاسبه شد.

محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب از برگ‌های کاملاً گسترش یافته استفاده شد، که مقدار آن از فرمول زیر محاسبه شد:

$$RWC\% = (FW-DW)/(TW-DW)*100$$

که در آن FW، وزن تازه نمونه‌های برگ، DW، وزن خشک آن‌ها پس از قرارگیری در آون دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و TW، وزن برگ‌ها پس از غوطه‌ور شدن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت می‌باشد.

نشت الکترولیت

نشت الکترولیت مطابق روش بلوم و ابرکن (۷) محاسبه شد. ابتدا قطعات برگی به اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه، و پس از شستشو همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت به وسیله شیکر شدیداً تکان داده شدند. پس از آن هدایت الکتریکی اولیه (C_i) به وسیله دستگاه هدایت‌سنج (مدل ۴۳۱۰، ساخت شرکت WAY JEN) اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش درون اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند، و پس از سرد شدن محتویات داخل لوله‌های آزمایش هدایت الکتریکی ماکزیمم (C_m) اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار نشت الکترولیت از رابطه مقابل محاسبه شد:

$$EL = (C_i/C_m) \times 100$$

محتوای کلروفیل

میزان کلروفیل برگ به روش هیل و همکاران (۱۱) اندازه‌گیری شد. ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ‌های جوان کاملاً خرد شده و در هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر ساییده شد. مخلوط حاصل در یک بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری توسط آب مقطر به حجم رسانیده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به دست آمده با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط گردید. سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. میزان جذب نور محلول‌رویی در طول موج‌های ۶۴۵ و۶۶۳ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل CE 2502 ساخت شرکت Bio Quest انگلستان) قرائت گردید. در نهایت غلظت کلروفیل با استفاده از روابط زیر به دست آمد.

Chl a (µg/ml)=(12.5OD663)-(2.55 OD645)
Chl b (µg/ml)=(18.29 OD645)-(2.58 OD 663)
Chl (Total)=Chl a+Chl b

اسید آمینه پرولین

جهت اندازه‌گیری اسید آمینه پرولین در برگ‌ها، ۰/۱ گرم برگ تازه را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳ درصد به خوبی سائیده، و سپس با عبور دادن از صافی، عصاره حاصل را در لوله آزمایش ریخته و در مخلوط آب و یخ نگهداری گردید. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم ناین هیدرین + ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار +۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک به هر یک از لوله‌های محتوی عصاره و یا استاندارد افزوده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس به منظور خنک شدن به داخل مخلوط آب و یخ منتقل شدند. سپس ۶ میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده، و به مدت ۲۰ ثانیه به وسیله شیکر به شدیداً تکان داده شدند. ۱ میلی‌لیتر از فاز بالایی را برداشته توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد (۵).

µ mol prolin/gram of wet weight) =(µ gram prolin/ml) ml toloen/115.17 µ gram/mol(Prolin

آنالیز آماری

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (برای هر تکرار ۳ مشاهده) انجام شد. آنالیز آماری با نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج

رشد شاخه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس موید وجود اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها می‌باشد (جدول ۱). بیشترین میزان رشد شاخه در تیمار شاهد (۴۳/۴ میلی‌متر) و کمترین (۷/۸ میلی‌متر) میزان آن در تیمار تنش خشکی شدید مشاهد شد (شکل ۱). با توجه به نتایج بدست آمده، بیشترین رشد شاخه مربوط به رقم شاه انجیری (۳۰/۱۳ میلی‌متر) و کمترین میزان آن مربوط به رقم متی (۲۸/۰۹ میلی‌متر) می‌باشد (شکل ۱). میزان رشد شاخه همه ارقام مختلف انجیر در سطح تنش شدید نسبت به سایر سطوح تنش خشکی کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (سبز ۶، شاه انجیر ۸، متی ۵/۱۶، سیا ه ۱۲/۱۶ میلی‌متر) (شکل ۱).

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر روی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی اندام‌های هوایی ارقام مختلف انجیر

Table 1- The average square of the ANOVA effect of drought stress on some shoot morphological characteristics of different cultivars of fig

منابع تغییرات Sources changes	درجه آزادی Degree of freedom	رشد شاخه Shoot growth	تعداد برگ جدید New leaf number	سطح برگ Leaf area	وزن تر اندام‌های هوایی Shoot wet weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight
رقم Cultivar	3	33.8*	42.3*	581271.7**	1171.9**	269.8**
سطح تنش Stress level	3	3023.6**	559.6**	7381822.4**	1019.9**	1524.1**
رقم × سطح تنش Cultivars*Stress level	9	262.3**	0.1 ns	285107.2*	815.2**	228.4**
خطای آزمایش Errors experiment	32	19.3	15.3	118587.5	257.5	41.9

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار درسطح احتمال پنج درصد، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

**: Significant at the one percent level, *: significant at the level of five percent probability, ns: non-significant difference

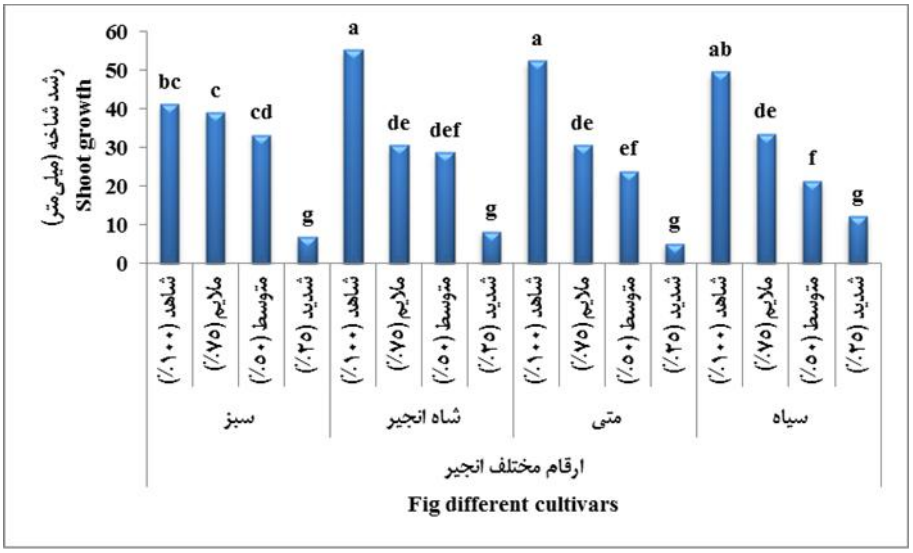
ادامه جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر روی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی ریشه ارقام مختلف انجیر

Table 1 Continuation- The average square of the ANOVA effect of drought stress on some shoot morphological characteristics of different cultivars of fig

منابع تغییرات Sources changes	درجه آزادی Degree of freedom	مجموع طول ریشه‌ها Total root length	سطح ریشه Root level	وزن تر ریشه Root wet weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	نسبت ریشه به اندام هوایی Ratio of root to shoot
رقم Cultivar	3	5492461 ns	2492405 ns	2431.2**	184.3*	0.52 **
سطح تنش Stress level	3	5059937 ns	7130597*	1339.9*	490.4*	3.08**
رقم × سطح تنش Cultivars*Stress level	9	6556754**	3693921 ns	1169.6**	82.7 ns	0.22 **
خطای آزمایش Errors experiment	32	1039261	2289246	397.5	50.5	0.05

