

ارزیابی تحمل به تنش سرما در برگ برخی از ارقام زیتون (*Olea europaea* L.)

Assessment of Cold Stress Tolerance in the Leaves of Some Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars

علی اصغر زینانلو^{۱*} و هاجر تاجیک^۲

۱- دانشیار، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج ایران.

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

چکیده

زینانلو، ع. ا. و تاجیک، ه. ۱۴۰۱. ارزیابی تحمل به تنش سرما در برگ برخی از ارقام زیتون (*Olea europaea* L.). مجله نهال و بذر ۳۸: ۳۳۸-۳۲۳.

سرما شدیدی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده کشت و تولید زیتون است. در این پژوهش با هدف ارزیابی و انتخاب ارقام متحمل به سرما، ارقام گروسان، ابوسطل، کرونیکی، چوار، سیاب و کلافرج، در شرایط تیمار سرما در پنج سطح (شاهد بدون سرما، ۹-، ۱۱-، ۱۳- و ۱۵- درجه سانتی گراد) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه های برگ در بهمن، اسفند ۱۳۹۳ و فروردین ۱۳۹۴ از ایستگاه تحقیقات زیتون طارم تهیه و در آزمایشگاه پژوهشکده میوه های معتدله در کرج تیمارهای مورد نظر اعمال شد. تیمارهای سرمایی بر روی نمونه های برگ مربوط به اسفند انجام شد. صفات مورد اندازه گیری شامل میزان نشت یونی، ضخامت برگ و محتوای نسبی آب برگ، مقدار کلسیم، پتاسیم، نیتروژن، قند کل و اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک برگ بود. نتایج نشان داد کمترین ضخامت برگ مربوط به رقم کرونیکی با میانگین ۰/۴۲ میلی متر بود. بیشترین مقدار قند کل در برگ گروسان (۴/۸۳ درصد) و کمترین مقدار آن در کرونیکی (۲/۲ درصد) بدست آمد. اثر متقابل رقم × تنش سرما بر تغییرات نشت یونی نشان داد که در تیمار ۹- درجه سانتی گراد بیشترین تغییرات نشت یونی نسبت به دمای شاهد در رقم سیاب (۵۳/۲۶ درصد) و پس از آن رقم کرونیکی (۴۸/۵۹ درصد) بود. در دمای ۱۱- درجه بیشترین نشت یونی مربوط به رقم کلافرج (۷۳/۳۹ درصد) بود. تغییرات نشت یونی در بین تیمارهای تنش سرما تفاوت معنی دار داشت. مقدار نشت یونی با کاهش دما تا ۱۵- درجه سانتی گراد روند افزایشی داشت. مقایسه میانگین ها نشان داد رقم ابوسطل و گروسان کمترین نشت یونی (به ترتیب ۶۰ و ۶۰/۸۶ درصد) را داشتند. میزان اسید اولئیک با میزان اسید لینولئیک همبستگی منفی و معنی دار ($r = -0/490^*$) داشت. میزان محتوای نسبی آب برگ تنها با میزان پتاسیم برگ دارای همبستگی مثبت و معنی دار ($r = 0/533^*$) بود. ضخامت برگ همبستگی مثبت و خیلی معنی داری با میزان اسید اولئیک ($r = 0/878^*$) و معنی دار با میزان اسید لینولئیک ($r = 0/545^*$) داشت. ضریب همبستگی بین میزان کربوهیدرات کل با میزان اسید لینولئیک مثبت و خیلی معنی دار ($r = 0/804^*$) بود. با توجه به نتایج حاصله از این پژوهش ارقام ابوسطل و گروسان به عنوان ارقام متحمل به تنش سرما و ارقام کرونیکی، سیاب و کلافرج ارقام حساس به تنش سرما شناسایی شدند.

واژه های کلیدی: زیتون، نشت یونی، ضخامت برگ، محتوای نسبی آب برگ، پتاسیم، اسیدهای چرب.

مقدمه

تنش سرما یکی از مهمترین عامل محدود کننده گسترش جغرافیایی زیتون در جهان است. تحمل به تنش سرما در میان گونه‌های مختلف درختان میوه، ارقام و نوع بافت گیاهی متفاوت است (Yu *et al.*, 2017; Yu and Lee, 2020). در پاسخ به تنش‌های محیطی به ویژه سرما سازکارهای مختلف از جمله مورفولوژیکی، مولکولی و فیزیولوژیکی در گیاهان نقش دارد. شناسایی آنها می‌تواند کمک مهمی برای رویارویی با آثار مخرب تنش‌های محیطی باشد (Knight and Knight, 2001).

با وقوع سرمای کم سابقه در زمستان سال ۱۳۸۶ بیش از ۲۵ هزار هکتار از باغ‌های زیتون ایران دچار خسارت شدید شد. به طوری که دما در مناطق زیتون کاری قم به ۲۳- درجه سانتی گراد، اصفهان، ۱۹- درجه سانتی گراد، استان گلستان و سمنان ۱۳- درجه سانتی گراد، کرمان ۱۰- درجه سانتی گراد، طارم سفلی و علیا ۸- درجه سانتیگراد رسید (Zeinanloo *et al.*, 2010). بررسی میزان خسارت سرما به ارقام زیتون در ایستگاه تحقیقات زیتون طارم نشان داد ارقام گروسان (Grossane)، جلت (Jlot)، کورنیکابرا (Cornicabra)، تفاهی (Toffahi)، خدیری (Khodeiri)، دان (Dan)، دوئبلی (Doebli)، صورانی (Sorani)، زرد، ماری، لچین دسویلا (Lechin de Sevilla)، مانزانایلا دسویلا (Manzanilla de Sevilla) و پیکوال (Picual) متحمل به تنش سرما بودند (Zeinanloo, *et al.*,

2015; Azimi, *et al.*, 2010). اما رقم گروسان تنها رقمی بود که علاوه بر عدم وجود علائم خسارت سرما دارای عملکرد اقتصادی نیز بود. در حالیکه ارقام کایلتیر (Cailletier)، ماستوئیدس (Mastoides)، کاریدولیا (Caridolia)، کالاماتا (Kalamata) دچار خسارت زیاد شدند ولی بیشترین خسارت سرما مربوط به رقم کرونیکی (Koroneiki) و سپرسینو (Cipressino) بود (Zeinanloo, *et al.*, 2010; Azimi, *et al.*, 2015).

