علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۲۲۳-۲۱۳)

پاسخ دو رقم زیتون (ماری و میشن) به تیمار سایکوسل تحت شرایط تنش خشکی

وحید اکبری[1*]، رسول جلیلی مرندی[2]، جلیل خارا[3] و علی‌رضا فرخزاد[4]
۱، ۲ و ۴. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۳. دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۱۱)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سایکوسل بر جنبه‌های مختلف رشد دو رقم زیتون (ماری و میشن) در شرایط تنش خشکی، آزمایش گلخانه‌ای با سه فاکتور شامل سه سطح سایکوسل (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، سه سطح تنش خشکی (آبیاری نهال‌ها با فواصل ۵، ۱۰ و ۱۵ روز یک‌بار) و دو رقم زیتون (ماری و میشن) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در مدت چهار ماه انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای سایکوسل موجب کاهش سطح برگ، افزایش ضخامت برگ، میزان کلروفیل و قندهای محلول در مقایسه با شاهد شدند اما تأثیر معناداری بر دمای برگ نداشتند. تیمار بالای سایکوسل (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ (RWC) نسبت به دیگر تیمارها شد. همچنین نتایج نشان داد که افزایش سطوح خشکی موجب کاهش سطح برگ،RWC ، افزایش ضخامت برگ، دمای برگ، میزان کلروفیل، پرولین و قندهای محلول در هر دو رقم شد. از نظر صفات مطالعه‌شده، رقم میشن نسبت به رقم ماری مقاومت بیشتری به خشکی داشت. نتایج نشان داد که سایکوسل می‌تواند اثر منفی ناشی از تنش خشکی در ارقام ماری و میشن زیتون را تعدیل کند.

واژه‌های کلیدی: **پرولین، دمای برگ، سطح برگ، قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ (RWC).**

مقدمه

کمبود آب یکی از فاکتورهای مهم محدودکنندهٔ رشد، فتوسنتز و بقای گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Bacelar *et al*., 2009). موضوع مورد توجه، بهبود عوامل کشت‌وکار و ژنوتیپ‌های گیاهی برای مناطق مستعد خشکی است. یکی از راهکارهای مهم برای کشاورزی استفاده از ارقام مقاوم و به‌کارگیری مکانیسم‌هایی است که بتوان مقاومت گیاهان را نسبت به کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش داد (Dichio *et al*., 2002). زیتون درختی همیشه‌سبز با نام علمی *Olea europaea* و از قدیمی‌ترین گیاهان مدیترانه است. زیتون گیاهی نیمه‌گرمسیری است و در مناطقی که خطر یخبندان شدید زمستانه وجود نداشته باشد می‌توان به کاشت آن اقدام کرد. رنگ سطح فوقانی برگ‌ها سبز تیره و پوشیده از یک لایه بافت مومی و در سطح تحتانی کرک‌های ستاره‌ای نقره‌ای وجود دارد که دو عامل فوق موجب کاهش تعرق رطوبت و افزایش توان مقاومت در مقابل خشکی و گرما می‌شوند (Sofo *et al*., 2004). مکانیسم‌های سازگاری درختان زیتون در برابر تنش خشکی شامل کاهش

* تلفن: ۰۹۳۷۰۸۸۶۶۳۲
E-mail: v.akbari.89@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

پتانسیل آب برگ، بسته‌شدن نسبی روزنه‌ها، کاهش سطح برگ، پیچیدگی برگ، افزایش ضخامت مزوفیل، تنظیم اسمزی، تجمع پرولین، تنظیم سیستم آنتی‌اکسیدانی، تجمع موسیلاژ و دیگر متابولیت‌های ثانویه است (Bosabalidis & Kofidis, 2002). گرچه زیتون از درختان مقاوم در برابر خشکی شناخته شده است اما طی سال‌های اولیه پس از کاشت نیاز آبی آن بالاست (Connor, 2005). ترکیبات شیمیایی مثل ۲- کلرواتیل تری‌متیل آمونیوم‌کلراید با نام تجاری سایکوسل، یک کندکنندهٔ رشد مصنوعی است و یکی از مشتقات شناخته‌شدهٔ کولین به شمار می‌آید که بدون اینکه اثری بر میزان تنفس داشته باشد موجب افزایش مقاومت گیاهان مختلف نسبت به تنش خشکی می‌شود (Malash & Flower, 1984; Jaana *et al*., 2002). سایکوسل با اختلال در مسیر چرخهٔ بیوسنتز جیبرلین، مانع از سنتز آنزیم انت- کائورن سینتاز[1] می‌شود و از طویل‌شدن و رشد سلول‌ها جلوگیری می‌کند (Rademacher *et al*., 2000). این امر موجب کاهش سطح تعرق و مقاومت گیاه به تنش می‌شود. گزارش شده است که تیمار سایکوسل با افزایش تراکم بافت گیاه و افزایش غلظت شیرهٔ سلولی در پایداری غشای سلولی و حفظ مکانیسم‌های پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد مؤثر است (Laurer, 2003). سایکوسل با اثر بر فعالیت آنزیمی برگ‌ها، کاهش تجزیهٔ پروتئین، افزایش اسیدهای آمینه، افزایش ضخامت برگ، کاهش تعداد روزنه در واحد سطح برگ درنتیجه کاهش از دست دادن آب و افزایش میزان کلروفیل موجب مقاومت به تنش می‌شود (Leydovski, 1974; Arteka, 1995). تأثیرات سایکوسل بر روی گیاهان مختلف و همچنین ارقام یک گونه متفاوت است و گونه‌های گیاهی در پاسخ به مادهٔ یادشده پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Harper & Berkenkamp, 1975). کاربرد سایکوسل موجب بسته‌شدن نسبی روزنه‌ها و افزایش محتوای نسبی آب برگ، تحت شرایط تنش رطوبتی در ارقام زیتون شده است (Nejadsahebi *et al*., 2010). تیمار با سایکوسل در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ، کاهش نسبت شاخساره به ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای (Nejadsahebi *et al*., 2010; Memari *et al*., 2011; Samandari & Elhami, 2012)، افزایش پرولین، پروتئین، قندهای محلول، میزان کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ‌ها شده است (Abd EI-Rhman, 2010; Movahhedi Dehnavi *et al*., 2010 ; Samandari & Elhami, 2012). واکنش ارقام مانند زیتون، انگور و بادام به تنش خشکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است که به شدت و مدت دورهٔ خشکی و همچنین گونهٔ گیاهی بستگی دارد (Nejadsahebi *et al*., 2010; Memari *et al*., 2011; Jalili Marandi *et al*., 2011; Samandari & Elhami, 2012). در حال حاضر با توجه به محدودیت منابع آبی و توزیع نامناسب بارندگی در فصل رشد و همچنین لزوم گسترش باغ‌های زیتون در مناطق خشک جنوب کشور، کاشت نهال‌های جوان زیتون در سال‌های اول به‌علت تنش خشکی توأم با کاهش میزان رشد و تلفات است، بنابراین نتایج انجام این پژوهش و بررسی امکان کاهش آثار تنش خشکی به‌وسیلهٔ محلول‌پاشی سایکوسل با غلظت‌های مختلف، در زمان کاشت نهال می‌تواند به‌منظور افزایش توان زنده‌ماندن آن‌ها در شرایط تنش خشکی مفید باشد. هدف از انجام این بررسی پاسخ دو رقم زیتون (ماری و میشن) به تیمار سایکوسل در شرایط تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم زیتون ماری و میشن تحت تنش خشکی است. رقم ماری شاخه‌های نسبتاً افراشته و قائم و برگ‌های سبز روشن دارد. میوه‌های آن کشیده و باریک‌تر از انواع دیگر زیتون است. وزن متوسط میوه‌ها ۳ تا ۴ گرم است. رقم زودرس است و میوه‌ها اوایل شهریور برداشت می‌شوند. رقم ماری به‌منظور مصارف کنسروی استفاده می‌شود. میشن[2] رقم امریکایی است. درختان رشد ضعیف و تاج باریک دارند. برگ‌ها بزرگ، سبز و کرکی به شکل بیضی هستند. گل‌آذین‌های بزرگ و پراکنده دارد. میوه‌های میشن درشت، بیضوی و نوک میوهٔ مخروطی تا حدودی نامتقارن است (Jalili Marandi, 2010).

