اثر تنش خشکی بر تغییرات آبسیزیک اسید، پتانسیل آب برگ و محتوای آب نسبی برگ برخی پایه‌های دانهالی پسته

مصطفی قاسمی[۱]*، کاظم ارزانی[۲]، عباس یداللهی[۳]، حسین حکم آبادی[۴]، شیوا قاسمی[۱]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر تغییرات اسیدآبسیزیک، پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ در چهار پایه دانهالی پسته در سال ۱۳۹۰ در گلخانه آزمایشی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس تهران انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل تأمین ۱۰۰ درصد (بدون تنش)، ۶۵ درصد (تنش متوسط) و ۳۰ درصد (تنش شدید) نیاز تبخیر و تعرقی گیاه بودند که به مدت ۷۵ روز روی دانهال‌های ۴ ماهه پسته اعمال شدند. پایه‌های پسته اهلی (*Pistacia vera*) شامل بادامی زرند، قزوینی، سرخس و بنه (*P. mutica*) بودند. پارامترهای غلظت اسیدآبسیزیک برگ، پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ در دانهال‌های پسته بررسی شدند. نتایج نشان داد تنش آبی سبب کاهش پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ گردید درحالیکه غلظت اسیدآبسیزیک برگ افزایش یافت. غلظت اسیدآبسیزیک در پایه سرخس در شرایط تنش خشکی با شدت بیشتری نسبت به پایه‌های دیگر افزایش یافت که می‌توان بیان کرد این پایه به میزان بیشتری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت. پایه بنه در همه سطوح کمترین میزان پتانسیل آب برگ را در بین پایه‌ها نشان داد. پتانسیل آب برگ پایه بنه در تنش متوسط ۲/۰۹- و در تنش شدید ۲/۴۸- مگا پاسکال بود. درحالی‌که تفاوت بین سایر پایه‌ها در پارامتر پتانسیل آب برگ معنی‌دار نبود. پایه‌های بنه و بادامی زرند، محتوای نسبی آب برگ بالاتری در شرایط تنش داشتند. بالاتر بودن محتوای نسبی

[۱]عضو هیات علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران

*نویسنده مسئول: mostafaghasemi1417@gmail.com

[۲]استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

[۳] دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

[۴]عضو هیات علمی، ایستگاه پسته دامغان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

آب برگ در پایه بنه، علی‌رغم پتانسیل آب پایین‌تر می‌تواند به تنظیم اسمزی بهتر این پایه نسبت داده شود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که پایه‌های بنه و بادامی از تحمل به خشکی بیشتری برخوردار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: اسیدآبسیزیک، پتانسیل آب برگ، تنش خشکی

مقدمه

کشاورزی ایران با محصول پسته در جهان شناخته‌شده و این محصول، جزء مهم‌ترین بخش صادرات غیر نفتی می‌باشد. درحال حاضر بالغ بر ۳۰۰ هزار هکتار باغ پسته بارور در کشور وجود دارد که بیش از ۷۰ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان و بقیه در استان‌های یزد، قزوین، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، مرکزی و اصفهان قرار دارند (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۴).

ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده پسته دنیا می باشد و ۶۰ تا ۶۵ درصد تولید پسته دنیا را در اختیار دارد (FAO, 2015). این سهم بالا از سطح زیرکشت سبب شده است تا با وجود عملکرد پایین‌تر ایران نسبت به کشورهایی همچون ایالات متحده، همچنان بزرگ‌ترین تولیدکننده پسته باقی بماند (محمودی و جلالی، ۱۳۹۵). در دهه‌های اخیر محدودیت آب و روند نامطلوب شدن کیفیت آبهای زیرزمینی شدت گرفته است. نتیجه این شرایط تاثیر منفی بر رشد و عملکرد درختان پسته می‌باشد (زین‌الدینی میمند و همکاران، ۱۳۹۸). درختان پسته به خاطر داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق و داشتن واکس در ساختار برگ و قابلیت تنظیم اسمزی بالا ظرفیت خوبی برای مقاومت به تنش خشکی دارند (Behboudian *et al.*, 1986; Panahi *et al.*, 2002)، اما این بدین معنی نیست که درختان پسته برای تولید بهینه به آب کمی نیاز دارند، بلکه آن‌ها قادرند عملکرد متوسطی با آب خیلی کم داشته باشند (Goldhamer, 1995) و کمیت و کیفیت محصول درختان پسته در مواجهه با تنش خشکی به طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Goldhamer & Beede, 2004).