در ایتالیا ۲۴ رقم زیتون پس از وقوع سرما از نظر مورفولوژیکی و قدرت رشد مجدد مورد ارزیابی قرار گرفتند (Lodolini, *et al.*, 2016). در طول دوره سازگاری گیاه زیتون به تنش سرما، از مهمترین تغییرات بیوشیمیایی تجمع قندهای محلول و اسیدهای چرب است. میزان سیالیت غشای سلولی بستگی به دما و درصد اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع دارد. به همین دلیل از غشا سلولی به عنوان حسگر زیستی اولیه تنش سرما نام برده می‌شود (Taiz and Zeiger, 2002). سرمازدگی روی غشای پلاسمایی اثر سوء می‌گذارد و باعث افزایش نشت ترکیبات شیره سلولی نظیر پتاسیم، اسیدهای آمینه، قندهای محلول و در مجموع، الکترولیت‌های مختلف می‌شود (Ryyppö *et al.*, 1997).

در بسیاری از درختان میوه نشت الکترولیت با مقاومت به تنش سرما همبستگی دارد (Yu, *et al.*, 2017). با بررسی تغییرات هدایت الکتریکی نسبی و تحمل به تنش یخ‌زدگی در

(Fiorino and Mancuso, 2000; Gomez-del Campo and Garcia, 2004; Arias *et al.*, 2015) در ارزیابی تحمل ده رقم زیتون نسبت به سرما، ارقام کورنیکابرا و آربکین کمترین خسارت سرمازدگی در شاخه و بیشترین قدرت رشد مجدد را داشتند. ارقام اوخی بلانکا (Hojiblanca)، امپلتر و فرانتویو (Frantoio) بیشترین حساسیت و کمترین قدرت رشد مجدد را داشتند (Gomez-del Campo and Garcia, 2004).

افزایش قند در گیاهان در فصل پاییز به عنوان یک واکنش دفاعی در برابر تنش سرما است. در طول این دوره گیاه با از دست دادن تدریجی آب، غلظت کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد و به این ترتیب از طریق افزایش میزان قند از خسارت یخ‌زدگی جلوگیری می‌کند. همبستگی مثبتی و معنی‌دار بین ذخیره کربوهیدرات‌ها و تحمل به تنش‌ها وجود دارد (Pedryc *et al.*, 2008). موسوی و همکاران (Mousavi, *et al.*, 2015) در ارزیابی تحمل ده رقم زیتون به سرما نشان دادند که غلظت کربوهیدرات محلول در گیاه ارتباط نزدیکی با مقاومت به سرما داشت.

از مجموع نهال‌های زیتون تولیدی کشور ۱۸ درصد آن مربوط به رقم کرونیکی است (Anonymous, 2021). کرونیکی رقمی بسیار پر محصول با سال آوری کم و کیفیت روغن بالا است. به دلیل قدرت رشد کم در سامانه کشت فوق متراکم نیز استفاده می‌شود. از

برگ هشت رقم زیتون، مشخص شد مقادیر نشت یونی با افزایش سرما تا ۲۲- درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (Barranco *et al.*, 2005). حساس‌ترین رقم نسبت به تنش سرما امپلتره (Empeltre) و متحمل‌ترین ارقام در برابر سرما پیکوال، آربکین (Arbequina) و کورنیکابرا بود. در پژوهشی دیگر تحمل به سرما در اندام‌ها و بافت‌های مختلف چهار رقم زیتون توسط چهار روش تجزیه حرارتی تفاضلی، درجه بندی با علائم ظاهری، نشت الکترولیت‌ها و رنگ‌آمیزی سلول‌های زنده نشان داد که روش تجزیه حرارتی تفاضلی سریع‌ترین روش و علائم ظاهری ساده‌ترین روش است. طیف وسیعی از تحمل به سرما از ۱۱/۲- تا ۱۵/۳- درجه سانتی‌گراد در زیتون گزارش شده است (Fiorino and Mancuso, 2000).

با توجه به اینکه زیتون گیاهی همیشه سبز است اگر برگ‌ها آسیب ببیند خسارت وارده به درخت بسیار شدید خواهد بود و ممکن است کل درخت خشک شود. بنابراین، تعیین مقاومت برگ نسبت به دمای یخ‌بندان بسیار مهم است. ارقام زیتون و اندام‌های مختلف دارای میزان تحمل متفاوت نسبت به سرما می‌باشند. حساس‌ترین اندام‌های زیتون به تنش سرما به ترتیب: جوانه‌های رویشی > شاخه‌ها > برگ‌های پائینی > برگ‌های انتهائی > ریشه‌های اولیه > ریشه‌های ثانویه. ریشه‌های ثانویه حساس‌ترین و جوانه‌های رویشی متحمل‌ترین بافت نسبت به سرما گزارش شده است

روی آنها در حال انجام است.

هدف از این پژوهش انتخاب ارقام متحمل به تنش سرما در میان ارقام و ژنوتیپ های امید بخش زیتون با اعمال تیمارهای تنش سرما بر روی برگ آنها در محیط کنترل شده بود.

مواد و روش ها

برای ارزیابی میزان تحمل به سرما در شش رقم زیتون شامل کرونیکی (شاهد حساس)، روسان (شاهد متحمل)، ابوسطل، چوار، کلافرج و سیاب، نمونه های برگ در ماه های بهمن، اسفند ۱۳۹۳ و فروردین ۱۳۹۴ از ایستگاه تحقیقات زیتون طارم تهیه و در آزمایشگاه پژوهشکده میوه های معتدله در کرج تیمارهای مورد نظر اعمال شد. تیمارهای سرمایی شامل شاهد (بدون سرما)، -۹، -۱۱، -۱۳، -۱۵ درجه سانتی گراد بر روی نمونه های برگ مربوط به اسفند انجام شد.

