

اثرات تنش شوری بر روی شاخص‌های رشد و تبعیض ایزوتوپ کربن در ۳ پایه پسته

حسین حکم آبادی^۱، کاظم ارزانی^۲ و پائولین گریسون^۳

^۱دانشجوی دکتری؛ ^۲آستادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس؛ ^۳آستادیار گروه گیاه شناسی دانشگاه استرالیای غربی، استرالیا.

تاریخ دریافت: ۸۱/۹/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۱۰/۲۶

چکیده

جهت بررسی اثرات شوری بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و میزان تبعیض ایزوتوپ کربن پایه‌های درختان پسته، سه پایه بادامی زرد، سرخس و قزوینی انتخاب و در گلدان‌های ۸ لیتری در خاک کاشته شد. تیمارهای شوری در غلظت‌های ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم بکار برده شد. قبل از شروع تیمارها و بعد از ۳۰ و ۶۰ روز از شروع تیمارها، از هر واحد آزمایشی نهال‌ها برداشت شدند و صفات مختلف بر روی گیاهان برداشت شده، اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان سرعت رشد نسبی با افزایش سطح شوری و زمان شروع تیمار کاهش یافت، از طرفی تیمارهای شوری بخصوص در غلظت‌های بالا باعث کاهش میزان سرعت فتوسنتز خالص گردید. همچنین نتایج مشخص نمود شوری اثری معنی‌دار بر روی میزان نسبت وزن برگ و پتانسیل آب برگ، میزان کلروفیل و میزان کلروفیل فلئورسانس نداشت اگرچه با افزایش میزان غلظت کلرید سدیم و زمان تیمار، میزان انباشت پروتئین در برگ‌ها افزایش یافت و از پایه‌های مورد مطالعه پایه قزوینی نسبت به پایه‌های دیگر پروتئین بیشتری در برگ‌ها انباشت نمود، به همین دلیل نسبت به پایه بادامی زرد و سرخس نسبت به شوری بیشتر مقاومت نشان داد. در ارتباط با میزان تبعیض ایزوتوپ کربن، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری میزان تبعیض ایزوتوپ کربن را هم در برگ و هم در ساقه کاهش داد اما بین پایه‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین مشخص شد که شاخص تبعیض ایزوتوپ کربن، شاخص مناسبی برای مشخص نمودن تنش شوری در پسته می‌باشد ولی شاخصی برای غربال‌گیری ارقام مقاوم شوری نمی‌تواند باشد زیرا آزمایش‌های گلخانه‌ای و آنالیز شاخص‌های رشد نشان داد که پایه قزوینی نسبت به دو پایه دیگر به شوری مقاوم‌تر است اما ترکیب تبعیض ایزوتوپ کربن این مساله را مشخص نکرد.

۴۴



واژه‌های کلیدی: پسته، کلرید سدیم، سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، پایه، تبعیض ایزوتوپ کربن

مقدمه

مقابل شوری بین گونه‌های مختلف و حتی بین ارقام و پایه‌های یک گونه متغیر است (گراتان و گریو، ۱۹۹۹). در ارتباط با پسته پارسا و کریمیان (۱۹۷۵) بر روی ارقام فندق و بادامی نشان دادند که به ترتیب در هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۱/۹۲ و ۰/۴۸ میلی‌موس در قسمت‌های هوایی گیاه و ۸ و ۹/۶ میلی‌موس در ریشه

پسته یک گیاه متحمل به شوری است و از بادام و پکان بسیار مقاوم‌تر می‌باشد ولی میزان عملکرد این گیاه در شوری‌های بالا شدیداً تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (پیچونی و میموتا، ۱۹۹۰؛ سپاسخواه و مفتون، ۱۹۸۲؛ بهبودیان و همکاران، ۱۹۸۶). تحمل گیاهان در

استاندارد پی دی بی^۱ (استاندارد سنگ‌های آهکی موجود در کالیفرنیا) و بصورت در هزار (% ∞) بیان می‌شود و تبعیض ایزوتوپ کربن (δ) سپس با استفاده از فرمول $\Delta = (\delta a - \delta p) / (1 + \delta p)$ که به ترتیب δa و δp ترکیب ایزوتوپ هوا و بافت گیاهی است، محاسبه می‌شود (فارکوهر و همکاران ۱۹۸۹). تحت برخی تنش‌های محیطی بخصوص تنش آبی مشخص شد که گیاهان کمتر این عمل تبعیض را انجام می‌دهند (Δ کمتر می‌شود). همچنین برخی از پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که تنش شوری نیز در برخی گیاهان در نسبت ایزوتوپ کربن تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، در لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) شوری $\delta^{13}C$ را تغییر داده است که هم مربوط به محدودیت انتشار در روزنه و هم کاهش هدایت روزنه‌ای و همچنین تغییر در فعالیت آنزیم روبیسکو بوده است (سیمان و کریچلی، ۱۹۸۵). انصاری و همکاران (۱۹۹۸) پارامتر تبعیض ایزوتوپ کربن را به‌عنوان ابزاری در غربالگری ارقام مقاوم شوری گندم اعلام کردند. پوز و همکاران (۲۰۰۰) تبعیض ایزوتوپ کربن را به‌عنوان یک شاخص معتبر برای بررسی اثرات تنش شوری در گیاه اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) اعلام کردند و همچنین گزارش دادند که این پارامتر می‌تواند برای بررسی مکانیسم‌های مقاومت شوری در گیاهان C3 مهم باشد. ایشان همچنین دریافته‌اند که تنش شوری باعث کاهش در تبعیض ایزوتوپ کربن می‌گردد.