1. Ent-kaurene synthase

2. Mission

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی، مواد گیاهی، شرایط رشد و اعمال تیمارها

به‌منظور بررسی تأثیر کندکنندهٔ رشد سایکوسل بر تنش خشکی در دو رقم زیتون (ماری و میشن)، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ـ۱۳۹۰ در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. این پژوهش شامل سه فاکتور آزمایشی است که یکی رقم گیاه با دو سطح (ماری و میشن) بود. فاکتور دوم دوره‌های مختلف آبیاری بود که در سه سطح شامل دورهٔ آبیاری ۵ روز یک‌بار به‌منزلهٔ شاهد (سطح آبیاری مطلوب)، دورهٔ آبیاری ۱۰ روز (تنش خشکی ملایم) و دورهٔ آبیاری ۱۵ روز (تنش خشکی شدید) اعمال شد و فاکتور سوم غلظت‌های مختلف سایکوسل بود که در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اعمال شد. برای تهیهٔ غلظت‌های مختلف سایکوسل (ساخت شرکت سیگما در آلمان) با مادهٔ مؤثرهٔ ۱۱/۸ درصد ۲-کلرواتیل تری‌متیل آمونیوم‌کلراید، از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۰۱ استفاده شد و بعد از توزین سایکوسل که به‌صورت گرانول بود، به نسبت‌های مختلف در مقدار کافی از آب‌مقطر حل شد. آزمایش ۱۸ تیمار داشت که برای هر تیمار سه تکرار و برای هر تکرار دو گلدان و درمجموع ۱۰۸ گلدان (گیاه)، از دو رقم زیتون به‌کار برده شد. در این پژوهش از نهال‌های دوسالهٔ دو رقم زیتون که از نهالستان نجفی واقع در ساوه تولید شده بود استفاده شد. در طول مدت آزمایش دمای حداقل و حداکثر گلخانه به‌طور متوسط ۱۸/۷ و ۳۷/۲ درجهٔ سانتی‌گراد بود و روشنایی مورد نیاز گیاهان با تابش طبیعی نور آفتاب تأمین شد. گلدان‌های استفاده‌شده برای کاشت از نوع پلاستیکی با قطر دهانهٔ ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۴ سانتی‌متر بودند که توسط متهٔ برقی سه سوراخ به قطر یک سانتی‌متر در ته آن‌ها ایجاد و در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی شن درشت برای انجام زهکشی ریخته شد. مخلوط خاکی به‌کاررفته در گلدان شامل ۲/۴ خاک معمولی، ۱/۴ قسمت خاکبرگ و ۱/۴ ماسه است. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک در جدول۱ ارائه شده است. در نیمهٔ اسفندماه ۱۳۸۹ نهال‌ها کاشته و پس از دو ماه استقرار در محیط گلخانه، تیمارهای آزمایش‌شده روی آن‌ها اعمال شد. هم‌زمان با شروع دوره‌های آبیاری، تیمارهای سایکوسل به‌صورت محلول‌پاشی دستی تا مرحلهٔ آب‌چک شدن از برگ‌ها و اندام‌های هوایی و برای حفظ آثار سایکوسل، در چهار مرحله و با فاصلهٔ ۲۵ روز یک‌بار صورت گرفت. در هر مرحله به‌ازای هر گیاه ۵۵ سی‌سی محلول‌پاشی انجام شد. در پایان آزمایش (۱۲۰ روز بعد از آغاز اعمال تیمارها)، صفات ارزیابی شدند.

جدول ۱. خصوصیات خاک آزمایش‌شده

خصوصیات خاک آزمایش‌شده	مقدار موجود در خاک
شن (درصد)	۵۴
رس (درصد)	۲۰/۵
سیلت (درصد)	۲۵/۵
ازت کل (درصد)	۰/۱۵
کربنات کلسیم (درصد)	۱۶/۱
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۳
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶۳۴
EC (دسی‌زیمنس بر متر)	۲/۶
PH	۷/۶
بافت خاک	شنی لومی

شاخص‌های ارزیابی صفات

سطح و ضخامت برگ

ضخامت برگ توسط کولیس دیجیتالی (NO:Z۲۲۸۵۵) و سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Leaf Area Meter AM 200) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری ضخامت برگ، ۵ برگ از قسمت‌های میانی هر نهال و برای اندازه‌گیری سطح برگ ۱۲ برگ از قسمت‌های مختلف هر نهال، به‌طور تصادفی انتخاب شد و سپس میانگین نهایی آن‌ها ثبت شد.

