

خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی چند پایه تجاری پسته در شرایط کنترل شده دمایی

هاجر حکم آبادی^۱، مهدی رضایی^{۲*} و حسین حکم آبادی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران (mhrezaei@shahroodut.ac.ir)

۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، شاهرود، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۹

چکیده

به منظور بررسی اثر دماهای مختلف محیط بر روی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی سه پایه پسته سرخسی (*Pistacia vera cv. Sarakhsi*)، بادامی زرنند (*P. vera cv. Badamie-Zarand*) و قزوینی (*P. vera cv. Ghazvini*) آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل شده در اتاقک رشد در دماهای ۸/۱۰، ۱۳/۱۵، ۲۰/۲۲، ۲۵/۲۷ شب/روز انجام گرفت. نتایج نشان داد که پایه‌ها از لحاظ شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی مورد بررسی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند و پایه بادامی زرنند از نظر اکثر صفات مورد اندازه‌گیری نسبت به دو پایه کارایی بهتری دارد. افزایش دما موجب افزایش میزان ماده خشک ریشه، ساقه و برگ، سطح برگ در پایه‌های پسته گردید. افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد تأثیر مثبت و افزایش دما بر روی شاخص‌های رشدی پایه‌های مورد مطالعه نشان داد. کمترین میزان شاخص سبزیگی در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان آن در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. کمترین و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در دماهای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در پایه سرخسی حاصل شد که می‌تواند نشان‌دهنده حساس بودن این پایه نسبت به تغییرات محیطی باشد. همچنین پایه بادامی زرنند در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد توانست تعداد برگ و ماده خشک ریشه بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها تولید کند که این امر می‌تواند حاکی از مقاومت این پایه به دماهای کم در اوایل فصل رشد نسبت به سایر پایه‌ها باشد.

کلید واژه‌ها: اتاقک رشد، شاخص سبزیگی، ماده خشک ریشه، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

گرم شدن زمین یا گرمایش زمین نام پدیده‌ای است که منجر به افزایش میانگین دمای سطح زمین و اقیانوس‌ها گردیده است. برخی از دانشمندان معتقدند که دهه‌های پایانی قرن بیستم، گرم‌ترین سال‌های ۴۰۰ سال اخیر بوده است. افزایش دمای زمین منجر به افزایش دمای خاک و محیط اطراف آن شده و همچنین منجر به وجود آمدن تغییرات آب و هوایی و جابجایی برخی از فصل‌ها گردیده است. این خود لزوم مطالعه تغییرات دمایی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی محصولات مهم اقتصادی از جمله پسته را می‌رساند. دمای هوا یکی

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی ایران است که علاوه بر مصارف داخلی یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی کشور است (Davarynejad et al., 2009). جنس پسته در خانواده آناکاردیاسه^۱ شامل بیش از ۱۳ گونه است که در این میان *Pistacia vera* ارزش تولید تجاری دارد (Kafkas et al., 2002). از مهم‌ترین ارقام پسته در ایران می‌توان به ارقام اکبری، کله‌قوچی، بادامی زرنند و قزوینی اشاره کرد.

1- Anacardiaceae



از عوامل اقلیمی مهم و مؤثر بر رشد گیاهان می‌باشد. این محدوده برای فعالیت‌های حیاتی گیاهان بین صفر تا ۵۰ درجه قرار دارد. دمای صفر و ۵۰ درجه، نقطه انعقاد پروتئین بوده و ساختمان شیمیایی پروتئین‌ها (آنزیم‌ها) در این دما تغییر می‌یابد و در نتیجه باعث توقف فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان می‌گردد. اگرچه این دامنه در مراحل مختلف نمو گیاهان تغییر می‌یابد در فراتر از این محدوده‌ها گیاه دچار تنش خواهد شد (Schulz *et al.*, 2005). فرآیندهای بسیاری در رشد گیاه دخیل هستند که به شدت تحت تأثیر دما قرار دارند. بعضی از این فرآیندها بر رشد اندام‌های زیر زمینی گیاه مانند رشد ریشه و نتیجتاً در جذب عناصر غذایی تأثیر گذار هستند و برخی دیگر از فرآیندها در اندام‌های فوقانی سطح خاک مانند ساقه و برگ قرار دارند و فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهند. دما با مکانیزم‌های بسیار پیچیده ای بر گیاهان تأثیر می‌گذارد و از تأثیرات عمده‌ای که با افزایش دمای هوا مطرح است افزایش سرعت گسترش برگ و سرعت رشد شاخه‌ها می‌باشد این در حالی است که درجه حرارت بالای خاک در درجه اول سبب افزایش رشد ریشه و افزایش سرعت جذب مواد غذایی می‌شود بنابراین افزایش هر دو آن‌ها (هم افزایش دمای خاک و هم افزایش دمای ریشه) باعث افزایش رشد اندام‌های فوقانی در سطح زمین می‌شود (Weih *et al.*, 2001). دمای خاک نه تنها بر سرعت و ثبات برهم کنش‌های شیمیایی خاک، ظرفیت آب خاک و انتقال مواد غذایی در خاک مؤثر است بلکه به‌طور هم‌زمان بر جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاه و جذب یون‌ها، رشد ریشه و واکنش‌های جمعیت‌های میکروبی خاک هم تأثیر گذار است. تولید بیوماس و طول ریشه در دماهای پایین در مقدار کم آغاز می‌شود و سپس با بالا رفتن دما تا یک حد اپتیمم افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما کاهش می‌یابد. عکس‌العمل‌های دمایی در برخی از گیاهان زراعی و تعداد کمی از گونه‌های درختان مورد بررسی قرار گرفته است (Hatfield *et al.*, 2011؛ Lee *et al.*, 2011؛ Luedeling *et al.*, 2009؛ Wolfe *et al.*, 2008). یک مکانیسم بالقوه برای افزایش رشد ریشه در خاک‌های گرم‌تر، رابطه نزدیک بین مخزن و مصرف (بخش‌های بالایی و پایینی گیاه) است (Day *et al.*, 1991؛ Landhuser *et al.*, 1996؛ Schwarz *et al.*, 1997). دمای بالای خاک سرعت فتوسنتز را به خاطر قرار گرفتن در دمای بالا و استرس آبی افزایش می‌دهد. در دمای بالا سرعت جذب و انتقال آب و هدایت روزنه‌ای بیشتر شده و سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد که این امر سبب افزایش در دسترس قرار گرفتن کربن‌های تثبیت‌شده می‌شود که بخشی از آن به طرف پایین برای حفظ ریشه‌های جدید منتقل می‌شود. Lahti *et al.* (2005) با بررسی تأثیر دماهای مختلف در سه دوره رشدی ریشه و شاخه دانه‌های پنج ساله صنوبر نیروژی بررسی کردند. در این پژوهش در طول دوره رشد دوم دانه‌ها تیمارهای دمایی ۹، ۱۳، ۱۸ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. رشد قطر ریشه به‌طور قابل توجهی در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها پایین‌تر بود و از جهتی نیز رشد ساقه در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دماهای دیگر کمترین مقدار را نشان داد. همچنین رشد ریشه نیز در دمای ۹ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با تیمارهای دمایی دیگر کمتر بود. هنگامی که در دوره رشد سوم درجه حرارت خاک از ۹ به ۱۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت رشد شاخه و رشد ریشه نیز بهبود یافته بود. اثر دما روی گسترش برگ به خصوص در نواحی مرستمی برگ رابطه مستقیم با سرعت تشکیل برگ بر روی ساقه دارد (Tamaki *et al.*, 2002). Bartholomew and Williams (2005) نشان دادند که در هر رژیم دمایی ظهور برگ‌های جدید رابطه خطی با زمان دارد و زمانی که دما افزایش می‌یابد مدت زمان مورد نیاز جهت ظهور دو مرستم پی‌درپی کاهش می‌یابد. DeLucia (1986) در مطالعه‌ای، میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه‌های صنوبر را مورد بررسی قرار داد. نتایج این بررسی نشان داد دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد تأثیری بر میزان فتوسنتز خالص ندارد، در حالی که میزان هدایت