برای اندازه گیری نشت یونی (Electrolyte Leakage = EL) به روش بارانکو و همکاران (Barranco, et al., 2005) عمل شد. با استفاده از پانچ، تعداد ۱۰ قطعه به قطر ۷ میلی متر به طور تصادفی از نمونه برگ ها تهیه شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای اعمال تیمار سرما نمونه برگ ها در داخل تیوپ های جداگانه ریخته و تیوپ ها در داخل ظرف حاوی اتیلن گلیکول قرار داده شد تا از یخ زدن نمونه

صفات بارز این رقم حساسیت زیاد به سرما است. رقم ابوسطل بومی سوریه است ولی در ایران سازگاری خوبی نشان داده است. این رقم دارای عملکرد بالا با پایداری عملکرد مطلوب بوده و دارای میوه های بزرگ مناسب کنسروی و زودرس است (Zeinanloo, 2009; Zeinanloo et al., 2015). اخیراً تقاضا برای کشت این رقم افزایش یافته است به ویژه زودرسی آن موجب کاهش خسارت مگس زیتون می شود.

رقم گروسان بعد از دو مرتبه وقوع سرمای شدید در فرانسه در سال های ۱۹۲۹ و ۱۹۵۶، به عنوان یکی از ارقام متحمل به سرما در این کشور گزینش شده است (Roussos et al., 2006). در ایران نیز پس از سرمای شدید سال ۱۳۸۶ این رقم تحمل بسیار خوبی به سرما نشان داد (Zeinanloo et al., 2010) ولی تاکنون اقدام موثری برای تکثیر و توسعه کشت آن انجام نشده است. در استان ایلام ۳۰ ژنوتیپ زیتون از جمله ژنوتیپ های کلافرج، چوار و سیاب (ملک شاهی) به صورت درخت و یا توده درختچه ای قدیمی در ۹ شهرستان شناسایی و گزارش شده است (Hosseinzadeh and Mohamadpoor, 2006). ژنوتیپ های سیاب (ملک شاهی) و نرگسه متحمل به سرما گزارش شده اند (Feridoni et al., 2009). از ۳۰ ژنوتیپ شناسایی شده در استان ایلام، ژنوتیپ های سیاب، چوار و کلافرج در ایستگاه تحقیقات زیتون طارم کشت شده اند و مطالعات تکمیلی بر

جلوگیری شود.

یونی (EL%) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$(EL\%) = 100 \times (EL_1/EL_2) = \text{درصد نشت یونی (EL\%)}$$

برای آزمایش محتوای نسبی آب (Relative Water Content = RWC) برگ در سه مرحله (بهمن، اسفند ۱۳۹۳ و فروردین ۱۳۹۴) نمونه برگ تهیه شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، ۰/۵ گرم نمونه بافت تازه برگ از هر رقم در سه تکرار استفاده شد. برگ‌ها به مدت چهار ساعت در پتری دیش‌های حاوی آب مقطر قرار داده شد تا مقدار کافی آب جذب نمایند، نمونه‌ها دوباره وزن شدند. برای تعیین تفاوت مقدار آب، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد، سپس وزن خشک آنها بدست آمد (Gonzalez. and Gonzalez-Vilar, 2003). برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر استفاده شد.

با کاهش تدریجی دمای فریزر (۲-۳ درجه سانتی‌گراد در ساعت) پس از رسیدن به دمای تیمار مورد نظر، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در آن دما نگهداری شدند. بعد از بیرون آوردن نمونه‌ها از فریزر، یک ساعت در دمای یخچال قرار داده شدند. سپس هشت میلی‌لیتر آب مقطر به هر تیوپ اضافه شد و نمونه‌ها در داخل شیکر با دمای ۲۰-۲۲ درجه با ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. مقدار نشت یونی اولیه (EL_1) نمونه‌ها قرائت شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت یک ساعت در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه قرار داده شدند تا کاملاً ساختار سلول‌ها از هم گسسته شود. بعد از آن نمونه‌ها برای مدت یک ساعت با ۲۰۰ دور در دقیقه با شیکر هم زده شدند و سپس نشت یونی ثانویه (EL_2) قرائت شد. مقدار درصد نشت

$$100 \times (\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن برگ آب جذب کرده}) / (\text{وزن برگ خشک} - \text{وزن برگ تازه}) = \text{درصد محتوای نسبی آب برگ}$$

خشک انجام شد. ابتدا برای تهیه نمونه استاندارد ۱/۹۰۷ گرم کلرور پتاسیم را در آب مقطر حل کرد تا ۱ میلی‌لیتر آن برابر یک میلی‌گرم پتاسیم باشد. ۱۰ میلی‌لیتر از استاندارد را به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و از این محلول برای تهیه منحنی کالیبراسیون در دامنه ۱۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد (Gupta, 2000). مقدار کلسیم و پتاسیم با استفاده از رابطه زیر بدست آمد.

برای اندازه‌گیری نیتروژن برگ به روش هضم تر اقدام شد (Rowell, 1994). درصد نیتروژن با استفاده از رابطه زیر بدست آمد.

$$1.05 \times [(t \times b) \times f \times 0.0014 \times 10 \times (10003)] = \text{درصد نیتروژن}$$

در این رابطه: مقدار اسید سولفوریک = t ، فاکتور اسید سولفوریک = f و عدد تیترا شده شاهد = b می‌باشند.

اندازه‌گیری پتاسیم و کلسیم به روش هضم

محتوای نسبی آب برگ، ضخامت برگ، قند کل، اسیدهای چرب (اولئیک و لینولئیک) با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد درصد انجام شد.

نتایج و بحث

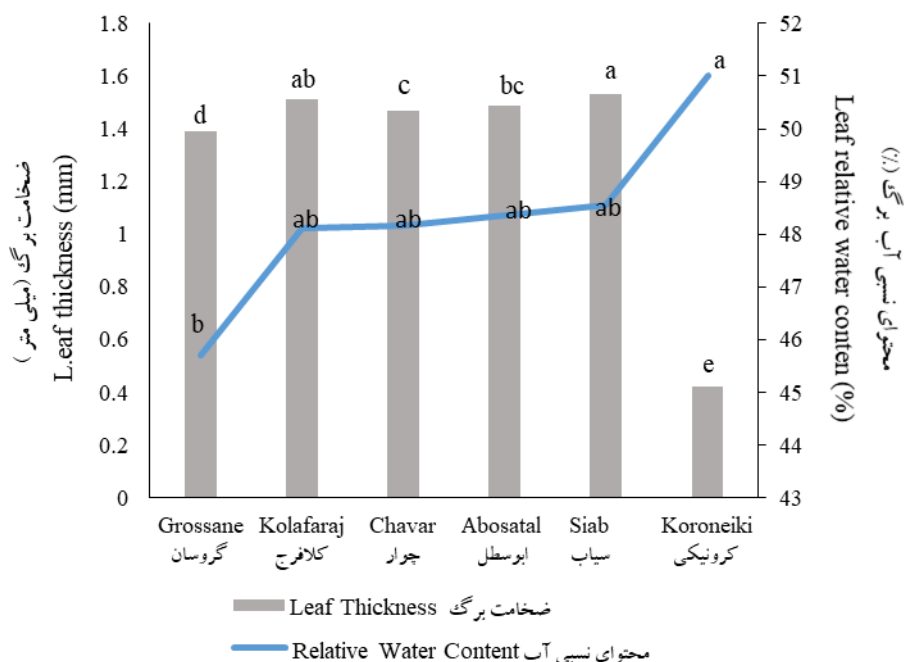
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر زمان برداشت برگ بر محتوای نسبی آب برگ و ضخامت برگ در سطح احتمال یک درصد و اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). اثر برهمکنش این رقم × زمان برداشت برگ نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