مطالعه Gijon *et al.* (۲۰۱۱) نشان داد فرآیندهای اسیمیلاسیون در پسته به تنش آب حساسیت کمی دارند و این فرایندها در سطوح پایین پتانسیل آب برگ نیز عمل می‌کنند و لذا این امر نیز می تواند توضیحی بر مقاومت بالای پسته به خشکی باشد. Behboudian *et al.* (۱۹۸۶) مشاهده کردند که با کاهش پتانسیل آب برگ پسته اهلی تا حدود ۳- مگا پاسکال، فتوسنتز کاهش یافت و به حدود ۴/۵ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه رسید، اما فتوسنتز تا افت پتانسیل آب برگ تا مقدار ۵MPa- ادامه داشت و متوقف نشد. در برخی موارد پتانسیل فشاری نیز در پتانسیل آب برگ ۶- مگا پاسکال حفظ شد

(پتانسیل فشاری ۰/۳ MPa) که در گیاهان چوبی، پدیده¬ای نادر است .اما در پتانسیل‌های پایین‌تر، کارایی استفاده از آب کاهش یافت.

با توجه به اهمیت محصول پسته در کشور به عنوان یک محصول مهم استراتژیک و همچنین قرار گرفتن ایران در شرایط خشک و نیمه‌خشک، تحقیقات به منظور یافتن پایه‌های متحمل به خشکی ضروری می‌باشد. برای پسته می‌توان از گونه‌های بنه، خنجوک (*khinjuk*)، آتلانتیکا (*atlantica*) و پسته معمولی به عنوان پایه استفاده کرد. اما در ایران بهترین نتیجه از پایه‌های پسته اهلی گرفته شده است. این تحقیق با هدف بررسی اثرات تنش خشکی بر برخی مکانیسم‌های تحمل به خشکی در پایه‌های دانهالی پسته و شناسایی بهترین پایه از نظر میزان تحمل به خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس روی پایه‌های پسته اهلی (*Pistacia vera*) شامل بادامی زرند، قزوینی، سرخس و بنه (*P. mutica*) انجام شد. بذور پایه‌های پسته در اواخر زمستان ۱۳۸۹ در گلدان‌های ۱۱ لیتری کشت شدند. بذرهای پایه بنه به منظور جوانه‌زنی بهتر به مدت دو ماه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در محیط ماسه مرطوب قرار داده شدند. بذرهای بادامی‌زرند، قزوینی و سرخس ۲۴ ساعت قبل از کشت در آب خیسانده شدند. بذر همه پایه‌ها قبل از کاشت با قارچ کش بنومیل با غلظت ۲/۵ در هزار و مایع شوینده با غلظت ۱۰ درصد ضدعفونی شدند. در هر گلدان تعداد سه بذر کشت شد و پس از رشد تنها یک دانهال در هر گلدان حفظ شد.

دمای متوسط روزانه گلخانه ۳۵-۲۷ درجه‌سانتی‌گراد، دمای متوسط شبانه ۲۵-۱۹ درجه‌سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۳۷ درصد بود. پس از رشد و مراقبت‌های لازم از گیاهان، تیمارهای آبیاری برای مدت ۷۵ روز روی دانهال‌های ۴ ماهه اعمال شد. تیمارهای آبیاری شامل سه سطح آبیاری شاهد یا ۱۰۰ درصد ET_c، تنش متوسط یا ۶۵ درصد ET_c و تنش شدید یا ۳۰ درصد ET_c بودند. ET_c یا تبخیر و تعرق گیاه توسط وزن کردن گلدان‌ها محاسبه شد. برای این منظور بعد از غروب آفتاب که تبخیر و تعرق متوقف شد همه گلدان‌ها آبیاری شدند و اجازه داده شد آب زهکش آن‌ها خارج و گلدان‌ها به وزن ثابت یا ظرفیت گلدان(مزرعه) رسیدند (۱۰۰درصد ظرفیت نگهداری آب). قبل از طلوع آفتاب یعنی قبل از اینکه تبخیر و تعرق آغاز شود و زمانی که گلدان‌ها به وزن ثابتی رسیدند اقدام به وزن کردن گلدان‌ها شد و وزن گلدان‌ها در حد ظرفیت

زراعی مشخص شد. سپس هر دو روز یکبار گلدان‌ها در یک ساعت معین مجددا وزن می‌شدند. کاهش وزن در دو مرحله به عنوان تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) تعیین شد (Arzani & Arji, 2000). در گیاهان شاهد (۱۰۰ درصد ET_c) همواره همه مقدار آب کم شده به گلدان‌ها برگردانده شد. اما در تیمار تنش ملایم، ۶۵ درصد و در تیمار شدید، ۳۰ درصد آبی که به گیاهانی شاهد داده می‌شد به گلدان‌ها اضافه شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان قبل از شروع آزمایش در جدول۱ آورده شده است.

