پاسخ‌های فیزیولوژیکی مرتبط با تنش سرما در پرونانس‌های مختلف نونهال‌های بنه

سمیه همایونفر [۱]، رقیه ذوالفقاری [۲،*]، پیام فیاض [۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
[۲] دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: zolfaghari@yu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۱ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸

چکیده

مقدمه: گونه‌هایی که در محدوده جغرافیایی وسیعی پراکنش دارند، دارای رنج وسیعی به مقاومت به سرما می‌باشند. درختان مناطق معتدل باید در مقابل دماهای یخبندان به‌ویژه سرمای زودرس و زمستان سازگاری نشان دهند. یکی از راهکارهای مقاومت به سرما از طریق کاهش طول روز و دما در طی فرآیند سازگاری انجام می‌گیرد. از طرفی پرونانس یک گونه می‌تواند یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در مقاومت به سرما باشد. لذا در این پژوهش تأثیر تنش سرما بر تغییرات فیزیولوژیکی سه پرونانس بنه در زاگرس جنوبی بررسی گردید تا مقاوم‌ترین پرونانس معرفی گردد.

مواد و روش‌ها: بذور سه پرونانس واقع در مارگون، نورآباد و یاسوج از زاگرس جنوبی جمع‌آوری شدند و در داخل گلدان کاشته شدند. پس از سبز شدن نهال‌ها، آن‌ها در معرض دو مرحله فرآیند سازگاری به مدت ۴ هفته قرار گرفتند که این کار با شبیه‌سازی دمای روز و شب و طول دوره نوری در طی ماه‌های شهریور تا آبان ماه یاسوج انجام شد. سپس شاخص‌های عملکرد فتوسیستم و محتوای کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. پس از هر مرحله سازگاری، اندام برگ و ساقه نهال‌ها در سه تیمار دمایی ۴°C (کنترل)، ۲۰°C- به مدت یک ساعت و ۲۰°C- به مدت دو ساعت قرار گرفتند. سپس محتوای نسبی آب و نرخ نشت الکترولیت برگ و ساقه اندازه‌گیری شد. پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور پرونانس (۳ سطح)، تیمار دمایی (۳ سطح) و سازگاری (۲ سطح) در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد.

نتایج: نتایج نشان داد که با کاهش دما نرخ نشت الکترولیت افزایش یافت که این افزایش در پرونانس نورآباد بیشترین مقدار بود. همچنین کاهش محتوای نسبی آب ساقه در سازگاری دوم پرونانس یاسوج و مارگون مشاهده شد. محتوای کلروفیل، ماکزیمم عملکرد فتوسیستم II و سرعت انتقال الکترون در پرونانس نورآباد کمتر از دو پرونانس دیگر بود. همچنین در طی سازگاری به سرما نیز کلیه مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل به‌جز سرعت انتقال الکترون کاهش معنی‌دار یافتند.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که اندازه‌گیری نرخ نشت الکترولیت و عملکرد فتوسیستم می‌تواند در شناسایی پرونانس‌های مقاوم به سرما مؤثر باشد. نهال‌های پرونانس نورآباد حساس‌ترین و مارگون مقاوم‌ترین بودند که می‌تواند به دلیل ارتفاع بالاتر و اقلیم سردتر پرونانس مارگون باشد.

واژه‌های کلیدی: بنه، پارامترهای فلورسانس کلروفیل، مبدأ بذر، سازگاری

مقدمه

دما یکی از مهم‌ترین فاکتورهای آب و هوایی تعیین‌کننده پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی است. گیاهان دارای دامنه‌های دمایی مشخصی برای رشد و نمو مناسب می‌باشند و در خارج از آن دما، بعضی از مراحل فیزیولوژیکی آن‌ها مختل یا کند می‌شود. میزان دوام گیاهان در چنین دمایی، بستگی به مرحله نمو، اندام، حداقل یا حداکثر دمای دریافت‌شده و طول دوره

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

آن دما دارد (Janska *et al*., 2010؛ Mancuso, 2000). کاهش دما تنش غیرزیستی برای گیاهان ایجاد می‌کند، از طرف دیگر دما عامل محیطی مهمی است که از فصلی به فصل دیگر تغییر می‌کند و دستخوش نوسانات غیرقابل پیش‌بینی و زودگذر روزانه است. تنش‌های سرما شامل سرمازدگی (صفر تا ۱۵ سلسیوس) و یخ‌زدگی (دماهای زیر صفر) می‌باشند (Miura & Furumoto, 2013).

سطح مقاومت به سرما بین گونه‌ها، پرونانس‌ها و حتی بخش‌های مختلف از یک گیاه تا حد زیادی متفاوت است (Almeida *et al*., 1994) و تحت تأثیر تغییرات دمایی، فصل و موقعیت فیزیولوژی، سن گیاه، رطوبت گیاه و مواد غذایی در دسترس می‌باشد (ذوالفقاری، ۱۳۹۰). در طبیعت گیاهان می‌توانند با توجه به قرارگرفتن تدریجی در معرض درجه حرارت پایین و غیرانجماد، مقاومت به سرما نشان دهند این فرآیند به‌عنوان سازگاری به سرما (Cold Acclimation) شناخته شده است (Yuanyuan *et al*., 2009). مبدأ یک گونه عامل مهم در تعیین قابلیت سازگاری و توانایی مقاومت به سرماست (Schutzki & Cregg, 2007). یک گیاه مقاوم به سرما عملکردهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی متفاوتی نسبت به گیاهان حساس دارد (Quellet & Charron, 2013).

توانایی اندازه‌گیری مقاومت به سرما برای تولید موفقیت‌آمیز و استقرار نهال درختان جنگلی ضروری است (Warrington & Rook, 1980). برای انتخاب گیاهان مقاوم می‌توان پس از سازگاری به سرما چندین آزمون مختلف فیزیولوژیکی مانند آزمایش یخ‌زدگی روی کل گیاه، انجماد تاج، نشت الکترولیت و اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (Chawade, 2011) انجام داد.

پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با اثر تنش دمای پایین بر نشت الکترولیت در گونه‌های مختلف در دنیا انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به پژوهش‌های Jiang و همکاران (۲۰۱۱) روی کلون‌های صنوبر، Gomory و همکاران (۲۰۱۰) در پرونانس‌های *Picea abies* و Guardia و همکاران (۲۰۱۰) روی پرونانس‌های *Juglans regia* اشاره نمود. از مجموع این پژوهش‌ها می‌توان چنین استنباط کرد که تنش انجماد می‌تواند باعث افزایش نشت الکترولیت‌ها شود که این افزایش در درجه حرارت‌های منفی بیشتر است. مبدأ و پرونانس هر گونه در مقاومت آن گونه در نسل‌های بعد نیز مؤثر می‌باشد و موجب افزایش یا کاهش مقاومت به سرما خواهد شد. مطالعه Smithberg و Weiser (۱۹۶۸) روی پرونانس‌های *Cornus stolinifera* نشان داد که زمان سازگاری در پرونانس‌ها متفاوت است. همچنین نهال‌های *Pinus abies* با مبدأ شمالی سریع‌تر از نهال‌های جنوبی به سرما مقاوم شدند (Kontunen *et al*., 2007).

بررسی تحمل به سرما در سه اکوتیپ (جنوبی، مرکزی و شمالی) گونه *Betula pendula* نیز نشان داد که ترکیبی از سه عامل روزکوتاهی، دمای پائین و رطوبت خاک به ترتیب در افزایش تحمل به سرما مؤثر بودند. تحمل به انجماد در ساقه بیشتر از جوانه و برگ بوده و برگ‌های جوان نسبت به برگ‌های مسن‌تر بیشتر در معرض آسیب بودند. سازگاری در برگ‌ها با تغییرات ساختاری از جمله افزایش وزن مخصوص برگ، کاهش محتوای آب همراه بوده است (Li *et al*., 2002). بر اساس مطالعه فوق اکوتیپ شمالی نسبت به سرما مقاوم‌تر بوده و به دلیل قرارگیری در عرض جغرافیایی و ارتفاع بالاتر زمان توقف رشد نسبت به اکوتیپ جنوبی زودتر اتفاق می‌افتد.

در بررسی سه پرونانس *Picea abies* پس از گذراندن یک دوره یخبندان با انتقال شاخه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه (تاریکی و دمای ۴ درجه) و سپس اعمال تنش یخبندان (۲۰- و ۸۰- درجه و کنترل ۴ درجه) مشخص شد که پرونانس‌های واقع در ارتفاع بالاتر (۱۲۵۰ متر) که در معرض آب و هوای سردتر بوده‌اند، میزان نشت الکترولیت و ماکزیمم عملکرد فتوسیستم II (Fv/Fm) به‌طور معنی‌داری کمتر از پرونانس واقع در ارتفاع پایین‌تر (۴۵۰ متر) بود اما در دمای ۸۰- درجه میزان نشت هر سه پرونانس افزایش نشان داد (Gomory *et al*.,

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

2010). بررسی مقاومت به سرما در گونه *Quercus garyana* نیز نتایج مشابهی نشان داده که حاکی از مقاومت به سرما بیشتر جمعیت‌های واقع در ارتفاعات بالاتر بوده است (Huebert & Envs, 2004)؛ اما بعضی مطالعات نتایج عکسی را نشان می‌دهد به‌طوری‌که پژوهش صورت گرفته بر روی نهال‌های دوساله *Pseudotsuga menziesii* با دو منشأ اورگان و واشنگتن نشان داد که حداکثر عملکرد فتوسیستم II در نهال‌های تحت تنش سرما به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از نهال‌های کنترل (بیش از ۰/۴) بود و بخش اورگان (واقع در ارتفاعات بالا) در سرتاسر مطالعه بیشترین LT50 را داشته و آسیب بافتی بیشتری نسبت به بخش واشنگتن نشان داد (Rose & Haase, 2002).

مطالعات بسیاری تفاوت درون‌گونه‌ای در مقاومت به سرما را تأیید کرده و گونه‌های درختی از پرونانس‌های سردتر مقاوم‌تر از آن‌هایی هستند که در مناطق گرم‌تر گسترش دارند (Sakai & Weiser, 1973). با توجه به عکس‌العمل متفاوت پرونانس‌ها به تنش سرما و عدم وجود مطالعه در زمینه مقاومت به سرمای این پرونانس‌ها، در این پژوهش تأثیر تنش سرما بر تغییرات فیزیولوژیکی سه پرونانس بنه در زاگرس جنوبی بررسی گردید تا مقاوم‌ترین پرونانس معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، جهت بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک نهال‌های یک‌ساله گونه بنه (*Pistacia atlantica*)، ابتدا بذور درختان بنه در پاییز ۱۳۹۱ از سه مبدأ بذر (پرونانس) مارگون و نورآباد در استان فارس و یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد جمع‌آوری شد (جدول ۱). بعد از شکستن خواب بذور (قرارگیری در ماسه مرطوب در دمای ۴°C به مدت ۴ هفته)، بذرها در آذرماه در گلدان پلاستیکی کاشته شدند. خاک گلدان شامل خاک جنگلی منطقه و خاک‌برگ و ماسه به نسبت ۳ به ۱ بود. گلدان‌ها به مدت چهار ماه در فضای باز قرار گرفتند و پس از سبز شدن به گلخانه انتقال یافتند. برای شبیه‌سازی تغییرات در ماه‌های شهریور تا آبان ماه تغییرات شامل کاهش دمای روز و شب و طول روز به‌منظور شروع فرآیند سازگاری در دو مرحله بر روی گلدان‌ها اعمال شد. مرحله اول (سخت‌واره شدن اول) با دمای روز و شب ۲۵ و ۱۷ درجه و فتوپریود ۱۳ ساعت و مرحله دوم (سخت‌واره شدن دوم) با دمای روز و شب ۱۸ و ۹ درجه و فتوپریود ۱۲ ساعت می‌باشد. بعد از گذراندن هر مرحله، نهال‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴°C قرار گرفتند و پارامترهای کلروفیل و فلورسانس کلروفیل اندازه‌گیری شدند. سپس سه تیمار دمایی شامل دماهای ۴+ (کنترل) و ۲۰- درجه سانتی‌گراد به مدت یک و دو ساعت اعمال شد و مقدار نشت الکترولیت‌ها (Electrolyte Leakage) و محتوای نسبی آب (Relative Water Content) در دو اندام برگ و ساقه پس از اعمال تیمار دمایی اندازه‌گیری شد.