از عوامل اقلیمی مهم و مؤثر بر رشد گیاهان می‌باشد. این محدوده برای فعالیت‌های حیاتی گیاهان بین صفر تا ۵۰ درجه قرار دارد. دمای صفر و ۵۰ درجه، نقطه انعقاد پروتئین بوده و ساختمان شیمیایی پروتئین‌ها (آنزیم‌ها) در این دما تغییر می‌یابد و در نتیجه باعث توقف فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان می‌گردد. اگرچه این دامنه در مراحل مختلف نمو گیاهان تغییر می‌یابد در فراتر از این محدوده‌ها گیاه دچار تنش خواهد شد (Schulz *et al.*, 2005). فرآیندهای بسیاری در رشد گیاه دخیل هستند که به شدت تحت تأثیر دما قرار دارند. بعضی از این فرآیندها بر رشد اندام‌های زیر زمینی گیاه مانند رشد ریشه و نتیجتاً در جذب عناصر غذایی تأثیر گذار هستند و برخی دیگر از فرآیندها در اندام‌های فوقانی سطح خاک مانند ساقه و برگ قرار دارند و فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهند. دما با مکانیزم‌های بسیار پیچیده ای بر گیاهان تأثیر می‌گذارد و از تأثیرات عمده‌ای که با افزایش دمای هوا مطرح است افزایش سرعت گسترش برگ و سرعت رشد شاخه‌ها می‌باشد این در حالی است که درجه حرارت بالای خاک در درجه اول سبب افزایش رشد ریشه و افزایش سرعت جذب مواد غذایی می‌شود بنابراین افزایش هر دو آن‌ها (هم افزایش دمای خاک و هم افزایش دمای ریشه) باعث افزایش رشد اندام‌های فوقانی در سطح زمین می‌شود (Weih *et al.*, 2001). دمای خاک نه تنها بر سرعت و ثبات برهم کنش‌های شیمیایی خاک، ظرفیت آب خاک و انتقال مواد غذایی در خاک مؤثر است بلکه به‌طور هم‌زمان بر جنبه‌های فیزیولوژیکی گیاه و جذب یون‌ها، رشد ریشه و واکنش‌های جمعیت‌های میکروبی خاک هم تأثیر گذار است. تولید بیوماس و طول ریشه در دماهای پایین در مقدار کم آغاز می‌شود و سپس با بالا رفتن دما تا یک حد اپتیمم افزایش می‌یابد و سپس با افزایش دما کاهش می‌یابد. عکس‌العمل‌های دمایی در برخی از گیاهان زراعی و تعداد کمی از گونه‌های درختان مورد بررسی قرار گرفته است (Hatfield *et al.*, 2011؛ Lee *et al.*, 2011؛ Luedeling *et al.*, 2009؛ Wolfe *et al.*, 2008).

روزنه‌ای و فتوسنتز در دماهای پایین‌تر از ۸ درجه سانتی‌گراد به شدت کاهش می‌یابد. (Mo et al. 2011) با بررسی تأثیر دماهای بالا و پایین بر روی پاسخ‌های متابولیکی برگ‌های یونجه نشان دادند، محتوای نسبی آب برگ در گیاهان یونجه در دمای پایین (۵ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با دمای بالا (۳۳ درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد و این افزایش مشاهده شده در میزان RWC به دلیل کاهش میزان نشاسته برگ و افزایش قندهای محلول احیاشده مانند ساکارز و فروکتوز است و هم‌چنین در دمای پایین میزان مالون دی‌آلدئید و نشت الکترولیت در برگ‌ها را کاهش می‌دهد.

در دهه‌های اخیر گرم شدن کره زمین باعث تغییرات جوی شده که این مهم باعث اختلالات فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای در گیاهان شده است (Hatfield and Prueger, 2015). در سال‌هایی که سطح خاک خیلی گرم و یا خیلی سرد است تغییراتی در رشد و تولید پسته در مناطق مهم پسته کاری مشاهده شده است که به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی آن تغییرات درجه حرارت در ناحیه ریشه و دمای هوا است با توجه به این که دمای مناسب محیط برای رشد پسته دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه اثرات دمایی پایین‌تر از دمای مناسب بر رشد سه پایه تجاری پسته است.