**: معنی‌دار درسطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار درسطح احتمال پنج درصد، ns: عدم تفاوت معنی‌دار

**: Significant at the one percent level, *: significant at the level of five percent probability, ns: non-significant difference

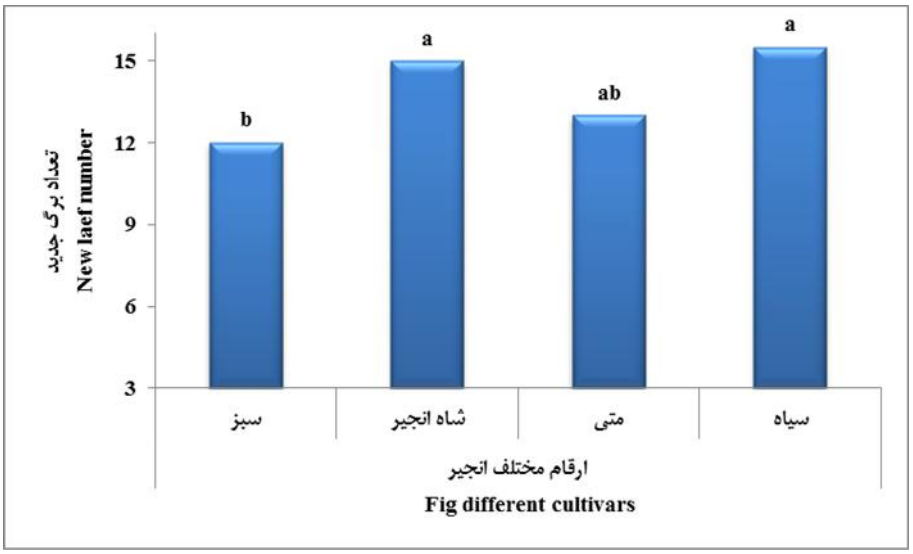


شکل ۱- رشد شاخه (میلی‌متر) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 1- Shoot growth (mm) of fig different cultivars under drought stress different treatments

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



شکل ۲- تعداد برگ جدید ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

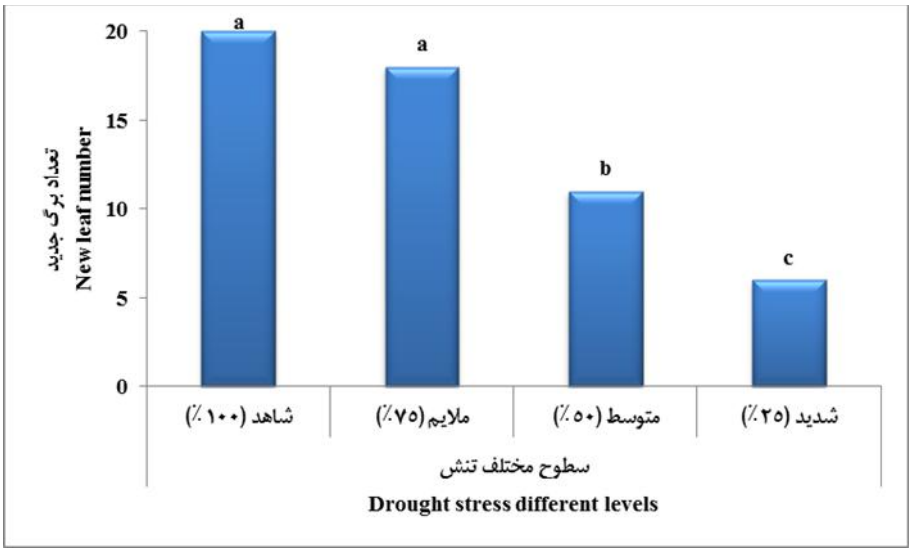
(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 2- New leaf number of fig different cultivars under drought stress different treatments

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

سطح برگ

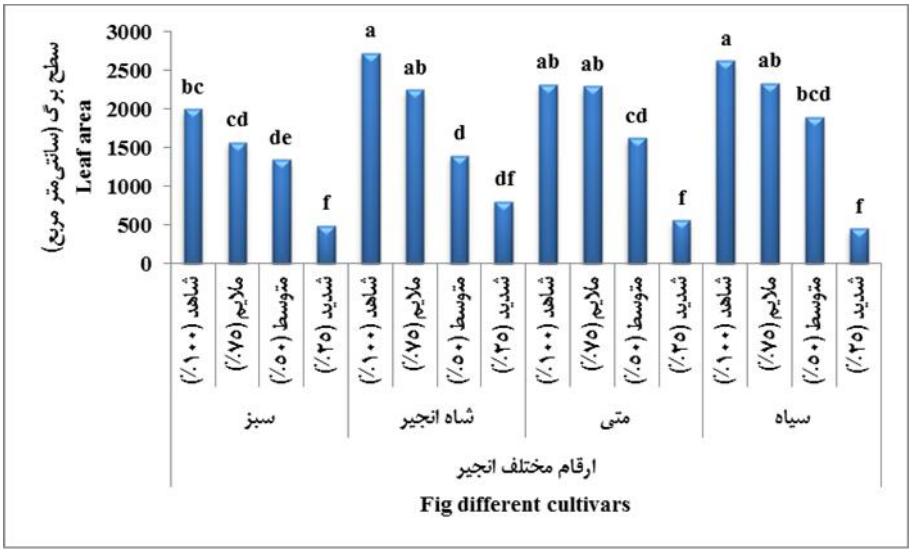
طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها مشاهد شد (جدول ۱). بیشترین میزان سطح برگ همه ارقام مختلف انجیر در سطوح مختلف تنش خشکی به ترتیب در تیمارهای شاهد (سبز ۲۰۰۰، شا ه انجیر ۲۶۲۵، متی ۲۳۲۰، سیاه ۲۷۳۲ سانتی‌متر مربع)، تنش ملایم (سبز ۱۳۴۳، شاه انجیر ۲۳۴۰، متی ۲۲۹۶، سیاه ۲۲۵۵ سانتی‌مترمربع)، تنش متوسط (سبز ۱۵۷۰، شا ه انجیر ۱۹۰۰، متی ۱۶۲۵، سیاه ۱۴۰۰ سانتی‌مترمربع) و تنش شدید (سبز ۴۹۰، شا ه انجیر ۴۵۶، متی ۵۵۸/۷، سیا ه ۸۰۶/۷) مشاهده شد (شکل ۴). در بین ارقام مورد مطالعه در این آزمایش، رقم سبز نسبت به سایر ارقام از کمترین میزان سطح برگ برخوردار بود (شکل ۴).



