

پاسخ پایه‌های درختان پسته بادامی زرنند، سرخس و قزوینی به زیادی بُر و سدیم کلراید در آب آبیاری

حسین حکم‌آبادی^۱، کاظم ارزانی^۱، یحیی دهقانی شورکی^۲ و بهمن پناهی^۳

چکیده

به‌منظور بررسی آثار شوری و زیادی بُر در آب آبیاری بر سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، نسبت وزن برگ و ویژگی‌های فیزیولوژیکی پایه‌های درختان پسته، سه پایه بادامی زرنند، سرخس و قزوینی که از پایه‌های عمده بهره‌گیری شده در باغ‌های پسته‌اند، انتخاب و در گلدان‌های ۸ لیتری در خاک کاشته شدند. تیمارهای شوری در غلظت‌های ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید و بُر به‌صورت اسید بوریک و در غلظت‌های ۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و به‌جای آبیاری روی نهال‌های یک‌ساله اعمال شد. قبل از شروع تیمارها و بعد از ۳۰ و ۶۰ روز از شروع تیمارها، از هر واحد آزمایش نهال‌ها برداشت شدند و صفات مختلف از جمله شمار کل برگ، سطح برگ، ارتفاع ساقه و ریشه، وزن تر و وزن خشک ساقه، ریشه و برگ، میزان تجمع پرولین در برگ، میزان کلروفیل کل و میزان نسبی آب برگ روی گیاهان برداشت شده اندازه‌گیری شد، همچنین در طول آزمایش هر ۱۴ روز یک‌بار پتانسیل آب برگ و میزان کلروفیل فلورسانس و ارتفاع بوته، شمار برگ و قطر ساقه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

نتایج نشان داد که میزان سرعت رشد نسبی با افزایش سطح شوری و زمان شروع تیمار کاهش یافت. همچنین تیمار شوری مخصوصاً در غلظت‌های بالا میزان سرعت فتوسنتز خالص را نیز کاهش داد، ولی در ارتباط با نسبت وزن برگی اختلافات معنی‌دار نبود. در تمام پایه‌ها سرعت فتوسنتز خالص با سرعت رشد نسبی هم‌بستگی بالایی داشت ولی این هم‌بستگی با نسبت وزن برگی کمتر بود که نشان‌دهنده این است که سرعت فتوسنتز خالص عامل اولیه و مهم در تیمار شوری بوده و نسبت وزن برگی به‌عنوان عامل ثانویه، از اهمیت کمتری برخوردار است. همچنین مشخص شد که شوری اثری روی پتانسیل آب برگ، میزان کلروفیل و میزان کلروفیل فلورسانس نداشت، ولی با افزایش میزان غلظت سدیم کلراید و زمان تیمار، میزان انباشت پرولین در برگ‌ها افزایش یافت. از پایه‌های مورد بررسی، پایه قزوینی نسبت به پایه‌های دیگر، پرولین بیشتری در برگ‌ها انباشت کرد، به‌همین دلیل نسبت به پایه بادامی زرنند و سرخس نسبت به شوری مقاومت بیشتری نشان داد. در ارتباط با بُر مشخص شد که تا غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر هیچ تأثیری در سرعت رشد نسبی، سرعت فتوسنتز خالص، میزان تجمع پرولین و میزان کلروفیل فلورسانس نداشت، چرا که اختلاف معنی‌داری بین صفات اندازه‌گیری شده در نهال‌های تیمار شده و شاهد دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: پسته، سرعت رشد نسبی، سدیم کلراید، سرعت فتوسنتز خالص، پایه، بُر

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

۳. عضو هیئت علمی مؤسسه پژوهش پسته رفسنجان

مقدمه

بخش وسیعی از کشور ما را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. در این مناطق روز به روز به علت تبخیر فراوان و بارندگی کمتر، به شوری خاکها افزوده و خاکها روز به روز شورتر می‌شوند. بدین ترتیب هزاران هکتار از زمین‌های قابل کشت و کار، در اثر تجمع بیش از حد نمکها غیر قابل کشت شده‌اند. بر اساس آمار موجود، سطح کلی خاک‌های شور در ایران حدود ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که حدود ۳۰ درصد مساحت دشت‌ها و متجاوز از ۵۰ درصد زمین‌های تحت کشت آبی کشور، تحت تأثیر شوری است (۴). به‌طور کلی می‌توان گفت به استثنای زمین‌های استان‌های گیلان و مازندران، تقریباً تمامی خاک‌های دشت و زمین‌های پست ایران، کم و بیش شور بوده و بیشترین شوری در زمین‌های فاریاب وجود دارد (۴). طبق آمار ارائه شده، ۷۰ درصد سطح زیر کشت پسته در استان کرمان با زمین‌های نسبتاً شور قرار دارد (۱). بنابراین شوری خاصی در این منطقه که حداکثر سطح زیر کشت و تولید پسته را به خود نسبت داده، حاکم است. اکثر خاک‌های این منطقه شور و قلیایی هستند. از طرفی مسئله سمیت بُر نیز در این مناطق بیشتر از کمبود آن مطرح است. بنابراین مسمومیت حاصل از زیادی بُر نیز یکی از مشکلات عمده مناطق پسته‌کاری است. برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی مانند حذف نمک از ناحیه ریشه‌ها به‌وسیله شستشو و اصلاح بیولوژیکی و کاشت گونه‌های مقاوم به شوری مطرح است. بهره‌گیری از ارقام مقاوم به شوری، روشی کارا در مقابله با شوری می‌باشد. در این راستا، یافتن مکانیزم‌های مقاومت به شوری در جهت برنامه‌های به‌گزینی ارقام، بسیار مفید است.

اگرچه در بررسی‌های انجام شده مشخص شده که پسته یک گیاه متحمل به شوری است و از نظر تحمل به شوری از بادام و پکان بسیار مقاوم‌تر است (۵، ۱۱، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۲۳) ولی میزان عملکرد در این گیاه در شوری‌های بالا شدیداً تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تحمل گیاهان در مقابل شوری بین گونه‌های