بیشترین محتوای نسبی آب برگ در رقم کرونیکی با میانگین ۵۱٪ و پایین‌ترین محتوای نسبی آب برگ در رقم گروسان با میانگین ۴۵/۷۵٪ بدست آمد (شکل ۱). از جمله راهکارهای مقابله با تنش سرما، اجتناب از یخ‌دگی از طریق کاهش نقطه انجماد شیره سلولی است. این سازکار از طریق کاهش آب آزاد در سلول بدست می‌آید. هر چقدر محتوای نسبی آب برگ پایین باشد شیره سلولی غلیظ‌تر شده، ظرفیت فوق‌خنک‌کنندگی سلول افزایش یافته و نقطه انجماد یا یخ‌زدگی پایین‌تر می‌آید (Arias et al., 2015).

$1.05 = [(x \times v) / (a \times m \times 25)] \times$ درصد کلسیم
در این رابطه: وزن خشک m ، حجم محلول نمونه پیست شده a ، حجم محلول حاصل انحلال خاکستر v و عدد تیتراسیون X برگ
 $1.05 = [(n \times d \times v) / (10000 \times m)] \times$ درصد پتاسیم
عدد نیتراسیون X رگرسیون در منحنی استاندارد عدد حاصل از مساحت بعد از a میران
رقت محلول d

برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی لیتر از عصاره غلیظ شده با سه میلی لیتر آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها میزان جذب نور در طول موج ۶۲۰ نانومتر با اسپکتوفتومتر مدل Shimadzu اندازه‌گیری شد (McCready et al., 1950). برای سنجش مقدار اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک برگ زیتون، ابتدا از برگ‌های جمع‌آوری شده در اسفند نمونه تهیه و در آون خشک گردید. سپس پنج گرم از پودر برگ برای استخراج روغن با استفاده از حلال هگزان و به روش سوکسله انجام شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگرافی Agilent 6890 N مجهز به دتکتور FID و گاز حامل نیتروژن با فشار psi ۱۲/۴۲ استفاده شد. دمای تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای دتکتور ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد بود (Bella et al., 2007).

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نشت یونی، درصد عناصر (نیتروژن، پتاسیم، کلسیم)،



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد محتوای نسبی آب برگ و ضخامت برگ ارقام زیتون. میانگین‌هایی (خط و ستون) که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند

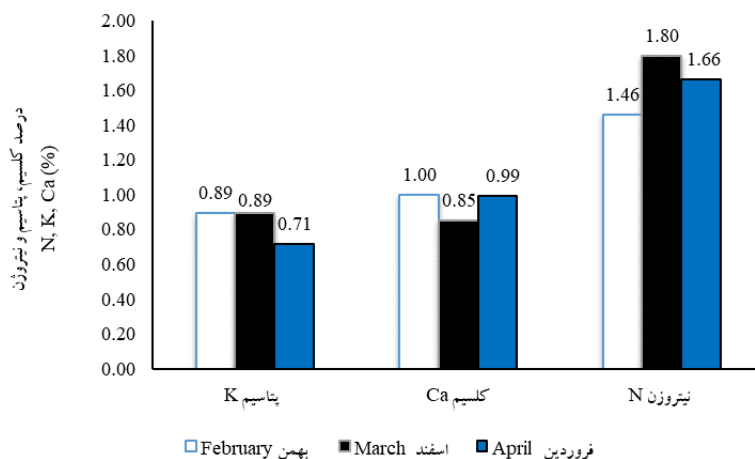
Fig. 1. Mean comparison of leaf relative water content and leaf thickness of olive cultivars. Means (line and column) with at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test

زمان برداشت برگ بر درصد نیتروژن و پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر زمان برداشت برگ بر درصد کلسیم برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). روند تغییرات درصد نیتروژن در برگ قبل از شروع رشد از اوایل اسفند سیر افزایشی دارد و در اواخر بهار به حداکثر خود می‌رسد (Ebrahimzadeh et al., 2012). نتایج پژوهش حاضر نشان داد درصد نیتروژن در اسفند از

اثر زمان برداشت بر تغییرات ضخامت برگ نیز معنی دار بود، به طوری که در فروردین میانگین ضخامت برگ ۱/۳۲ میلی‌متر و در اسفند ۱/۲۷ میلی‌متر بود. در فروردین با شروع رشد رویشی، با افزایش جذب آب توسط برگ حجم سلول‌ها افزایش می‌یابد. این امر موجب بزرگ‌تر شدن ضخامت برگ‌ها می‌شود. بالاترین ضخامت برگ در رقم سیاب با میانگین ۱/۵۲ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار آن در رقم کرونیک ۰/۴۱۵ میلی‌متر بود (شکل ۱). اثر زمان برداشت برگ و اثر رقم و اثر بر همکنش رقم ×

میزان نیتروژن و درصد نشت یونی رابطه مستقیم وجود دارد (Webster and Ebdon, 2005). مقایسه میانگین های نشان داد که رقم سیاب با میانگین ۲/۳۲ درصد بالاترین و رقم ابوسطل و گروسان بدون تفاوت معنی دار دارای کمترین مقدار نیتروژن بودند (جدول ۱).