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در انتهای دوره آزمایش پارامترهای غلظت هورمون اسیدآبسیزیک برگ، پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده برای پایه‌های دانهالی پسته.

بافت خاک	pH	EC	رس	شن	لای	کربنات کلسیم	نیتروژن کل	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	منگنز	بور	مس
		ds/m	درصد						ppm						
لومی شنی	۷/۳۳	۱/۴۰	۱۵	۶۵	۲۰	۶	۰/۰۹	۱/۸	۶۵۰	۲۲	۵	۴	۷	۱/۵	۰/۷

الف- استخراج و اندازه‌گیری اسیدآبسیزیک

برای اندازه‌گیری اسیدآبسیزیک برگ از Ross *et al.* (۲۰۰۴) و Ergun *et al.* (۲۰۰۲) با اعمال تغییراتی استفاده شد. در پایان آزمایش (۷۵ روز پس از تنش)، ۱ گرم برگ فریز شده (گرفته‌شده از برگ‌های بالغ)، توسط نیتروژن مایع در هاون چینی ساییده شد و با اضافه کردن ۲۵میلی‌لیتر محلول ۶:۱۴ متانول:کلروفرم (حجمی) به هرنمونه، به مدت یک هفته در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از طی این مدت عصاره جدا و بقایا مجدداً یک هفته دیگر در ۲۵ میلی‌لیتر از محلول ذکرشده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. این عمل برای بار سوم هم تکرار گردید. همه عصاره‌های به دست آمده با هم مخلوط گردیده و پس از صاف شدن توسط کاغذ صافی به قیف جداسازی منتقل شدند. با اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر آب یک‌بار تقطیر، قیف سریع تکان داده شد تا دو فاز تشکیل گردد. در این حالت کلروفرم و ترکیبات حل شده در آن در پایین قیف ته نشین گردید و توسط قیف دکانتور جدا شد و دور ریخته شد. فاز بالایی که دارای آب و متانول و اسیدآبسیزیک بود به دستگاه روتاری (Heidolph Rotary Evaporator) منتقل گردید (متانول حلال اسیدآبسیزیک

می‌باشد). متانول این فاز در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه روتاری جدا گردید. در مرحله بعد برای جداسازی فرم آزاد (غیربانددی) اسیدآبسیزیک، از اتیل استات استفاده شد. برای این منظور ابتدا با استفاده از اسیدکلریدریک و هیدروکسید سدیم ۱ نرمال، pH محلول به ۲/۵ رسید. در این pH، ، اسیدآبسیزیک با اتیل‌استات واکنش می‌دهد. سپس در سه مرحله، در هر مرحله ۱۵ میلی‌لیتر اتیل‌استات به محلول اضافه و با استفاده از قیف دکانتور فاز اتیل‌استات که شامل فرم آزاد ، اسیدآبسیزیک بود و در قسمت بالا قرار گرفته بود جدا گردید. اتیل‌استات فاز رویی با استفاده از دستگاه روتاری و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد از نمونه‌ها خارج گردید و بقایا که شامل فرم آزاد اسیدآبسیزیک بود در یک میلی‌لیتر متانول حل و جمع‌آوری شدند.

جهت انجام کروماتوگرافی لایه نازک (Thin layer chromatography, TLC)، نمونه‌های اسیدآبسیزیک از حلال ایزوپروپانول: هیدرو اکسید آمونیم: آب به نسبت حجمی ۱ : ۱ : ۱۰ استفاده گردید. جهت تزریق عصاره و استاندارد به TLC، ۲۰ میکرولیتر از آن‌ها استفاده گردید. پس از انجام کروماتوگرافی لایه نازک و مشاهده زیر نور UV، نمونه‌ها از سطح کاغذ TLC تراشیده و داخل اپندورف ریخته شدند و به هر کدام از نمونه‌ها ۱ میلی‌لیتر متانول اضافه گردید و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۶۳ نانومتر میزان اسیدآبسیزیک بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر قرائت گردید. جهت تهیه منحنی استاندارد اسید آبسیزیک از غلظتهای ۰ ، ۲۰ ، ۴۰ ، ۶۰ ، ۸۰ ، ۱۰۰ ، ۱۲۰ ، ۱۴۰ ، ۱۶۰ ، ۱۸۰ ، ۲۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر استفاده شد.