مختلف و حتی بین ارقام و پایه‌های یک گونه متغیر است (۸، ۹، ۱۹ و ۲۲). اصلاح ارقام مقاوم به شوری، یکی از اهداف مهم بررسی‌های انجام شده تا این زمان بوده است. بررسی‌های پارسا و کریمیان (۱۱) روی ارقام فندق و بادامی پسته نشان داد، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به میزان ۱/۹۲ و ۰/۴۸ میلی‌موس در قسمت‌های هوایی گیاه و ۸ و ۹/۶ میلی‌موس در ریشه گیاه، کاهش رشد معنی‌داری را به‌وجود می‌آورد هم‌چنین سپاسخواه و مفتون (۱۶) دریافتند، اثر سطوح مختلف شوری و رژیم آبیاری روی ارقام بادامی و فندق پسته موجب شد که رقم بادامی به‌طور معنی‌داری میزان تعرق کمتری از رقم فندق داشته باشد، بنابراین مشخص شد که رقم بادامی از رطوبت موجود در خاک بهتر می‌تواند بهره‌گیری کند و رشد بهتری نشان دهد. در پژوهشی دیگر سپاسخواه و همکاران در سال ۱۹۸۵ آثار سطوح مختلف شوری را بر رشد و ترکیب شیمیایی دانه‌های پسته رقم فندق در یک آزمایش گلخانه‌ای بررسی کردند و هم‌چنین تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تحت تأثیر سدیم کلراید را با میزان کلر، مقادیر نسبت جذب سدیم و کاهش وزن خشک هوایی گیاه بررسی کرده و نتیجه گرفتند که چنانچه هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و میزان کلر به ترتیب به ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۰۸/۳ میلی‌اکی‌والان در لیتر و نسبت جذب سدیم به ۱۶۳ برسد، رشد در حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (۱۷). هم‌چنین بهبودیان و همکاران (۶، ۵) اثر شوری به میزان ۳۰۰ میلی‌مول سدیم کلراید را بر گونه *P. vera* و *P. atlantica* بررسی کرده و دریافتند با این‌که کلر بیشتر در برگ و سدیم بیشتر در ریشه تجمع یافته بود ولی این میزان شوری جذب و انتقال سدیم و کلر در گیاه را افزایش می‌دهد. پیچونی و میاموتا (۱۲) با آزمایشی روی دو گونه *P. terebinthus* و *P. atlantica* و هیبرید *(P. terebinthus × P. atlantica) GoldIII* دریافتند که غلظت سدیم موجود در برگ هنگامی افزایش می‌یابد که غلظت سدیم در خاک به ۱۲۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر برسد. هم‌چنین

کرده است.

در ارتباط با شوری و بُر تاکنون تلاش‌های زیادی انجام شده تا ارقام و پایه‌های مقاوم به شوری و بُر را برای پسته معرفی نمایند، پژوهش حاضر در راستای بررسی‌های انجام شده و به منظور یافتن مکانیسم اثرهای تنش شوری و زیاده بُر، روی پایه‌های عمده درختان پسته انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی آثار زیاده سدیم کلراید و زیاده بُر در آب آبیاری ۳ پایه رقم بادامی زرنند (*Pistacia vera* cv. Badami Zarand)، رقم سرخسی (*P. vera* cv. Sarakhsi) و رقم قزوینی (*P. vera* cv. Ghazvini) که از پایه‌های عمده مناطق پسته‌کاری ایران هستند، انتخاب شد.

بعد از تهیه بذرها (کلیه بذرها از موسسه تحقیقات پسته کشور تهیه شد)، نسبت به آماده‌سازی آنها جهت کاشت اقدام شد. این بذرها به مدت ۴۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در پرلیت و به صورت مرطوب برای شکستن خواب قرار داده شدند. بعد از این مدت بذرها در گلدان‌های پلی اتیلنی کاشته شدند. بعد از یک سال (۱۳۸۱)، دانه‌ها به گلدان‌های با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، حاوی ترکیب خاکی شامل ۴۰٪ خاک زراعی، ۴۰٪ ماسه شیرین و ۲۰٪ کود پوسیده دامی انتقال داده شدند و در هر گلدان یک بوته کاشته شد (برخی از ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مورد بهره‌گیری در جدول ۱ آمده است). این پژوهش در دو آزمایش جداگانه (آثار تیمارهای شوری و آثار زیاده بُر در آب آبیاری) در سال ۱۳۸۱ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با میانگین دمای روزانه ۳۰ و شبانه ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۳۵ درصد اجرا شد.

در آزمایش اول، برای بررسی عکس‌العمل پایه‌های درختان پسته به زیاده سدیم کلراید، تیمارهای شوری در ۴ سطح با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مول نمک

آنها گزارش دادند که هم‌زمان با افزایش غلظت کلر در خاک، در برگ نیز میزان آن به صورت خطی افزایش می‌یابد. در این آزمایش هم‌چنین مشخص شد که میزان غلظت پتاسیم در برگ تحت تأثیر سطوح مختلف شوری در پایه‌های مختلف قرار نگرفت. ولی نسبت K/Na با افزایش Na خاک و میزان کلسیم برگ نیز با افزایش سدیم خاک کاهش یافت، ولی افزایش سدیم خاک بر میزان جذب منیزیم تأثیری نداشت. غلظت سدیم در ریشه با افزایش غلظت Na خاک افزایش زیادی یافت. در ساقه هم غلظت سدیم با افزایش Na خاک بیشتر دیده شد ولی در پوست ساقه اختلافی دیده نشد (۱۲). در زمینه بُر، پیچیونی و میاموتا (۱۳) طی یک آزمایش گلخانه‌ای سه پایه از پایه‌های پسته شامل پایه آتلانتیکا (*P. atlantica*)، پایه تربیتوس (*P. terebinthus*) و هیبرید (*P. atlantica* × *P. atlantica*) Gold II تحت تأثیر بُر تا غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۰/۵ ماه قرار دادند و دیدند که با افزایش غلظت بُر به طور خطی از رشد پایه‌های مورد بررسی کاسته شده و در بین پایه‌های مورد بررسی مشخص شد که پایه تربیتوس نسبت به بقیه پایه‌ها کمتر تحت تأثیر غلظت بُر در آب آبیاری قرار گرفت، از طرفی طی یک آزمایش جداگانه، ایشان دریافتند که ۹ ماه تیمار نهال‌های پسته گونه اهلی (*P. vera*) تا غلظت ۱۰/۷ میلی‌گرم در لیتر بُر تأثیری در رشد آنها نگذاشت. از طرفی سپاسخواه و همکاران در سال ۱۹۸۸ طی یک آزمایش گلخانه‌ای ارقام پسته بادامی، فندق و کله قوچی را بررسی کرده و دریافتند که مقدار ۰/۳۱ پی‌پی‌ام بُر در خاک برای رشد بهینه ارقام فندق و بادامی مناسب بوده و هم‌چنین در این آزمایش مشخص شد که حد سمیت بُر برای ارقام بادامی، فندق و کله قوچی به ترتیب ۸/۹، ۳۸ و ۱۵ پی‌پی‌ام است (۱۸). مشکل مسمومیت بُر، به خصوص در مناطق خشک و شور، امروزه به عنوان یکی از معضلات کشاورزی مطرح است و از آنجایی که بیشتر مناطق پسته‌کاری در کشور در مناطق خشک و شور واقع شده‌اند این عامل، محدودیت جدی را در تولید بالای محصول پسته کشور ایجاد

وزن برگ (LW) (Leaf Weight) است، در هر برداشت از طریق معادله زیر محاسبه شد (۲ و ۱۵).

$$\text{NARw} = 1/\text{LW} \times \Delta\text{W} / \Delta t \quad [2]$$

نسبت وزن برگ (LWR) (Leaf Weight Ratio) که مشخص کننده نسبت وزن خشک کل برگ‌ها به وزن کل گیاه است، در هر برداشت از طریق فرمول زیر محاسبه شد: (۲ و ۱۵).

$$\text{LWR} = \text{RGR} / \text{NARw} \quad [3]$$

پس از شروع تیمارها در طی آزمایش، هر ۱۴ روز یکبار پتانسیل آب برگ با بهره‌گیری از دستگاه اتاکن فشار مدل ۱۴۰۰ ساخت شرکت اسکای انداستریال (Skye Industrial Plant Moisture System) انگلستان اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل فلورسانس هر ۱۴ روز با بهره‌گیری از دستگاه PSM (Plant Stress Meter) ساخت شرکت بیومانیتور سوئد (BioMonitor, Sweden) اندازه‌گیری شد. همچنین میزان نسبی آب برگ (Relative Water Content) در هر برداشت با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ محاسبه شد (۲۱).