پارامترهای کلروفیل (توسط کلروفیل‌متر دستی SPAD-502)، متغیرهای فلورسانس کلروفیل (توسط دستگاه فلورومتر Optic-Sciences، ایالات متحده امریکا) و بر اساس جدول ۲، نرخ نشت الکترولیت‌ها توسط دستگاه هدایت سنج (EC متر مدل inolab، آلمان) و محتوای نسبی آب برگ نیز به ترتیب بر اساس معادلات ۱ و ۲ محاسبه شدند.

معادله ۱:

$$EL=(EC24 / ECMax) \times 100$$

هدایت الکتریکی ۲۴ (EC24)، ماکزیمم هدایت الکتریکی (ECMax)

معادله ۲:

$$RWC (\%) = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

FW (Fresh Weight): وزن‌تر (وزن اندام بعد از برداشت)، TW (Turgid Weight): وزن اشباع (وزن اندام بعد از ۲۴ ساعت در آب مقطر)، DW (Dry Weight): وزن خشک (وزن بعد از ۴۸ ساعت در آون ۸۰°C).

داده‌های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی با بررسی اثرات ساده و متقابل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده‌ها به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۳×۳ (سه سطح پرونانس، سه سطح تیمار دمایی و دو سطح سخت‌واره شدن) برای پارامترهای محتوای نسبی آب و

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

نرخ نشت الکترولیت دو اندام برگ و ساقه و به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۳ (سه سطح پرونانس و دو سطح سخت‌واره شدن) برای کلروفیل و پارامترهای فلورسانس کلروفیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

در ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال به‌وسیله آزمون کولموگرف-اسمیرنوف (Kolmogorov–Smironov) بررسی شد. برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین مقایسات دوگانه با آزمون تی استیودنت با حدود اطمینان ۹۵ درصد انجام شد و برای بررسی پارامترهایی که دارای داده‌هایی با پراکنش غیرنرمال بودند از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال والیس (Kruskal-Wallis) استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS19 انجام شد.

نتایج

نرخ نشت الکترولیت‌ها (EL) و محتوای نسبی آب (RWC):

نتایج تجزیه واریانس داد که سه پرونانس مورد مطالعه از نظر محتوای نسبی آب و نرخ نشت الکترولیت در دو اندام برگ و ساقه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که محتوای نسبی آب و نرخ نشت الکترولیت ساقه پرونانس نورآباد بیشترین بود و پرونانس مارگون و یاسوج با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند؛ اما برعکس محتوای نسبی آب برگ در پرونانس مارگون بیشترین میزان بود و دو پرونانس دیگر با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند. همچنین نرخ نشت الکترولیت برگ سه گونه با هم متفاوت بوده و در سه گروه مجزا قرار گرفتند. بیشترین میزان نشت برگ در پرونانس نورآباد و کمترین میزان در پرونانس مارگون مشاهده شد (جدول ۴).

با توجه به جدول ۵ محتوای نسبی آب برگ با کاهش دما و افزایش زمان یخ‌زدگی، افزایش معنی‌داری یافت، به‌طوری که کمترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار ۴ درجه بود که با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌داری داشت، اما در محتوای آب ساقه تفاوت بین تیمارهای دمایی معنی‌دار نبود. نرخ نشت الکترولیت برگ و ساقه نیز با افزایش دوره یخ‌زدگی افزایش معنی‌داری داشت و در هر تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار دیگر داشت و در سه گروه مجزا قرار گرفتند، به‌طوری‌که تیمار ۴ درجه کمترین و تیمار ۲۰- درجه دو ساعت بیشترین میزان نشت الکترولیت را نشان داد. همچنین نتایج آزمون مقایسه میانگین نیز نشان داد که محتوای نسبی آب ساقه و نرخ نشت الکترولیت برگ و ساقه در سازگاری دوم کمتر از سازگاری اول بود، اما در محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌داری بین دو دوره سازگاری مشاهده نشد (جدول ۶).

بررسی برهمکنش با توجه به جدول تجزیه واریانس نیز نشان داد که برهمکنش بین پرونانس و تیمار دمایی برای نرخ نشت الکترولیت ساقه معنی‌دار می‌باشد. همچنین برهمکنش پرونانس و سازگاری نیز برای محتوای نسبی آب ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۳). براساس شکل (۱) افزایش نشت ساقه در هر سه پرونانس از تیمار ۴ درجه به ۲۰- درجه به مدت یک ساعت معنی‌دار نبود؛ اما تنها در پرونانس نورآباد، از تیمار ۲۰- درجه یک ساعت به دو ساعت افزایش معنی‌دار نرخ نشت الکترولیت ساقه مشاهده شد. همچنین محتوای نسبی آب ساقه در سازگاری اول به دوم در دو پرونانس مارگون و یاسوج کاهش معنی‌داری یافت، این در حالی بود که در پرونانس نورآباد تغییرات معنی‌دار مشاهده نگردید (شکل ۲).

کلروفیل و فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سه پرونانس و دو مرحله سخت‌واره شدن از نظر عدد کلروفیل‌متر در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار دارند، در حالی که اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۷). مقایسه میانگین نشان‌داد که نورآباد کمترین محتوای کلروفیل را داراست و با دو پرونانس دیگر (مارگون و یاسوج) تفاوت معنی‌دار دارد در طی سخت‌واره شدن

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی پرونانس‌ها

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Table 1. Geographical and climatic characteristics of provenances

پرونانس Provenance	مارگون Margoon	نورآباد Noorabad	یاسوج Yasouj
طول جغرافیایی Longitude	51° 53′	51° 32′	51° 35′
عرض جغرافیایی Latitude	30° 34′	30° 13′	30° 40′
ارتفاع از سطح دریا Altitude above sea level	2000	900	1832
میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average annual precipitation (mm)	712.3	628.6	817.1
میانگین حداقل دمای سالیانه (°C) Average annual minimum temperature	9.8	12.8	7.5
میانگین حداکثر دمای سالیانه (°C) Average annual maximum temperature	20	29.5	22.6
میانگین دمای سالیانه (°C) Average annual temperature	14.9	21.1	15.1