ب- پتانسیل آب برگ

اندازه‌گیری پتانسیل آب توسط دستگاه محفظه فشار (Pressure chamber, Skye, SKPM 1400, UK) در وسط روز روی دو برگ از هر گیاه (جوان‌ترین برگ‌های توسعه‌یافته و گرفته‌شده از شاخه‌های بیرونی تاج) بر اساس روش Romero & Botia (۲۰۰۶) انجام شد.

ج- محتوای نسبی آب برگ (RWC)

محتوای آب نسبی برگ، مطابق با روش توصیف‌شده توسط Ritchie *et al*. (۱۹۹۰) روی جوان‌ترین برگ‌های بالغ گیاه، اندازه‌گیری شد. بدین منظور، دیسک‌هایی از قسمت میانی پهنک برگ به قطر ۸ میلی‌متر (هر تکرار ۱۰ دیسک برگی) برداشت و پس از تعیین وزن‌تر، به ظرف پتری دربدار دارای آب مقطر منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ °C و در

تاریکی قرار داده شدند. سپس وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون (۷۰°C) به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک آن‌ها تعیین گردید و نهایتاً میزان نسبی آب برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد :

$$RWC = \frac{\text{F.W.} - \text{D.W.}}{\text{T.W.} - \text{D.W.}} \times 100$$

که در آن .F.W وزن تر برگ، .D.W وزن خشک برگ و .T.W وزن آماس برگ بودند.

د- تجزیه‌های آماری

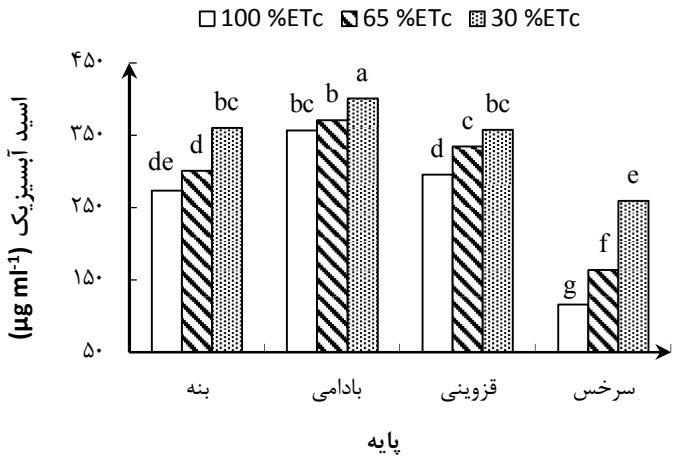
نتایج و داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار MSTATC ورژن ۱/۴۲، تجزیه آماری شد و نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه اکسل ورژن ۲۰۱۰ رسم گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

الف- اثر تنش خشکی بر میزان اسیدآبسیزیک برگ

طبق نتایج به دست آمده تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نوع پایه و اثر متقابل آبیاری و پایه بر میزان اسیدآبسیزیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تنش ملایم در پایه‌های بنه و بادامی‌زرند تاثیر معنی داری بر غلظت اسیدآبسیزیک نداشت درحالیکه یک افزایش معنی دار در غلظت اسیدآبسیزیک در برگ پایه‌های سرخس و قزوینی در این شرایط مشاهده شد. پایه سرخس کمترین غلظت اسیدآبسیزیک برگ را در همه تیمارهای رطوبتی نشان داد اگرچه بیشترین عکس العمل به تنش شدید و افزایش نسبی در غلظت اسیدآبسیزیک در تنش شدید در این پایه مشاهده شد. بیش‌ترین میزان اسیدآبسیزیک در شرایط تنش شدید آبی در پایه بادامی به دست آمد (شکل ۱).