در دهه‌های اخیر گرم شدن کره زمین باعث تغییرات جوی شده که این مهم باعث اختلالات فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای در گیاهان شده است (Hatfield and Prueger, 2015). در سال‌هایی که سطح خاک خیلی گرم و یا خیلی سرد است تغییراتی در رشد و تولید پسته در مناطق مهم پسته کاری مشاهده شده است که به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی آن تغییرات درجه حرارت در ناحیه ریشه و دمای هوا است با توجه به این که دمای مناسب محیط برای رشد پسته دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه اثرات دمایی پایین‌تر از دمای مناسب بر رشد سه پایه تجاری پسته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در گلخانه و آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول سه پایه عمده مناطق پسته کاری شامل پسته رقم سرخسی (*Pistacia vera cv. Sarakhsi*)، قزوینی (*P. vera cv. Ghazvini*) و بادامی زرنند (*P. vera cv. Badamie-zarand*) و فاکتور دوم چهار تیمار دمایی (۸/۱۰، ۱۳/۱۵، ۲۰/۲۲، ۲۵/۲۷ درجه سانتی‌گراد شب/روز) بودند. هر واحد آزمایشی شامل پنج گلدان بود.

ابتدا توده‌ای از بذور سالم از هر پایه از مؤسسه

اعمال تیمار دمایی

سپس به اتاقک رشد جهت اعمال تیمارهای دمایی منتقل شد. در مرحله ۱۵ برگی شدن دانه‌ها به چهار بخش تقسیم شد و در اتاقک رشد در دمای‌های ۸/۱۰، ۱۳/۱۵، ۲۰/۲۲، ۲۵/۲۷ شب/روز و طول مدت روشنایی ۱۶ و تاریکی ۸ ساعت با میزان نور ۵۰۰۰ لوکس به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند.

صفات اندازه‌گیری شده

صفات فیزیولوژیکی

میزان شاخص سبزیگی

برای تخمین غلظت کلروفیل در روز دوازدهم با دستگاه SPAD مدل ۵۰۲ ساخت ژاپن، میزان سبزیگی با نمونه برداری از وسط پهنک برگ‌های هشتم و نهم در سه ساعت بعد از روشنایی انجام و میانگین اعداد به دست آمده، استفاده شد.

میزان نسبی آب بافت برگ

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ (RWC) ابتدا با استفاده از پانچ دیسک‌های برگی به قطر یک سانتی‌متر و به تعداد ۱۰ دیسک برگی از برگ‌های هشتم و نهم گرفته شد بلافاصله وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد برای محاسبه وزن آماس نیز دیسک‌های برگی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ ساعت درون آب مقطر غوطه‌ور شدند. بعد از طی مدت زمان آبگیری، قطعات برگ با دستمال کاغذی به آرامی خشک گردیدند و بلافاصله وزن شدند، تا وزن در هنگام آماس به دست آمد. پس از آن قطعات برگ در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیدند تا وزن خشک به دست آمد. سپس RWC از طریق رابطه زیر

محاسبه شد (Yamasaki et al., 1999).

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس}} \times 100$$

به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن خشک اندازه گیری گردید (Emami, 1997).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS-9.1 انجام شد و مقایسه میانگین با استفاده از روش آزمون LSD انجام گردید. همبستگی بین صفات با نرم‌افزار SPSS-17 با ضریب پیرسون انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که از لحاظ ارتفاع ساقه بین پایه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. پایه بادامی زرنند با میانگین ۳۲/۰۶ سانتی‌متر بلندترین و پایه سرخسی با میانگین ۲۰/۹۲ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را نشان داد. از نظر طول ریشه بین پایه‌ها و دماهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۱ و ۲).

میزان هدایت روزنه‌ای

برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر مدل (SC-1) استفاده گردید و زمان اندازه‌گیری ۹ صبح تا ۱۲ ظهر از روز دوازدهم به بعد انجام شد.

خصوصیات رشدی

برای اندازه‌گیری خصوصیات رشدی ابتدا دانه‌ها را از گلدان‌ها خارج و اندام‌های برگ، ساقه و ریشه جدا شد و صفاتی از قبیل تعداد برگ، طول ساقه و ریشه، وزن تر اندام‌های آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان سطح برگ از دستگاه سطح سنج برگ مدل (A3 Light) ساخت انگلستان استفاده شد. اندام‌های هوایی و ریشه پس از تعیین وزن تر در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی در سه پایه تجاری بسته

Table 1. Means comparison of growth and physiological traits in three pistachio rootstocks

رقم	Cultivar	صفات رویشی	
سرخسی	قزوینی	Growth Traits	
Sarakhsi	Ghazvini	بادامی زرنند	
		Badami zarand	
20.92 ^c	23.76 ^b	32.06 ^a	طول ساقه (سانتی‌متر)
			Stem length (cm)
20.74 ^a	21.24 ^a	21.72 ^a	طول ریشه (سانتی‌متر)
			Root length (cm)
0.80 ^b	0.89 ^b	1.26 ^a	وزن تر برگ (گرم)
			Leaf Fresh weight (g)
0.71 ^c	0.89 ^b	1.42 ^a	وزن تر ساقه (گرم)
			Shoot fresh weight (g)
0.21 ^b	0.23 ^b	0.30 ^a	وزن خشک برگ (گرم)
			Leaf dry weight (g)
0.23 ^b	0.25 ^b	0.41 ^a	وزن خشک ساقه (گرم)
			Shoot dry weight(g)
78810 ^b	85210 ^b	120768 ^a	سطح برگ (میلی‌متر مربع)
			Leaf area (mm ²)
4.74 ^b	5.06 ^{ab}	5.78 ^a	نسبت اندام هوایی به ریشه
			Shoot/root

میانگین اعداد با حروف مشابه در هر ستون در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different according to LSD test at the 5% level.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی در سه پایه تجاری پسته

Table 2. Means comparison of growth and physiological traits in three pistachio rootstocks

دما (درجه سانتی گراد)				صفات رویشی Growth Traits
Temperature (°C)				
25	20	15	10	
26.32 ^{ab}	26.44 ^a	23.39 ^b	26.18 ^{ab}	طول ساقه (سانتی متر) Stem length (cm)
20.44 ^a	22.35 ^a	20.48 ^a	21.67 ^a	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)
1.06 ^{ab}	1.12 ^a	0.84 ^c	0.92 ^{bc}	وزن تر برگ (گرم) Leaf Fresh weight (g)
1.15 ^a	1.04 ^{ab}	0.89 ^b	0.94 ^b	وزن تر ساقه (گرم) Shoot fresh weight (g)
0.29 ^a	0.30 ^a	0.20 ^b	0.21 ^b	وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g)
0.35 ^a	0.32 ^{ab}	0.24 ^c	0.27 ^{bc}	وزن خشک ساقه (گرم) Shoot dry weight (g)
0.12 ^a	0.12 ^a	0.08 ^b	0.09 ^b	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)
92004 ^b	126018 ^a	76234 ^b	85461 ^b	سطح برگ (میلی متر مربع) Leaf area (mm ²)
5.26 ^a	5.21 ^a	5.06 ^a	5.23 ^a	نسبت اندام هوایی به ریشه Shoot/root

میانگین اعداد با حروف مشابه در هر ستون در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف آماری معنی داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different according to LSD test at the 5% level.