میزان کلروفیل

میزان کلروفیل برگ‌ها توسط کلروفیل‌سنج مدل SPAD ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۵ برگ از قسمت‌های میانی هر نهال قرائت و میانگین آن‌ها به‌منزلهٔ میزان کلروفیل هر گیاه (با واحد SPAD unit) ثبت شد.

Archive of SID

www.SID.ir

دمای برگ

اندازه‌گیری دمای برگ بین ساعت‌های ۱۳ تا ۱۴، توسط دماسنج مادون قرمز (مدل Hi 9950 Hana) از فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر قرائت شد و به‌صورت میانگینی از ۵ برگ از قسمت‌های میانی هر نهال ثبت شد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)[1]

برای اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ از هر واحد آزمایشی ۱۰ عدد دیسک برگی به قطر ۸ میلی‌متر از برگ‌های قسمت‌های انتهایی ساقه و از وسط پهنک برگ تهیه شد. بلافاصله وزن تر آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد و سپس داخل ظروف پتری حاوی آب‌مقطر به‌مدت ۴ ساعت در یخچال (۴ درجهٔ سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار داده شدند و بعد از آن وزن تورژسانس اندازه گرفته شد، سپس به‌مدت ۴۸ ساعت دیسک‌های برگی را به آون (۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد) منتقل کرد و وزن خشک آن‌ها تعیین شد و درنهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Turner, 1981).

= محتوای نسبی آب برگ (درصد)

(وزن خشک - وزن تر) / (وزن خشک- وزن تورژسانس) × ۱۰۰

میزان پرولین

برای اندازه‌گیری پرولین ابتدا نیم گرم از بافت تازهٔ برگی (برگ‌های توسعه‌یافتهٔ انتهایی) به همراه پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد داخل هاون چینی کوبیده و له شد و عصارهٔ الکلی به‌دست‌آمده تا زمان اندازه‌گیری پرولین و قندهای محلول در داخل یخچال (۴ درجهٔ سانتی‌گراد) نگهداری شد (Irigoyen *et al.*, 1992). برای تعیین غلظت پرولین، یک میلی‌لیتر از عصارهٔ الکلی تهیه‌شده را با ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر رقیق کرده و پنج میلی‌لیتر معرف نین هیدرین[2] به آن اضافه شد سپس ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و مخلوط حاصله پس از به هم زدن به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب جوش (۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد) قرار داده شد. بعد از آن ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هر کدام از نمونه‌ها افزوده و به‌شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند. استانداردهایی از پرولین[3] از غلظت صفر تا ۰/۱ میکرومول بر میلی‌لیتر تهیه شد و درنهایت میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Paquin & Lechasseur, 1979).

قندهای محلول

برای اندازه‌گیری میزان قندهای محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصارهٔ الکلی نگهداری‌شده در یخچال به کمک میکروپیپت به داخل لولهٔ آزمایش ریخته شد و سه میلی‌لیتر آنترون[4] تازه تهیه‌شده به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا مادهٔ رنگی تشکیل شود. پس از خنک‌شدن نمونه‌ها میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای تهیهٔ استاندارد قند، از گلوکز محلول‌هایی با غلظت‌های صفر تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و کلیهٔ مراحل آزمایش روی آن‌ها انجام شد و درنهایت میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد (Irigoyen *et al.*, 1992). داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت، همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

سطح برگ

نتایج تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش نشان داد که با افزایش دورهٔ تنش، میانگین سطح برگ کاهش معناداری در سطح احتمال ۱ درصد داشته است (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میانگین سطح برگ به‌ترتیب در تیمارهای شاهد (بدون تنش) و تنش شدید مشاهده شد (جدول۳). محدودشدن سطح برگ را می‌توان به‌منزلهٔ اولین مکانیسم دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت که به‌دلیل کاهش تورژسانس سلول‌های گیاهی و همچنین کاهش جذب مواد و عناصر غذایی بر اثر کمبود

1. Relative Water Content
2. Ninhydrin
3. Proline
4. Antron

Archive of SID

www.SID.ir

آب است (Levitt, 1980; Jalili Marandi *et al*., 2011) این پدیده در زیتون نیز گزارش شده است (Bosabalidis & Kofidis, 2002). با افزایش غلظت سایکوسل، سطح برگ کاهش معناداری پیدا کرد (جدول۲)، به‌طوری‌که بیشترین کاهش با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول۴). کاهش سطح برگ بر اثر کاربرد کندکننده‌های رشد به‌دلیل جلوگیری از سنتز جیبرلین، افزایش محتویات اسید آبسیزیک و جلوگیری از طویل‌شدن سلول در برگ است (Gopi *et al*., 2005; Nazanardin *et al*., 2007). پژوهشگران دیگری نیز کاهش سطح برگ بر اثر کاربرد سایکوسل در شرایط تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (Farooq & Bano, 2006; Abd EI-Rhman, 2010). بین ارقام آزمایش‌شده از نظر سطح برگ اختلاف معناداری مشاهده نشد، همچنین اثر متقابل بین تیمارها نیز معنادار نشد (جدول۲).

ضخامت برگ

ضخامت برگ بر اثر اعمال تنش آبی افزایش یافت (جدول۲). به‌طوری‌که بیشترین میزان افزایش، در شرایط تنش خشکی شدید حاصل شد (جدول۳). ازجمله تغییراتی که درنتیجهٔ تنش خشکی حاصل می‌شود کاهش حجم سلولی، کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ است. در مناطق خشک برگ‌های کوچک‌تر و ضخیم‌تر از طریق کاهش سطح تعرق تلفات آب را کاهش می‌دهند و به بهبود روابط آبی کمک می‌کنند (Pessarakli, 1993). تنش خشکی موجب افزایش ضخامت پارانشیم، تریکوم و اپیدرم برگ در دو رقم زیتون شده است، این افزایش در رقم شملالی نسبت به رقم مسکی بیشتر بود (Ennajeh *et al*., 2010). ضخامت برگ با استفاده از تیمار سایکوسل افزایش معناداری را نشان داد (جدول۲) که بیشترین میانگین آن مربوط به تیمار سایکوسل با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (جدول۴). افزایش ضخامت برگ بر اثر تیمار سایکوسل را می‌توان به افزایش تراکم سلول‌ها در واحد سطح، درنتیجه تأثیر سایکوسل در جلوگیری از سنتز جیبرلین و کاهش رشد و اندازه سلول‌ها نسبت داد (Rademacher *et al*., 2000). اختلاف بین ارقام و اثر متقابل رقم در خشکی و خشکی در سایکوسل بر ضخامت برگ معنادار شد (جدول۲). رقم میشن در تیمارهای تنش ملایم و تنش خشکی شدید از ضخامت برگ بیشتری نسبت به رقم ماری برخوردار بود (شکل۱) همچنین غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل در شرایط تنش ملایم خشکی و غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط تنش شدید خشکی به‌طور معناداری موجب افزایش ضخامت برگ نسبت به سطح آبیاری مطلوب (شاهد) شده است (شکل۲).