میزان اسید آمینه پرولین در هر برداشت و در تمام تیمارها با نمونه‌گیری‌های تصادفی از برگ‌های بالغ، اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ‌ها به همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در داخل هاون چینی کوبیده و محلول به‌دست آمده در سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ rpm قرار داده و پس از جدا شدن فاز مایع و جامد، قسمت مایع در داخل یخچال در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تعیین غلظت پرولین، یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی فوق‌الذکر را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کرده و ۵ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین (Ninhydrin) به آن اضافه شد. پس از افزودن معرف نین‌هیدرین، ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده شده و مخلوط به‌دست آمده پس از به‌هم زدن، به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به هر کدام از آنها افزوده شده و

سدیم کلراید و ۴ تکرار به‌صورت آزمایش فاکتوریل (۳ پایه به‌عنوان فاکتور اول و ۴ تیمار شوری به‌عنوان فاکتور دوم) و طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، انتخاب شد.

در آزمایش دوم، به منظور بررسی عکس‌العمل پایه‌های درختان پسته به بُر، تیمارهای بُر در ۳ سطح با غلظت‌های ۰ (شاهد)، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک در ۴ تکرار به‌صورت آزمایش فاکتوریل (۳ پایه به‌عنوان فاکتور اول و ۳ تیمار اسید بوریک به‌عنوان فاکتور دوم) و طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انتخاب شد. محلول‌های (تیمارهای) مختلف شوری و بُر هر سه روز به جای آبیاری به میزان ۱ لیتر به گلدان‌ها اضافه می‌شد طوری که به‌طور متوسط حدود ۱۵۰ میلی‌لیتر از آن محلول از ته گلدان‌ها خارج می‌شد.

قبل و بعد از ۳۰ و ۶۰ روز از شروع تیمار، از هر واحد آزمایشی (تیمار) ۴ گلدان انتخاب و دانه‌ها پایه پسته برداشت می‌شد. اندام‌های برگ، ساقه و ریشه از هم جدا شد و در مورد تمام تیمارها برای هر تکرار شمار کل برگ، سطح برگ (توسط دستگاه سطح‌سنج)، ارتفاع ساقه و طول ریشه، وزن تر ساقه، ریشه و برگ به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن خشک هر یک از اندام‌ها، ابتدا ریشه‌ها با آب شسته شدند و بعد هر یک از اندام‌ها به‌طور جداگانه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس وزن شدند.

سرعت رشد نسبی (RGR) (Relative Growth Rate) که نشان‌دهنده افزایش وزن گیاه در واحد زمان نسبت به واحد وزن گیاه (W) است، در هر برداشت از طریق معادله زیر محاسبه شد (۲ و ۱۵):

$$\text{RGR} = 1/W \times \Delta\text{W} / \Delta t \quad [1]$$

که $\Delta\text{W} = \text{W}_2 - \text{W}_1$ و $\Delta t = t_2 - t_1$ است. (RGR) در ۳۰ و ۶۰ روز پس از شروع تیمارها محاسبه شده است، بنابراین Δt در هر دو زمان اندازه‌گیری ۳۰ روز بوده است).

سرعت فتوسنتزخالص (NARw) (Net Assimilation Rate) که نشان‌دهنده افزایش وزن گیاه در واحد زمان نسبت به واحد

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک استفاده شده در گلدان قبل از شروع آزمایش

بافت خاک	واکنش گل اشباع (pH)	هدایت الکتریکی (dS/m)	میزان بر (ppm)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهن قابل جذب (ppm)	روی قابل جذب (ppm)
شنی-لومی	۷/۳	۵/۵	۲/۷	۰/۰۸	۱۰۶	۱۶۰۰	۸/۵	۴/۲

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف شوری آب آبیاری ۶۰ روز پس از شروع تیمارها، در تمام پایه‌ها و در سطح ۵٪ بیوماس کل گیاه را کاهش داد (جدول ۲). تفاوت در رشد تیمارهای مختلف بعد از ۳۰ روز از تیمارهای شوری بین گیاهان تیمار شده و شاهد در ۱۵۰ و ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید کاملاً مشهود بود، ۶۰ روز پس از شروع تیمارها همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است این تفاوت‌ها بیشتر مشخص بود ولی در سطوح پایین‌تر شوری، اختلاف کمتر قابل مشاهده بود.

رشد اندامی که بیشتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گرفت، در پایه‌های مختلف، متفاوت بود. در انتهای آزمایش (۶۰ روز بعد از تیمار) میانگین وزن خشک برگ، ساقه و ریشه در پایه قزوینی در تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید در مقایسه با دیگر پایه‌ها کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفت که برای برگ، ساقه و ریشه به ترتیب ۱۶، ۵۲ و ۵۸ درصد این مقدار در درختان شاهد بود (جدول ۲). هم‌چنین نتایج نشان داد که کاهش رشد گیاه همراه با کاهش شدید در طول ریشه (شکل ۲) و ارتفاع دانهال‌ها (شکل ۳) است. در بین پایه‌های مورد بررسی همان‌طور که در شکل ۲ و ۳ مشخص است، ارتفاع و طول ریشه پایه قزوینی کمتر تحت تأثیر تیمار شوری قرار گرفته است.

با گذشت ۶۰ روز از تیمار شوری، در تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید، اغلب برگ‌های پایه‌های بادامی زرنند و سرخس ریزش نمودند درحالی‌که در پایه قزوینی ریزش برگ‌ها کمتر دیده شد (شکل ۴).

نتایج اثر تیمارهای مختلف شوری روی سرعت رشد نسبی

به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد بخش بنزن شود. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حال سکون رها شدند و در نهایت میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۱۰ و ۷).