اگر چه در ارتباط با شوری تاکنون تلاش‌های زیادی انجام شده تا ارقام و پایه‌های مقاوم به شوری را در پسته معرفی نمایند ولی در هر مطالعه هدف پیدا کردن ارتباط تنش شوری و اثرات آن بر روی رشد در یک زمان برداشت بوده و مطالعاتی در مورد اثرات تنش شوری بر روی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در چندین زمان برداشت انجام نشده است. مطالعه اثرات تنش شوری در یک زمان برداشت، با توجه به اینکه بیوماس اولیه گیاه در نظر گرفته نمی‌شود،

گیاه کاهش رشد معنی‌داری وجود دارد. سپاسخواه و مفتون (۱۹۸۲) بر روی اثر سطوح مختلف شوری و رژیم آبیاری روی ارقام بادامی و فندق پیسته، دریافته‌اند که رقم بادامی بطور معنی‌داری میزان تعرق کمتری از رقم فندق پیسته داشته، در نتیجه مشخص شد که رقم بادامی از رطوبت موجود در خاک بهتر می‌تواند استفاده کند و رشد بهتری نشان دهد. بهبودیان و همکاران (۱۹۸۶) شوری به میزان ۳۰۰ میلی‌مول کلرید سدیم را بر روی گونه *P. vera* و *P. atlantica* بررسی کردند و دریافته‌اند که این میزان شوری، جذب و انتقال سدیم و کلر در گیاه افزایش می‌یابد که کلر بیشتر در برگ‌ها و سدیم بیشتر در ریشه تجمع می‌یابد. پیچیونی و میموتا (۱۹۹۰) با آزمایشی بر روی دو گونه *P. terebinthus* و *P. atlantica* و هیبرید *GoldII (P. atlantica \times P. terebinthus)* دریافته‌اند غلظت سدیم موجود در برگ موقعی افزایش می‌یابد که غلظت سدیم در خاک به ۱۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر برسد. آنها همچنین گزارش دادند که همزمان با افزایش غلظت کلر در خاک در برگ نیز میزان آن بصورت خطی افزایش می‌یابد.

در ارتباط $\delta^{13}C$ تبعیض ایزوتوپ کربن مشخص شده است، نسبت کربن ۱۳ به ۱۲ در گیاهان کمتر از نسبت آن در اتمسفر می‌باشد که مبین آن است گیاهان کربن ۱۲ را به کربن ۱۳ در زمان فتوسنتز ترجیح می‌دهند و علیه کربن ۱۳ تبعیض قائل می‌شوند. میزان نسبت کربن ۱۳ به کربن ۱۲ در گیاهان C3 مربوط به انتشار و فعالیت آنزیمی می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده مشخص شده است که میزان انتشار $^{13}CO_2$ در روزنه‌های برگ گیاهان کمتر از $^{12}CO_2$ به میزان ۴/۴ درصد می‌باشد بعلاوه مشخص شده است که آنزیم ربیولوز بی فسفات کربوکسیلاز (روبیسکو) $^{13}CO_2$ را به $^{12}CO_2$ تا میزان ۲۷ درصد تبعیض قائل می‌شود. در چند سال اخیر این موضوع به‌عنوان ابزاری جهت درک مکانیسم اثرات تنش‌های محیطی بر روی گیاهان به ویژه تنش‌هایی که در تثبیت دی‌اکسید کربن دخالت دارند، بکار رفته است. نسبت ایزوتوپ ۱۳ درجه سانتی‌گراد به ۱۲ درجه سانتی‌گراد در گیاهان با توجه به



۱۵۰ و ۷۵ و ۰ (شاهد) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم و ۴ تکرار در غالب طرح کرت‌های خرد شده (۳ پایه به‌عنوان کرت اصلی و ۴ تیمار شوری به‌عنوان کرت فرعی) و طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، انتخاب گردید. تیمارهای شوری هر سه روز به‌همراه آبیاری به میزان ۱ لیتر به هر گلدان اضافه شد بطور متوسط حدود ۱۵۰ میلی‌لیتر از ته گلدان‌ها خارج می‌شد. قبل از شروع تیمارها و بعد از گذشت ۳۰ و ۶۰ روز از تیماردهی از هر واحد آزمایشی ۴ گلدان انتخاب و برداشت شد. در مورد تمام تیمارها برای هر تکرار تعداد کل برگ، سطح برگ (توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ)، ارتفاع ساقه و ریشه، وزن تر ساقه، ریشه و برگ بطور جداگانه اندازه‌گیری شد. سرعت رشد نسبی (RGR)^۱، سرعت فتوسنتز خالص (NARw)^۲ و نسبت وزن برگ (LWR)^۳ در هر برداشت از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد (رویز و همکاران، ۱۹۹۷):

$$RGR = 1/W \times dW/dt, \quad NARw = 1/LW \times dW/dt, \\ LWR = RGR / NARw$$

$$dW = \text{تغییرات وزن} = dt = \text{تغییرات زمان} = LW = \text{واحد}$$

وزن برگ

پس از شروع تیمارها در طی آزمایش هر ۱۴ روز یکبار پتانسیل آب برگ با استفاده از دستگاه اتاقک فشار مدل ۱۴۰۰ ساخت شرکت اسکای انداستریال^۴ انگلستان اندازه‌گیری گردید. میزان فلئورسانس کلروفیل نیز هر ۱۴ روز با استفاده از دستگاه PSM^۵ ساخت شرکت بیومانیاتور سوئد^۶ اندازه‌گیری شد. همچنین میزان نسبی آب برگ (RWC)^۷ در هر برداشت با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ به روش گزارش شده توسط یاماساکی و دلین برگ (۱۹۹۹) اندازه‌گیری گردید. میزان اسیدآمین پرولین در هر برداشت با نمونه‌گیری‌های تصادفی از