جدول ۲- مؤلفه‌های متداول فلورسانس کلروفیل و معادلات مربوطه

Table 2. Chlorophyll fluorescence parameters and their equations

مؤلفه Parameter		شناسه Symbol	معادله Equation
Maximum quantum efficiency of PSII	ماکزیمم عملکرد فتوسیستم II	Fv/Fm	(Fm-Fo)/Fm
Maximum efficiency of PSII	عملکرد داخلی فتوسیستم II در روشنایی	Fv′/Fm′	(Fm′-Fo′)/Fm′
Electron transport rate	سرعت انتقال الکترون	ETR	ΦPSII × PPFD × (0.5)
Photochemical quenching	کاهندگی فتوشیمیایی	qP	(Fm′-Fs) / (Fm′- Fo)
Non-photochemical quenching	سرعت انتقال الکترون	NPQ	Fm-Fm´/ Fm´

از مرحله اول به دوم نیز میزان کلروفیل کاهش معنی‌داری یافت (جداول ۸ و ۹). براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) سه پرونانس تنها از نظر Fv/Fm و NPQ اختلاف معنی‌دار نشان دادند. همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود باز هم پرونانس نورآباد با دو پرونانس دیگر اختلاف معنی‌دار داشت و پرونانس‌های مارگون و یاسوج با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و کمترین میزان این دو پارامتر مربوط به پرونانس نورآباد بود. همچنین کلیه پارامترهای فلورسانس کلروفیل به جز NPQ نیز تفاوت معنی‌داری را در دو مرحله سخت‌واره شدن نسبت به هم نشان دادند، به‌طوری که در مرحله سخت‌واره شدن دوم کمتر از سازگاری اول بودند (به ترتیب کاهش ۱۲٪، ۱۱٪، ۲۱٪ و ۳۱٪ در Fv/Fm، Fv'/ Fm'، pq و ETR). بررسی برهمکنش با توجه به جدول تجزیه واریانس نیز نشان داد که برهمکنش بین پرونانس و سازگاری برای Fv/Fm معنی‌دار می‌باشد، به‌طوری که میزان Fv/Fm در سخت‌واره شدن اول به دوم در پرونانس نورآباد کاهش یافت اما در دو پرونانس دیگر تغییر معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس اثر تنش یخ‌زدگی بر محتوای نسبی آب و نرخ نشت الکترولیت

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Table 3. Analysis of variance on relative water content and electrolyte leakage rate

نرخ نشت الکترولیت ساقه Stem electrolyte leakage rate	نرخ نشت الکترولیت برگ Leaves electrolyte leakage rate (%)	محتوای نسبی آب ساقه Relative water content of Stem (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content of leaves (%)	درجه آزادی Degree of freedo	منابع تغییرات Source of variations
1600.80**	1436·85	1173.47**	599.28**	2	پرونانس Provenance
2226.11	3554·86**	330.78 ns	1139.08	2	تیمار دمایی Cold treatment
3532.18**	3349.27**	882.70**	271.62 ns	1	سازگاری Cold acclimation
246.68**	102.97 ns	183.66 ns	114.21 ns	4	پرونانس × تیمار دمایی Provenance ×Cold treatment
71.57 ns	42.31 ns	473.84*	128.77 ns	2	پرونانس × سازگاری Provenance & Cold acclimation
214.62 ns	53.07 ns	77.19 ns	258.02 ns	2	تیمار دمایی×سازگاری Cold ×Cold treatment
146.36 ns	138.29 ns	88.31 ns	137.60 ns	4	پرونانس × تیمار دمایی× سازگاری Provenance × Treatment × Cold acclimation
4905.73	4795.00	7844.14	5471.34	-	خطای آزمایش Error

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار، * در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار، ns معنی‌دار نیست.

**: Significant at 1% Probability level, *: Significant at 5% Probability level, ns: Non- significant.

جدول ۴- آزمون مقایسه میانگین در پارامترهای مورد بررسی در پرونانس‌های مختلف

Table 4. Mean comparison of traits at different provenances

نرخ نشت الکترولیت ساقه Stem electrolyte leakage rate (%)	نرخ نشت الکترولیت برگ Leaves electrolyte leakage rate (%)	محتوای نسبی آب ساقه Relative water content of stem (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content of leaves (%)	پرونانس Provenance
38.24±1.77b	49.38±2.67c	68.13±2.23b	86.53± 1.89 a	Margoon
52.23±3.20a	63.21±2.85a	79.50±1.59a	79.6±2.45b	Noorabad
40.85±3.38b	55.70±3.44b	69.61±2.94b	77.95±1.85b	Yasouj

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین پرونانس‌ها می‌باشد. اعداد پس از ± اشتباه معیار می‌باشند.

The same letters in each column indicate no significant difference between the provenances. numbers after the ± are the standard error.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

جدول ۵- مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در تیمارهای دمایی مختلف

Table 5. Mean comparisons of traits at different cold treatments

Parameter پارامتر				
نرخ نشت الکترولیت ساقه (درصد) Stem electrolyte leakage rate (%)	نرخ نشت الکترولیت برگ (درصد) Leaves electrolyte leakage rate(%)	محتوای نسبی آب ساقه (درصد) Relative water content of stem (%)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Relative water content of leaves (%)	تیمار دمایی Cold treatment
35.97±1.91c	43.12±1.97c	69.34±1.90a	73.71±2.48b	۴ درجه سانتی‌گراد 4˚C
43.44±2.04b	59.62±2.74b	73.91±1.90a	84.08±1.38a	۲۰-درجه (یک ساعت) -20˚C (1 hour)
54.21±3.61a	65.73±2.84a	74.28±2.39a	86.28±2.09a	۲۰-درجه (دو ساعت) -20˚C (2 hours)

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

The same letters in each column indicate no significant difference between different treatments. numbers after the ± are the standard error.