در هر مرحله از برداشت و در کلیه تیمارها میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و b با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ اندازه‌گیری شد، بدین منظور ۰/۲۵ گرم برگ تازه را خرد کرده و آن را در یک هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر ساییده، تا به صورت توده یک‌نواختی در آید. مخلوط حاصل را در یک بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و به حجم رسانیده شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به دست آمده با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ مخلوط شد و به مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه) شد. سپس میزان جذب نور محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرانت و نهایتاً غلظت کلروفیل با بهره‌گیری از معادله‌های زیر محاسبه شد (۲۰ و ۶).

$$(OD\ 645 \times 0.02 \times 0.02) = \text{کلروفیل کل (گرم در لیتر)}$$

$$+ (OD\ 663 \times 0.008 \times 0.02)$$

$$(OD\ 663 \times 0.0127 \times 0.02) = \text{کلروفیل a (گرم در لیتر)}$$

$$- (OD\ 645 \times 0.0269 \times 0.02)$$

$$(OD\ 645 \times 0.0229 \times 0.02) = \text{کلروفیل b (گرم در لیتر)}$$

$$- (OD\ 663 \times 0.00468 \times 0.02)$$

[۴]

که در روابط فوق OD ۶۶۳ و OD ۶۴۵ به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر هستند.

نتایج به دست آمده توسط نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

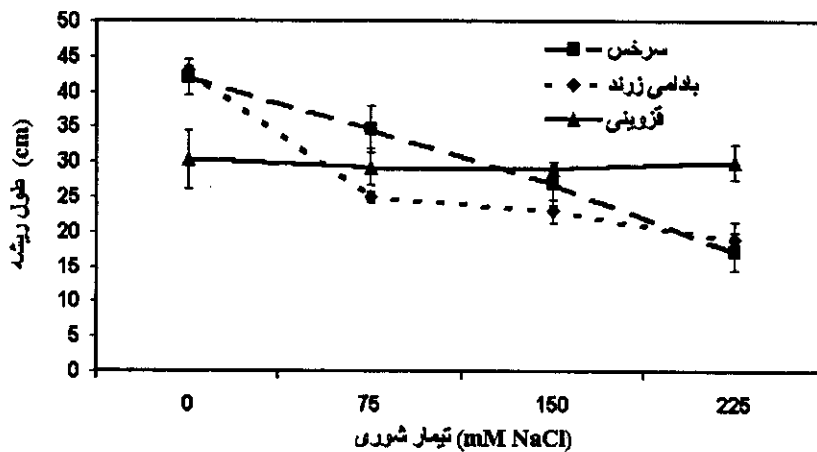
جدول ۲. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های اثرهای تیمار شوری روی صفات مورد بررسی در دانه‌های پسته ۶۰ روز پس از شروع تیمار (ب = بادامی زرد، س = سرخس و ق = قزوقی)

Fv: Fm	میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	پتانسیل آب برگ (بار)	RWC	وزن خشک ریشه در هر بوته (گرم)	وزن خشک ساقه در هر بوته (گرم)	وزن خشک برگ در هر بوته (گرم)	پایه	سدیم کلراید (میلی مول)
۰/۰۰۲ a	۰/۰۷۷ a	۴/۴ a	۸/۰۰ a	۴/۰ bcd	۷/۰۶ a	۱ ab	ب	
۰/۰۰۲ a	۰/۰۸۰ a	۷/۱۶ a	۹/۲۰ a	۸/۰۱ a	۷/۷ a	۷۳ a	س	شامه
۰/۰۰۰ a	۰/۰۲۷ a	۴/۲۸ a	۷/۲۸ a	۷/۰۶ a	۷/۷ a	۷۳ a	ق	
۰/۰۰۰ a	۰/۰۸۴ a	۴/۷۴ a	۷/۴۱ a	۷/۳ abcd	۷/۹ a	۰/۴ ab	ب	
۰/۰۰۷ a	۰/۰۴۰ a	۴/۷۰ a	۹/۲۲ a	۴/۹ bcd	۴/۹ bc	۴/۳ b	س	۷۰
۰/۰۰۲ a	۰/۰۳۰ a	۳/۴۰ a	۷/۹۴ a	۷/۰ abc	۷/۳ ab	۴/۷ b	ق	
۰/۰۰۱ a	۰/۰۸۷ a	۴/۹۱ a	۷/۴۸ a	۳/۸ cd	۳/۶ bc	۱/۰۶ cd	ب	
۰/۰۰۲ a	۰/۰۷۰ a	۰/۲۹ a	۸/۰۸ a	۴/۳ bcd	۴/۱ bc	۲/۴ c	س	۱۰۰
۰/۰۰۷ a	۰/۰۸۷ a	۴/۳۶ a	۷/۱۲ a	۷/۴ abcd	۴/۰۷ bc	۱/۹ cd	ق	
۰/۰۰۶ a	۰/۰۲۱ a	۳/۲۰ a	۸/۱۴۷ a	۳/۷ d	۳/۴ bc	۰/۷۳ cd	ب	
۰/۰۰۲ a	۰/۰۳۱ a	۴/۲۲ a	۷/۷۷ a	۳/۷ d	۳/۶ bc	۰/۶ d	س	۲۲۰
۰/۰۰۴ a	۰/۰۶۰ a	۴/۲۸ a	۷/۷۰ a	۴/۷ bcd	۳/۰۴ bc	۱/۰۲ cd	ق	
۱/۰۰۳ NS	۱/۰۸ NS	۳/۴۳ NS	۰/۶۱ NS	۳/۱۹ **	۸/۶۴ **	۸۹/۸۲ **	تیمار شوری	
۳/۰۸۷ NS	۳/۰۸۶ NS	۴/۳۰ NS	۰/۰ NS	۳/۶۶ NS	۰/۱۷ NS	۲/۰۷۳ *	پایه	مقدار عددی F
۰/۰۹۹ NS	۱/۱۱ NS	۱/۰۹ NS	۱/۳ NS	۱/۴۱ NS	۲/۸۳ *	۴/۷۳ **	پایه x تیمار شوری	
۴/۱۷	۲۰/۸۲	۲۰/۷	۱۰/۰۹	۳/۶	۲/۶۹	۲/۰۴	-	CV%

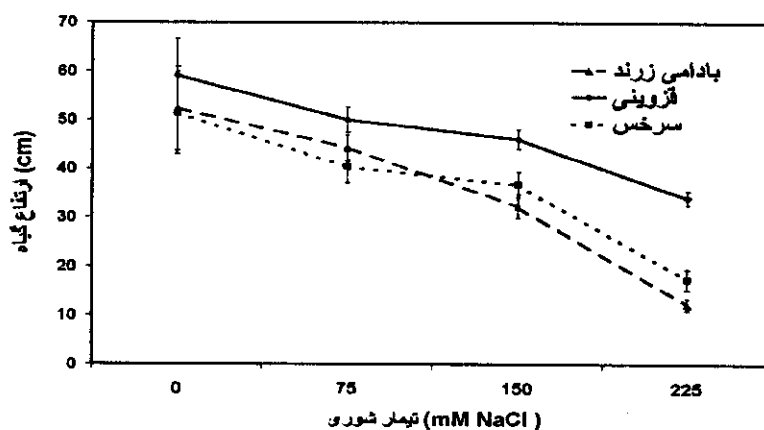
در هر ستون میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.
NS تغییرات معنی‌دار نیست. * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد.