اطلاعات کمتری را در ارتباط با مکانیسم‌های مقاومت مشخص می‌کند، در نتیجه پژوهش حاضر در راستای دیگر مطالعات انجام شده جهت یافتن مکانیسم اثرات تنش شوری در زمان‌های مختلف برداشت بر روی پایه‌های عمده درختان پسته و همچنین اثرات تنش شوری بر روی تبعیض ایزوتوبی کربن مورد مطالعه قرار گرفته است و این موضوع که آیا این پارامتر شاخصی برای مشخص کردن تنش شوری در پایه‌های پسته می‌باشد یا خیر، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات تنش شوری

حاصل از کلرید سدیم ۳ پایه بشرح زیر انتخاب شد:

۱. رقم بادامی زرنند (*Pistacia vera cv. Badami Zarand*)
۲. رقم سرخس (*P. vera cv. Sarakhsi*) ۳. رقم قزوینی (*P. vera cv. Ghazvini*) بعد از تهیه بذور از موسسه تحقیقات پسته کشور، نسبت به آماده‌سازی بذور جهت کاشت اقدام شد. این بذور به مدت ۴۰ روز در دمای ۷-۰ درجه سانتی‌گراد جهت شکستن خواب قرار گرفتند. بعد از این مدت بذور مزبور در گلدان‌های پلی‌اتیلنی کاشته شدند. بعد از یکسال (۱۳۸۱)، نهال‌ها به گلدان‌های با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، حاوی ترکیب خاکی شامل ۴۰ درصد خاک زراعی، ۴۰ درصد ماسه شیرین و ۲۰ درصد کود پوسیده دامی انتقال داده شدند. خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مذکور در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه مورد بررسی قرار گرفت. بافت خاک شنی-لومی، pH خاک ۷/۳، E_c آن ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، میزان ازت کل ۰/۰۸ درصد و میزان فسفر، پتاسیم، آهن و روی قابل جذب به ترتیب ۱۰۶، ۱۶۰۰، ۸/۵ و ۴/۲ پی‌پی‌ام بود. این تحقیق در سال ۱۳۸۱ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا گردید. در این آزمایش جهت بررسی عکس‌العمل برخی پایه‌های درختان پسته به تنش شوری ناشی از کلرید سدیم، تیمارهای شوری در ۴ سطح با غلظت‌های ۲۲۵ و



- 1 - Relative growth rate
- 2 - Net assimilation rate
- 3 - Leaf weight ratio
- 4 - Skye industrial
- 5 - Plant stress meter
- 6 - BioMonitor, Sweden
- 7 - Relative water content

بود. در سطوح پایین‌تر شوری، اختلافات کمتری قابل مشاهده بود. رشد اندامی که بیشتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گرفت در پایه‌های مختلف، متفاوت بود. در پایان آزمایش (۶۰ روز بعد از تیمار) متوسط وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در پایه قزوینی در تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم در مقایسه با دیگر پایه‌ها کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت که برای برگ، ساقه و ریشه به ترتیب ۱۶، ۵۲ و ۵۸ درصد بود (جدول ۱). همچنین نتایج نشان داد که کاهش رشد گیاه همراه با کاهش شدید در طول ریشه و ارتفاع گیاه بود (شکل ۱). همانطور که در شکل ۱ مشخص است ارتفاع و طول ریشه پایه قزوینی کمتر تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفت. نتایج اثر تیمارهای مختلف شوری بر روی سرعت رشد نسبی (RGR) نشان داد که سرعت رشد نسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف شوری، کاهش یافت که این کاهش در پایه‌های مختلف متفاوت بود (شکل ۲). این اختلاف‌ها در پایه‌های مختلف، ۶۰ روز بعد از شروع تیمار شوری و بخصوص در تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاملاً بین پایه‌ها و درختان تیمار شده و شاهد مشهود بود. در حالیکه سرعت رشد نسبی ۶۰ روز بعد از تیمار در درختان شاهد بین ۰/۰۱۹ تا ۰/۰۱۹۴ در روز بود، این مقدار در درختان تیمار شده بین ۰/۰۱۶ و ۰/۰۲۴ در روز متغیر بود. در کلیه پایه‌های مورد مطالعه هر چه میزان شوری و زمان تیمار افزایش می‌یافت، میزان سرعت رشد نسبی بیشتر کاهش می‌یافت، بطور مثال بعد از ۳۰ روز از شروع تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان سرعت رشد نسبی برای پایه‌های بادامی زرنده، سرخس و قزوینی به ترتیب ۰/۰۱۰۱، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۶ در روز بود در حالیکه ۶۰ روز بعد از تیمار این مقدار به ترتیب ۰/۰۰۹۲۵، ۰/۰۱۷ و ۰/۰۲ در روز بود. به همین ترتیب در دیگر تیمارهای اعمال شده نیز این تغییرات مشاهده شد (شکل ۲). در طی این تحقیق سرعت فتوسنتز خالص (NARw) در کلیه پایه‌ها مشابه سرعت رشد نسبی در درختان تیمار شده بود اما میزان کاهش در مقایسه با سرعت رشد نسبی مشخص بود