ریشه‌های گیاه نخستین بخش گیاه هستند که به کمبود رطوبت خاک پاسخ می‌دهند و قادرند تنش را حس کرده و به آن پاسخ دهند (Xiong *et al.*, 2006). گزارش شده مقادیر اسیدآبسیزیک آوند چوب طی یک ساعت پس از اعمال تنش خشکی (Bensen *et al.*, 1988)) و شوری (He & Cramer, 1996) افزایش می‌یابد. افزایش هورمون اسیدآبسیزیک در شرایط تنش



شکل ۱- اثر تنش خشکی بر میزان اسیدآبسیزیک پایه‌های دانهالی پسته.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

خشکی تأییدی بر این مطلب است که اسیدآبسیزیک به عنوان هورمون تنش می‌باشد. این هورمون به تنش‌های محیطی مرتبط با تغییر در فعالیت آب، به وسیله مکانیسم‌های متابولیکی و نموی واکنش نشان می‌دهد و پس از اینکه غلظت آن از سطح آستانه فراتر رفت، سبب بسته شدن کامل روزنه‌ها و تغییر در نحوه بیان ژن می‌گردد. افزایش اسیدآبسیزیک برگ در گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شاهد با نتایج پیری پیرایوانلو و همکاران (۱۳۸۷) روی زردآلو، Alves & Setter (۲۰۰۴) روی کاساوا، و Kobashi *et al.* (۲۰۰۰) روی هلو همخوانی داشت.

همانطور که مشاهده شد در پایه‌های بنه، بادامی‌زرند و قزوینی اگرچه غلظت اسیدآبسیزیک برگ نسبت به پایه سرخس بالاتر بود اما غلظت این هورمون در پایه سرخس در شرایط تنش خشکی با شدت بیشتری نسبت به پایه‌های دیگر افزایش یافت که می‌توان بیان کرد پایه سرخس به میزان بیشتری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت.

ب- اثر تنش خشکی بر پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ

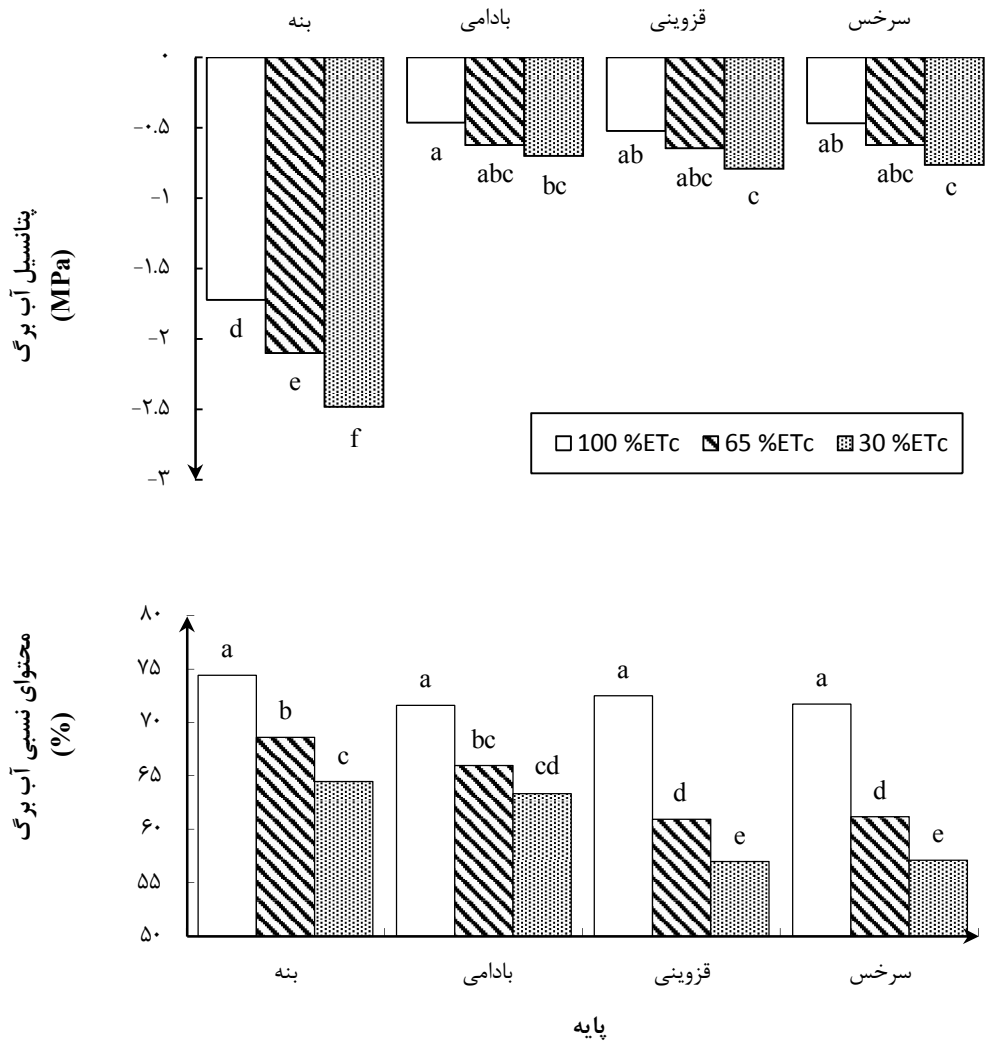
نتایج تجزیه آماری نشان داد تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر نوع پایه و اثر متقابل آبیاری و پایه نیز بر این پارامترها در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش سطح تنش، پتانسیل آب برگ کاهش یافت و بیش‌ترین پتانسیل آب برگ در آبیاری