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف شوری ۶۰ روز بعد از تیمار بر روی رشد پایه بادامی زرنده



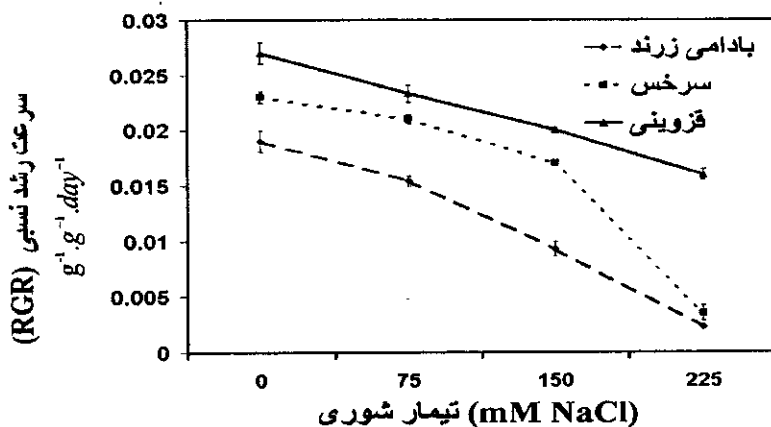
شکل ۲. اثر تیمارهای مختلف شوری روی طول ریشه دانه‌های سه پایه پسته بعد از ۶۰ روز تیمار



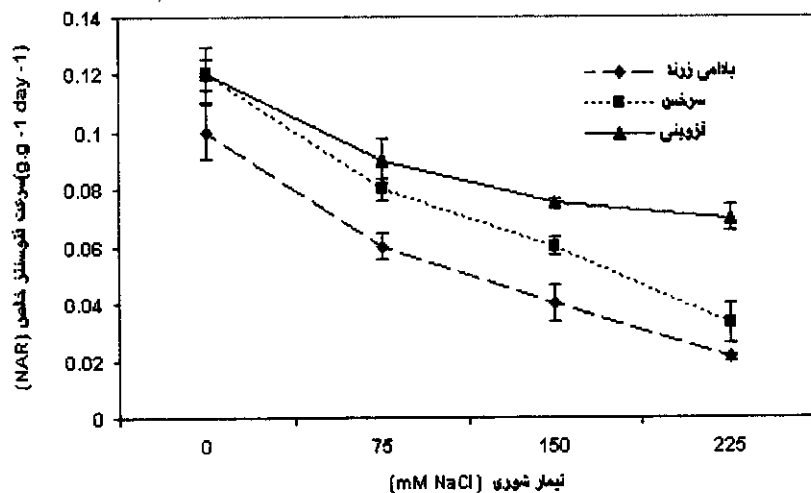
شکل ۳. اثر تیمارهای مختلف شوری روی ارتفاع دانه‌های سه پایه پسته بعد از ۶۰ روز از تیمار



شکل ۴. تفاوت دانه‌های مورد بررسی با تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید ۶۰ روز بعد از تیمار شوری (در حالی که اغلب برگ‌های دو پایه بادامی زرد و سرخس در اثر تنش شوری ریزش نموده‌اند، در این شرایط در پایه قزوینی ریزش برگ‌ها کمتر بود).



شکل ۵. اثر تیمارهای مختلف شوری روی سرعت رشد نسبی دانه‌های پسته



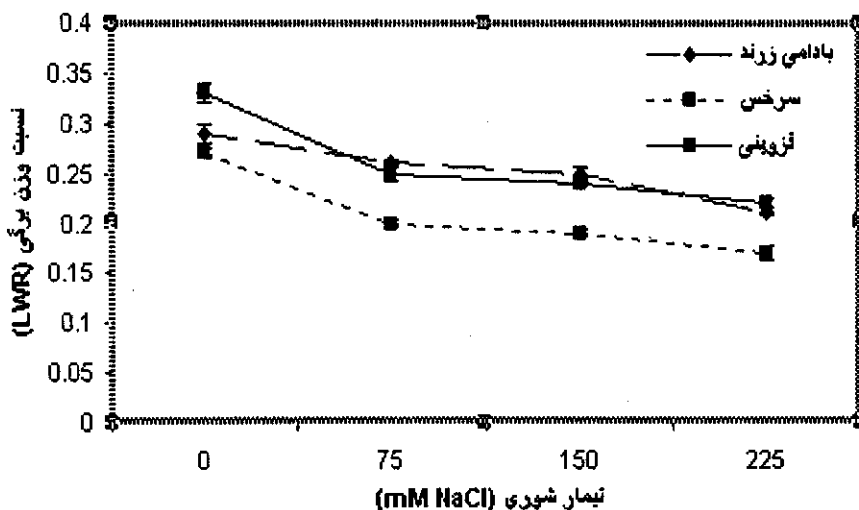
شکل ۶. اثر تیمارهای مختلف شوری روی سرعت فتوسنتز خالص دانه‌های پسته

رابطه دارد (۱۴). در پایه‌های مورد بررسی در این پژوهش تغییرات در میزان سرعت فتوسنتز خالص (NARw) با تغییرات در میزان سرعت رشد نسبی هم‌بستگی بالایی داشت ($R^2=0.85$) در حالی‌که با میزان نسبت وزن برگ (LWR) هم‌بستگی کمتر بود ($R^2=0.55$) که این مورد، این قضیه را برای ما روشن می‌کند که بازدارندگی رشد پایه‌های پسته که در معرض تیمارهای شوری هستند، بیشتر در اثر کاهش در میزان واکنش‌های سوخت و ساز است تا کاهش در میزان رشد رویشی. پژوهش‌های انجام شده تاکنون مشخص کرده که کاهش در میزان NARw با کاهش در میزان فتوسنتز، افزایش در میزان تعرق گیاه و یا افزایش در کاهش رشد بافت‌هایی که در تعرق نقش دارند و اندام غیر فتوسنتزی هستند، هم‌بستگی بالایی دارد (۱۴). در ارتباط با پسته، بهبودیان و همکاران بیان داشتند که میزان فتوسنتز در برگ‌های بالغ پسته گونه اهلی تا میزان شوری حدود ۲۲۵-۱۵۰ میلی‌مول سدیم کلراید کاهش نمی‌یابد (۵) در حالی‌که در محصولات دیگر نظیر انگور و مرکبات، کاهش میزان فتوسنتز در برگ‌های بالغ، در شوری‌های حدود ۵۰ تا ۹۰ میلی‌مول سدیم کلراید کاهش دیده شده است (۱۴). بنابراین نمی‌توان کاهش در میزان NARw را با کاهش مستقیم در میزان فتوسنتز مربوط دانست. یکی از نظریه‌های بارزی که توقف و کاهش رشد را در پاسخ به شوری در این مورد توجیه می‌کند، انحراف انرژی در دسترس، با جذب بیش از حد عناصر است. بهبودیان و همکاران (۶) و (۵) در پژوهش خود نیز به این نتیجه دست یافتند. بنابراین آنچه مسلم است این است که در رشد نهال‌های پسته در شرایط شور، NARw، عامل مهم در توضیح تغییرات در میزان RGR است و LWR نقش کمتری را ایفا می‌نماید. نتایج به دست آمده در این ارتباط با نتایج رویز و همکاران (۱۵) که آثار تیمارهای شوری را روی پایه‌های مختلف مرکبات بررسی کردند، مشابه است. آنها در بررسی خود دریافتند که میزان کاهش در RGR با NARw بیشتر از LWR ارتباط دارد. در ارتباط با تجمع پرولین در برگ‌های گیاهان تحت تنش