برگ‌های بالغ به روش ایری گوین و همکاران (۱۹۹۲) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در هر مرحله از برداشت میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و b با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ اندازه‌گیری شد. روش اندازه‌گیری برای میزان کلروفیل مطابق روش استرین و وک (۱۹۶۶) بود. از نمونه‌های برگ و ساقه خشک شده جهت آنالیز ایزوتوپ کربن استفاده گردید. این نمونه‌ها کاملاً خرد و الک شدند تا اندازه آنها به کمتر از ۰/۱ میلی‌متر رسید، ۶ میلی‌گرم از این بافت‌های خرد شده در کپسول‌های آلومینیومی بطول ۶ و قطر ۴ میلی‌متر قرار داده شدند و سپس این کپسول‌ها در دمای ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد در یک اتاقک احتراقی سوخته و گاز حاصل بعد از گرفتن ناخالصی‌ها وارد دستگاه اسپکتروسکوپی جرمی یروپ پی بی زد انگلستان^۱ با دقت ۰/۲٪ گردید و نسبت $^{13}C/C^{12}$ اندازه‌گیری گردید. این آزمایش در آزمایشگاه بیوشیمی گروه گیاه‌شناسی دانشگاه استرالیای غربی انجام گرفت. میزان تمیض ایزوتوپ کربن مطابق فرمول فارکوهر و همکاران (۱۹۸۹) بصورت زیر محاسبه شد:

$$\delta^{13}C = (R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}) / R_{\text{standard}} \times 1000, \Delta = (\delta a - \delta p) / (1 + \delta p)$$

که R_{sample} میزان $^{13}C/C^{12}$ نمونه و R_{standard} میزان

استاندارد بین‌المللی پی‌دی‌بی است و همچنین δa میزان $\delta^{13}C$ اتمسفر است (۷/۹‰ - در نظر گرفته شد) و δp میزان $\delta^{13}C$ بافت‌های گیاهی است.

نتایج به دست آمده توسط نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای تحلیل رگرسیون از نرم افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف شوری در تمام پایه‌ها و در سطح ۵ درصد بیوماس گیاه را کاهش داد (جدول ۱). تفاوت در رشد پایه‌های مختلف بعد از ۳۰ روز از تیمارهای شوری بین گیاهان تیمار شده و نشده در ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاملاً مشهود



مطالعه در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های دیگر بود. به‌عنوان مثال، در تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم میزان تجمع پرولین در پایه قزوینی، ۱/۱ برابر پایه سرخس و ۱/۳ برابر پایه بادامی زرنده بود (شکل ۳). انباشت پرولین بیشتر در پایه قزوینی نشان می‌دهد که این پایه در مقایسه با پایه‌های دیگر در این مطالعه از پدیده تنظیم اسمزی بهتر استفاده می‌کند و احتمالاً به همین علت در مقایسه با پایه‌های دیگر از تنش شوری بیشتر اجتناب می‌کند و در مقابل تنش شوری مقاومتر است. پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش شوری و خشکی، باعث خنثی شدن سمیت آمونیاک آزاد تولید شده در برگ‌های گیاهان تحت تنش آبی و شوری می‌گردد و به‌عنوان یک سوبستری برای تنفس و یک منبع انرژی برای بهبودی گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (ایری گوین و همکاران، ۱۹۹۲). در ارتباط با تجمع پرولین در پایه‌های پسته که در معرض شوری قرار دارند هیچ‌گونه گزارشی تاکنون انتشار نیافته است اما آنچه مسلم است با توجه به نتایج تجزیه واریانس از پژوهش حاضر اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای شوری اعمال شده و پایه از نظر میزان پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان به اهمیت پرولین و انباشت آن در برگ و نقش آن در تنظیم اسمزی پی برد. بهبودیان و همکاران (۱۹۸۶) نیز به چنین نتایجی دست یافتند که مشابه با نتایج حاصله در این تحقیق بود آنها دریافتند که شوری تا میزان ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم هیچ اثری بر روی میزان پتانسیل آب برگ، پتانسیل اسمزی و پتانسیل تورژانس نداشت. نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با میزان کلروفیل (a+b و کلروفیل کل) برگ، نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین درختان تحت تیمار شوری و شاهد وجود ندارد به‌عبارت دیگر، تنش شوری توانسته است در میزان کلروفیل برگ تأثیر بگذارد، که این نتایج با نتایج تحقیق بهبودیان و همکاران (۱۹۸۶) که اثرات تنش شوری و آب را بر روی میزان فتوسنتز مطالعه کردند، مشابه بود. مطابق مطالعات انجام شده تنش شوری و خشکی در گیاهان

(شکل ۲). در ارتباط با نسبت وزن برگ (LWR) نتایج نشان داد که اگر چه در تیمارهای اعمال شده، نسبت وزن برگ کاهش داشت اما این میزان بین پایه‌های مورد مطالعه معنی‌دار نبود (شکل ۲).