دمای برگ

دمای برگ در بین تیمارهای آبیاری اختلاف معناداری را نشان داد (جدول۲). با افزایش تنش آبی، دمای برگ افزایش یافت به‌طوری‌که در تنش خشکی شدید بیشترین میانگین دمای برگ حاصل شد (جدول۳). دمای برگ یکی از روش‌های جدید برای تخمین میزان تنش محصولات است (Mannini & Anconeli, 2002; Jalili Marandi *et al*., 2011). در شرایط کاهش پتانسیل آب خاک بر اثر خشکی یا شوری گیاهان با به‌کارگیری مکانیسم‌های مختلفی ازجمله افزایش مقاومت روزنه‌ای یا کاهش هدایت روزنه‌ای و حتی بستن کلی روزنه‌ها از انجام پدیدهٔ تعرق جلوگیری می‌کنند. بسته‌شدن روزنه‌ها و متعاقب آن کاهش تعرق سبب بالارفتن دمای تاج گیاه می‌شود (Levitt, 1980). در این پژوهش نیز افزایش دمای برگ بر اثر افزایش شدت تنش آبی می‌تواند ناشی از افزایش مقاومت روزنه‌ای (کاهش هدایت روزنه‌ای) بر اثر بسته‌شدن روزنه‌ها و درنتیجه کاهش تعرق (میزان خنک‌شدن گیاه) باشد. پژوهشگران افزایش دمای برگ در ارقام بادام (Germmana, 1997) و انگور (Shellie & Glenn, 2008; Jalili Marandi *et al*., 2011) را بر اثر تنش خشکی گزارش کرده‌اند. فاکتور رقم، سایکوسل و نیز اثر متقابل بین تیمارها معنادار نشد (جدول۲).

میزان کلروفیل

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که با افزایش دورهٔ تنش، میزان کلروفیل افزایش می‌یابد (جدول۲). نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل به‌ترتیب به تیمارهای تنش شدید و شاهد (سطح مطلوب آبیاری) تعلق داشت (جدول۳). به نظر می‌رسد

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش میزان کلروفیل بر اثر تنش به‌دلیل افزایش وزن مخصوص برگ باشد، وقوع تنش میزان سطح برگ را کاهش می‌دهد که ناشی از کاهش اندازهٔ سلول است بنابراین، طی بروز تنش به‌دلیل وجود سلول‌های بیشتر در واحد وزن برگ میزان کلروفیل نیز افزایش می‌یابد (Nonami *et al*., 1997). با توجه به اینکه در این آزمایش تنش ملایم و شدید موجب کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ شده است به این دلیل می‌تواند افزایش کلروفیل در شرایط تنش، قابل توجیه باشد. تنش خشکی سبب بیشترشدن مقدار کلروفیل برگ پرچم در مرحلهٔ گلدهی در مقایسه با شرایط بدون تنش در گندم شده است (Ommen & Donnelly, 1999). سایکوسل تأثیر معناداری در سطح ۵ درصد بر میزان کلروفیل داشت (جدول۲). براساس نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها غلظت‌های مختلف سایکوسل به‌طور معناداری موجب افزایش میزان کلروفیل در مقایسه با شاهد شدند (جدول۴). تأثیر مثبت سایکوسل در افزایش میزان کلروفیل برگ در مطالعات انجام‌شده مورد تأکید قرار گرفته است که این موضوع احتمالاً با تأثیر سایکوسل بر فعالیت‌های آنزیمی در برگ و یا افزایش اسیدهای آمینه و ترکیبات پروتئینی در شرایط تنش خشکی در ارتباط است (Memari *et al*., 2011). بین ارقام نیز اختلاف معناداری مشاهده شد (جدول۲). با توجه به نتیجهٔ مقایسهٔ میانگین‌ها رقم میشن در مقایسه با رقم ماری، از میزان کلروفیل بیشتری برخوردار بود (جدول۵). اثر متقابل بین تیمارها معنادار نشد (جدول۲).

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس اثر سایکوسل و خشکی بر صفات ارزیابی‌شده در دو رقم زیتون ماری و میشن

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		سطح برگ	ضخامت برگ	دمای برگ	میزان کلروفیل (SPAD)	پرولین	قندهای محلول	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۰/۱۲۶**	۰/۰۰۴۷**	۲/۵۸۸^{ns}	۹۸/۰۹۲**	۰/۰۰۱۱*	۰/۰۵۶^{ns}	۶۳/۱۵۰*
رقم	۱	۱/۱۴۶^{ns}	۰/۰۰۱۳**	۰/۸۴۱^{ns}	۲۵۸/۲۸۹**	۰/۰۰۶۱**	۲۵/۳۹۲**	۰/۲۳۲^{ns}
خشکی	۲	۱۷/۹۳۷**	۰/۰۲۸۵**	۱۱۸/۳۸۳**	۲۹۵/۹۶۳**	۰/۰۲۰۸**	۴۸/۵۷۰**	۱۱۶۸/۴۲۰**
سایکوسل	۲	۴/۲۴۴**	۰/۰۰۴۴**	۰/۰۱۷^{ns}	۴۰/۹۲۰*	۰/۰۰۱۱*	۲/۵۸۱*	۱۰۷/۸۸۶*
رقم × خشکی	۲	۰/۸۲۹^{ns}	۰/۰۰۱۸**	۰/۸۷۶^{ns}	۸/۴۹۱^{ns}	۰/۰۰۴۱**	۱۰/۸۰۱**	۶۳/۳۵۰*
رقم × سایکوسل	۲	۰/۳۸۳^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۳۱۸^{ns}	۲/۴۸۹^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۳/۴۴۰*	۲/۳۶۲^{ns}
خشکی × سایکوسل	۲	۰/۱۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۴*	۱/۶۸۸^{ns}	۱۰/۶۸۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۸۶۰^{ns}	۳/۴۳۱^{ns}
رقم × خشکی × سایکوسل	۴	۰/۲۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۲۱۶^{ns}	۹/۸۱۰^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۱/۴۲۳^{ns}	۳/۶۰۱^{ns}
خطای آزمایشی	۳۴	۰/۲۸۶	۰/۰۰۰۱	۰/۸۶۹	۹/۱۷۷	۰/۰۰۰۲	۰/۷۵۶	۱۶/۳۴۱
ضریب تغییرات (٪)		۸/۲۱۰	۲/۵۳۳	۲/۹۰۶	۳/۷۱۶	۰/۶۷۸	۰/۳۵۲	۵/۷۸۲