بیشترین میزان سطح برگ در پایه بادامی زرنند مشاهده شد درحالی که دو پایه دیگر (قزوینی و سرخسی) به لحاظ این صفت اختلاف اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۱). همچنین با افزایش دمای محیط سطح برگ نیز افزایش یافت (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما برای صفت تعداد برگ نشان داد که با افزایش دمای محیط تعداد برگ در هر سه پایه پسته مورد مطالعه افزایش پیدا کرد به طوری که در مقایسه تیمارها با هم بیشترین تعداد برگ در پایه سرخسی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد محیط و کمترین تعداد برگ در پایه قزوینی در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد محیط حاصل شد (جدول ۳). مقدار وزن تر ریشه در پایه‌های مورد بررسی در دماهای مختلف محیط متفاوت بود با افزایش دمای محیط بیشترین مقدار وزن تر ریشه در پایه بادامی زرنند و در دمای ۲۵ درجه

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده پایه برای صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه نشان داد که بین پایه‌های قزوینی و سرخسی اختلاف معنی داری وجود ندارد درحالی که پایه بادامی زرنند به طور معنی داری وزن بیشتری نسبت به دو پایه دیگر داشت و هم چنین وزن تر ساقه پایه بادامی زرنند به طور معنی داری بیشتر از دو پایه دیگر بود و پایه سرخسی نیز به طور معنی داری وزن ساقه کمتری نسبت به پایه قزوینی داشت (جدول ۱). همچنین اثر ساده دما نشان داد که با افزایش دمای محیط وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر ساقه و وزن خشک ساقه در پایه‌های مورد بررسی افزایش یافت (جدول ۲) در بین پایه‌های مورد بررسی نیز بیشترین نسبت اندام هوایی به ریشه در پایه بادامی زرنند حاصل شد ولی برای صفت مذکور در بین دماهای مورد بررسی اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

اختلاف معنی داری با هم نشان ندادند (جدول ۳).

شاخص سبزینگی (اسپد)

شاخص سبزینگی در رقم سرخسی کمتر از سایر ارقام بود و با افزایش دما این شاخص افزایش یافت (جدول ۳). در این مطالعه روند تغییر شاخص سبزینگی با افزایش دما در بین پایه‌های مورد بررسی سیر صعودی نشان داد و به‌طور کلی بیشترین میزان این شاخص در دماهایی ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در پایه‌های بادامی زرنند و قزوینی و کمترین مقدار آن در پایه سرخسی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۳).

میزان نسبی آب بافت برگ (RWC)

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما نشان داد در بین تیمارهای مورد بررسی پایه قزوینی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان RWC را دارد (جدول ۳). کمترین مقدار RWC در پایه سرخسی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید (جدول ۳).

سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در پایه سرخسی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین میزان وزن خشک ریشه در دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب در پایه بادامی زرنند، قزوینی و سرخسی حاصل شد (جدول ۳).

صفات فیزیولوژیکی

هدایت روزنه‌ای

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه و دما (جدول ۳) نشان داد که با افزایش دما میزان هدایت روزنه‌ای در پایه‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد به‌طوری‌که بالاترین میزان هدایت روزنه‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در پایه سرخسی و بادامی زرنند و کمترین میزان آن در پایه سرخسی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید. روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در دماهای مختلف در پایه قزوینی کمتر از سایر پایه‌ها بود به‌طوری‌که میزان هدایت روزنه‌ای در چهار دمای مختلف در این پایه

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی سه پایه پسته در چهار دمای محیط

Table 3. Means comparison of growth and physiological traits in three pistachio rootstocks at four environmental temperatures

میزان نسبی آب بافت برگ (درصد) RWC (%)	شاخص کلروفیل (اسپد) chlorophyll Index (SPAD)	هدایت روزنه‌ای (میلی مول بر متر مربع در ثانیه) Stomatal Conductance (m.mol/m ² s)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	تعداد برگ leaf Number of	دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	پایه Rootstock
59.18 ^d	37.18 ^{def}	297.58 ^{bc}	0.11 ^{abc}	0.89 ^{bc}	18.8 ^g	10	بادامی زرنند Badami -Zarand
33.64 ^{ef}	40.12 ^{bcd}	197.14 ^{dc}	0.11 ^{bc}	1.03 ^{ab}	20.66 ^{de}	15	
68.67 ^{bc}	41.91 ^{ab}	248.43 ^{bcd}	0.14 ^a	0.60 ^{de}	23.13 ^c	20	
68.66 ^{bc}	41.22 ^{bc}	467.39 ^a	0.12 ^{ab}	1.13 ^a	23.20 ^c	25	
56.40 ^d	37.02 ^{def}	213.05 ^{bcd}	0.07 ^{ed}	0.50 ^{ef}	17.93 ^h	10	قزوینی Ghazvini
40.05 ^e	36.18 ^{efg}	219.67 ^{bcd}	0.10 ^{bcd}	0.48 ^{ef}	21.13 ^d	15	
80.77 ^a	39.48 ^{bcd}	243.57 ^{bcd}	0.09 ^{bcd}	0.74 ^{cd}	22.73 ^c	20	
63.88 ^{cd}	44.78 ^a	316.43 ^b	0.12 ^{abc}	0.62 ^{de}	20 ^{ef}	25	
68.56 ^{bc}	33.20 ^g	179.10 ^d	0.09 ^{cde}	0.66 ^{de}	19.46 ^{ef}	10	سرخسی Sarakhsi
27.87 ^f	34.96 ^{fg}	203.45 ^{cd}	0.06 ^e	0.34 ^{fd}	19.93 ^{ef}	15	
76.25 ^{ab}	39.51 ^{bcd}	272.22 ^{bcd}	0.10 ^{bcd}	0.72 ^{cd}	26.06 ^a	20	
59.56 ^{cd}	38.59 ^{cde}	567.40 ^a	0.09 ^{bcd}	0.64 ^{ed}	25.06 ^b	25	

میانگین اعداد با حروف مشابه در هر ستون در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each row are not significantly different according to LSD test at the 5% level.