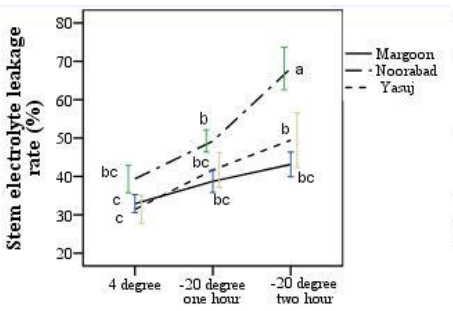
جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین پارامترهای موردبررسی در دو مرحله سازگاری

Table 6. Mean comparisons of traits at different cold acclimation

نرخ نشت الکترولیت ساقه Stem electrolyte leakage rate (%)	نرخ نشت الکترولیت برگ Leaves electrolyte leakage rate (%)	محتوای نسبی آب ساقه Relative water content of stem (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content of leaves (%)	سازگاری Cold acclimation
50.88±2.54a	63.10±2.46a	76.00±1.42a	83.85±1.95a	سازگاری اول First Cold acclimation
37.57±1.90b	49.22±2.18b	69.42±2.27b	79.46±1.61a	سازگاری دوم Second Cold acclimation

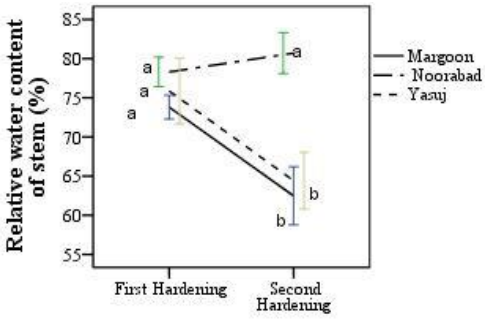
حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سازگاری‌ها می‌باشد. اعداد پس از ± اشتباه معیار می‌باشند.

The same letters in each column indicate no significant difference between the cold acclimation. numbers after the ± are the standard error.



شکل ۱- برهمکنش پرونانس و تیمار دمایی برای نرخ نشت الکترولیت ساقه

Figure 1. The interaction of provenance and cold treatment for the relative water content of stem



شکل ۲- برهمکنش پرونانس و سازگاری برای محتوای نسبی آب ساقه

Figure 2. The interaction of provenance and cold acclimation for stem electrolyte leakage rate.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

جدول ۷- تجزیه واریانس برای مؤلفه‌های فلورسانس و کلروفیل پرونانس‌های مختلف بنه در دو مرحله سازگاری

Table 7. Analysis of variance for chlorophyll fluorescence of *Pistacia atlantica* from different provenances in two stages of cold acclimation

NPQ	ETR	pq	Fv'/ Fm'	Fv/Fm	عدد کلروفیل (SPAD)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات Source of variations
1.39**	598.9 ns	0.008 ns	0.013 ns	0.87**	659.03**	2	پرونانس Provenance
0.32 ns	113302.5**	0.435**	0.141**	0.212**	673.52	1	سازگاری Cold acclimation
0.01 ns	7173.3 ns	0.044 ns	0.018 ns	0.058**	67.67 ns	2	پرونانس × سازگاری Provenance × Cold acclimation
17.66	779550.77	5.79	1.703	1.005	6839.24	103	خطای آزمایش Error

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار، * در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار، ns معنی‌دار نیست.

**: Significant at 1% Probability level, *: Significant at 5% Probability level, ns: Non- significant.

جدول ۸- مقایسه میانگین پارامترهای فلورسانس کلروفیل نهال‌ها در دو سازگاری

Table 8. Mean comparison of fluorescence parameters of chlorophyll seedlings in two cold acclimation

NPQ	ETR	Pq	Fv'/Fm'	Fv/Fm	عدد کلروفیل (SPAD)	سازگاری Cold acclimation
0.64±0.04a	216.9±9.9a	0.63±0.025a	0.66±0.01a	0.83±0.002a	41.84±1.28a	سازگاری اول First cold acclimation
0.52±0.05b	149.4±10.2b	0.50±0.029b	0.59±0.018b	0.73±0.017b	38.59±1.51b	سازگاری دوم Second cold acclimation

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سازگاری‌های مختلف می‌باشد. اعداد پس از ± اشتباه معیار می‌باشند

The same letters in each column indicate no significant difference between the Cold acclimation stages. Numbers after the ± are the standard error.

جدول ۹- میانگین مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل و عدد کلروفیل‌متر در پرونانس‌ها

Table 9. Means of chlorophyll fluorescence attributes and SPAD value in Pistacia provenance

NPQ	ETR	Pq	Fv'/Fm'	Fv/Fm	عدد کلروفیل (SPAD)	پرونانس Provenance
0.67±0.06a	186.7±13.2a	0.565±0.03a	0.65±0.01a	0.82±0.006a	43.33±1.70a	Margoon
0.42±0.03b	183.6±13.01a	0.566±0.03a	0.62±0.01a	0.74±0.01b	37.99±1.48b	Noorabad
0.77±0.09a	178.7±11.9a	0.59±0.03a	0.61±0.02a	0.80±0.008a	44/07±1.44a	Yasouj

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین پرونانس‌ها می‌باشد. اعداد پس از ± اشتباه معیار می‌باشند.

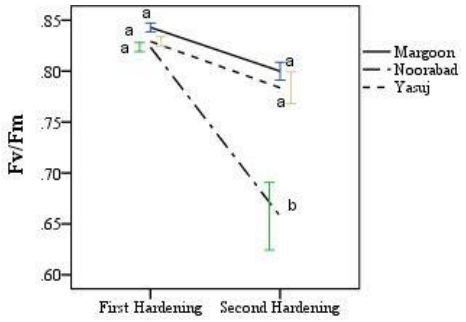
The same letters in each column indicate no significant difference between the Provenances. numbers after the ± are the Standard error.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین (آزمون کروسکال‌والیس) پارامترهای فلورسانس کلروفیل **در** پرونانس‌های مختلف

Table 10. Mean comparison (Kruskalvolis test) of fluorescence parameters of chlorophyll at different provenances

Chi ^{2}	سطح معنی‌داری Significance level	Provenance پرونانس			ویژگی‌ها Traits
		یاسوج Yasouj	نورآباد Noorabad	مارگون Margoon	
62.43	0.000	0.80±0.008a	0.74±0.01b	0.82±0.006a	Fv/Fm
12.88	0.025	0.61±0.02a	0.62±0.01a	0.65±0.01a	Fv'/Fm'
12.27	0.031	0.59±0.03a	0.566±0.03a	0.565±0.03a	Pq
20.50	0.001	178.7±11.9a	183.6±13.01a	186.7±13.2a	ETR
20.94	0.001	0.77±0.09a	0.42±0.03b	0.67±0.06a	NPQ