** معنادار در سطح ۱ درصد، * معنادار در سطح ۵ درصد و ns غیرمعنادار.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دوره‌های مختلف آبیاری

تیمار دورهٔ آبیاری	سطح برگ (cm^2)	ضخامت برگ (mm)	دمای برگ (^oC)	میزان کلروفیل SPAD	پرولین (µm/g FW)	قندهای محلول (mg/g FW)	محتوای نسبی آب برگ (%)
۵ روز (شاهد)	۷/۵۷۵^a	۰/۴۲۸^c	۲۹/۲۹۶^c	۷۷/۸۹۴^c	۲/۴۷۴^c	۲۴۴/۹۸۳^c	۷۴/۰۷۳^a
۱۰ روز (تنش ملایم)	۶/۳۹۸^b	۰/۴۶۵^b	۳۲/۶۰۰^b	۸۰/۷۵۸^b	۲/۵۰۳^b	۲۴۵/۹۵۳^b	۷۵/۰۴۴^a
۱۵ روز (تنش شدید)	۰/۵۸۹^c	۰/۵۰۷^a	۳۴/۳۴۵^a	۸۵/۸۹۷^a	۲/۵۴۱^a	۲۴۸/۱۸۷^a	۶۰/۶۲۵^b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنادار نیستند.

جدول۴. مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری شده در غلظت‌های مختلف سایکوسل

تیمار سایکوسل (میلی‌گرم در لیتر)	سطح برگ (cm^2)	ضخامت برگ (mm)	دمای برگ (C^o)	میزان کلروفیل SPAD	پرولین (µm/g FW)	قندهای محلول (mg/g FW)	محتوای نسبی آب برگ (٪)
۰	۶/۹۹۷^a	۰/۴۵۲^c	۳۲/۰۸۵^a	۸۰/۱۲۲^b	۲/۵۰۱^b	۲۴۵/۹۶۷^b	۶۷/۶۹۰^b
۵۰۰	۶/۵۴۰^b	۰/۴۶۴^b	۳۲/۰۴۷^a	۸۱/۳۱۱^{ab}	۲/۵۰۲^b	۲۴۶/۴۴۲^{ab}	۶۹/۵۱۸^b
۱۰۰۰	۶/۰۲۶^c	۰/۴۸۳^a	۳۲/۱۱۰^a	۸۳/۱۱۷^a	۲/۵۱۵^a	۲۴۶/۷۱۵^a	۷۲/۵۳۸^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنادار نیستند.

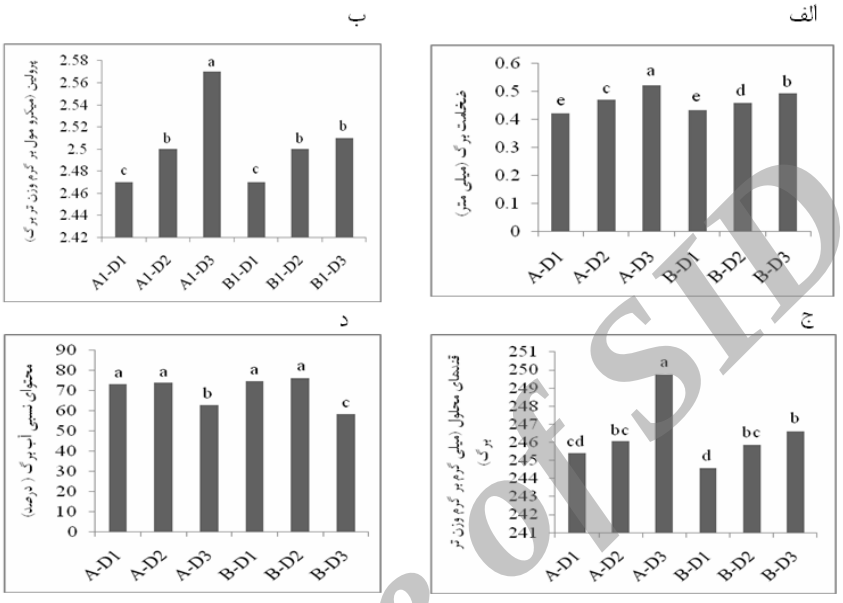
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دو رقم زیتون ماری و میشن

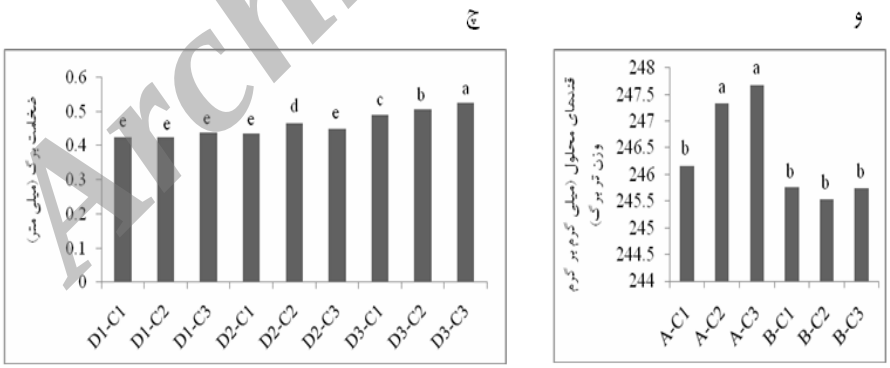
رقم	سطح برگ (cm^2)	ضخامت برگ (mm)	دمای برگ (C^o)	میزان کلروفیل SPAD	پرولین (µm/g FW)	قندهای محلول (mg/g FW)	محتوای نسبی آب برگ (%)
ماری	۶/۶۶۷^a	۰/۴۶۲^b	۳۲/۲۰۵^a	۷۹/۳۲۹^b	۲/۴۹۵^b	۲۴۵/۶۸۹^b	۶۹/۸۵۰^a
میشن	۶/۳۷۵^a	۰/۴۷۲^a	۳۱/۹۵۵^a	۸۳/۷۰۳^a	۲/۵۱۷^a	۲۴۷/۰۶۰^a	۶۹/۹۸۱^a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنادار نیستند.