همبستگی صفات

بررسی نتایج آنالیز همبستگی صفات (جدول ۴) نشان می‌دهد که تعداد برگ با میزان ماده خشک برگ و ریشه، هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد و هم‌چنین با سطح برگ و میزان نسبی آب برگ در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند به عبارت دیگر با افزایش تعداد برگ میزان ماده خشک برگ، ریشه و هدایت روزنه‌ای نیز افزایش و با کاهش تعداد برگ میزان ماده خشک برگ، ریشه و هدایت روزنه‌ای نیز کاهش می‌یابد. ارتفاع ساقه نیز با وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد همبستگی معنی‌داری را دارد. طول ریشه با میزان ماده خشک ریشه همبستگی مثبت در سطح یک درصد دارد. وزن تر برگ با ارتفاع ساقه، وزن تر ساقه و ریشه و با وزن خشک برگ، ریشه و ساقه و میزان سبزی‌نگی، سطح برگ همبستگی مثبت در سطح یک درصد و با میزان نسبی آب برگ RWC و نسبت اندام هوایی به ریشه همبستگی مثبت در سطح پنج درصد دارد. وزن تر ساقه با ارتفاع ساقه، وزن تر برگ و ریشه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، سبزی‌نگی، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه همبستگی مثبت دارد (جدول ۴). وزن تر ریشه نیز با ارتفاع ساقه، وزن تر برگ و ساقه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، میزان سبزی‌نگی، سطح برگ در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بین میزان ماده خشک ساقه با ارتفاع ساقه، وزن تر برگ، ساقه و ریشه، وزن خشک برگ و ریشه، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل، سطح برگ و نسبت اندام هوایی به ریشه در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. هم‌چنین بین میزان ماده خشک ریشه با هدایت روزنه‌ای و میزان نسبی آب بافت برگ در سطح پنج درصد و میزان سبزی‌نگی و سطح برگ در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید.

زودرسی و افزایش عملکرد بسیار مهم هستند. لذا برای تولید پایه‌های پسته علاوه بر مقاومت در برابر بیماری‌های خاک‌زاد رشد سریع دانه‌ها در نهالستان نیز مورد نیاز است. با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفات رشدی و فیزیولوژیکی مورد بررسی (جدول ۱) در این آزمایش مشاهده شد که ارتفاع ساقه و سایر صفات رشدی پایه بادامی زرد نسبت به پایه‌های سرخسی و قزوینی بیشتر و برتر است که نتایج به دست آمده مشابه با نتایج دیگر است که در آن قدرت رشدی ژنوتیپ‌های آتلانتیکا^۱ و زیرگونه‌های آن (موتیکا^۲، کوردیکا^۳، کابولیکا^۴)، بادامی ریز زرد، قزوینی، سرخسی و خینجوک^۵ را مقایسه کردند که بیشترین ارتفاع و قطر ساقه به ترتیب در ژنوتیپ‌های آتلانتیکا، بادامی ریز زرد، قزوینی، خینجوک، سرخسی، کابولیکا، موتیکا، کوردیکا به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده در بررسی حاضر پایه سرخسی کمترین شاخص میزان سبزی‌نگی (اسپد) را در بین گونه‌های مورد بررسی دارد. در مطالعه‌ای که بر روی پایه‌های فوق‌الذکر صورت گرفته بود پایه بادامی ریز زرد دارای بیشترین میزان شاخص اسپد و بین پایه‌های سرخسی و قزوینی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Karimi 2012).

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود دماهای پایین محیط (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) اثر کاهشی بر روی پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی پایه‌های مورد مطالعه دارند. افزایش دمای محیط سبب افزایش تعداد برگ، وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و گسترش سطح برگ در پایه‌های مورد بررسی گردید. تحقیقی که در همین رابطه بر روی سویا انجام گرفت نشان داد که وزن گیاه، تعداد و سطح برگ با کاهش دمای منطقه ریشه کاهش می‌یابد (Walsh and Layzell, 1986)؛ Zhang et al., 1995).

- 1- *P. atlantica*
- 2- subsp. *mutica*
- 3- subsp. *kurdica*
- 4- Subsp. *cabulica*
- 5- *P. khinjuk*

انتخاب پایه‌های پر رشد که در اوایل پیوند مقاوم به شرایط نامساعد محیطی و بیماری‌ها باشند از لحاظ

جدول ۴- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در سه پایه پسته تحت تیمار دمایی

Table 4. The Pearson correlation of measurement traits in three pistachio rootstock under temperature treatments

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	صفات Traits
													1	1
												1	0.007	2
											1	0.245	0.024	3
										1	0.293	0.766**	0.273	4
									1	0.897**	0.201	0.863**	0.15	5
								1	0.759**	0.752**	0.285	0.610**	0.199	6
							1	0.58**	0.740**	0.833**	0.29	0.688**	0.51**	7
						1	0.811**	0.73**	0.926**	0.842**	0.148	0.891**	0.288	8
					1	0.721**	0.767**	0.67**	0.692**	0.757**	0.378*	0.508**	0.44**	9
				1	0.356*	0.435**	0.407*	0.27	0.296	0.27	-0.307	0.149	0.47**	10
			8	0.261	0.54**	0.457**	0.588**	0.345*	0.484**	0.516**	0.131	0.297	0.298	11
		1	0.496**	0.116	0.78**	0.717**	0.83**	0.59**	0.70**	0.84**	0.43**	0.656**	0.387*	12
	1	0.4*	0.298	0.262	0.412*	0.253	0.460**	0.239	0.205	0.337*	0.3	0.15	0.389*	13
1	0.022	0.25	0.151	0.204	-0.114	0.538**	0.450**	0.199	0.449**	0.371*	-0.142	0.625**	0.022	14

*, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح پنج و یک درصد.