کامل و کمترین پتانسیل آب برگ در تنش شدید مشاهده شد. پایه بنه در همه سطوح کمترین میزان پتانسیل آب برگ را بین پایه‌ها نشان داد. پتانسیل آب برگ این پایه در تنش متوسط ۲/۰۹- و در تنش شدید ۲/۴۸- مگا پاسکال بود. پایه بنه به تنش ملایم عکس‌العمل نشان داده و پتانسیل آب برگ آن به صورت معنی داری کاهش یافت ولی سه پایه دیگر فقط به تنش شدید عکس العمل نشان دادند. محتوای نسبی آب برگ نیز تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (شکل ۲). به طوری که این پارامتر در سطوح آبیاری شاهد، متوسط و تنش شدید، به ترتیب ۷۲/۵۸، ۶۴/۲ و ۶۰/۴۹ درصد بود. تیمار تنش ملایم و شدید به ترتیب در حدود ۱۲ و ۱۷ درصد محتوای نسبی آب برگ را نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند. محتوای نسبی آب برگ پایه‌ها در شرایط عدم تنش با هم تفاوت نداشت ولی در تنش ملایم و شدید پایه‌های بنه و بادامی محتوی نسبی آب بالاتری نسبت به قزوینی و سرخس داشتند.

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد پایه بنه علی‌رغم داشتن پایین‌ترین پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ بالاتری داشت و پس از آن پایه بادامی بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ را داشت. تفاوت بین پایه سرخس و قزوینی هم معنی‌دار نبود.

با کاهش رطوبت خاک از سطح آبیاری شاهد به تنش متوسط، آهنگ کاهش در محتوای نسبی آب برگ شیب بیشتری داشت و از تنش متوسط به شدید با شیب کمتری پیش رفت. این امر را می‌توان به تجمع ترکیبات اسمزی بیشتر در شرایط شدیدتر تنش نسبت داد. عواملی مانند میزان دسترسی گیاه به آب (آبیاری) و توانایی گیاه در تنظیم حرکات روزنه‌ای و تنظیم اسمزی بر محتوای نسبی آب تأثیر می‌گذارند. پایه‌های بنه و سپس بادامی در شرایط تنش متوسط و شدید محتوای نسبی آب بیشتری از پایه‌های سرخس و قزوینی نشان دادند. حفظ محتوای نسبی آب برگ به علت افزایش در مقدار قندها و ایجاد شیب اسمزی گیاهان تحت شرایط تنش منجر به مقاومت در برابر از دست رفتن آب می‌گردد. در بررسی Esmaeilpour *et al*. (۲۰۱۶) مشاهده شد در اثر تنش آبی غلظت ترکیبات اسمزی مانند قندهای محلول در برگ ارقام پسته به میزان زیادی افزایش یافت و حتی این افزایش در دوره بازیابی (آبیاری مجدد) نیز وجود داشت. در بررسی دیگری نتایج نشان داد که بیشترین شاخص محتوای نسبی آب برگ ارقام پسته در شرایط تنش خشکی متعلق به رقم کله قوچی بود و ارقام اکبری، هراتی، احمدآقایی و رضایی زودرس پس از آن قرار داشتند (Sajjadinia *et al*., 2010).