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر تعداد برگ جدید ارقام مختلف انجیر

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 3- The effect of drought stress different treatments on the new leaf number of fig different cultivars
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



شکل ٤- سطح برگ (سانتی‌متر مربع) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

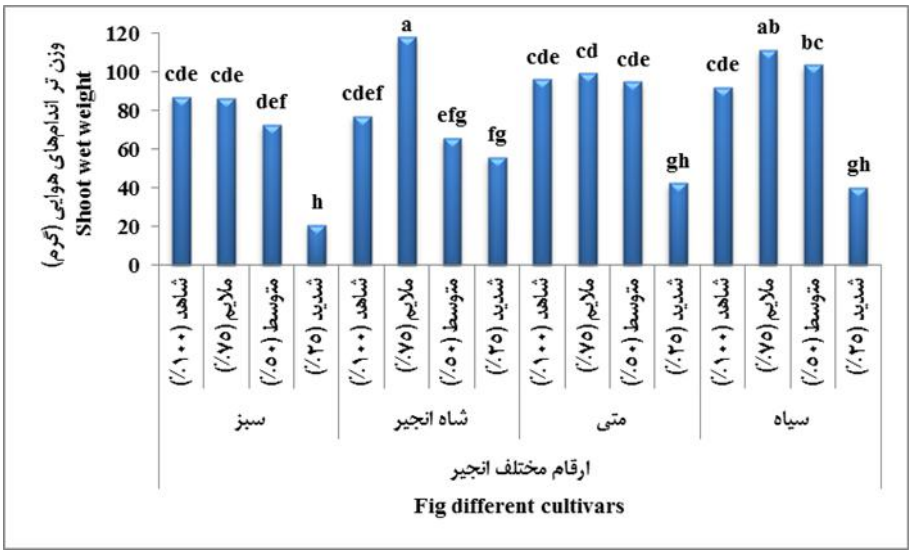
(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 4- Leaf area (cm^2) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی

براساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی وجود داشت (جدول ۱). کمترین وزن تر اندام هوایی در همه ارقام انجیر مورد مطالعه در تیمار تنش شدید (سبز ۲۱/۰۱، شا ه انجیر ۵۶/۱، متی ۴۲/۶۲، سیاه ۴۰/۳۳ گرم) مشاهد شد (شکل ۵). بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی همه ارقام مورد مطالعه به ترتیب در تیمارهای شاهد (سبز

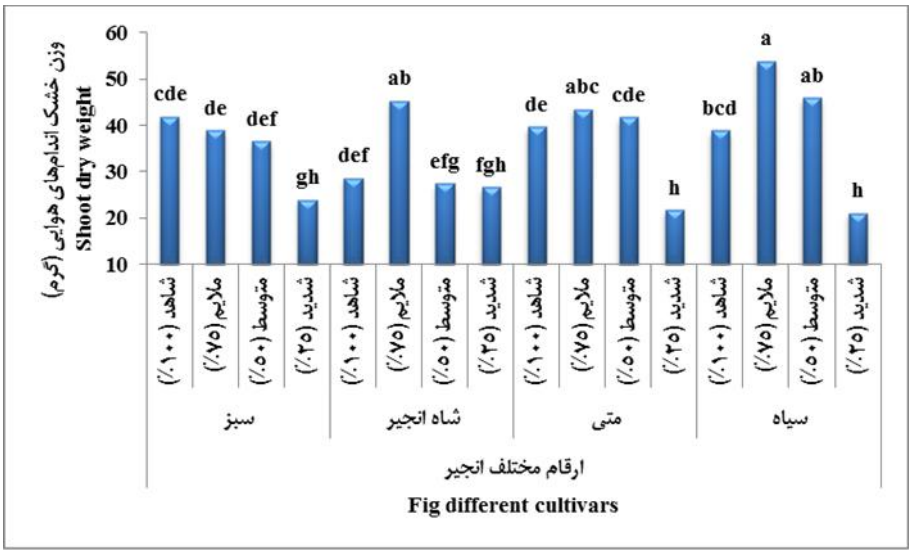
۳۲/۹۶، شاه انجیر ۲۲/۶۵، متـی ۴۳/۴۶، سـیاه ۴۴/۹۰ گـرم) و تـنش شدید (سبز ۱۳/۹۹، شاه انجیر ۱۶/۶۸، متی ۱۱/۶۵، سیاه ۱۱/۰۹ گرم) بدست آمد (شکل ۶). نتایج حاصل از این تحقیق نشـان داد کـه، بـین ارقام مختلف مورد مطالعه رقم سبز کمتـرین وزن تـر و خشـک انـدام هوایی را نسبت به سایر ارقام به خود اختصاص داده است (شکل‌هـای ۵ و ۶).



شکل ۵- وزن تر اندام‌های هوایی (گرم) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 5- Shoot wet weight (%) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



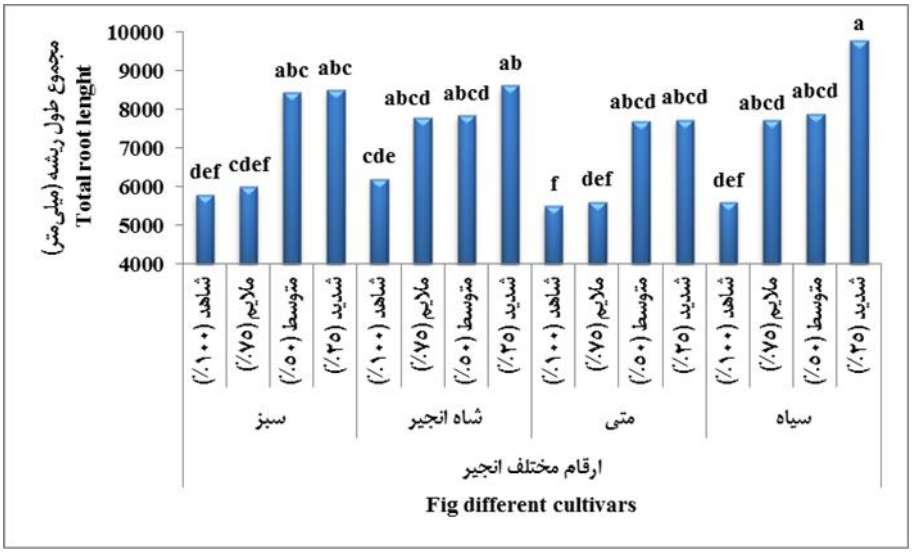
شکل ٦- وزن خشک اندام‌های هوایی (درصد) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 6- Shoot dry weight (%) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

مجموع طول ریشه‌ها

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بین ارقام مورد مطالعه انجیر و سطوح مختلف تنش خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد، در حالی که اثر متقابل آن‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۱). بیشترین مجموع طول ریشه‌ها در همه ارقام مورد مطالعه به ترتیب در تیمارهای تنش شدید (سبز ۸۵۳۲، شاه انجیر ۸۸۸۶، متی ۷۴۹۰ و سیاه ۱۰۲۳۰ میلی‌متر)، متوسط (سبز ۸۴۶۸، شاه انجیر۸۸۲۹، متی ۷۲۷۸ و سیاه ۷۸۶۶ میلی‌متر)، ملایم (سبز ۶۴۹۵، شا ه انجیر ۷۶۶۹، متی ۵۹۰۶، سیاه ۷۵۹۲ میلی‌متر) و شاهد (سبز ۵۶۴۵، شاه انجیر ۶۶۹۷، متی ۵۲۶۸، سیاه ۵۴۰۰ میلی‌متر) مشاهد شد (شکل ۷).



شکل ۷- مجموع طول ریشه‌ها (میلی‌متر) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 7- Total root length (mm) of fig different cultivars under drought stress different treatments

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

سطح ریشه

نتایج آنالیز آماری نشان داد که، فقط بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر سطح ریشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). بیشترین سطح ریشه در تیمار تنش شدید (۷۷۱۶ میلی‌متر مربع) بدست آمد، و بین سطوح دیگر تنش تفاوت معنی‌داری از لحاظ سطح ریشه مشاهده نشد (شکل ۸).