- | | | | |
|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|
| (۱۳) میزان نسبی آب برگ (RWC) | (۹) وزن خشک ریشه (Root dry weight) | (۵) وزن تر ساقه (Shoot fresh weight) | (۱) تعداد برگ (Number of leaf) |
| (۱۴) نسبت اندام هوایی به ریشه (Shoot/root) | (۱۰) هدایت روزنه‌ای (Stomatal conductance) | (۶) وزن تر ریشه (Root fresh weight) | (۲) طول ساقه (Stem length) |
| | (۱۱) میزان سبزی‌نگی (Spad index) | (۷) وزن خشک برگ (Leaf dry weight) | (۳) طول ریشه (Root length) |
| | (۱۲) سطح برگ (Leaf area) | (۸) ساقه وزن خشک (Shoot dry weight) | (۴) وزن تر برگ (Leaf Fresh weight) |

نهایت سبب افزایش عملکرد می شود. وجود همبستگی مثبت بین هدایت روزنه‌ای و تعداد برگ و میزان ماده خشک ریشه و برگ نشان می‌دهد که گسترش سطح فتوسنتز کننده گیاه و افزایش فتوسنتز به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای موجب افزایش سنتز ماده خشک آن گردیده است. افزایش دمای خاک و هوا نیز سبب افزایش ارتفاع ساقه و سطح برگ و حجم زیست توده اختصاص یافته در اندام‌های رویشی درخت توس (غان) شده است (Weih *et al.*, 2001). با توجه به (جدول ۳) بیشترین میزان شاخص سبزیگی در پایه قزوینی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط حاصل شد و کمترین میزان آن در پایه سرخسی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد محیط به دست آمد. مشخص شده است که کاهش بخشی از میزان نتایج آنالیز همبستگی صفات نیز نشان داد که افزایش شاخص سبزیگی (غلظت کلروفیل) سبب افزایش فتوسنتز و رشد گیاه افزایش وزن تر و خشک اندام‌های گیاهی می‌گردد. کاهش ماده خشک در اثر کاهش فتوسنتز می‌تواند به دلیل کاهش در میزان شاخص سبزیگی (اسپد) باشد (Hatfield and Prueger, 2015). بر اساس نتایج برخی از آزمایش‌ها عدد اسپد و شاخص کلروفیل همبستگی بالایی با مراحل رشدی، ژنوتیپ و شرایط محیطی مزرعه دارد (Takebe *et al.*, 1990). میزان کلروفیل در برگ‌های سیب در دماهای فوق بهینه ریشه کاهش می‌یابد (Reyes *et al.*, 2016). در تعدادی از پایه‌های کلونی سیب میزان کلروفیل در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد ریشه نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ریشه بسیار کمتر است با این حال محتوای آن در ۳۵ درجه سانتی‌گراد با محتوای برگ‌های پایه‌های کلونی آزمایش شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد متناسب است. کاهش کلروفیل در دماهای فوق بهینه ریشه به نظر نمی‌رسد عامل مهمی از اثرات مضر این قبیل دماها باشد (Radville *et al.*, 2016). پایه‌های مورد مطالعه در دماهای مختلف محیط میزان RWC متفاوتی را نشان می‌دهند به طوری که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد پایه قزوینی بیشترین میزان RWC و پایه بادامی زرنند

همچنین در موز وارسته ویلیامز نیز با افزایش دما از ۱۷ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاه و وزن خشک ریشه افزایش یافت و زمانی که دما از ۲۹ به ۳۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت وزن خشک ریشه و کل گیاه کاهش یافت (Turner and Lahav, 1985). ذخیره ماده خشک ریشه سویا تحت تأثیر دمای پایین منطقه ریشه قرار گرفت و به نسبت زیادی کاهش یافت (Walsh and Layzell, 1986). Berndt *et al.* (1999) پیشنهاد کردند انسداد آوندهای چوبی عامل اصلی کاهش سطح برگ در دماهای پایین منطقه ریشه ماست. البته کاهش هدایت روزنه‌ای با کم شدن دما منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش بیوماس می‌شود. پایه‌های پسته به لحاظ رشدی در دماهای مختلف محیط با هم اختلافات معنی‌داری را نشان دادند. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط میزان رشد و نمو پایه‌های پسته کاهش یافت. Zhu *et al.* (1996) نیز نشان دادند که در شش گونه یونجه یک‌ساله در دماهای مختلف وزن گیاه، گسترش سطح برگ و نسبت ماده خشک اختصاص یافته به ساقه، برگ و ریشه با هم تفاوت دارد. نتایج جدول همبستگی (جدول ۴) نشان داد که افزایش وزن خشک برگ و ساقه به دلیل افزایش تعداد و سطح برگ، ارتفاع ساقه و وزن خشک ریشه است و افزایش وزن خشک ریشه در اثر افزایش دمای خاک اتفاق می‌افتد. که با نتایج به دست آمده توسط سایر محققین بر روی گیاه یونجه هم‌سو است (Azizi *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای که توسط Ojeda *et al.* (2004) بر روی گونه‌های Annona صورت گرفت نشان دادند که با کاهش دمای خاک وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه در گونه 'Gefner' atemoya بر روی پایه‌های sugar apple و soursop تقریباً به صورت خطی کاهش یافت. با افزایش دمای محیط تعداد برگ در هر سه پایه پسته افزایش یافت که بیشترین میزان آن در پایه سرخسی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین میزان آن در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در رقم قزوینی به دست آمد. افزایش تعداد و سطح برگ موجب افزایش میزان فتوسنتز و در

همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول (۳) بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در پایه سرخسی و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محیط و کمترین میزان آن نیز در همین پایه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد که نشان‌دهنده حساس بودن این پایه نسبت به تغییرات دمای محیط است اما در پایه قزوینی تغییرات هدایت روزنه‌ای با افزایش دمای محیط کمتر تغییر کرد که نشان‌دهنده تحمل بیشتر این پایه نسبت به شرایط دمایی مختلف است. DeLucia (1986) نشان داد دمای پایین خاک (زیر ۸°C) سبب کاهش جذب کربن، هدایت روزنه‌ای و پتانسیل فشار آوند چوبی در دانهال‌های صنوبر می‌شود. همبستگی مثبت مشاهده‌شده بین وزن خشک ریشه و هدایت روزنه‌ای منعکس‌کننده سازگاری شرایط اکولوژیکی پایه‌ها با محلی است که بومی آنجا می‌باشند.