میانگین بالاتری نسبت به بهمن و فروردین برخوردار بود (شکل ۲). افزایش درصد نیتروژن در بهمن و اسفند باعث رقیق شدن شیره سلولی و حساس شدن گیاه به تنش سرما می شود. افزایش درصد نیتروژن در بافت ها رابطه مستقیم با کاهش تحمل به تنش سرما دارد. همچنین بین



شکل ۲- میانگین درصد نیتروژن، کلسیم و پتاسیم در زمان های مختلف تهیه نمونه برگ

Fig.2. Mean comparison of nitrogen (N), calcium and potassium (K) contents in different leaf sampling times

جدول ۱- مقایسه میانگین برای درصد نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، اسیدهای اولئیک و لینولئیک در برگ ارقام زیتون

Table1. Mean Comparison for nitrogen, potassium, calcium, oleic and linoleic acids contents in leaves of olive cultivars

Cultivar	رقم	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	درصد پتاسیم Potassium (%)	درصد کلسیم Calcium (%)	کربوهیدرات کل Total Carbohydrate (%)	درصد اسید اولئیک Oleic acid (%)	درصد اسید لینولئیک Linoleic acid (%)
Abusatl	ابوسطل	1.17e	0.97a	0.87bc	4.4bc	21d	15.1b
Grossane	گروسان	1.21e	0.74d	1.02a	4.83a	25b	15.7ab
Chavar	چوار	1.37d	0.96a	0.75c	4.16c	23c	16.3a
Kolafaraj	کلا فرج	1.73c	0.80c	1.03a	3.13d	26a	14.1c
Koroneiki	کرونیکی	2.03b	0.67e	1.08a	2.20e	18e	14.0c
Siab	سیاب	2.32a	0.87b	0.95ab	4.60b	24bc	16.2a

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

افزایشی دارد ولی بتدریج از مقدار آن کاسته می‌شود، و این به دلیل رقابت در جذب پتاسیم بین میوه و برگ است (Ebrahimzadeh *et al.*, 2012). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم ابوسطل با میانگین ۹۷/۰ درصد بالاترین و رقم کرونیکی با میانگین ۶۷/۰ درصد پایین‌ترین میزان پتاسیم در برگ را داشتند (جدول ۱). توانایی پتاسیم در پیوستن به آب در زمان تشکیل کریستال‌های یخ یک سازکار برای افزایش تحمل به تنش سرما است. سطوح هیدراسیون بافت با افزایش میزان پتاسیم کاهش می‌یابد و باعث تحمل دمای پایین در گیاه می‌شود (Webster and Ebdon, 2005).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت میزان قند کل در برگ ارقام زیتون در سطح ۱ احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان قند کل در برگ رقم گروسان با میانگین ۴/۸۳ درصد بیشترین و در برگ رقم کرونیکی با میانگین ۲/۲ درصد کمترین قند کل دارا بودند (جدول ۱). یکی از دلایل حساسیت رقم کرونیکی به تنش سرما را می‌توان به پایین بودن میزان پتاسیم و قند کل و بالا بودن میزان نیتروژن در برگ آن نسبت داد. افزایش تحمل به تنش سرما با میزان کربوهیدرات‌های محلول در ارتباط است. قندهایی مثل ساکاروز، سوربیتول و رافینوز اولین زیر واحدهای محافظت‌کننده گیاه در مواجهه با تنش سرما می‌باشند (Pedryc, *et al.*, 2008).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت

یکی از توانایی‌های زیتون برای تحمل تنش سرما، تغییر در میزان کلسیم سیتوسولی در پرتوپلاست برگ‌ها است (D'Angelo and Altamura, 2007). تغییرات میزان کلسیم برگ نشانگر افزایش آن از ابتدای فصل رشد بوده و در تابستان به حداکثر می‌رسد (Ebrahimzadeh *et al.*, 2012). میانگین میزان کلسیم برگ در بهمن، اسفند و فروردین به ترتیب ۱/۸۵، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ درصد بود. در بهمن و فروردین میزان کلسیم از میانگین بالاتری نسبت به اسفند برخوردار بود (شکل ۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم کرونیکی با میانگین ۱/۰۸ درصد بالاترین و رقم چوار با میانگین ۰/۷۵ درصد پایین‌ترین درصد کلسیم را داشتند (جدول ۱). رقم گروسان و کلافرج دارای درصد کلسیم یکسان و بدون تفاوت معنی‌دار با کرونیکی بودند. عنصر کلسیم نقش سازنده‌ای در پایداری دیواره سلولی و پایداری غشای سلولی و تنظیم فشار اسمزی دارد و از صدمات ناشی از سرمازدگی جلوگیری می‌کند. زمانی که بافت گیاه در معرض دمای پایین قرار می‌گیرد در اثر تغییرات در غشای سلولی، کلسیم به سیتوپلاسم نفوذ می‌کند و تحمل گیاه به تنش سرما را افزایش می‌دهد (Stushnoff *et al.*, 1997).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد پتاسیم برگ در بهمن و اسفند نسبت به فروردین بیشتر بود (شکل ۲). در همه ارقام مقدار پتاسیم از بهمن تا فروردین ماه سیر کاهشی داشت (شکل ۲). درصد پتاسیم در برگ در ابتدای دوره رشد سیر

گیاهان شناخته می شود. میانگین ها نشان داد که رقم کلافرج با میانگین ۶۸/۲۶ درصد بیشترین و رقم ابوسطل با میانگین ۶۰ درصد کمترین میزان نشت یونی را نسبت به سایر ارقام داشتند، هر چند بین گروسان و ابوسطل تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که با کاهش دما و افزایش حساسیت گیاه به سرما میزان نشت یونی بیشتر شد و بین تیمارهای تنش سرما تفاوت معنی دار وجود داشت. کمترین میزان نشت یونی در تیمار شاهد با میانگین ۳۶/۴۸ درصد و بیشترین میزان نشت یونی در دمای ۱۵- درجه سانتی گراد با میانگین ۹۲/۸۲ درصد مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر متقابل تیمار سرما × رقم نشان داد درصد نشت یونی در تیمار شاهد، رقم کلافرج دارای بیشترین میانگین نشت یونی ۴۱/۸ درصد و رقم گروسان با میانگین ۳۱ درصد کمترین میزان نشت یونی را داشتند (جدول ۲). در تیمار سرمای ۹- درجه سانتی گراد بیشترین درصد نشت یونی در رقم سیاب با میانگین ۵۳/۲ درصد بود و ارقام گروسان و ابوسطل، بدون تفاوت معنی دار، کمترین میزان نشت یونی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). رقم کرونیکی و رقم کلافرج نشت یونی یکسانی داشتند. در این تیمار سرمای بیشترین میزان نشت یونی نسبت به شاهد در رقم سیاب با افزایش ارقام حساس زیتون شدیدتر و به صورت ناگهانی رخ می دهد (Barranco et al., 2005).