وزن تر و خشک ریشه

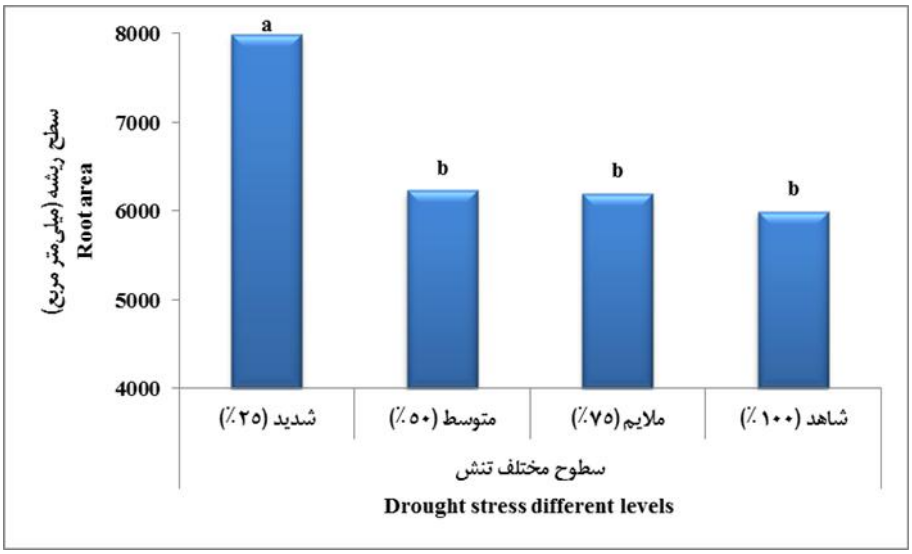
نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها از نظر وزن تر ریشه می‌باشد (جدول ۱). کمترین وزن تر در همه ارقام مورد مطالعه در تیمار تنش شدید (سبز۷۳/۰۷، شاه انجیر ۹۵/۸، متی ۶۶/۷۵ و سیاه ۱۰۱/۶ گرم) و بیشترین میزان آن در تیمار شاهد (سبز ۹۰/۹۲، شاه انجیر ۱۲۱/۲، متی ۱۵۱/۸ و سیاه ۱۳۲/۴گرم) مشاهد شد (شکل ۹). با توجه به شکل ۹، بین تمامی ارقام مورد مطالعه در همه سطوح مختلف تنش خشکی رقم سبز کمترین میزان وزن تر ریشه را به خود اختصاص داد.

براساس نتایج جدول ۱، بین ارقام مختلف انجیر و سطوح مختلف تنش خشکی از نظر وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در حالی که بین اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهد نمی‌شود. در بین ارقام مورد مطالعه رقم سبز کمترین وزن خشک ریشه (۱۵/۰۳ گرم) را به خود اختصاص داده بود، در حالی که بین سه رقم دیگر از لحاظ وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهد نشد (شکل ۱۰). نتایج این تحقیق نشان داد که، با افزایش شدت تنش خشکی میزان وزن خشک ریشه‌ها کاهش می‌یابد به طوری که، بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار شاهد (۲۵/۵۱ گرم) و پس از آن در تیمار تنش ملایم (۲۲/۱۶ گرم) در حالی که، کمترین میزان آن در تیمار تنش شدید بدست آمد (شکل ۱۱).

نسبت ریشه به اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس موید وجود اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها از نظر نسبت ریشه به اندام هوایی می‌باشد (جدول ۱). بیشترین میزان نسبت ریشه به اندام هوایی در همه ارقام مختلف انجیر به

ترتیب در تیمارهای تنش شدید (سبز ۲/۳۹، شاه انجیر ۱/۴۶، متی ۲/۳۶ و سیاه ۱/۵۰ میلی‌متر)، تنش متوسط (سبز ۱/۰۸، شاه انجیر ۱/۰۲، متی ۱/۴۶ و سیاه ۰/۸۸ میلی‌متر)، تنش ملایم (سبز ۰/۸۰، شاه انجیر ۰/۹۲، متی ۰/۸۶، سیاه ۱/۱۱ میلی‌متر) و شاهد (سبز ۰/۹۵، شاه انجیر ۰/۶۳، متی ۱/۰۳، سیاه ۰/۶ میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ۱۲).

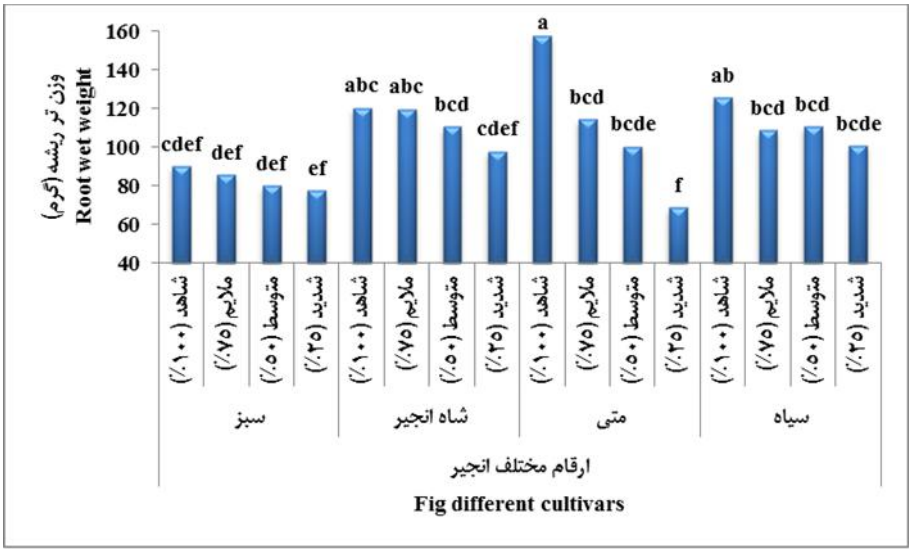


شکل ۸- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر سطح ریشه (میلی‌متر مربع) ارقام مختلف انجیر

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 8- The effect of drought stress different treatments on root area (mm^2) of fig different cultivars

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

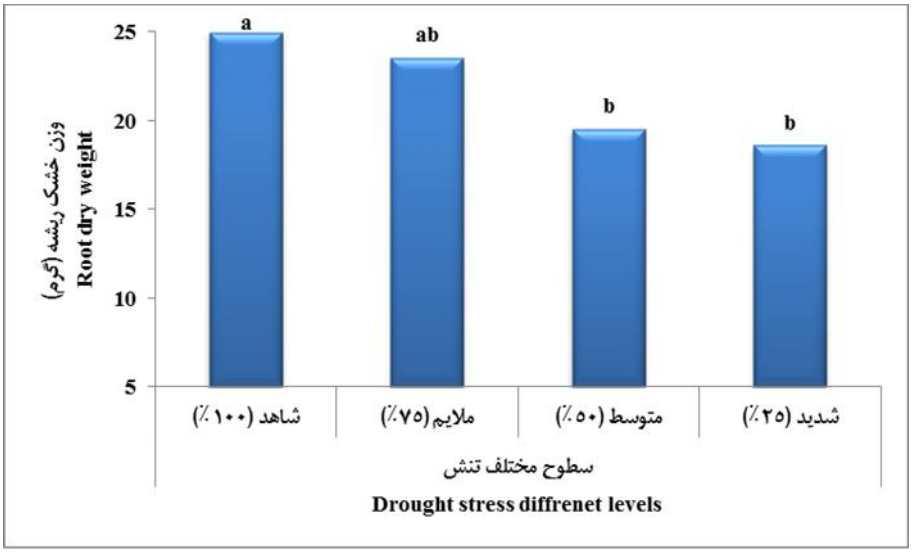


شکل ۹- وزن تر ریشه (گرم) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 9- Root wet weight (g) of fig different cultivars under drought stress different treatments