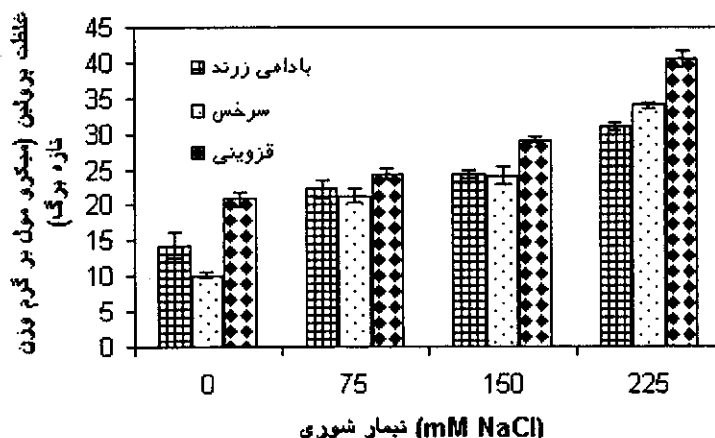
(RGR) نشان داد که سرعت رشد نسبی، تحت تأثیر تیمارهای مختلف شوری، کاهش یافت که این کاهش در پایه‌های مختلف متفاوت بود (شکل ۵). این اختلاف‌ها، ۶۰ روز بعد از تیمار شوری و مخصوصاً در تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید، کاملاً بین پایه‌ها و نهال‌های تیمار شده و شاهد مشهود بود. ۶۰ روز بعد از تیمار در حالی‌که سرعت رشد نسبی در درختان شاهد بین ۰/۰۱۹ تا ۰/۰۱۹۴ در روز بود، این مقدار در نهال‌های تیمار شده بین ۰/۰۱۶ و ۰/۰۰۲۴ در روز متغیر بود. در کلیه پایه‌های مورد بررسی هر چه میزان شوری و زمان تیمار افزایش پیدا می‌کرد، میزان سرعت نسبی رشد بیشتر کاهش می‌یافت، به‌طور مثال بعد از ۳۰ روز از شروع تیمار ۱۵۰ میلی‌مول سدیم کلراید، میزان سرعت رشد نسبی برای پایه‌های بادامی زرنند، سرخس و قزوینی به ترتیب ۰/۰۱۰۱، ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۶ در روز بود در حالی‌که ۶۰ روز بعد از تیمار میزان سرعت رشد نسبی برای پایه‌های نام‌برده به ترتیب ۰/۰۰۹۲۵، ۰/۰۱۷ و ۰/۰۰۲ در روز بود. به‌همین ترتیب در دیگر تیمارهای اعمال شده نیز این تغییرات دیده شد، از طرفی، مشخص گردید که حتی در تیمار ۷۵ میلی‌مول سدیم کلراید و ۶۰ روز پس از شروع تیمارها، کاهش در رشد نسبی پایه‌ها دیده شد که نشان‌دهنده این مسئله است که اگر چه پسته، یک گیاه مقاوم به شوری است، ولی کمترین میزان شوری می‌تواند در سرعت رشد نسبی تأثیرگذار باشد (شکل ۵).

در طی این پژوهش، میزان سرعت فتوسنتز خالص (NARw) در کلیه پایه‌ها و ۶۰ روز پس از شروع تیمار، مشابه سرعت رشد نسبی در نهال‌های تیمار شده بود، ولی میزان کاهش در مقایسه با سرعت رشد نسبی مشهودتر بود (شکل ۶). در ارتباط با نسبت وزن برگ (LWR) نتایج نشان داد که اگرچه در تیمارهای اعمال شده، نسبت وزن برگ کاهش داشت، ولی این میزان بیسن پایه‌های مورد بررسی معنی‌دار نبود (شکل ۷).

در بررسی‌های انجام شده تا کنون مشخص شده است که کاهش رشد در اثر تیمارهای شوری با کاهش میزان فتوسنتز



شکل ۷. اثر تیمارهای مختلف شوری روی نسبت وزن برگ دانه‌های پسته



شکل ۸. اثر تیمارهای مختلف شوری روی میزان انباشت پرولین در برگ‌های دانه‌های پسته بعد از ۶۰ روز تیمار

تنش شوری و خشکی، باعث خنثی شدن سمیت آمونیاک آزاد تولید شده در برگ‌های گیاهان تحت تنش آبی و شوری می‌شود. همچنین به‌عنوان عاملی برای تنفس و یک منبع انرژی برای بهبودی گیاه در شرایط تنش استفاده می‌شود (۱۰). انباشت پرولین بیشتر در پایه قزوینی نشان می‌دهد که این پایه در مقایسه با پایه‌های دیگر در این بررسی، از پدیده تنظیم اسمزی بهتر استفاده می‌کند و احتمالاً به همین علت در مقایسه با پایه‌های دیگر بیشتر از تنش شوری اجتناب می‌کند و در مقابل تنش شوری مقاوم‌تر است. در ارتباط با تجمع پرولین در پایه‌های پسته که در معرض شوری قرار دارند، هیچ‌گونه

شوری، نتایج آزمایش نشان داد پس از ۶۰ روز از شروع تیمارها و با افزایش تنش شوری، مقدار پرولین برگ‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۸). بالاترین میزان تجمع پرولین در تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید (۲۶/۳۶ میکرومول در گرم وزن تر) و کمترین انباشت آن، در تیمار شاهد (۱۱/۳۳ میکرومول در گرم وزن تر) بود. انباشت پرولین در بین پایه‌های مورد بررسی در پایه قزوینی بیشتر از پایه‌های دیگر بود. به‌عنوان مثال در تیمار ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید، میزان تجمع پرولین در پایه قزوینی، ۱/۱ برابر پایه سرخس و ۱/۳ برابر پایه بادامی زرد بود (شکل ۸). پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی در گیاهان تحت

محدود شود، در آن صورت بازدارندگی نوری می‌تواند به‌عنوان یک تنش ثانویه عمل نماید. این مورد، نتایج بهبودیان و همکاران را در ارتباط با تأثیرنگذاشتن شوری تا میزان ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید روی فتوستز تقویت می‌کند. چرا که این شاخص کوچک‌ترین تأثیر در میزان بازدارندگی نوری در مسیر فتوستز را نشان می‌دهد (۸). تنش شوری در برخی گیاهان مشخص شده است که میزان Fv: Fm را کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال بونگی و لورتو در سال ۱۹۸۹ دریافتند که تنش شوری در درختان زیتون میزان Fv: Fm را کاهش می‌دهد، که این مورد نشان می‌دهد که کوچک‌ترین آثار تنش شوری در زیتون با تأثیر روی فتوستز، باعث کاهش رشد در این گیاه می‌شود (۸).