سرعت رشد نسبی پایه‌های پسته در مطالعه حاضر کمتر از ۰/۰۴ در روز بود. تغییرات کم در سرعت رشد نسبی به علت تغییرات زیاد در رشد پایه‌هاست. از طرفی تغییرات مشاهده شده در سرعت رشد نسبی در پایه‌های مختلف مورد مطالعه به خصوصیات رشدی هر پایه وابسته است (در این مطالعه پایه‌های بادامی زرنده و سرخس با ویژگی قدرت رشد کم و پایه قزوینی پایه‌ای با خصوصیات رشدی زیاد بود). در مطالعات قبلی مشخص شده است که کاهش در رشد بر اثر تیمارهای شوری با کاهش در میزان فتوسنتز ارتباط دارد (پورتر، ۱۹۸۹). در پایه‌های مورد مطالعه در این تحقیق تغییرات در سرعت فتوسنتز خالص (NARw) با تغییرات در سرعت رشد نسبی همبستگی بالایی داشت ($R^2 = 0.85$) در حالی که با نسبت وزن برگ (LWR) همبستگی کمتر بود ($R^2 = 0.55$). بنابراین، که در رشد نهال‌های پسته در شرایط شور، NARw عامل مهم در توجیه تغییرات RGR است و LWR نقش کمتری را ایفا می‌نماید. نتایج حاصله در این ارتباط با نتایج رویز و همکاران که اثرات تیمارهای شوری را بر روی پایه‌های مختلف مرکبات بررسی کردند، مشابه است (رویز و همکاران، ۱۹۹۷). آنها در مطالعه خود دریافتند که میزان کاهش در RGR بیشتر با NARw ارتباط دارد و ارتباط آن با LWR کمتر است.

در ارتباط با تجمع پرولین در برگ‌های گیاهان تحت تنش شوری، نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تنش شوری، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش یافت (شکل ۳). بالاترین میزان تجمع پرولین در تیمار ۲۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم (۲۶/۳۶ میکرومول در گرم وزن تازه) و کمترین انباشت آن در تیمار شاهد (۱۱/۳۳ میکرومول در گرم وزن تازه) بود. انباشت پرولین در بین پایه‌های مورد



باعث پیری زودرس، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. کاهش در میزان کلروفیل برگ بر اثر تنش شوری و خشکی باعث کاهش کارایی فتوسنتز می‌گردد و گیاهانی که در شرایط تنش میزان کلروفیل خود را حفظ کنند بالطبع کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند و مقاومتر هستند (گراتان و گریو، ۱۹۹۹). بنابراین می‌توان به این مسئله پی برد که کارایی در فتوسنتز پسته حتی در شوری‌های بالا تأثیر قرار نمی‌گیرد. همچنین در پژوهش حاضر در ارتباط با میزان فلئورسانس کلروفیل نشان داده شد که اختلاف معنی‌داری در نسبت $Fv:Fm$ بین تیمار و شاهد وجود نداشت. تحقیقات انجام شده تاکنون مشخص نموده است که همبستگی بسیار بالایی بین توقف فتوسنتز و کاهش میزان $Fv:Fm$ وجود دارد (بونگی و لورتو، ۱۹۸۹)، به همین دلیل این نسبت شاخص بسیار مفیدی از بازدارندگی نوری است. اگر تمام فرآیند فتوسنتز از طریق برخی عوامل تنش‌زا محدود شود در آن صورت بازدارندگی نوری می‌تواند به‌عنوان یک تنش ثانویه عمل نماید. تنش شوری در برخی گیاهان مشخص شده است که نسبت $Fv:Fm$ را کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال، بونگی و لورتو (۱۹۸۹) دریافتند که تنش شوری در درختان زیتون نسبت $Fv:Fm$ را کاهش می‌دهد.

آنچه از نتایج این تحقیق مسلم است این است که شوری تا میزان ۲۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم عمل تطابق اسمزی را بخوبی برای اجتناب از تنش شوری انجام می‌دهد ولی مسمومیت برخی یونها در کاهش عملکرد گیاه از طریق برهم زدن برخی از واکنش‌های سوخت و ساز تأثیر می‌گذارد، از طرفی مشخص گردید تا ۷۵ میلی‌مولار غلظت کلریدسدیم در دو رقم بادامی زرنده و سرخس و در رقم قزوینی تا میزان ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم اختلاف معنی‌داری در رشد و بیوماس گیاه مشاهده نشد. تبعیض ایزوتوپی کرین: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش شوری میزان تبعیض ایزوتوپ کرین را هم در برگ

و هم در ساقه کاهش داد اما بین پایه‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). از طرفی نتایج مشخص نمود که اختلاف در میزان تبعیض ایزوتوپ کرین در برداشت دوم (۶۰ روز پس از تیمار) نسبت به برداشت اول (۳۰ روز پس از تیمار) بیشتر بود. در برداشت اول میزان تبعیض ایزوتوپ کرین در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ولی در برداشت دوم حتی ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نیز منجر به کاهش در میزان تبعیض ایزوتوپ کرین شد (جدول ۲). در ساقه این تغییر در زمان مشاهده نشد. کاهش در میزان تبعیض ایزوتوپ کرین با افزایش تنش شوری در محصولات دیگر مانند اکالیپتوس (پوز و همکاران، ۲۰۰۰)، لویا (سیمان و کریچلسی، ۱۹۸۵) و گندم (انصاری و همکاران، ۱۹۹۸) قبلاً گزارش شده، است، در هر مورد با افزایش تنش شوری میزان تبعیض ایزوتوپ کرین کاهش داشت که مشابه نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. مطابق گزارش فارکوهر و همکاران (۱۹۸۹) کاهش در میزان تبعیض ایزوتوپ کرین ناشی از اثرات شوری بر روی فعالیت فتوسنتز گیاه، تغییر در فعالیت آنزیم رویسکو و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌باشد. آنچه از پژوهش حاضر مشخص است به لحاظ اینکه شوری میزان $NARw$ را نسبت به LWA بیشتر تحت تأثیر قرار داده است و این شاخص با فعالیت فتوسنتزی رابطه مستقیم دارد به این لحاظ تیمار شوری با تأثیر بر فعالیت فتوسنتزی و کاهش هدایت روزنه‌ای باعث کاهش در میزان تبعیض ایزوتوپ کرین شده است. مطالعات قبلی فارکوهر و همکاران (۱۹۸۹) این موضوع را مشخص نمود که با کاهش هدایت روزنه‌ای، CO_2 بین سلولی کاهش می‌یابد و با کاهش فشار CO_2 بین سلولی تبعیض ایزوتوپ کرین کاهش می‌یابد. از طرفی مطالعات انجام شده بر روی پسته تاکنون مشخص نموده که شوری هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد (بهبودیان و همکاران، ۱۹۸۶؛ پیچیونی و میموتا، ۱۹۹۰). بنابراین در پسته تیمار شوری بیشتر با تأثیر در هدایت روزنه‌ای و تغییر در