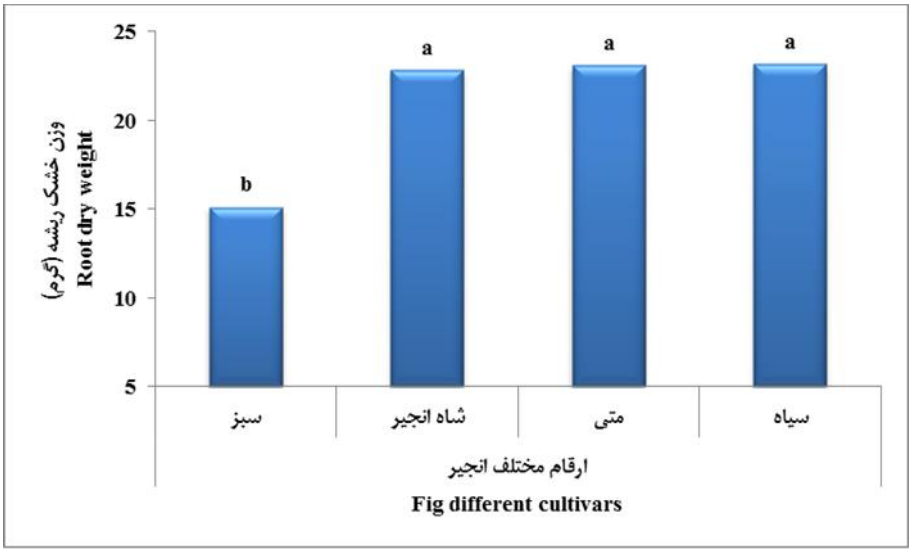
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



شکل ۱۰- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر وزن خشک ریشه (درصد) ارقام مختلف انجیر

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 10- The effect of drought stress different treatments on root dry weight (%) of fig different cultivars
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



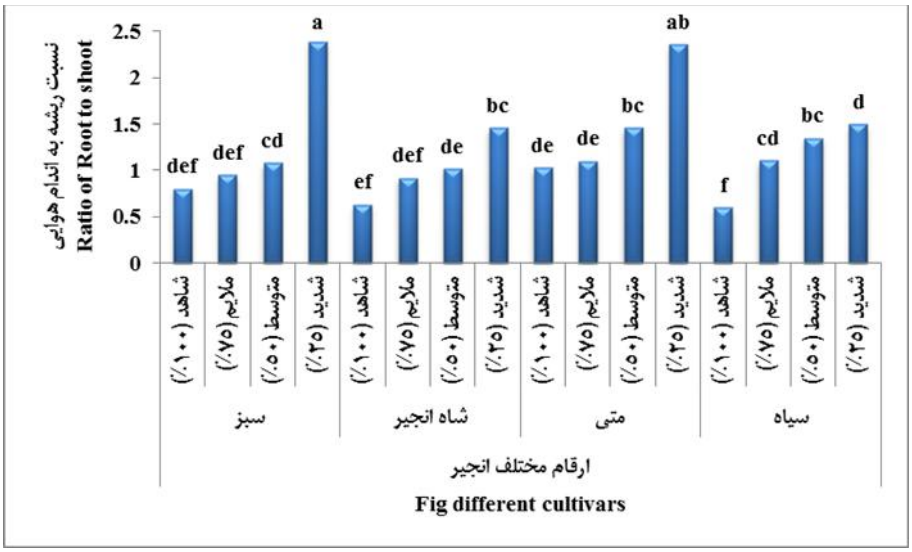
شکل ۱۱- وزن خشک ریشه (درصد) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 11- Root dry weight (g) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، بین ارقام مختلف و سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری وجود دارد در حالی که، اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۳، بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد (۴۵/۴۸٪)، تنش ملایم (۳۹/۲۹٪)، تنش متوسط (۲۹/۶٪) و تنش شدید (۲۴/۹٪) مشاهده شد. بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ در رقم سیاه (۳۷/۲ ٪) و کمترین میزان آن در رقم سبز (۳۱/۲ ٪) وجود داشت (شکل ۱۴).



شکل ۱۲- نسبت ریشه به اندام هوایی ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 12- Ratio of Root to shoot of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی برگ ارقام مختلف انجیر

Table 2- The average square of the ANOVA effect of drought stress on some leaf physiological characteristics of different cultivars of fig

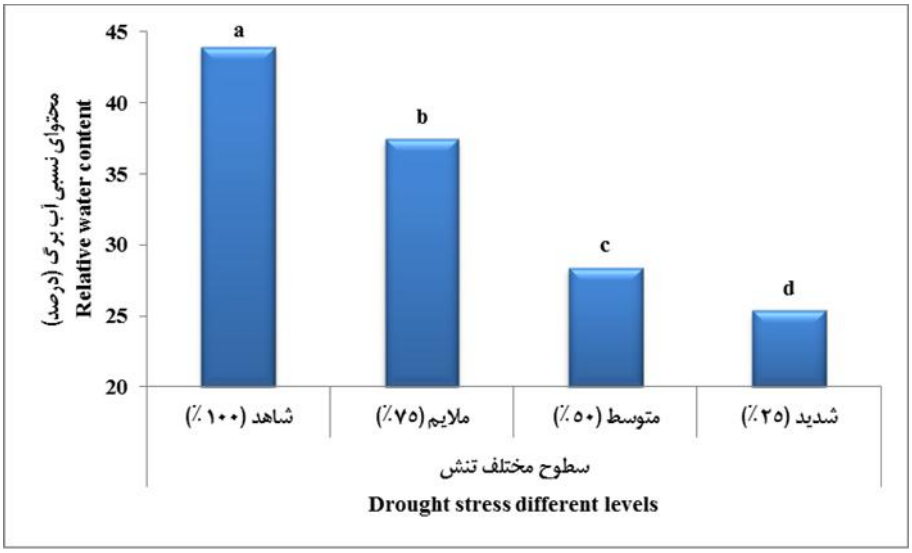
منابع تغییرات Sources changes	درجه آزادی Degree of freedom	محتوی نسبی آب برگ Relative water content	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کلروفیل کل Total Chlorophyll	پرولین Prolin
رقم Cultivar	3	80.9^{*}	670^{**}	0.3^{**}	0.1^{ns}
سطح تنش Stress level	3	1031.1^{**}	5072^{**}	4.1^{**}	15.2^{**}
رقم × سطح تنش Cultivars*Stress level	9	31^{ns}	68^{**}	0.2^{**}	0.6^{ns}
خطای آزمایش Errors experiment	32	24.7	23	0.01	0.3

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، ns: عدم تفاوت معنی دار

**: Significant at the one percent level, *: significant at the level of five percent probability, ns: non-significant difference

نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، بین ارقام مختلف انجیر، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها از نظر میزان نشت الکترولیتی اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۵، بیشترین نشت الکترولیت در تیمار تنش شدید و کمترین میزان آن در تیمار شاهد بدست آمد. در بین ارقام مورد آزمایش رقم سیاه بیشترین میزان نشت الکترولیت را دارا بود، در حالی که بین سه رقم دیگر تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان نشت الکترولیت وجود نداشت (شکل ۱۵). میزان نشت الکترولیت ارقام سبز، شاه انجیر، متی و سیاه در تیمار تنش شدید به ترتیب ۶۳/۵، ۵۹/۴، ۵۹/۱ و ۸۵/۲ درصد بود، که بیشترین میزان نشت الکترولیت را به خود اختصاص دادند (شکل ۱۵).