شکل ۱. مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل رقم در خشکی

* به‌ترتیب بر روی ضخامت برگ (الف)، پرولین (ب)، قندهای محلول (ج) و محتوای نسبی آب برگ (د). A: رقم میشن، B: رقم ماری، D1: شاهد، D2: تنش ملایم خشکی، D3: تنش شدید خشکی. میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.



شکل۲. مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل رقم در سایکوسل و خشکی در سایکوسل

* به‌ترتیب بر روی قندهای محلول (و) و ضخامت برگ (چ). A: رقم میشن، B: رقم ماری، C1: تیمار سایکوسل صفر میلی‌گرم در لیتر، C2: ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، C3: ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، D1: شاهد، D2: تنش ملایم خشکی، D3: تنش شدید خشکی. میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

پرولین

سطوح مختلف آبیاری تأثیر معناداری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پرولین داشت (جدول۲). بیشترین میزان پرولین در تیمار خشکی شدید حاصل شد (جدول۳). حفظ پتانسیل آبی گیاه طی تنش آبی برای ادامهٔ رشد ضروری است که به‌وسیلهٔ مکانیسم تنظیم اسمزی توسط ترکیبات سازگار (پرولین، گلایسین بتائین، اسیدهای آلی، قندها مثل ساکارز و الکل‌های گیاهی مانند مانیتول) در

Archive of SID

www.SID.ir

سیتوپلاسم به دست می‌آید. پرولین به‌منزلهٔ یک اسمولیت سازگار که در غلظت‌های بالا بدون آسیب به اجزای سلولی تجمع می‌یابد همچنین پرولین می‌تواند به‌منزلهٔ یک منبع نیتروژن و کربن مفید باشد (Safo *et al*., 2004). افزایش پرولین در ارقام زیتون در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Arji & Arzani, 2003a; Arji *et al*., 2003b; Bacelar *et al*., 2009). یکی از مکانیسم‌های سازگاری گیاهان به شرایط کم‌آبی، پدیدهٔ تنظیم اسمزی است که در درختان زیتون، پسته و بادام گزارش شده است و همچنین تحمل به تنش خشکی نتیجهٔ تولید یا تجمع محلول‌های اسمزی سازگار است که در امر تنظیم اسمزی با پایین‌رفتن پتانسیل اسمزی به سلول اجازه می‌دهد که آب بیشتری را از محیط جذب کند (Jalili Marandi *et al*., 2011; Zarrabi *et al*., 2011). سایکوسل موجب افزایش میزان پرولین در سطح ۵ درصد شد (جدول۲). با توجه به نتیجهٔ مقایسهٔ میانگین‌ها، غلظت‌های صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند اما بین این دو غلظت با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل، اختلاف معناداری مشاهده شد (جدول۴). گزارش شده است که سایکوسل در تنظیم اسمزی نقش دارد (Rademacher *et al*., 2000). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که تجمع پرولین در گیاهانی که در تنش آبی بوده‌اند تا حدودی تحت کنترل اسید آبسیزیک است (Vamerali *et al*., 2003). این مشاهده توسط گزارش‌های دیگری نیز تأیید شده است (Carseller *et al*., 1999). گزارش کرده‌اند که افزایش میزان اسید آبسیزیک منجر به تجمع پرولین در گیاه می‌شود. سایکوسل با جلوگیری از بیوسنتز جیبرلین موجب سنتز دیگر ترکیبات مسیر ایزوپرنوئیدی ازجمله اسید آبسیزیک می‌شود (Bagdi *et al*., 2003). احتمالاً به این دلایل افزایش پرولین درنتیجهٔ تیمار سایکوسل می‌تواند قابل توجیه باشد. استفاده از سایکوسل در شرایط تنش خشکی، موجب افزایش میزان پرولین در انگور رقم بارانی شده است (Abd EI-Rhman, 2010). بین دو رقم از نظر میزان پرولین اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول۲) به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین به رقم میشن تعلق داشت (جدول۵). اثر متقابل رقم در خشکی نیز معنادار شد. در رقم میشن تحت شرایط تنش ملایم و خشکی شدید، میزان پرولین نسبت به شاهد افزایش معناداری نشان داد اما در رقم ماری تنش ملایم و شدید خشکی از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند ولی با شاهد تفاوت‌ها معنادار نشان داد (شکل۱).

قندهای محلول

تنش خشکی میزان قندهای محلول را به‌طور معناداری افزایش داد (جدول۲). نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان قندهای محلول، به تیمار خشکی شدید و کمترین آن به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول۳). قندهای محلول به‌منزلهٔ محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری و خشکی باشد (Pagter *et al*., 2005). افزایش قندهای محلول در شرایط خشکی می‌تواند به جابه‌جایی کمتر آن‌ها از برگ، مصرف کمتر آن‌ها بر اثر کاهش رشد و تغییرات دیگری چون هیدرولیز نشاسته نسبت داده شود (Kameli & Losel, 1996). اعمال تنش خشکی موجب افزایش قندهای محلول در ارقام زیتون شده است (Arji *et al*., 2003b; Bacelar *et al*., 2009). سایکوسل تأثیر معناداری در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان قندهای محلول داشته است (جدول۲). بر همین اساس مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت‌های مختلف سایکوسل به‌طور معناداری موجب افزایش میزان قندهای محلول در مقایسه با شاهد شدند (جدول۴). کندکننده‌های رشد با جلوگیری از سنتز جیبرلین، طویل‌شدن ساقه را کاهش می‌دهند اما رشد ریشه کمتر تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد (Latimar, 1991). گزارش شده است که تفاوت تأثیر سایکوسل در محل‌های مختلف و احتمالاً کاهش‌دادن رشد شاخه و قابل دسترس کردن مواد آسیمیلات به ریشه موجب افزایش رشد ریشهٔ زیتون در شرایط کمبود آب می‌شود (Nejadsahebi *et al*., 2010). براساس اظهار پژوهشگران مهم‌ترین عامل افزایش قندهای محلول بر اثر تیمار با سایکوسل طی تنش خشکی، تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول توسط اسید آبسیزیک است که توسط سایکوسل سنتز می‌شود و منجر به افزایش قندهای محلول می‌شود (Movahhedi

