تاثیر تنش شوری بر برخی از صفات بیوشیمیایی چهار رقم بادام

علی مومن پور[۱]*، علی ایمانی و داود بخشی

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

a.momenpour@areeo.ac.ir

دانشیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

Imani_a45@yahoo.com

دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

bakhshi-d@guilan.ac.ir

چکیده

ترکیب پایه و پیوندک، خصوصیات بیوشیمیایی بادام را در شرایط شوری، تحت تاثیر قرار می‌دهد. به‌منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر تغییرات بیوشیمیایی تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با دو عامل ژنوتیپ در چهار سطح ('شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ'۴۰-۱۳' پیوند شده روی پایه GF_{677} و پایه GF_{677} بدون پیوند) و شوری آب آبیاری در پنج سطح (۰/۵، ۲/۵، ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر)، انجام شد. پس از اعمال تیمارهای آزمایشی، صفات بیوشیمیایی از قبیل فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانتی، قندهای محلول و نامحلول، پرولین، پروتئین‌های محلول کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد، محتوای پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها، با افزایش غلظت نمک تا سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، افزایش یافت. همچنین، محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، قندهای محلول، پرولین، پروتئین محلول کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با زیاد شدن غلظت نمک، افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، مقدار آن‌ها کم شد. در مجموع، بیشترین محتوای پروتئین‌های محلول کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سطح شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، قندهای محلول و پرولین در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین محتوای پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید، سایر آلدئیدها و قندهای نامحلول در دو سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در رقم 'شکوفه'، مشاهده شدند. در مجموع، از میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ارقام 'شکوفه' و 'سهند' پیوند شده روی پایه GF_{677}به ترتیب، به عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام به شوری، تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: آب‌های شور، پایه GF_{677}، رقم شکوفه، پرولین، فعایت آنزیمی

۱- آدرس نویسنده مسئول: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری.

* - دریافت: مهر ۱۳۹۶و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و کمبود آب به‌عنوان عامل اصلی کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی به شمار می‌رود، بنابرین استفاده از آب‌های شور برای تولید محصولات کشاورزی غیرقابل اجتناب است. عموماً با افزایش شوری آب آبیاری بر شوری خاک نیز اضافه می‌شود که آن نیز عوامل دیگری را در رابطه با آب و گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد (اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از راه‌های اصلاح خاک‌های شور، آبشویی خاک‌ها و خارج کردن نمک از خاک می‌باشد که متأسفانه به علت کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک، این روش عملی نیست (اسکیزبرا و همکاران، ۲۰۰۹). لذا، موثرترین راهکار برای مدیریت شوری، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به شوری و استفاده از آن‌ها در مناطق با خاک شور است (مانس و تستر، ۲۰۰۸; حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰).

تحقیقات متعدد نشان داده است که آستانه تحمل اکثر درختان میوه هسته‌دار از جمله بادام نسبت به تنش شوری پایین است، به‌طوری‌که در هدایت الکتریکی ۲/۸، ٤/۱ و هفت دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به میزان ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عملکرد آن کاسته می‌شود (براون و همکاران، ۱۹۵۳; برنستین و همکاران، ۱۹۵٦; ماس و هاف من، ۱۹۷۷). بنابراین، در بادام نیز همانند سایر درختان میوه، انتخاب پایه و پیوندک‌های متحمل، راهبرد بسیار مناسبی به منظور کاهش عوارض ناشی از شوری به‌ویژه در نواحی خشک کشور می‌باشد. تحمل پایه GF_{677} نیز نسبت به سطوح مختلف شوری حاصل از نمک طبیعی مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که این پایه نسبت به شوری، ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر، متحمل است (مومن پور و همکاران، ۱۳۹۳; مومن پور و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین، گزارش شده است که پایه GF_{677} از طریق مکانیسم تدافعی ایجاد محدودیت در جذب و یا انتقال سدیم به قسمت‌های هوایی و نیز حفظ سطح مناسبی از پتاسیم، می‌تواند شوری تا ۵۰ میلی مولار (۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل کند (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸).

پژوهش‌های انجام یافته، نشان می‌دهد شاخص‌های بیوشیمیایی بادام از جمله محتوای پرولین، محتوای قندهای محلول و نامحلول، محتوای فنل و ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتار، تحت شرایط تنش شوری تغییر می‌کنند. تنش شوری، شرایط پایدار و ثابت پتانسیل آب و توزیع یون را هم در سطح سلول و هم در سطح کل گیاه برهم می‌زند و موجب تنش اسمزی می‌شود (سرخه و همکاران، ۲۰۱۲; رهنمون و همکاران، ۱۳۹۲; اورعی و همکاران، ۱۳۸۸). این کمبود آب موجب ایجاد رادیکال های فعال یا گونه‌های اکسیژن واکنش گرا (ROS)[1] مانند سوپراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسید و اکسیژن می‌شود. این اکسیژن‌های فعال، موجب اختلال در متابولیسم از طریق خسارت اکسیداتیو بر لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و فعالیت آنزیم‌های اکسیدانت مانند کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات و گلوتامین ردوکتاز را تحت تنش افزایش می‌دهد (سرخه و همکاران، ۲۰۱۲).