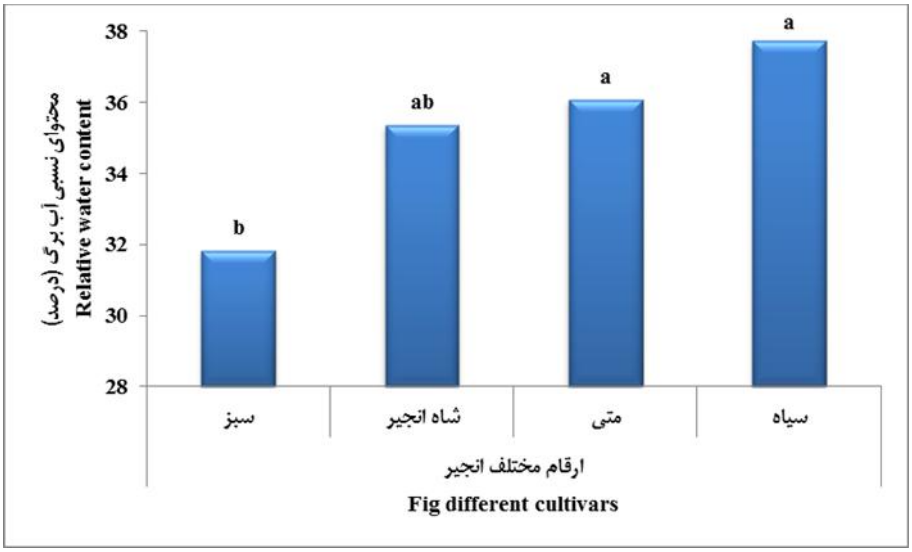


شکل ۱۳- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر میزان محتوای نسبی آب برگ (درصد) ارقام مختلف انجیر

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 13- The effect of drought stress different treatments on relative water content (%) of fig different cultivars

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

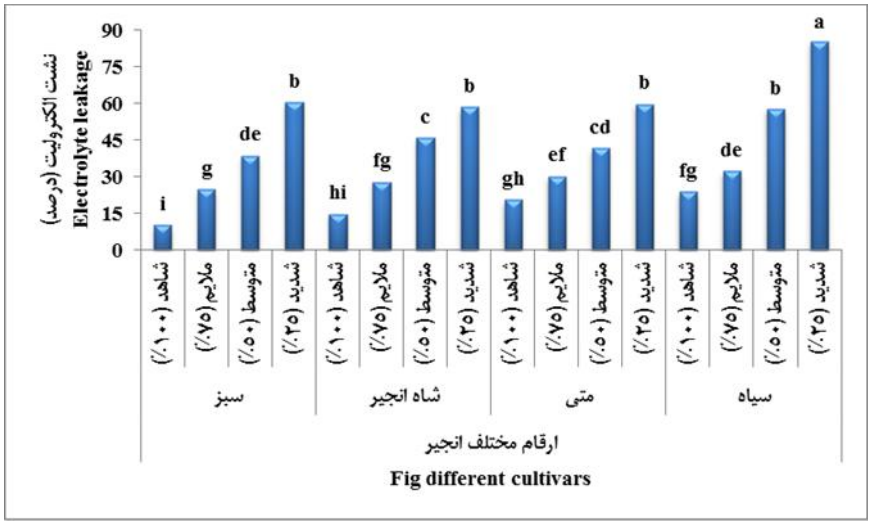


شکل ۱٤- میزان محتوای نسبی آب برگ (درصد) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 14- Relative water content (%) of fig different cultivars under drought stress different treatments

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)



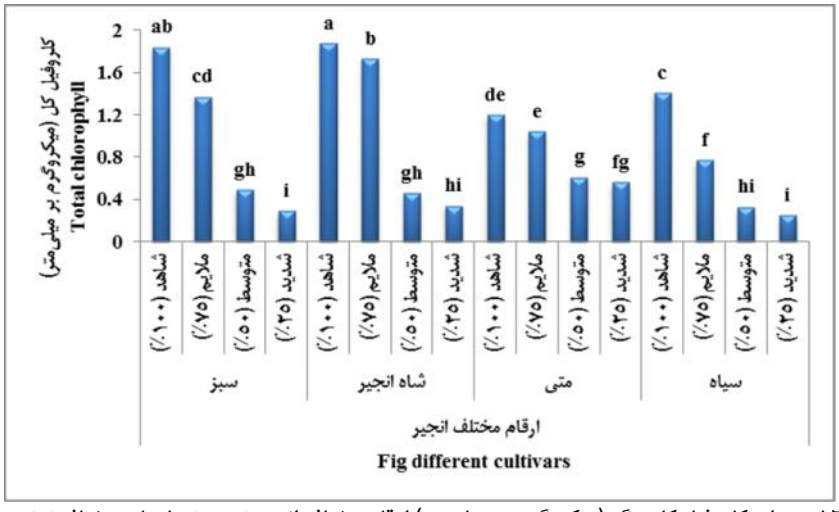
شکل ۱۵- نشت الکترولیت (درصد) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 15- Electrolyte leakage (%) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

کلروفیل کل برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که، بین ارقام مختلف انجیر، تیمارهای مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها از لحاظ محتوای کلروفیل برگ تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۶، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد (۱/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و تنش شدید (۰/۳۶میکروگرم بر میلی‌لیتر) بدست آمد. بین ارقام مختلف از لحاظ میزان کلروفیل تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که، بیشترین میزان آن به ترتیب در رقم شاه انجیر (۱/۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، سبز (۰/۹۹ میکروگرم بر میلی‌متر)، متی (۰/۸۶ میکروگرم بر میلی‌متر) و سیاه (۰/۷ میکروگرم بر میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ۱۶). در همه ارقام کمترین میزان کلروفیل کل برگ در تیمار تنش شدید و بیشترین میزان آن تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۱۶).



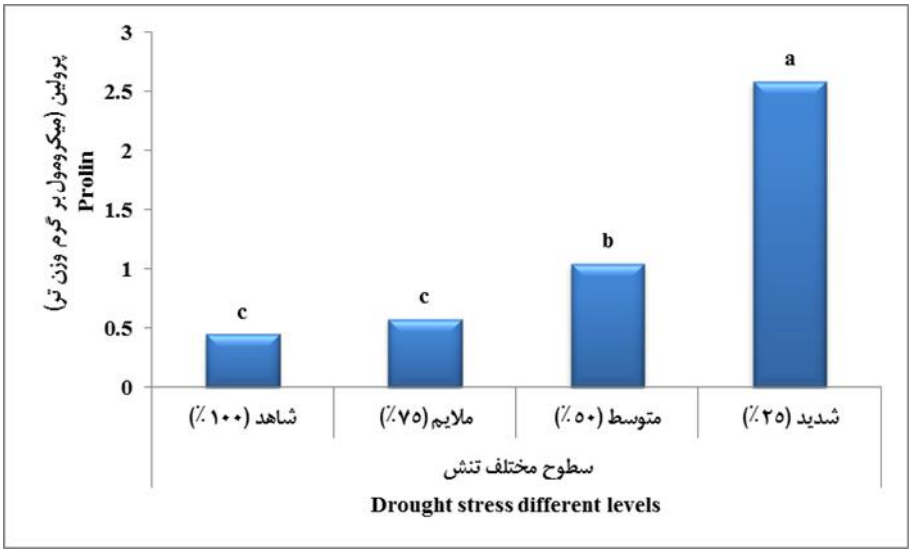
شکل ۱۶- میزان کلروفیل کل برگ (میکروگرم بر میلی‌متر) ارقام مختلف انجیر تحت تیمارهای مختلف تنش خشکی