Archive of SID

www.SID.ir

Dehnavi *et al*., 2010). استفاده از سایکوسل در شرایط تنش خشکی موجب افزایش قندهای محلول در انگور رقم بارانی شده است (Abd EI-Rhman, 2010). بین ارقام آزمایش‌شده اختلاف معناداری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول۲)، با توجه به نتیجهٔ مقایسهٔ میانگین‌ها رقم میشن در مقایسه با رقم ماری از میزان قند محلول بیشتری برخوردار بود (جدول۵). اثر متقابل رقم در خشکی و رقم در سایکوسل معنادار شد (جدول۲). در رقم میشن در شرایط تنش خشکی شدید و تیمارهای سایکوسل میزان قندهای محلول به‌طور معناداری نسبت به رقم ماری افزایش نشان داد (شکل‌های ۱ و ۲). نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که سایکوسل در برخی گونه‌های علفی ازجمله کتان روغنی (Movahhedi Dehnavi *et al*., 2010)، آفتابگردان (Kumari *et al*., 1990)، سورگوم (Newton *et al*., 1986) و سویا (Fututoku & Yamada, 1981) موجب افزایش قندهای محلول می‌شود.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

با افزایش تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش معناداری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول۲). از نظر آماری تیمارهای شاهد و خشکی ملایم در یک گروه قرار داشتند، اما با تیمار خشکی شدید اختلاف معناداری را در سطح ۵ درصد نشان دادند (جدول۳). کاهش محتوای نسبی آب برگ بر اثر تنش خشکی، همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبتی خاک دارد (Nautiyal *et al*., 2002). بررسی‌های پژوهشگران (Chartzoulakis *et al*., 1999) نشان می‌دهد که محتوای نسبی آب برگ درختان زیتون رقم کرونایکی، با افزایش دورهٔ خشکی کاهش یافته است و این کاهش در انتهای دورهٔ تنش خشکی در مقایسه با گیاهان شاهد حدود ۵۰ درصد بود. در آزمایشی بر روی دانهال‌های لیمو مشخص شد که با افزایش دوره‌های آبیاری، محتوای نسبی آب برگ به‌طور معناداری نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (Amri & Shahsavar, 2010). تیمار سایکوسل تأثیر معناداری در سطح ۵ درصد بر محتوای نسبی آب برگ داشته است (جدول۲). با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها، بیشترین میزان RWC با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد (جدول۴). سایکوسل رشد ریشه را در گیاه افزایش می‌دهد و سبب می‌شود گیاه آب بیشتری را از اعماق جذب کند و درنتیجه منجر به بهبود محتوای نسبی آب می‌شود (Mian *et al*., 1994). استفاده از سایکوسل در ارقام زیتون باغ ملک، فیشمی و دزفولی موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی شده است (Nejadsahebi *et al*., 2010). از نظر آماری اختلاف معناداری بین ارقام مشاهده نشد اما اثر متقابل رقم در خشکی معنادار شد (جدول۲). رقم میشن نسبت به رقم ماری در شرایط تنش خشکی شدید از محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بود (شکل۱).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که طولانی‌شدن فواصل آبیاری رشد ارقام زیتون آزمایش‌شده را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، هرچند که در این آزمایش میزان کلروفیل با افزایش دورهٔ تنش افزایش پیدا کرد که به نظر می‌رسد ناشی از افزایش تراکم سلول‌ها در واحد وزن برگ باشد. در این پژوهش استفاده از سایکوسل با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مثبت ارزیابی شد به‌طوری‌که پرولین و محتوای نسبی آب برگ بالاتری را تولید کرد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، رقم میشن نسبت به رقم ماری مقاوم‌تر نسبت به تنش خشکی تشخیص داده شد. همین طور این نکته قابل ذکر است که رقم میشن پاسخ بهتری نسبت به کندکنندهٔ رشد سایکوسل از خود نشان داد. بدین ترتیب با توجه به گسترش روزافزون کم‌آبی و نیاز کشور به فرآورده‌های روغنی، استفاده از رقم میشن و غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل که توانایی مکانیسم‌های مقاومت به شرایط تنشی را حتی در غیر از زمان اعمال تنش، در گیاه ایجاد می‌کند، توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از آقای حسین اشرف، دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی جانوری گروه زیست‌شناسی دانشگاه ارومیه، به‌دلیل همکاری در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