نتیجه‌گیری

از جمله ویژگی‌های مورد نیاز برای انتخاب پایه مناسب در نهالستان رشد سریع در مراحل اولیه رشدی، مقاومت در برابر بیماری‌های خاک‌زاد و عوامل نامساعد محیطی از جمله دماهای پایین در اوایل فصل رشد است. نتایج بررسی حاضر نشان داد که دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) محیط موجب کاهش تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه، ریشه و سایر پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی مورد اندازه‌گیری در پایه‌های مورد بررسی می‌شود. همچنین هدایت روزنه‌ای بالا در پایه بادامی زرنند نسبت به دو پایه دیگر مورد بررسی در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش فتوسنتز و رشد در این پایه گردید. نتایج نشان داد که پایه بادامی زرنند از قدرت رشدی بهتری نسبت به سایر پایه‌ها در دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) محیط برخوردار است که می‌تواند حاکی از مقاومت این پایه به دماهای کم در اوایل فصل رشد نسبت به سایر پایه‌ها باشد.

کمترین میزان را در این دما دارد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مقدار RWC در پایه بادامی زرنند بیشتر از پایه‌های سرخسی و قزوینی است و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد محیط به ترتیب پایه قزوینی، بادامی زرنند و سرخسی بیشترین میزان RWC را در این دما به خود اختصاص دادند. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد محیط بیشترین میزان RWC در پایه سرخسی به دست آمد ولی دو پایه دیگر به لحاظ RWC تفاوتی با یکدیگر نداشتند. میزان نسبی آب بافت برگ بیشتر تحت تأثیر روابط آب خاک و گیاه است RWC بالا به معنای توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است. Blum *et al.* (1981) اظهار داشته‌اند که ژنوتیپ‌های که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری دارند برای مناطق خشک مناسب هستند. در این بررسی عدم همبستگی بین هدایت روزنه‌ای با RWC نشان می‌دهد هدایت روزنه‌ای و تعرق کمتر، باعث افزایش RWC نمی‌شود بلکه RWC بالاتر ممکن است به دلیل وجود ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی و یا توانایی ریشه در جذب آب باشد (Schonfeld *et al.*, 1988). وجود همبستگی معنی‌دار بین وزن خشک برگ و میزان نسبی آب بافت برگ نشان می‌دهد فتوسنتز در برگ‌های که RWC بالاتری دارند بهتر انجام می‌شود. Nurzadeh namaghi *et al.* (2016) نشان دادند که با افزایش دما میزان هدایت روزنه‌ای نیز در پایه‌های پسته افزایش می‌یابد. با بررسی تغییرات هدایت روزنه‌ای و دمای برگ پسته تحت انواع مالچ‌های آلی و غیر آلی داشتند. بیان کردند که مالچ‌های پلاستیکی (به جزء UV) و آلی در ۲۴ و تیمار پلاستیک UV در ۳۶ روز بعد آبیاری به علت حفظ مطلوب رطوبت خاک و افزایش دمای منطقه ریشه دارای بالاترین میزان هدایت روزنه‌ای برگ می‌باشند که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشند.

References

- Azizi, K. H., Amini Dehaghi, M. and Heidari Sharif Abad, H. (2004). Growth and development of three annual meicago species under different air and root zone temperatures. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 17(3), 58-66. [In Farsi]

- Bartholomew, P. W. and Williams, R. D. (2005). Cool-season grass development response to accumulated temperature under a range of temperature regimes. *Crop Science*, 45(2), 529-534.
- Berndt, M. L., McCully, M. E. and Canny, M. J. (1999). Is xylem embolism and refilling involve in the rapid wilting and recovery of plants following root cooling and rewarming?. *Plant Biology*, 1(5), 506-515.
- Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. (1981). The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Science*, 21(4), 495-499.
- Davarynejad, G. H., Azizi, M. and Akheratee, M. (2009). Effect of foliar nutrition on quality, quantity and alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Horticultural Sciences*, 23(2), 1-10. [In Farsi]
- Day, T. A., Heckathorn, S. A. and Delucia, E. H. (1991). Limitations of photosynthesis in *Pinus taeda* L. (loblolly pine) at low soil temperatures. *Plant Physiology*, 96(4), 1246-1254.
- DeLucia, E. H. (1986). Effect of soil temperature on net photosynthesis, stomatal conductance and carbohydrate concentration in Engelmann spruce (*Picea engelmannii* Parry ex Engelm.) seedlings. *Tree Physiology*, 2, 143-154.
- Emami, A. (1997). *Methods of plant analysis*. Iran: Soil and Water Institute Press. [In Farsi]
- Hatfield, J. L. and Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4-10.
- Hatfield, J. L., Boote, K. J. Kimball, B. A. Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., Thomson, A. M. and Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103(2), 351-370.
- Kafkas, S., Ebru, K. and Perl-Treves R. (2002). Morphological diversity and germplasm survey of three wild Pistacia species in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(3), 261-270.
- Karimi, H. (2012). Evaluation of the behaviour of native Iranian pistachio species as rootstocks. *Journal of Nuts and Related Sciences*, 3, 41-46.
- Lahti, M., Aphalo, P., Finer, L., Ryyppo, A., Lehto, T. and Mannerkoski, H. (2005). Effects of soil temperature on shoot and root growth and nutrient uptake of 5-year-old Norway spruce seedlings. *Tree Physiology*, 25(1), 115-122.
- Landhuser, S. M., Wein, R. W. and Lange, P. (1996). Gas exchange and growth of three arctic treeline tree species under different soil temperature and drought precondition in regimes. *Canadian Journal of Botany*, 74, 686-693.
- Lee, J., De Gryze, S. and Six, J. (2011). Effect of climate change on field crop production in California's central valley. *Climatic Change*, 109(1), 335-353.
- Luedeling, E., Zhang, M. and Girvetz, E. H. (2009). Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut trees in California during 1950-2099. *PLoS ONE*, 4(7), e6166.
- Mo, Y., G Liang, G., W Shi, W. and J Xie, J. (2011). Metabolic responses of alfalfa (*Medicago Sativa* L.) leaves to low and high temperature induced stresses. *African*