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 16- Total Chlorophyll (microgram per mm) of fig different cultivars under drought stress different treatments
(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

محتوای پرولین

با توجه به جدول ۲ مشخص شد که، فقط بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر میزان پرولین برگ تفاوت معنی‌داری وجود دارد، در حالی که بین ارقام مختلف انجیر و اثر متقابل آن با سطوح مختلف تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در این آزمایش بیشترین میزان پرولین در تیمار تنش شدید (۲/۶ میکرومول بر گرم وزن‌تر) و بعد از آن در تنش متوسط (۱/۰۶ میکرومول بر گرم وزن‌تر) و سطح تنش ملایم (۰/۲۱ میکرومول بر گرم وزن‌تر) و کمترین میزان ان در تیمار شاهد (۰/۲۱ میکرومول بر گرم وزن تر) بدست آمد، که بین دو سطح تنش ملایم و شاهد تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان پرولین مشاهده نشد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی بر میزان پرولین برگ (میکرومول بر گرم وزن تر) ارقام مختلف انجیر

(حروف متفاوت روی ستون‌ها طبق آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد)

Figure 17- The effect of drought stress different treatments on leaf prolin content (micromoles per gram of wet weight) of fig different cultivars

(Different letters in columns according to LSD test was significantly different at level of o.o5)

بحث

سیورستن (۲۴) اظهار داشت که، کاهش تورگر در اثر تنش آبی باعث محدودیت رشد شاخه می‌شود. در پژوهشی که بر روی درختان هلو و گلابی تحت تاثیر تنش خشکی انجام شده بود، مشخص شد که رشد رویشی درختان در شرایط تنش کاهش می‌یابد (۱۹). همچنین تان و بوتری (۲۵) گزارش نمودند که، ارتفاع دانهال هلو در شرایط تنش خشکی شدید کاهش می‌یابد. شریعتی و عصاره (۲۲) گزارش نمودند که، در شرایط تنش خشکی پارامترهای گونه‌های مختلف اکالیپتوس کاهش می‌یابد. نتایج این آزمایش نشان داد که، با افزایش شدت تنش خشکی رشد شاخه‌های ارقام مختلف انجیر کاهش می‌یابد.

تنش آب زمانی در یک گیا ه افزایش می‌یابد که شدت تعرق در آن از میزان جذب آب تجا وزکند (۱۶). کاهش سطح برگ تحت تاثیر تنش خشکی در گیاهان متحمل، سبب حفظ و نگهداری بیشتر آب برگ در برابر تنش‌های شدید می‌شود (۱۳ و ۱۴). توریسیلاز و همکاران (۲۶) گزارش نمودند که، تنش آبی روی زردآلو باعث کاهش معنی‌داری در کل سطح برگ می‌شود که عمدتاً به خاطر ریزش برگ‌های بالغ است. همچنین مشخص شده است که، کاهش سطح برگ پایه‌های سیب در شرایط تنش خشکی یک پدیده معمول است (۳). در آزمایشی که بر روی ۶ رقم زیتون تحت شرایط تنش خشکی انجام شد مشخص شده که، تعداد برگ‌ها تحت تاثیر تنش کاهش یافت (۲۸). نتایج حاصل از این تحقیق به خوبی نشان می‌دهد که، در شرایط تنش خشکی میزان سطح برگ و تعداد برگ ارقام مختلف انجیر کاهش می‌یابد.

یکی از عوامل مهم در مقاومت به خشکی و اجتناب از آن، جذب آب کافی است. از طرفی مجموع طول ریشه‌ها، یکی از فاکتورهای موثر در میزان جذب آب است. در واقع بالا بودن مجموع طول ریشه‌ها از جهت بهره‌برداری ریشه از بخش وسیع‌تری از خاک و

افزایش نقاط جذب آب و عناصرغذایی، می تواند برای گیاه حائز اهمیت باشد (۱۰). این بدین معناست که در شرایط تنش مجموع طول ریشه‌های بیشتری وجود دارد. کیان و فری (۲۰) هنگامی که محتوای رطوبت حجمی خاک در اعماق مختلف را اندازه گرفتند اظهار داشتند که، در لایه‌های سطحی خاک تحت شرایط خشکی رطوبت به سرعت کاهش می‌یابد، این در حالی است که از محتوای رطوبتی در اعماق پایین‌تر خاک به کندی کاسته می‌شود. لذا بدیهی است که بیشترین طول ریشه مخصوصا در گیاهان مقاوم، جهت اجتناب از خشکی در تنش‌های شدید تولید شود. در این بررسی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش میزان طول ریشه در همه ارقام مختلف انجیر روند افزایشی دارد، به طوری که بیشترین طول ریشه در تنش خشکی شدید بدست آمد. نتایج این تحقیق با نتایج کیان و فری (۲۰) مطابقت دارد.

هنگامی که خشکی رخ می‌دهد، محتوای رطوبتی خاک به شدت کاهش می‌یابد، در نتیجه اندک مولکول‌های آب موجود در خاک تحت این شرایط به وسیله نیروی مکش زیادی از جانب ذرات ریز خاک به شدت جذب می‌شوند. لذا باید سطح تماس بین ریشه‌ها و ذرات خاک افزایش یابد تا این مقدار آب برای گیاهان که بسیار ضروری است، قابل دسترس باشد. افزایش سطح ریشه در زمان تنش‌های خشکی از طریق افزایش نقاط ورودی آب و عناصر غذایی و همچنین به وسیله افزایش سطح جذب، می‌تواند کارایی جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دهد (۱۰). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که، سطح ریشه بین سطوح مختلف تنش معنی‌دار است به طوری که با افزایش شدت تنش میزان سطح ریشه افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج گنجعلی (۱۰) همخوانی دارد.

یکی دیگر از اثرات آشکار تنش خشکی کاهش وزن قسمت هوایی گیاهان است (۲۳). همچنین در منابع متعددی خصوصاً در مورد گیاهان حساس به خشکی اشاره شده است که، در شرایط تنش خشکی وزن خشک ریشه‌ها کاهش می‌یابد (۱۲ و ۱۸). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که، در همه ارقام مورد مطالعه با افزایش شدت تنش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه کاهش می‌یابد به طوری که کمترین میزان آن در تیمار تنش خشکی شدید مشاهد شد، در حالی که تیمار شاهد بیشترین وزن را به خود اختصاص داده بود.

بهبودیان و میلز (۶) اظهار داشتند که، ریشه‌ها به دلیل لین که در معرض تنش خفیف‌تری نسبت به شاخه‌ها قرار دارند معمولا نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش می‌یابد. همچنین سیورستن (۲۴) گزارش نمود که، رطوبت ناکافی خاک از طریق افزایش تراکم نسبی ریشه توانسته باعث افزایش در نسبت ریشه به اندام هوایی در سیب و مرکبات شود. براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که، نسبت ریشه به اندام هوایی تحت شرایط تنش افزایش می‌یابد.