همانطور که مشاهده شد تنش آبی، پتانسیل‌آب برگ پایه بنه را به میزان بیشتری کاهش داد و در سایر پایه‌ها، میزان کاهش در پتانسیل آب به این شدت نبود و آهنگ کندتری داشت. بیشتر بودن محتوای نسبی آب برگ، علی‌رغم پایین بودن



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف آبی بر پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ پایه‌های مختلف پسته.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

پتانسیل آب در پایه بنه را در شرایط تنش می‌توان به بالاتر بودن هدایت روزنه‌ای و وجود مکانیسم‌هایی چون تنظیم اسمزی یا قابلیت بالای ریشه در فراهم کردن آب نسبت داد. درحقیقت حفظ پتانسیل فشاری در این پایه می‌تواند مکانیسمی برای مقاومت به خشکی باشد. مطابق گزارش Balaguer *et al.* (۲۰۰۲) کاهش کمتر در میزان نسبی آب می‌تواند به علت تنظیم اسمزی کافی در گیاه باشد و هرچه گیاهی بتواند در شرایط تنش در مقابل کاهش میزان نسبی آب برگ مقاومت کند یک گیاه مقاوم به شوری و خشکی است. در بررسی Ranjbarfordoei *et al.* (۲۰۰۰ a) به قابلیت بالای پایه بنه در تنظیم اسمزی

اشاره شده است. علاوه براین تریکوم‌ها یا کرک‌های گیاهی که از مشخصات گیاهان خشکی پسند هستند در برگ‌های پایه بنه مشاهده می‌شود (Arzani *et al*., 2013). در بررسی Ranjbarfordoei *et al.* (۲۰۰۰ b)، با اعمال تنش اسمزی توسط کاربرد تلفیقی پلی‌اتیلن گلیکول و کلرور سدیم، پتانسیل آب برگ پایه‌های بنه و کسور (*P. khinjuk*) به ترتیب تا ۳/۱- و ۲/۹- مگا پاسکال هم کاهش یافت، اما پتانسیل فشاری (تورژسانس) حفظ شد و در حدود ۰/۳۸ مگا پاسکال باقی ماند. نتایج این محققین نشان داد تجمع اسمولیت‌ها و کاهش پتانسیل اسمزی تحت تنش عامل این تغییرات بود و با افزایش سطح تنش، تنظیم اسمزی بیشتری مشاهده شد، درحالی‌که در بسیاری از درختان میوه، با کاهش پتانسیل آب برگ، پتانسیل فشاری نیز افت می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی سبب افزایش غلظت اسیدآبسیزیک و کاهش پتانسیل آب و محتوای نسبی آب برگ در همه پایه ها گردید. غلظت اسیدآبسیزیک در پایه سرخس در شرایط تنش خشکی با شدت بیشتری نسبت به پایه‌های دیگر افزایش یافت که می‌توان بیان کرد این پایه به میزان بیشتری تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. پایه‌های بنه و بادامی محتوای نسبی آب بالاتری در شرایط تنش خشکی داشتند که به نظر پایه‌های مناسبی برای شرایط خشک می‌باشند.

منابع

۱- آمارنامه کشاورزی. (۱۳۹۴). جلد سوم. محصولات باغی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۷ صفحه.

۲- پیری پیرایوانلو، س، خلیقی، ا، طلایی، ع، و ارزانی، ک. (۱۳۸۷). اثر تنش کم آبی بر میزان آبسیزیک‌اسید و نشت یون در ارقام زردآلو. *پژوهش‌نامه کشاورزی*، ۱(۱): ۳۷-۲۶.

۳- زین الدینی میمند، ع، امیرپور رباط، م، ابراهیمی میمند، ف، و اسفندیارپور، پ. (۱۳۹۸). طبقه بندی ویژگی‌های مهم کیفیت آبهای آبیاری و بررسی تاثیر آن ها بر عملکرد پسته. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۰(۳۸): ۲۸۹-۲۹۹.

۴- ابوالفضل محمودی، ا، و جلالی، س. (۱۳۹۵). رقابت پذیری صادراتی پسته‌ی ایران در بازارهای جهانی. *مجله تحقیقات اقتصادی*، ۵۱(۴): ۹۵۷-۹۵۱.

5- Alves, AAC, & Setter, TL. (2004). Abscisic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. *Environmental and Experimental Botany,* 51: 259-271.