درصد اسید اولئیک (C18:1) و اسید لینولئیک (C18:2) در برگ ارقام زیتون در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). مقایسه میانگین ها نشان داد که میزان اسید اولئیک در برگ رقم کلافرج با میانگین ۲۶ درصد بیشترین و در برگ رقم کرونیکی با میانگین ۱۸ درصد کمترین بود (جدول ۱). اما میزان اسید لینولئیک در برگ رقم چوار و سیبا به ترتیب با میانگین ۱۶/۲ درصد و ۱۶/۳ درصد بیشترین و در برگ رقم کرونیکی و کلافرج به ترتیب با میانگین ۱۴ درصد و ۱۴/۱ درصد کمترین بود (جدول ۱).

عوامل مختلفی مانند شرایط محیطی و رقم بر ترکیب و میزان اسیدهای چرب در برگ درختان زیتون تاثیر گذار است. بین دمای محیط و ترکیب برخی اسیدهای چرب ارتباط نزدیکی وجود دارد. دمای زیاد موجب افزایش اسید لینولئیک می شود، اما میزان اسید اولئیک را کاهش می دهد (Zeinanloo et al., 2015). در بررسی پروفایل اسیدهای چرب برگ چهار رقم زیتون در تونس، مقدار اسید اولئیک و لینولئیک در رقم شمالی (Chemlali) به ترتیب ۲۶/۳ و ۱۴/۴ درصد و در رقم شتویی (Chetoui) به ترتیب ۲۵/۰۷ و ۱۶/۵ درصد گزارش شده است، و مهم ترین اسید چرب برگ اسید لینولئیک (C18:3) با ۳۰-۴۲ درصد بود (Bahloula, et al., 2014).

نشت یونی به عنوان شاخص فیزیولوژیکی مهم در گزینش ارقام متحمل به تنش سرما در

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار تنش سرما × رقم بر درصد نشت یونی

Table 2. Mean comparison of cold stress treatment × cultivar interaction effect on ion leakage percentage

Cultivar	رقم	Cold treatment				
		شاهد Control	-9 °C	-11°C	-13°C	-15°C
Abusatl	ابوسطل	33.16bc	33.87c	59.20ab	79.72a	94.06
Grossane	گروسان	31.05c	32.92c	71.18ab	76.33a	92.85
Chavar	چوار	34.79abc	40.91cb	60.75ab	79.72a	95.03
Kolafaraj	کلافرچ	41.86a	49.98ab	73.39a	82.68a	93.39
Koroneiki	کرونیکی	38.24abc	48.59ab	55.51b	74.45a	90.74
Siab	سیاب	39.75ab	53.26a	61.26ab	76.28a	90.86
Mean	میانگین	36.48e	43.25d	63.55c	78.2b	92.82

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

تا ۲۲- درجه سانتی گراد، نشان دادند که مقدار نشت یونی با کاهش دما افزایش یافت. کمترین میزان خسارت سرما در رقم کرونیکیابرا در ۱۳/۳- درجه سانتی گراد بود. حساس ترین رقم نسبت به سرما، رقم امپلتره با آسیب پذیری ۱۰۰ درصد در دمای ۹/۵- درجه سانتی گراد بود. بررسی روند کلی اثر تیمار سرمایی نشان داد با کاهش دما از شرایط دمای تیمار شاهد به دمای ۹- درجه سانتی گراد در دو رقم ابوسطل و گروسان تغییرات روند نشت یونی بسیار کم بود (به ترتیب شش و هشت درصد) و تنها در دو رقم کرونیکی و سیاب افزایش نشت یونی (به ترتیب ۲۷/۱۷ درصد و ۳۹/۹۷ درصد) نسبت به شاهد معنی دار بود (جدول ۲). اما با کاهش دما به پایین تر از ۹- درجه سانتی گراد روند نشت یونی زیاد شد و بیشترین میزان آن در دمای ۱۵- درجه سانتی گراد رخ داد. در این تیمار سرما میزان نشت یونی به بیش از ۹۰ درصد

در تیمار سرمای ۱۳- درجه سانتی گراد بین ارقام زیتون برای میزان نشت یونی تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ۲). رقم کلافرچ با میانگین ۸۲/۶ درصد بیشترین و رقم کرونیکی با میانگین ۷۴/۴ درصد کمترین درصد نشت یونی داشتند. این بیانگر شکسته شدن تحمل ارقام زیتون در برابر سرمای ۱۳- درجه سانتی گراد بود. در تیمار سرمای ۱۵- درجه سانتی گراد نیز بین ارقام زیتون برای درصد نشت یونی تفاوت معنی دار وجود نداشت. اما مقدار آن نسبت به تیمار سرمای ۱۳- درجه سانتی گراد افزایش قابل توجهی نشان داد (جدول ۲). در تیمار سرمای ۱۵- درجه سانتیگراد، رقم کرونیکی با میانگین ۹۰/۷۴ درصد کمترین و رقم چوار با میانگین ۹۵/۰۳ درصد بیشترین نشت یونی را داشتند (جدول ۲). برانکو و همکاران (Barranco *et al.*, 2005) با ارزیابی تحمل به یخزدگی هشت رقم زیتون، با اعمال تیمار سرما

رسید (جدول ۲).

مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه در شرایط تنش بستگی دارد.

میزان اسید اولئیک با میزان اسید لینولئیک همبستگی منفی و معنی دار داشتند ($r = -0/490^*$) این همبستگی منفی بین دو اسید چرب در روغن میوه زیتون نیز گزارش شده است (Zeinanloo et al., 2015). محتوای نسبی آب برگ تنها با میزان پتاسیم برگ دارای همبستگی مثبت و معنی دار ($r = 0/533^*$) بود. ضخامت برگ همبستگی مثبت و خیلی معنی داری با میزان اسید اولئیک ($r = 0/878^{**}$) و با میزان اسید لینولئیک ($r = 0/454^{**}$) داشت. همبستگی بین میزان کربوهیدرات کل با میزان اسید لینولئیک مثبت و خیلی معنی دار ($r = 0/804^{**}$) بود (جدول ۳).