شکل ۳- برهمکنش پرونانس و سازگاری برای ماکزیمم عملکرد فتوسیستم II (Fv/Fm)

Figure 3. The interaction of provenance and the cold acclimation for Maximum quantum efficiency of PSII (Fv/Fm)

بحث

تفاوت در محتوای نسبی آب می‌تواند منجر به عملکرد متفاوت گونه‌ها در شرایط تنش و پس از آن شود (لویت، ۱۹۸۰). پایین بودن مقدار آب احتمال تشکیل یخ و خسارت حاصل از آن را کاهش می‌دهد (Levitt ،1980). با توجه به این مطلب که وضعیت آب اثر غیرمستقیمی در تحمل به سرما دارد و با افزایش مقاومت به سرما معمولاً محتوای آب کاهش می‌یابد (Omayma ،2014). همچنین از آنجا که کاهش مقدار آب منجر به کاهش توسعه سلولی نیز می‌گردد، گیاهان تا حدی قادر به کاهش آب بافت‌های خود جهت مقابله با سرما می‌باشند (سی و سه مرده، ۱۳۹۳) و اینکه مقاومت به یخزدگی در اندام‌های مختلف گیاه متفاوت است (Almedia *et al*., 1994)، در مطالعه حاضر بالابودن محتوای آب در ساقه پرونانس نورآباد می‌تواند باعث حساسیت بیشتر این پرونانس شود هرچند که محتوای بالای آب در برگ مارگون نیز می‌تواند دلیل حساسیت برگ این پرونانس به سرما باشد اما از آنجا که ساقه در تمام مراحل رشد نهال حضور دارد و اندام ماندگار نهال محسوب می‌شود، کاهش محتوای آب برگ نورآباد نمی‌تواند به مقاومت این پرونانس کمک کند. همچنین میزان آب بافت در طی سخت‌واره شدن به سرما کاهش می‌یابد و این کاهش سبب افزایش تحمل به انجماد می‌شود (Worland, 1996) که در این مطالعه کاهش محتوای آب ساقه در طی سازگاری دوم در پرونانس‌های مارگون و یاسوج توانست به مقاومت آن‌ها در برابر دمای پایین کمک نماید.

نتایج آزمون نشت الکترولیت که به‌عنوان شاخص مناسبی برای بررسی تغییرات غشای سلولی و تخمین

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

آسیب بافتی کاربرد دارد (Omayma, 2014) نیز مؤید نتایج فوق است. افزایش معنی‌دار نرخ نشت برگ و ساقه پرونانس نورآباد، با افزایش دوره یخ‌زدگی نشان‌دهنده عدم پایداری غشاء سیتوپلاسمی و حساسیت به تنش سرما می‌باشد. بر این اساس نشت الکترولیت کمتر در پرونانس مارگون از تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش یخ‌زدگی برخوردار است. نتایج بررسی Guardia و همکاران (۲۰۱۰) روی گردو نشان داد که در شرایط تنش سرما نشت الکترولیت افزایش معنی‌دار داشت و پرونانس‌هایی که از حساسیت بیشتری به سرما برخوردار بودند، تراوش یونی آن‌ها نیز بیشتر بوده و خسارت بیشتری دیدند. از مهم‌ترین دلایل کاهش درصد بقا تحت تنش یخ‌زدگی را می‌توان به نشت الکترولیت‌ها، تخریب سلول‌های پارانشیمی (Malone & Ashworth, 1991) و افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Inze & VanMontagu, 1995) نسبت داد.

Mohan و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که پایداری کلروفیل، شاخصی از مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. در تحقیق حاضر پرونانس نورآباد کمترین محتوای کلروفیل را نسبت به دو پرونانس دیگر داشت و بنابراین می‌توان گفت که این پرونانس نسبت به دو پرونانس دیگر به سرما حساس‌تر است. همچنین توانایی حفظ کلروفیل توسط دو پرونانس دیگر تحت تنش می‌تواند سبب بهبود وضعیت رویش گیاه شود (Togun, 2014).

همچنین اعمال سازگاری نتوانسته مکانیسم لازم برای حفظ کلروفیل برگ در پرونانس‌ها را فراهم کند. درواقع کاهش مقدار کلروفیل برگ می‌تواند در نتیجه خسارت به غشاء کلروپلاست یا نقص در سنتز کلروفیل و مهار تشکیل کلروپلاست در برگ، طی تنش سرما باشد (Sharma *et al*., 2005). کاهش محتوای کلروفیل در اثر سرما در رقم‌های *Capsicum annuum* L. (Esra *et al*., 2010)، ژنوتیپ‌های *Brassica napus* L. (نظامی و همکاران، ۱۳۸۸) نشان داده شده است که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

فلورسانس کلروفیل نیز آزمونی سریع، قابل اعتماد، حساس، غیر مخرب است (Bolhar-Nordenkampf *et al*., 1989) که تکرارپذیری، سهولت انجام و فراهم آوردن امکان تعیین آسیب ثانویه نهال سبب شده که به‌منظور رتبه‌بندی گونه‌ها و واریته‌ها از نظر تحمل به یخ‌زدگی استفاده شود (Sundbom *et al*., 1982).

بالاتربودن Fv/Fm و NPQ در پروونانس‌های یاسوج و مارگون نسبت به نورآباد، بیانگر توانایی این پروونانس‌ها در دفع تنش و مقاومت به سرما است (Maxwell & Johnson, 2000). همچنین کاهش پارامترهای فلورسانس کلروفیل طی سازگاری نشان‌دهنده اختلال در عملکرد فتوسنتز می‌باشد (Adams *et al*., 1990). Mishra و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق بر روی گیاهان سازگار شده (۲ هفته در دمای ۴ و ۸ ساعت در دمای ۴- و تاریکی) و غیرسازگار (۲ هفته در دمای اتاق) تراریخته *thaliana accessions* نشان دادند که مقادیر Fv/Fm کاهش‌یافته که این کاهش در گیاهان سازگارشده کمتر بود. بررسی آراندا و همکاران (۲۰۰۰) در گونه *Quercus suber* L. نشان داد جمعیت‌هایی که در اقلیم گرم‌تر بودند میزان Fv/Fm در آن‌ها بیشتر کاهش یافت و بیشترین حساسیت به تنش سرما را نشان دادند (Aranda *et al*., 2005). همچنین اثر متقابل این متغیر Fv/Fm نیز معنی‌دار بود (جدول ۷). از میان پرونانس‌های مورد آزمایش، پرونانس نورآباد کمترین مقدار را در مرحله سازگاری دوم نشان داد و تفاوت معنی‌دار با دو پرونانس دیگر داشت. همچنین از آنجا که مقادیر کمتر از ۰/۸۳ نشان‌دهنده در معرض تنش بودن گیاه می‌باشد (سیدی و همکاران، ۱۳۹۱) در نتیجه فرآیندهای کاهشی و خسارت نوری به مراکز فتوسیستم II باعث کاهش کارایی کوانتومی فتوسیستم II در این پرونانس شدند.