6- Arzani, K, & Arji, I. (2000). The effect of water stress and deficit irrigation on young potted olive cv. 'local-roghani roodbar'. *Acta Horticulturae*, 537: 879-885.

7- Arzani, K, Ghasemi, M, Yadollahi, A, & Hokmabadi, H. (2013). Study of foliar epidermal anatomy of four pistachio rootstocks under water stress. *Idesia*, 31(1): 101-107.

8- Balaguer, L, Pugnaire, FI, Martinez-Ferri, E, Armas, C, Valladares, F, & Manrique, E. (2002). Ecophysiological significance of chlorophyll loss and reduced photochemical efficiency under extreme aridity in *Stipa tenacissima* L. *Plant and Soil*, 240: 343-352.

9- Behboudian, MH, Walker, RR, & Torokfaivy, E. (1986). Effects of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. *Scientia Horticulturae*, 29: 251-261.

10- Bensen, RJ, Boyer, JS, & Mullet, JE. (1988).Water deficitinduced changes in abscisic acid, growth, polysomes, and translatable RNA in soybean hypocotyls. *Plant Physiology,* 88: 289-294.

11- Ergun, NT, Topoglu, SF, & Yildiz, A. (2002). Auxin (indol-3acetic acid), gibberellic acid (GA_3), abscisic acid (ABA) and cytokinin (zeatin) production by some species of mosses and lichens. *Turkish journal of botany*, 26:13-18.

12- Esmaeilpour, A, Van Labekea, MC, Samsonc R, Boeckxa, P, & Van Dammea, P. (2016). Variation in biochemical characteristics, water status, stomatafeatures, leaf carbon isotope composition and its relationship to wateruse efficiency in pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars under droughtstress condition. *Scientia Horticulturae,* 211: 158–166.

13- FAO. (2015). FaoStat Database. Available from http://faostat.fao.org.

14- Gijon, MC, Gimenez, C, Perez-Lopez, D, Guerrero, J, Couceiro, JF, & Moriana, A. (2011). Water relations of pistachio (*Pistacia vera* L.) as affected by phenological stages and water regimes. *Scientia Horticulturae*, 128: 415–422.

15- Goldhamer, DA. (1995). Irrigation management. Annual report of California pistachio industry. Crop Year 1994-1995, pp. 71-82.

16- Goldhamer, DA, & Beede, RH. (2004). Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water-use efficiency of mature pistachio trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4): 538-545.

17- He, T, & Cramer, GR. (1996). Abscisic acid concentrations are correlated with leaf area reductions in two salt-stressed rapid cycling *Brassica* species. *Plant and Soil,* 179: 25–33.

18- Kobashi, K, Gemma, H, & Wahori, SI. (2000). Abscisic acid content and sugar metabolism of peach grown under water stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125:425-428.

19- Panahi, B, Esmaeilpour, A, Farbood, F, Moazenpour, M, & Farivar Mahin, H. (2002). Pistachio handbook (planting, proccesing and harvesting). Agriculture training publication, Tehran, Iran.

20- Ranjbarfordoei, A, Samson, R, Van Damme, P, & Lemeur, R. (2000 a). Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. *Photosynthetica*, 38 (3): 443-447.

21- Ranjbarfordoei, A, Samson, R, Van Damme, P, & Lemeur, R. (2000 b). Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. *Photosynthetica*, 38: 443-447.

22- Ritchie, SW, Nguyen, HT, & Halody, AS. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sciences*, 30: 105-111.

23- Romero, P, & Botia, P. (2006). Daily and seasonal patterns of leaf water relations and gas exchange of regulated deficit-irrigated almond tress under semiarid conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 158-173.

24- Ross, RS, Stephen, TA, Cutler, TA, & Feurtado, JA. (2004). Determination of endogenous and supplied deuterated abscisic acid in plant tissues by high performance liquid chromatography–electrospray ionization tandem mass spectrometry with multiple reaction monitoring. *Analytical Biochemistry*, 329: 324-333.

25- Sajjadinia, A, Ershadi, A, Hokmabadi, H, Khayyat, M, & Gholami, M. (2010). Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *American Journal of Agricultural Economics*, 1: 1-6.

26- Xiong, L, Wang, RG, Mao, G, & Koczan, JM. (2006). Identification of Drought Tolerance Determinants by Genetic Analysis of Root Response to Drought Stress and Abscisic Acid. *Plant Physiology,* 142: 1065-1074.