این واکنش ها بیانگر عدم تحمل درختان زیتون در این دمای پایین بود. با توجه به نتایج فوق می توان ارقام ابوسطل و گروسان را ارقام متحمل و کرونیکی، سیاب و کلافرج را ارقام حساس محسوب کرد. آریاس و همکاران (Arias et al., 2015) بیان کردند که نقطه انجماد مایع برون سلولی در زیتون ۶/۳- تا ۸- درجه سانتی گراد است، در این خصوص تفاوتی بین ارقام زیتون وجود ندارد. دمای آستانه برای LT₅₀ برای برگ های زیتون ۱۲- درجه سانتی گراد و برای جوانه ها ۸- درجه سانتی گراد گزارش شده است (Larcher, 2000) بنابراین، حساسیت و یا تحمل به تنش سرما در ارقام زیتون به خصوصیات

جدول ۳ - ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ارقام زیتون

Table 3. Correlation coefficients between different traits of olive cultivars

Traits	محتوای آب نسبی RWC	ضخامت برگ LT	نیتروژن N	پتاسیم K	کلسیم Ca	اسید اولئیک OA	اسید لینولئیک LA	کربوهیدرات کل TC
Relative water content (RWC)	1							
Leaf thickness (LT)	0.258	1						
Nitrogen (N)	0.242	-0.327	1					
Potassium (K)	0.533*	0.389	-0.132	1				
Calcium (Ca)	0.175	0.307	0.218	-0.498*	1			
Oleic acid (OA)	0.211	0.878**	-0.082	0.131	0.137	1		
Linoleic acid (LA)	0.232	0.545*	-0.178	0.380	0.349	-0.490*	1	
Total carbohydrate (TC)	0.350	0.750**	-0.407	0.306	0.253	0.568*	0.804**	1

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels.

ضخامت برگ، پروفایل اسیدهای چرب برگ، میزان نیتروژن، کلسیم و پتاسیم برگ و میزان اندوخته کربوهیدرات کل کاملاً موثر می باشد.

با توجه نتایج حاصله از این پژوهش، نقش رقم در میزان تحمل به سرما به دلیل داشتن صفات متمایز از جمله محتوای آب نسبی برگ،

نتایج نشان داد ارقام ابوسطل و گروسان به تنش سرما متحمل و ارقام کرونیکی، سیاب و کلافرج حساس بودند.

۹۱۲۵۶-۰۳-۰۳-۰۳-۰۳ مصوب سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی تهیه و نگاشته شده است. نگارندگان بدین وسیله از آقایان مهندس عزیز عبدالهی، مهندس کریم مصطفوی و مهندس مهیار طاووسی که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند، سپاسگزاری می کنند.

سپاسگزاری
این مقاله از داده های پروژه پژوهشی شماره

References

- Anonymous. 2021.** Deputy for Horticulture. Ministry of Agriculture-Jihad. Available on: <https://horticulture.maj.ir/page-horticulture/FA/6/form/CI21107/>.
- Arias, N. S., Bucci, S. J., Fabián, G., and Goldstein, G. 2015.** Freezing avoidance by super cooling in *Olea europaea* cultivars: The role of apoplastic water, solute content and cell wall rigidity. *Plant, Cell and Environment* 38: 2061-2070.
- Azimi, M., Mostafavi, K., and Esmaili, M. 2015.** Evaluation of cold tolerance in some olive (*Olea europaea* L.) cultivars in Tarom. *Seed and Plant* 31 (4): 613-628.
- Bahloula, N., Kechaoua, N., and Mihoub, N. B. 2014.** Comparative investigation of minerals, chlorophylls contents, fatty acid composition and thermal profiles of olive leaves (*Olea europaea* L.) as by-product. *Grasas Aceites* 65 (3): e035. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0102141>.
- Barranco, D., Natividad, R., and Gomez-del Campo, M. 2005.** Frost tolerance of eight olive cultivars. *HortScience* 40 (3): 558-560.
- Bella, G. D., Maisano, R., Pera, L.L., Turco, V. L., Salvo, F., and Dugo, G. 2007.** Statistical characterization of Sicilian olive oils from the Peloritana and Maghrebian zones according to the fatty acid profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 6568-6574.
- D'Angelo, S., and Altamura, M. M. 2007.** Osmotin induces cold protection in olive trees by affecting programmed cell death and cytoskeleton organization. *Planta* 225: 1147-1163.
- Ebrahimzadeh, H., Zeinanloo, A. A., Peivandi, M., Seyied Nejad, S. M., and Motamed, M. 2012.** Iranian olive from a research point of view. Published by Tak Rang. Tehran, Iran. 514 pp. (in Persian).
- Feridoni, H., Khademi, G., Tameskani, A.A., Zeinanloo, A. A., and Baqeri, M.**