REFERENCES

1. Abd El-Rhman, I.E. (2010). A study on some treatments which mitigate drought effects on Barrani grapevines cv. *Journal of Applied Sciences Research*, 6(6), 704-711.
2. Amri, E. & Shahsavar, A.R. (2010). Response of Lime seedlings (*Citrus aurantifolia* L.) to exogenous spermidine treatments under drought stress. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4483-4489.
3. Arji, A. & Arzani, K. (2003a). Evaluation of growth response and proline accumulation in three native Iranian olive cultivars to drought. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 10(2), 101-91. (in Farsi)
4. Arji, A., Arzani, K. & Ebrahim-Zadeh, M.H. (2003b). Quantitative study of proline and soluble carbohydrates in five olive cultivars under drought stress. *Journal of Biology*, 16(4), 59-47. (in Farsi)
5. Arteka, R.N. (1995). *Plant growth substances: principles and applications*. Chapman & Hall, New York, 332 p.
6. Bacelar, E.A., Moutinho-Pereira, J.M., Gonçalves, B.C., Lopes, J.I. & Correia, C.M. (2009). Physiological responses of different olive genotypes to drought conditions. *Acta Physiologia Plantarum*, 31, 611-621.
7. Bagdi, D.L., Afria, B.S. & Naagar, K.C. (2003). Influence of salinity stress and cycocel on chlorophyll content and yield attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agricultural Science Digest*, 23(2), 98-100.
8. Bosabalidis, A.M. & Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought on leaf anatomy of two olive cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science*, 163, 375-379.
9. Carceller, M., Prystupa, P. & Lemcoff, J.H. (1999). Remobilization of proline and other nitrogen compounds from senescing leaves of maize under water stress. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 183, 61-66.
10. Chartzoulakis, K., Patakas, A. & Bosabalidis, A. M. (1999). Change in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in tow olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 42, 113-120.
11. Connor, D.J. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 1181-1189.
12. Dichio, B., Romano, M., Nuzzu, V. & Xiloyannis, C. (2002). Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees cv. Coratana. *Acta Horticulturae*, 586, 419-422.
13. Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H. & Khemira, H. (2010). Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 85(4), 289-294.
14. Farooq, U. & Bano, A. (2006). Effect of abscisic acid and cholorocholine chloride on nodulation and biochemical content of *Vigna radiata* L. under water stress. *Pakistan Journal of Botany*, 38(5), 1511-1518.
15. Fututoku, Y. & Yamada, Y. (1981).Diurnal changes in water-stressed and non-stressed soybean plants. *Soil Sciences*, 27, 195-204.
16. Germmana, C. (1997). Experiences on the response of almond plants (*Amygdalus Communis* L.) to water stress. *Acta Horticulturae*, 449, 497-504.
17. Gopi, R., Sridharon, R., Somasundaram, R., Alagulakshmanan, G.M. & Panneerselvam, R. (2005). Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazols in *Amorphophallus campanulatus*. *General and Applied Plant Physiology*, 31, 171-180.
18. Harper, F.R. & Berkenkamp, B. (1975). Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *Brassica napus*. *Canadian Journal of Plant Science*, 55, 657- 658.
19. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Plant Physiology*, 84, 55-60.
20. Jaana, L., Rikala, R. & Aphalo, P.J. (2002). Effect of CCC and daminozide on growth of silver birch container seedlings during three years after spraying. *New Forests*, 23, 71-80.
21. Jalili Marandi, R. (2010). *Growing of tropical and subtropical zone fruits*. Jihad-e-Daneshgahi. 438 p. Urmia. (in Farsi)
22. Jalili Marandi, R., Hassani, A., Dowlety Baneh, H., Azizi, H. & Hajitaghiloo, R. (2011). Effect of different levels of siol moisture on morphological and physiological characteristics of three grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 42(1), 31-40.
23. Kameli, A. & Losel, D.M. (1996). Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. *New Phytologist*, 132, 57-62.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Kumari, S., Bharti, S. & Khan, M. I. (1990). Effect of Cycocel on growth and metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 24(2), 87-93.
25. Latimar J.G. (1991). Growth retardants effect landscape performance of zinnia, impatiens, and marigold. *HortScience*, 26, 557-560.
26. Laurer, J. (2003). What happens within the corn plant when drought occurs? *Wisconsin Crop Manager*, 22, 153-155.
27. Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses. II. Water, radiation, salt, and other stresses.* Academic Press, New York. PP: 3-53.
28. Leydovski, S.Y. (1974). The effect of C.C.C. on changes in photosynthesis and productivity of tomatoes. *Plant physiology*, 50, 271-274.
29. Malash, N.M.A.R. & Flowers, T.J. (1984). The effect of phenylmercuric acetate on salt tolerance in wheat. *Plant and Soil*, 81, 269-279.
30. Mannini, P. & Anconeli, S. (2002). Leaf temperature and water stress in strawberry. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 138-143.
31. Memari, H.R., Tafazoli, E., Kamgar-Haghighi, A., Hassanpour, A. & Yarami, N. (2011). Effects of water stress and cycocel as a growth retardant on growth of two olive cultivars. *Journal of Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Science*, 15(55), 1-11. (in Farsi)
32. Mian, M.A.R., Nafziger, E.D., Kolb, F.L. & Teyker, R.H. (1994). Root size and distribution of field grown wheat genotypes. *Crop Science*, 34, 810-812.
33. Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A.R. &Kavusi, B. (2010). Effect of cycocel on proline, soluble sugar, protein, oil and fatty acids of flax (*Linum usitatissimum* L.) plants under drought stress in a pot trial. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 3(2), 129-138. (in Farsi)
34. Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R. & Joshi, Y.C. (2002). Moisture-deficit-induced changes in leaf water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. *Field Crop Research*, 74, 67-79.
35. Nazanardin, M.R.A., Fauzi, R.M. & Tsan, F.Y. (2007). Effects of paclobutrazol on the growth and anatomy of stems and leaves of *Syzygium campanulatum*. *Journal of Tropical Forest Science*, 19, 86-91.
36. Nejadsahebi, M., Moallemi, N. & Landi, A. (2010). Effects of cycocel and irrigation regimes on some physiological parameters of three olive cultivars. *American Journal of Applied Sciences*, 7(4), 459-465.
37. Newton, R.J., Bhaskaran, S., Puryear, J. & Smith, R.H. (1986). Physiological changes in cultured sorghum cells in response to induced water-stress. II Soluble carbohydrates and organic acids. *Plant Physiology*, 81, 626-629.
38. Nonami, H., Wu, Y. & Matthewse, M.A. (1997). Decreased growth-induced water potential a primary cause of growth inhibition at low water potentials. *Plant Physiology*, 114, 501-509.
39. Ommen, O.E. & Donnelly, A. (1999). Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO2 concentrations and other environmental stresses within the 'ESPACE-wheat' project. *European Journal of Agronomy*, 10, 197-203.
40. Pagter, M., Bragato, C. & Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany*, 81, 285-299.
41. Paquin, R. & Lechasseur, P. (1979). Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*, 57, 1851-1854.
42. Pessarakli, M. (1993). *Handbook of plant and crop stress.* Marcel Dekker, Inc, PP: 693.
43. Rademacher, W., Temple-smit, K.E., Griggs, D.L. & Hedden, P. (2000). Growth retardants: Effect on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 51, 501-531.
44. Samandari Gikloo, T. & Elhami, B. (2012). Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(5), 1000-1004.
45. Shellie, K. & Glenn, D.M. (2008). Wine grape responses to kaoline practice film under deficit and well-watered conditions. *Acta Horticulturae*, 792, 587-591.
46. Safo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. & Masia, A. (2004). Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Science*, 166, 293-302.
47. Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58, 339-366.
48. Vamerali, T., Saccomani, M., Bons, S., Mosca, G., Guarise, M. & Ganis, M. (2003). A comparision of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant and Soil*, 255, 157-167.
49. Zarrabi, M.M., Talaai, A., Soleimani, A. & Haddad, R. (2011). Physiological characteristic and biochemical changes six olive (*Olea europaea* L.) cultivars under drought stress. *Journal of Horticulture Science*, 24(2), 234-244.

Archive of SID

www.SID.ir