در آزمایشی که بر روی آواکادو انجام شده بود مشخص شده است که، تنش خشکی باعث کاهش در محتوای نسبی آب برگ می‌گردد و کاهش تنها ۱۰ درصد در مقدار محتوای نسبی آب برگ باعث کاهش محسوسی در مقدار پتانسیل آب برگ گردید (۸). همچنین ضرابی و همکاران (۲۸) در تحقیق بر روی ۶ رقم زیتون تحت شرایط تنش خشکی گزارش نمودند که، محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر تنش کاهش یافت. نتایج تحقیق حاضر با نتایج این پژوهش‌ها مطابقت دارد.

مشخص شده است که حفظ و سلامت غشا تحت شرایط تنش خشکی یکی از اصلی‌ترین اجزاء تحمل گیاهان به تنش خشکی می‌باشد. در پژوهشی که بر روی گیاه لوبیا انجام شده بود مشخص شده است که، با کاهش بیشتر آب آسیب بیشتری به غشای سلولی وارد می‌شود (۱۵). نتایج این تحقیق نشان داد که، با افزایش سطح تنش میزان نشت الکترولیت در همه ارقام افزایش می‌یابد که با نتایج باجی و همکاران (۴) و کوچوا و همکاران (۱۵) مطابقت دارد.

شریعت و عصاره (۲۲) در تحقیقی بر روی ۴ گونه اکالیپتوس تحت شرایط تنش خشکی گزارش نمودند که، غلظت کلروفیل در این گیاه تحت شرایط تنش کاهش می‌یابد. همچنین احمدی و سرمرده (۱) اظهار داشتند که، میزان کلروفیل ۴ رقم مختلف گندم تحت تاثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج این پژوهش‌ها مطابقت دارد.

یکی از مهمترین موادی که تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد، و برای گیاه در غلظت بالا سمی نیست اسید آمینه پرولین می‌باشد. اسید آمینه پرولین باعث کاهش پتانسیل آب درون سلول شد، باعث می‌شود گیاه در شرایط تنش خشکی بتواند آب جذب کند. زمانی و همکاران (۲۷) گزارش نمودند که، با افزایش میزان تنش در بادام میزان پرولین بیشتر می‌شود. همچنین در پژوهش‌های که بر روی گندم (۱)، ذرت شیرین (۱۷) و اکالیپتوس (۲) انجام شده است مشخص شده که، با افزایش سطح تنش خشکی میزان پرولین نیز افزایش می‌یابد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که، با افزایش سطح تنش میزان رشد شاخه، سطح برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل برگ کاهش می‌یابد، در حالی که طول ریشه، سطح ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، نشت الکترولیت و پرولین برگ افزایش می‌یابد. در این آزمایش صفات مختلف و زیادی برای اثبات اینکه کدامیک از رقم‌ها به شرایط تنش و کم آبی سازگارتر است اندازه‌گیری شد، که به طور کلی نتایج نشان داد که، رقم سیاه شرایط کم آبی را نسبت به سایر ارقام بهتر تحمل می‌کند.

منابع

1- Ahmadi A., and Srmrdeh A. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrates, chlorophyll and prolin in 4 wheat cultivars adapted to different climatic conditions of Iran. Journal of Agricultural Sciences Iran. 35 (3): 753-763. (in Persian with English abstract)

2- Akhondi M., Safarnejad A. and Lahouti M. 2006. Effect of drought stress on prolin accumulation and mineral nutrients changes in alfalfa Medicage Sativa L. Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10 (1): 175-175.

3- Atkinson C.H.J., Poloicarpo M.A.D. and Kuden A. M. 1999. Drought tolerance of apple rootstocks: Production and partitioning of dry matter. Plant and Soil, 206: 223-235.

4- Bajji M., Kinet J.M. and Lutts S. 2001.The use of the electrolyte leakage metod for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durume wheat. Plant Growth Regulatin, 1-10.

5- Bates L.S., Waldren R.P. and Teare L.d. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant soil, 39: 205-207.

6- Behboudian M.H. and Mills T.M. 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. John Wiley and Sons. Ic., New York. P. 279

7- Blum A. and Ebercon A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21: 43-47.

8- Chartzoulakis K., Patakas A.G., Kofidis A. and Nastou A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Horticulturae. 95:39-50.

9- Faghi H., and Sabet Sarvestani J. 2003. Fig (planting and harvesting). Rahagoosha Publications. P. 292. (in Persian)

10- Ganjali A. 2005. Investigation of physiology-morphological aspects to drought tolerance in chickpea (*Cicer arientinum* L.) species. Ph. D. Thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. P. 238. (in Persian with English abstract)

11- Hill J., Verheggen F.P., Fernssen H., Vankammen A. and Zabel K. 1985. Bleomcin resistance: Anew dominant selectable marker for plant cell transformation. Plant Molecular Biology, 7: 171-176.

12- Huang B. and Gao H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science, 40: 196-203.

13- Johns G.G. 1978 .Transpiration, leaf area, stomatal and photosynthetic responses to gradually induced water stress in four temperate herbage species. Australian Journal of plant physiology, 5: 113-125.

14- Johns G.G. and Lazenby A. 1973. Defoliation, leaf area index, and the water use four temperate pasture species under irrigated and dryland conditions. Australian Journal of Agricultural Research, 24: 783-795.

15- Kocheva K., Lambrev P., Georgiev G., Goltsev V. and Karabaliev M. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. Bioelectrochemisty, 63: 121-124.

16- Kozlowski T.T. 1968. Introduction In: Kozlowski T.T. (Ed.) .Water deficit and plant growth. P.I. Academic Press. New York.

17- Mohamadkhani N. and Haidary R. 2008. Drought -induced Accumulation of soluble sugars and proline in two Maize varieties. World Applied Sciences Journal, (3): 448- 453.

18- Pand H. and Singh J.S. 1981. Comparative biomass and water status of four range grasses growth under two soil water conditions. Journal of Range Management, 34: 480-484.

19- Probsting E.L. and Middleton J.E. 1980.The behavior of peach and pear trees under extreme drought stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105: 380-385.

20- Qian Y.L. and Fry J.D. 1996. Irrigation frequency affects zoysiagrass rooting and plant water status. Horticultural Science, 31: 234-237.

21- Reddy A.R., Claitanya K.V. and Vivekanadan M. 2004 Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism I higher plants. Journal of Plant Physiology, 161: 1189-1202.

22- Shariat A., and Asare M.H. 2008. Effect of drought stress on plant pigments, prolin, soluble sugars and growth properties of four eucalyptus species. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 15 (6): 13-24. (in Persian with English abstract)

23- Slahvrzy E. 2007. Effects of drought stress and re-irrigation on morpho-physiologic and biochemical responses in domestic and imported grasses. Master's thesis, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. P. 160. (in Persian with English abstract)

24- Syversten J.P. 1985. Itegration of water stress in fruit trees. Horticultural Science, 20: 1039-1043.

25- Tan C.S. and Buttery B.R. 1982.The effect of soil moisture stress to various fractions of the root system on transpiration, photosynthesis and internal water relation of peach seedling. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107: 845-849.

26- Torrecillas A., Galego R., Perez-Pastor A. and Ruize-Anchez M. C. 1999. Gas Exchange and water relations of young apricot plants under drought conditions. Journal of Agriculture Science, 132: 445-452.
27- Zamani Z., Taheri A., Vazaei A. and Poustini K. 2002. Proline content and stomata resistance of almond seedling as affected by irrigation intervals. Acta Horticulture, 591: 411-416.
28- Zarrabi M., Motlaiy A., and Lesani H. 2008. Effect of drought stress on morphological and anatomical characteristics of olive different cultivars. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science Iran). 39 (1): 109-117. (in Persian with English abstract)