آسیمیلایون به شاخساره‌ها کمتر است و میزان تبعیض ایزوتوپ کربن در برگ‌ها بیشتر مشاهده می‌شود. آنچه از این پژوهش نتیجه می‌شود این است که شاخص تبعیض ایزوتوپ کربن، شاخص خوبی برای مشخص نمودن تنش شوری در پسته می‌باشد ولی شاخصی برای غربال‌گیری ارقام مقاوم به شوری نمی‌تواند باشد زیرا که آزمایش‌های گلخانه‌ای و آنالیز شاخص‌های رشد نشان داد که پایه قزوینی نسبت به دو پایه دیگر به شوری مقاوم‌تر است، اما ترکیب تبعیض ایزوتوپ کربن این مسأله را مشخص نکرد. البته این مورد باید در آینده در ارقام و پایه‌های گسترده‌تری مطالعه شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از راهنمایی‌های علمی آقای دکتر یحیی دهقانی شورکی و دکتر بهمن پناهی تشکر می‌شود.

فعالیت آنزیم روبیسکو تبعیض علیه کربن ۱۳ را انجام می‌دهد. در ارتباط با بالا بودن میزان تبعیض ایزوتوپ کربن در برگ نسبت به ساقه، این مورد قبلاً توسط پوز و همکاران (۲۰۰۰) و موریس و جورج (۲۰۰۱) نیز گزارش شده بود، از آنجا که کربن در برگ تثبیت می‌شود و سپس به قسمت‌های پایین ساقه و ریشه حرکت می‌کند به همین دلیل میزان تبعیض ایزوتوپ کربن در ساقه به علت رقیق شدن کمتر از برگ است.

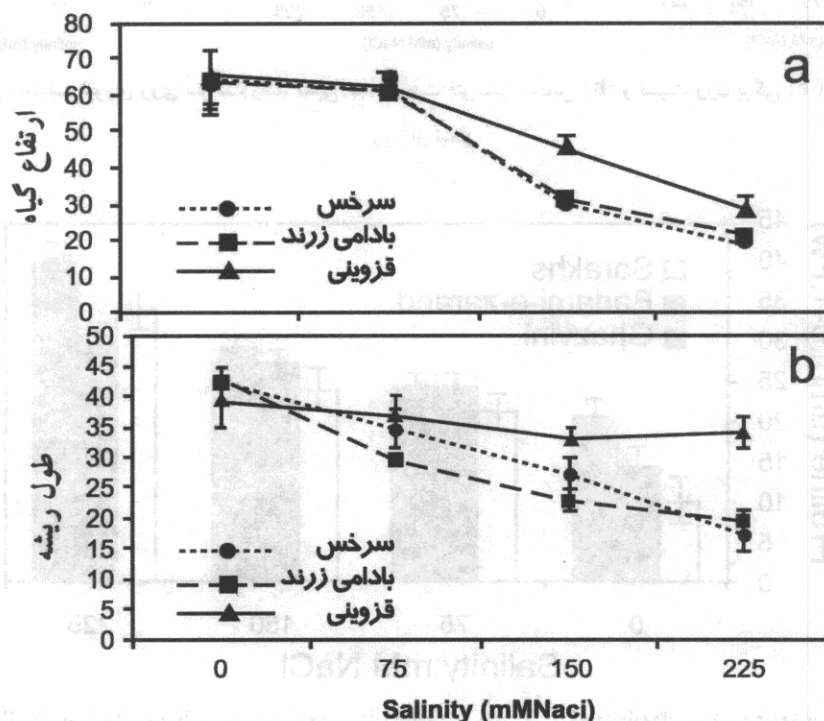
در ارتباط با افزایش تبعیض ایزوتوپ کربن در برداشت دوم، این مورد با آزمایش پوز و همکاران (۲۰۰۰) مشابه است. از آنجا که در برداشت اول نهال‌های مورد آزمایش هنوز کاملاً تحت تنش نبوده‌اند و رشد آنها نسبت به برداشت دوم کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است تثبیت کربن و انتقال آن به ساقه‌ها بیشتر است و به این علت در برداشت اول به لحاظ اینکه رشد و فعالیت فتوسنتزی در اثر تنش شوری کمتر شده و انتقال



جدول ۱- جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های اثرات تیمار شوری بر روی وزن خشک پایه‌های پسته.