نتایج این پژوهش نشان داد که شوری در پایه‌های آزمایش شده در این تحقیق، تا میزان ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید باعث می‌شود که این پایه‌ها عمل تطابق اسمزی را به‌خوبی برای اجتناب از تنش شوری انجام دهند ولی مسمومیت برخی یونها از طریق برهم زدن بعضی از واکنش‌های سوخت‌ساز و انحراف انرژی در دسترس با جذب بیش از حد عناصر، کاهش رشد و اثرهای نام‌برده را باعث می‌شود. از طرفی در ارتباط با بُر، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بُر تا میزان ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در مدت دو ماه هیچ تأثیری در شاخص‌های رشدی گیاه پسته نداشت. در وزن خشک و تر ریشه، ساقه و برگ بعد از ۶۰ روز از شروع تیمار، در دانهال‌های تحت تیمار ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر و شاهد، اختلاف معنی‌دار دیده نشد. به‌عنوان مثال در ارتباط با وزن خشک برگ، میانگین وزن خشک هر بوته در شاهد ۶/۷۷ گرم بود که در این حالت در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر، این میزان به‌طور میانگین ۷/۱۳ بود (CV=۱۷/۹۳). هم‌چنین تغییرات بین وزن خشک ساقه و ریشه در تیمار شاهد و تیمار ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بُر نیز همانند وزن خشک برگ کم، و از نظر آماری معنی‌دار نبود. میانگین وزن خشک ریشه در تیمار شاهد ۶/۶۲ گرم و در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر این میزان ۷/۰۶ گرم بود (CV=۲۵/۸۲).

گزارشی انتشار نیافته ولی آنچه مسلم است با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای شوری اعمال شده و پایه از نظر میزان پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ دیده نشد می‌توان به اهمیت پرولین و انباشت آن در برگ و نقش آن در تنظیم اسمزی پی برد. بهبودیان و همکاران (۵) نیز این چنین نتایجی را یافتند که مشابه با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش بود. آنها دریافتند که شوری تا میزان ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید، هیچ اثری روی میزان پتانسیل آب برگ، پتانسیل اسمزی و پتانسیل تورژسانس نداشت.

نتایج تجزیه واریانس در ارتباط با میزان کلروفیل (a و b و کلروفیل کل) برگ، نشان داد که هیچ اختلاف معنی‌داری بین دانهال‌های تحت تیمار شوری و شاهد وجود ندارد. به عبارت دیگر، تنش شوری در میزان کلروفیل برگ تأثیری نگذاشته است، که این نتایج با نتایج پژوهش بهبودیان و همکاران (۵) که آثار تنش شوری و آب را بر روی میزان فتوستز بررسی کردند، مشابه بود. آنها در آزمایش خود تأثیر سطوح مختلف شوری تا میزان ۲۲۵ میلی‌مول سدیم کلراید را بر روی مقدار کلروفیل برگ پسته بررسی کردند و نتیجه گرفتند که علی‌رغم بالا بودن غلظت یون‌های کلر و سدیم در برگ‌ها، مقدار کلروفیل تحت تأثیر این حد شوری قرار نگرفت.

نتایج آزمایش در ارتباط با میزان کلروفیل فلورسانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان Fv: Fm بین تیمارها و شاهد وجود نداشت (جدول ۲). این شاخص طبق بررسی‌های انجام شده، میزان انرژی ارتعاش یافته از ورود انرژی و تبدیل فتوسیستم I به فتوسیستم II را بیان می‌کند که مشخص شده است که میزان انرژی ارتعاش یافته از این واکنش هم‌بستگی بالایی با کارایی فتوستز در گیاه دارد. از طرفی پژوهش‌های انجام شده تاکنون مشخص کرده که هم‌بستگی بسیار بالایی بین توقف فتوستز و کاهش میزان Fv: Fm وجود دارد (۸). از این‌رو این نسبت شاخص بسیار مفیدی از بازدارندگی نوری است. اگر تمامی فرآیند فتوستز از طریق برخی عوامل تنش‌زا

افزایش غلظت بُر به طور خطی رشد کاهش می‌یابد، بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر و نتایج گزارش شده توسط پیچونی و میاموتا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً به دلیل حرکت کند بُر در گیاه غلظت‌های کم در ۲ ماه اول مسمومیتی در پایه‌های پسته ایجاد نکرده است و با پیشرفت زمان و تجمع بر این مسمومیت با تأثیر منفی بر رشد آثار آن ظاهر می‌شود. اگر چه آنها دریافتند در پسته اهلی تا میزان ۱۰/۷ میلی‌گرم بُر تغییری در رشد دانه‌های پسته ایجاد نمی‌کند. به هر حال بررسی‌های بیشتری در این زمینه لازم است.

بنابراین می‌توان این چنین نتیجه‌گیری کرد که (۱) اگر چه پسته یک گیاه مقاوم به شوری است، سرعت رشد نسبی با کوچک‌ترین مقدار شوری کاهش می‌یابد. (۲) در پایه‌های مورد بررسی در این پژوهش که در معرض تنش شوری بودند، پارامتر NARw مهم‌تر از LWR بود و تغییرات در میزان سرعت رشد نسبی بیشتر به این پارامتر برمی‌گردد. (۳) بین پایه‌های مورد بررسی، پایه قزوینی کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و سرعت رشد نسبی بیشتری نسبت به پایه‌های دیگر داشت، از طرفی این پایه با تجمع بیشتر پرولین در برگ‌ها از پدیده تطابق اسمزی نسبت به دو پایه دیگر از تنش شوری بیشتر اجتناب کرد و به شوری مقاومت بیشتری نشان داد. (۴) بُر تا میزان ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در آب آبیاری تأثیری بر ویژگی‌های رشدی پایه‌های پسته نمی‌گذارد.