نتیجه‌گیری

پرونانس نورآباد به دلیل قرارگیری در ارتفاع و عرض جغرافیایی پایین‌تر که باعث تأخیر در زمان

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

توقف رشد می‌گردد باعث می‌شود تا به‌طور ژنتیکی مقاومت به سرما در آن‌ها دیرتر اتفاق بیفتد؛ اما پرونانس مارگون و یاسوج که در ارتفاع بالا واقع شده‌اند و بیشتر در معرض آب و هوای سردتر قرار داشتند، در مواجهه با سرما از خودسازگاری نشان دادند و در نهایت نتایج این تحقیق نشان داد که با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیک مثل نرخ نشت الکترولیت و عملکرد فتوسیستم می‌توان پرونانس یا پایه‌های مقاوم به سرما را شناسایی نمود.

منابع

سی و سه مرده، ع.، فاتح ح. و بدخشان، ه. ۱۳۹۳. واکنش سرعت فتوسنتز، پایداری غشاء و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به تنش خشکی و کود ازته در دو رقم جو (*Hordeum vulgare*) تحت شرایط کنترل شده. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۲(۲): ۲۲۷-۲۱۵.

سیدی، ن.، علیجانپور، ا. زرگران، م.ر. و بانج‌شفیعی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر تنش‌های محیطی برفلورسانس کلروفیل. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار (کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست)، تهران. ۷-۱ ص.

نظامی، ا.، برزویی، ا.، جهانی، م.، عزیزی، م. و موسوی م.ج. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی ارقام کلزا پس از خوسرمائی در شرایط کنترل‌شده. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۲): ۷۲۲-۷۱۱.

Adams, W.W., Demmig-Adams, B., Winter, K. & Schreiber, U. 1990. The ratio of variable to maximum chlorophyll fluorescence from photosystem II, measured in leaves at ambient temperature and at 77K, as an indicator of the photon yield of photosynthesis. Planta, 180(2): 166-174.

Almeida, M.H., Chaves, M.M. & Silva, J.C. 1994. Cold acclimation in eucalypt hybrids. Tree Physiology, 14(7-8-9): 921-932.

Aranda, I., L. Castro, R. Alia, J.A. Pardos & L. Gil. 2005. Low temperature during winter elicits differential responses among populations of the Mediterranean evergreen cork oak (Quercus suber). Tree Physiology, 25(8): 1085-1090.

Bolhar-Nordenkampf, H.R., Long, S.P., Baker, N.R., Oquist, G., Schreiber, U. L. & Lechner, E.G. 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. Functional Ecology, 497-514.

Chawade, A. 2011. Unravelling the complexity of cold acclimation in plants. Department of Cell and Molecular Biology, Goteborg University, Box 462, SE-405 30 Goteborg, Sweden.

Esra, K.O.C., Islek, C. & Ustun, A.S. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Gazi University Journal of Science, 23(1): 1-6.

Gomory, D., Foffová, E., Kmeť, J., Longauer, R. & Romšáková, I. (2010). Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) provenance variation in autumn cold hardiness: adaptation or acclimation?. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 52(2): 42-49.

Guardia, M., Díaz, R., Savé, R. & Aletà, N.. 2010. Cold resistance evaluation in different species and provenances of *Juglans* sp. Research & Technology Food & Agriculture (IRTA).

Huebert, C.A. and H.B. Envs. 2004. The ecological and conservation genetics of gray oak (*Quercus garryana* Dougl. ex Hook). M.Sc. Thesis.,University of britishColombia, Vancouver.

Inze, D. & VanMontagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. Current Opinion in Biotechnology, 6(2): 153-158.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Janska, A., Maršík, P., Zelenková, S., & Ovesná, J. 2010. Cold stress and acclimation–what is important for metabolic adjustment?. Plant Biology, 12(3): 395-405.

Jiang, X., Song, Y., Xi, X., Guo, B., Ma, K., Wang, Z., ... & Zhang, Z. 2011. Physiological and biochemical responses to low temperature stress in hybrid clones of Populus ussuriensis Kom.× P. deltoides Bartr. African Journal of Biotechnology, 10(82): 19011-19024.

Konttinen, K., Luoranen, J.A. & Rikala, R. 2007. Growth and frost hardening of Picea abies seedlings after various night length treatments. Baltic Forestry, 13(2): 140-148.

Levitt, J.J. 1980. Responses of plants to environmental stresses, Radiation, salt and other stresses. 2nd edition Academic press Inc. London, United Kingdom, 488p.

Li, C., T. Puhakainen, A. Welling, A. Vihera-Aarnio, A. Ernstsen, O. Junttila, P. Heino and E.T. Palva. 2002. Cold acclimation in silver birch (*Betula pendula*). Development of freezing tolerance in different tissues and climatic ecotypes. Physiologia Plantarum, 116(4): 478-488.

Malone, S.R. & Ashworth, E.N. 1991. Freezing stress response in woody tissues observed using low-temperature scanning electron microscopy and freeze substitution techniques. Plant Physiology, 95(3): 871-881.

Mancuso, S. 2000. Electrical resistance changes during exposure to low temperature measure chilling and freezing tolerance in olive tree (*Olea europaea* L.) plants. Plant, Cell and Environment, 23(3): 291-299.

Maxwell, K. & Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. Journal of experimental Botany, 51(345): 659-668.

Metcalf, E.L., Cress, C.E. Plien, R.C. & Everson, E.H. 1970. Relationship between crown moisture content and killing temperature for three wheat and three barley cultivars. Crop Science, 10(4): 362-365.