- Journal of Biotechnology, 10(7), 1117-1124.
- Nurzadeh namaghi, M., Davarynejad, G. H., Ansari, H. and Zarea Feyzabadi, A. (2016). Pistachio leaf stomatal conductance and temperature changes affect the types of organic and inorganic mulch. The Ninth Congress of Horticultural Sciences, Ahvaz. [In Farsi]
- Ojeda M., Schaffer B. and Davies, F. S. (2004). Soil temperature, physiology and growth of containerized *Annona* species. *Scientia Horticulturae*, 102(2), 243-255.
- Radville, L., McCormack, M. L., Post, E. and Eissenstat, D. M. (2016). Root phenology in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*, 67(12), 3617-3628.
- Reyes, F., DeJong, T., Franceschi, P., Tagliavini, M. and Gianelle, D. (2016). Maximum growth potential and periods of resource limitation in apple tree. *Front in Plant Science*, 7, 233-245.
- Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28(3), 526-531.
- Schulz, E. D., Beck, E. and Hohenstein, K. M. (2005). *Plant ecology*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Schwarz, P. A., Fahey, T. J. and Dawson, T. E. (1997). Seasonal air and soil temperature effects on photosynthesis in red spruce (*Picea rubens*) saplings. *Tree Physiology*, 17(3), 187-194.
- Takebe, M., Yoneyama, T., Inada, K. and Murakami, T. (1990). Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop nitrogen status. *Plant and Soil*, 122(2), 295-297.
- Tamaki, M., Kondo, S., Itani, T. and Goto, Y. (2002). Temperature responses of leaf emergence and leaf growth in barley. *The Journal of Agricultural Science*, 138(1), 17-20.
- Turner, D. W. and Lahav, E. (1985). Temperature influences nutrient absorption and uptake rates of bananas grown in controlled environments. *Scientia Horticulturae*, 26(4), 311-322.
- Walsh, K. B. and Layzell, D. B. (1986). Carbon and nitrogen assimilation and Partitioning in soybeans exposed to low root temperatures. *Plant Physiology*, 80(1), 249-255.
- Weih, M. and Karlsson, P. S. (2001). Growth response of mountain birch to air and soil temperature: Is increasing leaf-nitrogen content an acclimation to lower air temperature. *Journal of New Phytologist*, 150(1), 147-155.
- Wolfe, D. W., Ziska, L., Petzoldt, C., Seaman, A., Chase, L. and Hayhoe, K. (2008). Projected change in climate thresholds in the Northeastern U.S.: Implications for crops, pests, livestock and farmers. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(5-6), 555-575.
- Yamasaki, S. and Dillenburg, L. C. (1999). Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2), 69-75.
- Zhang, F., Lynch, D. H. and Smith, D. L. (1995). Impact of low root temperatures on soybean *Glycin max* (L.) Merr. Nodulation and nitrogen fixation. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 35(3), 279-285.
- Zhu, Y., Sheaffer, C. C. and Barnes, D. K. (1996). Forage yield and quality of six annual *Medicago* species in the North Central, USA. *Agronomy Journal*, 88(6), 955-960.

The Growth and Physiological Characteristics of Three Commercial Rootstocks of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Under Controlled Temperature Conditions

H. Hokmabadi¹, M. Rezaei^{2*} and H. Hokmabadi³

- 1- M.Sc. Graduate of Horticultural Science, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
- 3- Agriculture and Natural Resources Research Center Semnan, Shahrood, Iran

Received: 9 December, 2016

Accepted: 22 November, 2017

Abstract

Background and Objectives

In recent decades, global warming causes climate changes which triggers physiological and nutrition disorders in plants. Iran is a main pistachio producer in the world. Pistachio cultivar is mainly grafted into seedling rootstocks which are obtained from especial cultivars and wild type pistachio. The changes in the vegetative growth and yield in pistachio orchards have been obviously observed in the years with so warm or so cold weather conditions. The purpose of this research was evaluating the effects of temperature on the growth of three pistachio rootstocks.

Materials and Methods

In order to study the effect of temperature on the growth and physiological characteristics of three commercial pistachio rootstocks, a factorial experiment on the basis of a completely randomized design (CRD) was carried out with three replications. The first factor was three rootstocks including: *Pistacia vera* cv. Badamie-zarand, *P. vera* cv. Ghazvini and *P. vera* var. Sarakhsi and the second factor was four temperature conditions including: 10, 15, 20 and 25 degrees Celsius. Pistachio seedlings after planting up to 15-leaf stage were kept in the greenhouse condition and then the pots were transferred to growth chambers which adjusted to defined temperature treatments. The plants were kept in temperature treatments for fifteen days. At the end of experiment, growth parameters including fresh and dry leaf weight, fresh and dry weight in shoot and root and leaf area and physiological parameters including stomatal conductance, relative water content of leaves and leaf chlorophyll index were measured. The statistical analysis was done using SAS 9.1 software and mean comparison was done by using the lowest significant difference test (LSD).

Results

The results showed that with increasing environmental temperature, an increase in the number of leaves, stem height, dry weight of leaf, stem and root, leaf area was observed in pistachio rootstocks. There were significant differences among rootstocks in most of the growth parameters. Badamie-Zarand was more vigorous than the other rootstocks in low temperature. The highest SPAD index was observed in high temperature environment (20, 25°C) beside lowest SPAD index level was observed at Low temperature environmental (10, 15°C). Minimum and maximum stomatal conductance was respectively obtained at 10 and 25 °C in Sarakhsi rootstocks which reveals the sensitivity of this rootstock to temperature fluctuations. In contrast, stomatal conductance variations in the Ghazvini rootstocks are lower than the other rootstocks when exposed to different environmental temperature. This may show the tolerance of this variety to changes of environmental temperature conditions. The leaf RWC in three pistachio rootstocks at different ambient temperatures shows a significant difference. At 15 and 20°C, Ghazvini rootstock has the highest RWC and Badamie- Zarand rootstock has the lowest levels of RWC. The highest relative water content was obtained at 10°C in Sarakhsi rootstock and at 25°C in Badamie-Zarand rootstock. Positive correlation between root dry weight and stomatal conductance reflects the rootstock compatibility with ecological conditions.

Discussion

Badami Zarand rootstock has more vegetative growth in low temperature environment and more adaptation to a wide range of temperature in comparison to two others rootstock and also can be recommended to nursery as a rootstock for planting.

Keywords: Chlorophyll index, Growth chamber, Root dry weight, Stomatal conductance