در ارتباط با وزن خشک ساقه در هر بوته میانگین در شاهد و در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر به ترتیب ۷/۶۹ و ۶/۷ بود که اختلاف آنها معنی‌دار نبود ($CV=17/26$). طول ریشه و ارتفاع گیاه نیز تحت تأثیر تیمار ۲۰ و حتی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر، قرار نگرفت، میانگین ارتفاع گیاه در دانه‌های شاهد و تحت تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر، به ترتیب ۴۷/۵۶ و ۵۱/۲۷ سانتی‌متر بود ($CV=14/12$) و میانگین طول ریشه به ترتیب ۲۴/۱۱ و ۲۲/۷۸ سانتی‌متر بود ($CV=22/18$). از نظر میزان انباشت پرولین در برگ، در بین تیمارهای بر و پایه‌های مورد آزمایش، اختلاف آماری دیده نشد، میانگین انباشت پرولین، هم در تیمار شاهد و هم در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر به میزان ۱۷/۱۱ میکرومول در گرم وزن تر برگ بود (۱۴/۶۹ $CV=$). هم‌چنین میزان کلروفیل در تیمار شاهد و تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر به ترتیب ۰/۶۹ و ۰/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بود که اختلاف معنی‌دار نبود ($CV=26/68$). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار بُر تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر اثری بر روی میزان پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ نداشت. میزان پتانسیل آب برگ، ۶۰ روز پس از شروع تیمار، در تیمار شاهد و تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بُر به ترتیب ۴/۶- و ۴/۵- بار بود ($CV=26/15$). از آن‌جا که پیچونی و میاموتا آثار بُر روی پارامترهای رشد پایه‌های تربیتوس، PGI، PGIH، آتلانتیکا و پسته اهلی (*P. vera*) را مانند وزن خشک ریشه، برگ و ساقه، شمار برگ و سطح برگ گزارش کردند که با

منابع مورد استفاده

۱. شیبانی، ا. ح. فریورمهین و ع. وطن‌پور ازقندی. ۱۳۷۳. پسته و تولید آن در ایران. انتشارات سازمان تحقیقات آموزش ترویج کشاورزی تهران.
۲. طلائی، ع. ۱۳۷۷. فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله. (تألیف فاست میکولوس) چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. محمدخانی، ع. ۱۳۷۶. پسته. انتشارات سازمان تحقیقات آموزش ترویج کشاورزی.
۴. مهاجر میلانی، پ. ۱۳۷۵. چگونگی بهره‌برداری از زمین‌های شور مقدمه‌ای بر شوری خاک. نشر آموزش کشاورزی کرج.
5. Behboudian, M. H., R. R. Walker and E. Torokfaivy. 1986. Effects of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. *Scientia Hort.* 29: 251-261.

6. Behboudian, M. H., E. Torokfaivy and R. R. Walker. 1986 . Effects of salinity ionic content, water relation and gas exchange parameter in some citrus scion - rootstock combinations. *Scientia Hort.* 28:105-116.
7. Behtes, L. S., R. D. Walderen and I. D. Taere. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil.* 39: 205-207.
8. Bonghi, G. and F. Loreto. 1989. Gas exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europea* L.) leaves. *Plant Physiol.* 90: 1408-1416.
9. Grattan, S. R. and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrition relation in horticultural crops. *Scientia Hort.* 78: 127-157.
10. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez - Dias. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Plant Physiol.* 84:55-60.
11. Parsa, A. A. and N. Karimian. 1975. Effects of Sodium Chloride on seedling growth of two major varieties of Iranian Pistachio (*Pistacia vera* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 50: 41-46.
12. Picchioni, G. A. and S. Miyamota. 1990. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 647-653.
13. Picchioni, G. A. and S. Miyamota. 1991. Boron uptake and effects on growth and carbohydrate partitioning of pistachio seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 706-711.
14. Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. pp. 45-68. *In: H. Lambers (Ed.) Causes and Consequences of Variation in Growth Rate. Productivity of Higher Plants.* Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
15. Ruiz, D., V. Martinez and C. Antonio. 1997. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. *Tree Physiol.* 17: 141-150.
16. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio seedling as influenced by irrigation regims and salinity levels of irrigation water. I. Growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57: 469-476
17. Sepaskhah, A. R., M. Maftoun and N. Karimian. 1985. Growth and chemical composition of pistachio as affected by salinity and applied Iron. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 60: 115-121.
18. Sepaskhah, A. R., M. Maftoun and J. Yasrebi. 1988. Seedling growth and chemical composition of three pistachio cultivars as affected by soil applied boron. *J. Hort. Sci.* 63: 743-749.
19. Storey, R. and R. R. Walker. 1999. Citrus and salinity. *Scientia Hort.* 78: 39-81.
20. Strain, H. H. and W. A. Svec. 1966. Extraction, Separation, Estimation and Isolation of Chlorophylls. pp. 21-66. *In: Vernon, L. P., Seely G. R. (Eds.), The Chlorophylls.* Academic Press, New York.
21. Yamasaki, S. and L. C. Dillenburg. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 11(2): 69-75.
22. Yeo, A. 1999. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Scientia Hort.* 78: 159-174.
23. Zartine, P. and R. Aragues. 1995. Salt resistance of seeds and pollen of five pistachio species. *Acta Hort.* 419: 49-54.

Response of Badami-Zarand, Sarakhs, and Ghazvini Pistachio Rootstocks to Sodium Chloride and Boron Excess in Irrigation Water

H. Hokmabadi, K. Arzani¹, Y. Dehghani- Shooraki²,
and B. Panahi³.

Abstract

To determine the effects of salinity and boron excess in irrigation water on relative growth rate (RGR), net assimilation rate on a leaf weight basis (NAR), and leaf weight ratio (LWR) of pistachio, three pistachio rootstocks (Badami - Zarand, Sarakhs and Ghazvini) were used. Rootstocks were grown in soil in eight-liter polyethylene pots. Sodium chloride treatments were 0, 75, 150 and 225 mM NaCl and boron treatments were 0, 20 and 40 mg liter⁻¹. Treatments were applied to the one-year old pistachio rootstock seedlings in three-day intervals with irrigation water. Some plants were randomly selected and destructively harvested before (day 0) and after applying treatments (30 and 60 days after treatments started). Growth and physiological characters were then measured as follows: number of leaves, leaf area, plant height and root length, fresh and dry weights of stem, root and leaf, proline accumulation in the leaf, total chlorophyll, and leaf relative water content (RWC).

Results indicated that relative growth rate decreased with time for all treatments and in all rootstocks. Salt treatment significantly reduced both RGR and NAR, whereas LWR showed no significant differences. In all rootstocks, NAR, but not LWR, was significantly correlated with RGR, indicating that NAR was an important factor underlying the salinity-induced differences in RGR among the pistachio rootstocks. Salinity did not affect leaf water potential (ψ), chlorophyll content, and Fv:Fm ratio but increased NaCl concentration and time correspondingly increased proline accumulation in leaves. In addition, Ghazvini rootstock accumulated more proline compared to other rootstocks and was more resistant to salinity treatments. Different boron treatments did not show any significant effect on growth rate nor on measured parameters after two months of exposure to treatments.

Keywords: Pistachio, Relative growth rate, Sodium chloride, Net assimilation rate, Rootstock, Boron.

-
1. Ph.D. Student and Assis. Prof. of Hortic., respectively, College of Agric., Tarbiat Modarres Univ., Tehran, Iran.
 2. Forest Research Inst., Tehran, Iran
 3. Pistachio Research Inst., Rafsanjan, Iran