کلرید سدیم (میلی مول)	پایه	وزن خشک (گرم) برگ	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک (گرم) ریشه
	بادامی زرند	۹ ab	۹/۱ ab	۸/۵ ab
	سرخس	۸/۵ b	۸/۴ bc	۹ ab
شاهد	قزوینی	۱۰/۰۳ a	۹/۸ a	۱۰/۲ a
	بادامی زرند	۷/۲ c	۷/۲ d	۷/۱ bc
۷۵	سرخس	۶/۳ c	۷/۶ cd	۷/۹ b
	قزوینی	۹/۰۷ ab	۸/۸ ab	۸/۹ ab
	بادامی زرند	۲/۵۳ e	۳/۶ fg	۴/۲ d
	سرخس	۳/۰۴ de	۴/۴ ef	۴ d
۱۵۰	قزوینی	۷ c	۵/۳ e	۵/۵ cd
	بادامی زرند	۰/۷۴ f	۲/۱ gh	۲ e
۲۲۵	سرخس	۰/۶ f	۱/۵ h	۲ e
	قزوینی	۳/۶۸ d	۴ f	۴/۷ d
	تیمار شوری	۵۱۴/۶۷**	۱۸۲/۶۷**	۷۹/۰۲**
♦♦ مقدار عددی F (F Value)	پایه	۸۳/۱۱۶**	۲/۴۳۷۹ ns	۱۱/۷۳*
	پایه × تیمار شوری	۹/۰۵۸**	۶/۷۹۷**	۰/۶۱۳۴ ns
CV%	-	۷/۸۹	۱۰/۸۳	۱۶/۰۸

♦ در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵ درصد آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. ♦ ns = تغییرات معنی‌دار نیست، * = معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** = معنی‌دار در سطح ۱ درصد.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف شوری بر روی ارتفاع (a) و طول ریشه (b) پایه‌های پسته بعد از ۶۰ روز تیمار.

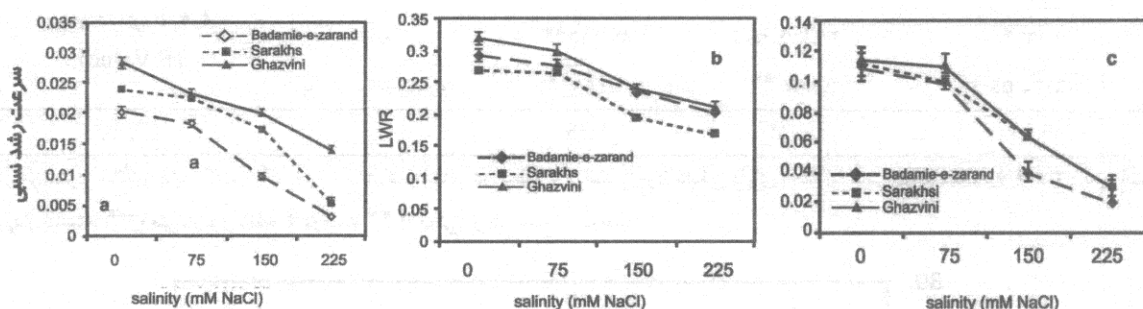


جدول ۲- اثرات تیمارهای مختلف شوری بر روی تبعیض ایزوتوپ کربن در دو زمان نمونه‌برداری.

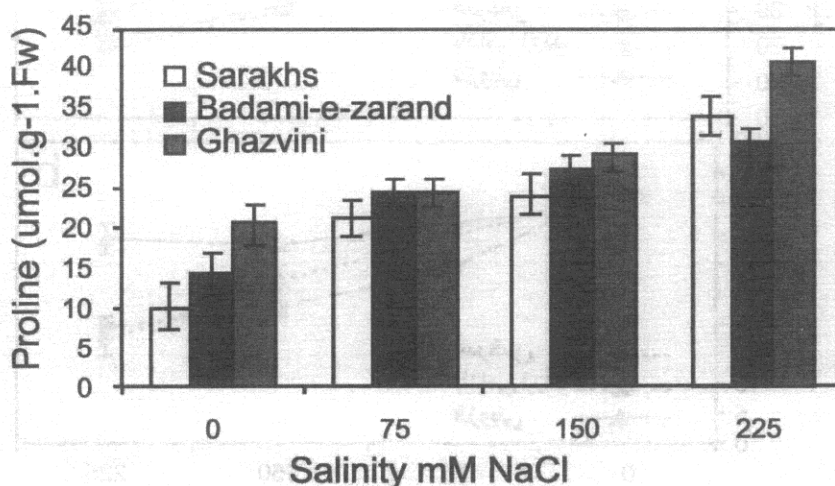
برداشت دوم (۶۰ روز پس از تیمار)		برداشت اول (۳۰ روز پس از تیمار)		میلی مولار کلرید سدیم
برگ	ساقه	برگ	ساقه	
۱۹/۸۰ a	۲۰/۹۵ a	۱۸/۷۶ a	۱۹/۶۷ a	شاهد
۱۸/۸۰ ab	۱۹/۸۲ b	۱۸/۱۹ ab	۱۹/۲۵ a	۷۵
۱۷/۹۳ b	۱۹/۴۹ bc	۱۷/۲۷ c	۱۸/۱۹ b	۱۵۰
۱۸/۳۴ b	۱۹/۱۷ c	۱۷/۷۸ bc	۱۸/۱۸ b	۲۲۵
<u>ساقه</u>		<u>برگ</u>		
برداشت دوم	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت اول	مقدار عددی F (F value)
۵/۳۲ **	۵/۹۲ **	۱۵/۷۵ **	۷/۵۱۸ **	تیمار شوری
۱/۵ ns	۱/۲۱۲ ns	۰/۰۶۵ ns	۲/۰۹ ns	پایه
۱/۱۸ ns	۳/۲۱ *	۳/۰۲۷ *	۲/۶۲ ns	شوری × پایه