- 2009.** Evaluation of cold damage and selection of olive cultivars and genotypes tolerant to cold in Golestan province. Pp. 123-124. In: Proceedings of 6th Iranian Horticulture Science Congress. Rasht, Iran. (Abstract).
- Fiorino, P., and Mancuso, S. 2000.** Differential thermal analysis, super cooling and cell viability in organs of *Olea europaea* at subzero temperatures. HortScience 14: 23-27.
- Gomez del Campo, M., and Garcia, A. 2004.** Evaluation of tolerance to frost of ten varieties of olive. Agricultura, Revista Agropecuaria 869: 958-962.
- Gonzalez, L., and Gonzalez-Vilar, M. 2003.** Determination of relative water content. Pp. 207-212. In: Manuel, J., and Goger, R. (eds.) Handbook of Plant Ecophysiology Techniques. Kluwer Academic Publishers, London.
- Gupta, P. K. 2000.** Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agro Bios. New Dehli, India. 350 pp.
- Hosseinzadeh, J., and Mohamadpoo, M. 2006.** Investigation of natural olive stands in Illam province –Iran. Pp. 31-36. In: Caruso, T., Motisi, A., and Sebastiani, L. (eds.) Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin.
- Knight, H., and Knight, M. R. 2001.** Abiotic stress signaling pathways: specificity and cross-talk. Trends in Plant Science 6: 262–267.
- Larcher, W. 2000.** Temperature stress and survival ability of Mediterranean plants. Plant Biosystems 134: 279-295.
- Lodolini, E. M., Alfei, B., Santinelli, A., Cioccolanti, T., Polverigiani, S., and Neri, D. 2016.** Frost tolerance of 24 olive cultivars and subsequent vegetative sprouting as indication of recovery ability. Scientia Horticulturae 211: 152-157.
- McCready, R. M., Guggolz, J., Silivera, V., and Owens, H. S. 1950.** Determination of starch and amylose in vegetables. Journal of Analytical Chemistry 22: 1156-1158.
- Mousavi, S., Arzani, K., Hosseini-Mazinani, M., and Yadollahi A. 2015.** Responses of commercial olive cultivars (*Olea europaea* L.) to cold stress using electrolyte leakage method and measuring total soluble carbohydrate. Journal of Crop Production and Processing 5 (16): 85-95 (in Persian).
- Pedryc, A., Herman, R., Szabo, T., Szabo, Z., and Nyeki, J. 2008.** Determination of the cold tolerance of sour cherry cultivars with frost treatments in climatic chamber. International Journal of Horticultural Science 14 (1-2): 49-54.
- Roussos, S., C. Rohard, C. Augur, Perraud-Gaine, I. Macarie, H., and La Verge, S.**

2006. The olive industry in France. Pp. 141–150. In: Caruso, T. Motisi, A. and Sebastiani, L. (eds.) Recent Advances in Olive Industry.
- Rowell, D. L. 1994.** Soil Sciences: Methods and application. Springer. 607 pp.
- Ryyppö, A. M., Sutinen, S., Kivimäenpää, M., and Vapaavuori, E. 1997.** Frost damage and recovery of Scots pine seedlings at the end of the growing season. Canadian Journal of Forest Research 27 (9): 1376-1382.
- Stushnoff, C., Seufferheld, M. J., and Creegan, T. 1997.** Oligosaccharides as endogenous cryoprotectants in woody plants. Pp. 301–309. In: Li, P. H., and Chen, T. H. H. (eds.) Plant Cold Hardiness. 368 pp.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2002.** Plant Physiology. 3rd Edition. Published by Sinauer Associates. Sunderland. UK. 690 pp.
- Webster, D. E., and Ebdon, J. S. 2005.** Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. HortScience 40 (3):842-849.
- Yu, D. J., Hwang, J. Y., Chung, S. W., Oh, H. D., Yun, S. K., and Lee, H. J. 2017.** Changes in cold hardiness and carbohydrate content in peach (*Prunus persica*) trunk bark and wood tissues during cold acclimation and deacclimation. Scientia Horticulture 219: 45-52.
- Yu, D. J., and Lee, H. J. 2020.** Evaluation of freezing injury in temperate fruit trees. Horticulture, Environment and Biotechnology 61: 787-794.
- Zeinanloo, A.A. 2009.** Olive Cultivars for Oil and Table Olive. Saiegostar Press. Iran. 87 pp. (in Persian).
- Zeinanloo, A. A., Golmohamadi, M., Azimi, M., Naeini, M. R., Feridoni, H., and Asgari, H. 2010.** Investigation on frost damage and selection of tolerance olive cultivars. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. Working paper. 65 pp. (in Persian).
- Zeinanloo, A. A., Arji, E., Taslimpor, M., Ramazani, M., Azimi, M., and Fereidoni, H. 2015.** Effect of cultivar and climatic conditions on olive (*Olea europaea* L.) oil fatty acid composition. Iranian Journal of Horticultural Science 26 (2): 232-242.

Assessment of Cold Stress Tolerance in the Leaves of Some Olive

(*Olea europaea* L.) Cultivars

A. Zeinanloo^{1*} and H. Tajik²

1. Associate Professor, Temperate Fruit Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
2. Former M. Sc. Student, Horticultural Department, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Zeinanloo, A. A., and Tajik, H. 2022. Assessment of cold stress tolerance in the leaves of some olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Seed and Plant Journal* 38: 323-338 (in Persian).

Severe cold is one of the most important limiting factors for olive production. This research aimed to evaluating and selecting cold-tolerant olive cultivars. Therefore, six olive cultivars including; Grossane, Abusatl, Koroneiki, Chavar, Siab and Kolafaraj were evaluated under five cold treatments (Control, -9°C, -11°C, -13°C and -15°C). Electrolyte leakage, leaf thickness and relative water, nitrogen, calcium, potassium, total carbohydrate, oleic and linoleic acids contents of the leaves of olive cultivars were measured. The results indicated that the lowest leaf thickness related to cv. Koroneiki with average of 0.42 mm. The highest total carbohydrate was in the leaves of Grossane (4.83%) and the lowest in Koroneiki (2.20%). The cultivar × cold treatment interaction effect showed that in the -9°C, the highest changes in electrolyte leakage, as compared to the control temperature, was in cv. Siab (53.26%) and Koroneiki (48.59%). At the -11°C, the highest electrolyte leakage related to Kolafaraj (73.39%). There was significant difference between cold treatments for electrolyte leakage. As the temperature decreased to -15°C, electrolyte leakage increased. Mean comparison showed that cv. Abusatl (60.0%) and Grossane (60.86%) had the lowest electrolyte leakage. Correlation coefficient between oleic acid and linoleic acid contents was negative and significant ($r = -0.490^*$). Relative water content had positive and significant correlation coefficient ($r = 0.533^*$) with leaf potassium content. Leaf thickness had positive and highly significant correlation with oleic acid ($r = 0.878^{**}$), and significant with linoleic acid ($r = 0.545^*$). Correlation coefficient between total carbohydrate and linoleic acid was positive and significant ($r = 0.804^{**}$). Based on the results of this research cv. Abusatl and Grossane were cold tolerant, and cv. Koroneiki, cv. Siab and cv. Kolafaraj were cold sensitive.

Keywords: Olive, electrolyte leakage, leaf thickness, leaf relative water content, potassium content, fatty acids.

*Corresponding author: azeinanloo@yahoo.com

Tel.: +982636702541

Received: 15 June 2022

Accepted: 10 September 2022