Mishra, A., Heyer, A.G. & Mishra, K.B. 2014. Chlorophyll fluorescence emission can screen cold tolerance of cold acclimated *Arabidopsis thaliana* accessions. Plant Methods, 10(1): 38.

Miura, K. & Furumoto, T. 2013. Cold signaling and cold response in plants. International Journal of Molecular Sciences, 14(3): 5312-5337.

Mohan, M.M., S.L. Narayanan and S.M. Ibrahim. 2000. Chlorophyll stability index (CSI): its impact on salt tolerance in rice. International Rice Research Notes, 25(2): 38-39.

Omayma, M.I. 2014. Use of Electrical Conductivity as a Tool for Determining Damage Index of Some Mango Cultivars. International Journal of Plant and Soil Science, 3(5): 448-456.

Quellet, F. & Charron, J.B. 2013. Cold acclimation and freezing tolerance in plants. Encyclopedia of Life Sciences, 1-6.

Rose, R. & Haase, D. 2002. Chlorophyll fluorescence and variations in tissue cold hardiness in response to freezing stress in Douglas-fir seedlings. New Forests, 23(2): 81-96.

Sakai, A. & C.J. Weiser. 1973. Freezing resistance of trees in north America with reference to tree regions. Ecology, 54(1): 118-126.

Schutzki, R.E & Cregg, B. 2007. Abiotic plant disorders: Symptoms, signs and solutions: A diagnostic guide to problem solving. Michigan State University Extension.

Sharma, P., Sharma, N. & Deswal R. 2005. The molecular biology of the low temperature response in plants. Bioessays, 27(10): 1048-1059.

Smilhberg, M.H. & C.J. Weiser .1968 .Patterns of variation among climatic races of red osier dogwood. Ecology, 49: 495-504.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Sundbom, E., Strand, M.& Hallgren, J.E. 1982. Temperature-induced fluorescence changes- a screening method for frost tolerance of potato (*Solanum* sp.). Plant Physiol, 70: 1299-1302.

Togun, A.O., Akparobi, S.O. & Ekanayake, I.J. 2004. Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of Food Agriculture and Environment, 2(1): 166-170.

Warrington, I.J. & Rook, D.A. 1980. Evaluation of techniques used in determining frost tolerance of forest planting stock: a review. New Zealand Journal of Forestry, 10: 116-132.

Worland, M.R. 1996. The relationship between water content and cold tolerance in the Arctic collembolan *Onychiurus arcticus* (Collembola: Onychiuridae). European Journal of Entomology, 93(1): 341-348.

Yuanyuan, M., Yali, Z. Jiang, L. & Hongbo, S. 2009. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. African Journal of Biotechnology, 8(10): 2004-2010.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Journal of Zagros Forests Researches, Vol: 3(2), 2017

Physiological Responses to Cold Stress in Different Provenances of *Pistacia atlantica* Seedlings

Somayeh Homayounfar [1], Roghaiyeh Zolfaghari [2,*], Payam Fayyaz [2]

[1] MSc Student, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasuj, Iran

[2] Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasuj, Iran

*Corresponding author, E-mail address: zolfaghari@yu.ac.ir

Received: 01.11.2016 Accepted: 08.02.2017

Abstract

Background and objectives: Plant species with wide geographic ranges, exhibit high tolerance to cold stress. Trees in temperate regions must cope with freezing temperatures, especially in late autumn and winter. One of the mechanisms to tolerate cold stress is through decreasing photoperiod and temperature during acclimation. In addition, provenance of a species could be one of the main factors contributing to cold resistance. Therefore, in the present study, the effect of cold stress on physiological responses of *Pistacia atlantica* seedlings from three provenances was investigated in southern Zagros to select the most cold-resistant provenance.

Material and methods: Seeds of three provenances, namely Margon, Noor Abad and Yasuj, from southern Zagros, were collected and planted in pots. After germination of seeds, induction of acclimation was carried out at two stages for four weeks. This was accomplished through the simulation of temperature and photoperiod of Yasuj region from September to November. Following that, the indexes of photosystem efficiency and chlorophyll content were measured. After each acclimation stage, leaves and stems of seedlings were exposed to three levels of temperature, +4°C (control), -20°C for one hour, and -20 for two hours. Then, relative water content (RWC) and electrolyte leakage (EL) of stems and leaves were measured. This study was conducted as a factorial with three factors of provenance (three levels), cold treatments (three levels) and acclimation (two levels), adopting a completely random design.

Results: The results showed that EL increased with decreases in temperature and this increase was the highest in the case of the Noor Abad provenance. In addition, the stem RWC of Yasuj and Margoon provenances decreased in the second cold acclimation stage. Chlorophyll content, photosystem efficiency and electron transport rate were lower in Noor Abad provenance, compared with other two provenances. Moreover, except the electron transport rate, all fluorescence parameters significantly decreased during the cold acclimation.

Conclusion: The results showed that measuring EL and fluorescence parameters could be a useful indicator for identifying cold-tolerant provenances. The seedlings of Noor Abad provenance exhibited the least and Margoon provenance showed the highest resistance to cold stress. This could be due to high altitude and cold climate of Margoon provenance.

Keywords: *Pistacia atlantica*, Fluorescence Chlorophyll parameters, Provenance, Acclimation

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]

Translated references

Nezami, A., Borzooei, A., Jahani, M., Azizi, M. Mosavi, M.J. 2009. Evaluation of freezing tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars acclimated under controlled conditions. Iranian Journal of Agricultural Research: 7 (2): 711-722. (In Persian with English Abstract).

Seyedi, N., Alijanpur, A., Zargaran, M.A. & Banjshafiei, A. 2012. Effect of environmental stresses on chlorophyll fluorescence. The First National Conference on Policies toward Sustainable Development (Agriculture, Natural Resources and Environment), Tehran. (In Persian with English Abstract).

Siosemardeh, A., Fateh, H. & Badakhshan, H. 2014. Response of photosynthetic rate, membrane stability and antioxidant enzymes activity to drought stress and nitrogen fertilizer in two barley varieties (*Hordeum vulgare*) under controlled conditions. Iranian Journal of Agricultural Research, 12(2): 215-227. (In Persian with English Abstract).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-10-21]