♦ در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

♦♦ ns = تغییرات معنی‌دار نیست، * = معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** = معنی‌دار در سطح ۱ درصد



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف شوری روی سرعت رشد نسبی (a)، سرعت فتوسنتز خالص (b) و نسبت وزن برگ (c) پایه‌های پسته بعد از ۶۰ روز از تیمار



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف شوری بر روی میزان انباشت پرولین در برگ‌های پایه‌های پسته ۶۰ روز پس از تیمار



منابع

1. Ansari, R., Naqvi, S.S., Khanzada, A.N. and Hubick, K.T. 1998. Carbon-isotope discrimination in wheat under saline conditions. *Pak.J. Bot.* 30:87-93.
2. Behboudian, M. Torokfaivy, H.E. and Walker, R.R. 1986. Effects of salinity ionic content, water relation and gas exchange parameter in some citrus scion-rootstock combinations. *Scientia Horticulture*, 28:105-116.
3. Bongi, G. and F. Loreto. 1989. Gas exchange properties of salt-stressed olive (*olea europea L.*) leaves. *Plant Physiology*. 90:1408-1416.
4. Farquhar, G.D., Ehleringer, J.R. and Hubick, K.T. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 40:503-537.
5. Grattan, S. R. and Grieve, C.M. 1999. Salinity-Mineral nutrition relation in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78:127-157.
6. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Dias., M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in modulated alfalfa plant. 84:55-60.
7. Morris, K. and George., G.G. 2001. The response of an emergent sedge *Bolboschoenus medianus* to salinity and nutrients. *Aquatic botany*, 70:311-328.
8. Parsa, A. A. and Karimian, N. 1975. Effects of Sodium Chloride on seedling growth of two major varieties of Iranian Pistachio (*Pistacia vera*). *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 50:41-46.
9. Picchioni, G. A., and Miyamota., S. 1990. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:647-653.
10. Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. *In* auses and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity of Higher Plants. Ed. H. Lambers. Academic Publishing, The Hague, the Netherlands, pp 45-68.
11. Poss, J. A., Suarez, C. M., Grieve, C. M. Shannon, M. C. and Grattan, S. R. 2000. Carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in eucalyptus under salinity and boron stress. *Acta Horticult.* 537: 215-222.
12. Ruiz, D., Martinez, V., and Antonio, C. 1997. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. *Tree Physiology* 17: 141-150.
13. Seemann, J.R. and Chritchley., C. 1985. Effects of salt stress on growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris L.* *Planta* 164:151-162.
14. Sepaskhah, A. R. and Maftoun., M. 1982. Growth and chemical composition of pistachio seedling as influenced by irrigation regims and salinity levels of irrigation water. II chemical composition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57:469-476.
15. Strain, H. H., and Vec., W.A. 1966. Extraction, Separation, Estimation and Isolation of Chlorophylls. *In* The Chlorophylls. Eds. Vernon, L. P., Seely, G. R. Academic Press, NewYork, 21-66.
16. Yamasaki, S., and Dillenburg., L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 11(2), 69-75.



Effects of salinity stress on growth performance and Carbon Isotope discrimination in three Pistachio rootstocks

H., Hokmabadi¹, K., Arzani² and A.P. Grierson³

¹Ph.D student, ²Assistant Professor of Department of Horticultural Science, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, ³Senior Lecture of Botany Department, University of Western Australia, Australia.

Abstract

To determine the effects of salinity on growth performance and carbon isotope discrimination three pistachio rootstocks (Badami-e-zarand, Sarakhsi and Ghazvini) were used. Rootstocks were grown in soil in polyethylene pots. Sodium chloride treatments were 0, 75, 150 and 225 mM NaCl. Plants were harvested before and after 30 and 60 days of exposure to the salinity treatments. Results indicated that relative growth rate decreased with time for all treatments and rootstocks. Salt treatment significantly reduced both relative growth rate (RGR), net assimilation rate on a leaf weight basis (NARw) but not leaf weight ratio (LWR) was significantly correlated with RGR, indicating that NARw was an important factor underlying the salinity-induced differences in RGR among the pistachio rootstocks. Salinity did not have effects on leaf water potential, chlorophyll content and Fv:Fa ratio but with increasing of NaCl, proline accumulation in the leaves was increased, from selected rootstocks, so Ghazvini rootstocks accumulated more proline in compare with other rootstocks indicated more resistant to salinity. Results showed that carbon isotope discrimination reduced by salinity treatments in both leaves and stems, however no significant differences were observed between rootstocks. Carbon isotope discrimination in the second harvest was more than the first harvest, but this variation observed in leaf but not in the stems. We conclude that carbon isotope discrimination in pistachio rootstocks will be indicator of cumulative salinity history of plant but not a suitable indicator for prescreening of pistachio rootstocks to salinity resistance.

Keywords: Pistachio; Salinity; Relative growth rate; Net assimilation rate; Rootstock; Carbon isotope discrimination