گزارشی از بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر تغییرات آنزیمی در ٤۷ ژنوتیپ بادام نشان داده است که به موازات انباشت یون‌های سدیم و کلر در برگ، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز با افزایش سطوح نمک تا ۷۵ میلی‌مولار در لیتر روند افزایشی معنی‌داری داشت. فعالیت آنزیم پراکسیداز تا سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار در لیتر افزایشی و در سطوح بالاتر شوری، میزان فعالیت کاهشی بود (رهنمون و همکاران، ۱۳۸۸; رهنمون و همکاران، ۱۳۹۲). علاوه بر مکانیسم‌های دفاعی آنزیمی، گیاهان از طریق مکانیسم‌های دفاعی غیر آنزیمی مانند تنظیم اسمزی و تولید فنل‌ها نیز با اثرات مخرب تنش شوری مقابله می‌کنند. تنظیم اسمزی به عنوان یک سازگاری مهم اجتناب از تنش‌های اسمزی

[1] Reactive oxygen species

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد که به‌واسطه تجمع متابولیت‌هایی مانند مانیتول، فروکتان‌ها، ترهالوز، اونونیتول، پرولین، گلایسین بتائین و اکتوئین به حفظ فشار تورمی و حجم سلول کمک می‌کند (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۰). بیش از ۷۰ درصد ترکیبات آمینی تولید شده در زمان تنش شوری را پرولین تشکیل می‌دهد. در واقع پرولین مهمترین ترکیب آمینی یا اسید آمینه آزاد تجمع یافته در گیاهان در زمان وقوع تنش شوری می‌باشد و به نظر می‌رسد تجمع سایر ترکیبات آمینی در زمان تنش شوری، اهمیت کمتری داشته باشد (هد و پارکر، ۱۹۶۹). اثر تیمار شوری بر برخی از ویژگی-های بیوشیمیایی پایه GF_{677} بررسی و گزارش شده است، میزان پرولین با افزایش غلظت شوری تا ۶۰ میلی‌مولار به-طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. افزایش بیشتر غلظت شوری تا ۷۵ میلی‌مولار، تأثیر معنی-داری بر افزایش غلظت پرولین نداشت.

همچنین، گزارش شده است، میزان قندهای محلول در شرایط تنش شوری با غلظت‌های کمتر (۱۵، ۳۰ و ٤٥ میلی‌مول در لیتر) کمی کاهش یافت، ولی در تیمار شوری با غلظت‌های بالاتر (٦٠ و ۷۵ میلی‌مول در لیتر) نسبت به گیاهان شاهد مقداری افزایش نشان داد (غلامی و راحمی، ۱۳۸۹). ترکیبات فنلی جزء ترکیباتی هستند که در تمامی گیاهان وجود دارند. این ترکیبات جزء متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند و در ساخت دیوارهٔ سلولی و مکانیسم‌های دفاعی غیرآنزیمی درگیاهان نقش دارند. ترکیبات فنلی در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند اما تنش‌های محیطی مختلف، مقدار آن‌ها را در سلول تغییر می‌دهند (وگت، ۲۰۱۰). به‌طوریکه اثر تنش شوری در چهار سطح صفر، ٤٠، ۸۰ و ۱۲۰ میلی مولار بر تغییرات محتوای فنل در هشت گونه وحشی مختلف بادام بررسی و گزارش شد، محتوای فنل کل در تمامی جنس‌های مطالعه شده با افزایش غلظت شوری تا ۱۲۰ میلی مولار، به‌طور معنی-داری افزایش یافت. بیشترین محتوای فنل کل در سطح تنش شوری ۱۲۰ میلی مولار و در گونه‌های *Prunus reuteri*، *P. glauca* و *P. elaagnifolia*، مشاهده و در مجموع صفات بررسی شده در این تحقیق، گونه‌های *Prunus reuteri*، *P. glauca* به عنوان متحمل‌ترین گونه‌های بادام به شوری تشخیص داده شدند (سرخه و همکاران، ۲۰۱۲).

لذا با توجه به نتایج سایر محققین، یکی از راه-های پی بردن به میزان تحمل ژنوتیپ‌های بادام نسبت به تنش شوری، بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش شوری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی رقم‌های بادام 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ'٤٠-۱۳' پیوند شده روی پایه GF_{677} و انتخاب متحمل ترین ترکیب پایه و پیوندک به شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر تنش شوری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی تعدادی از ژنوتیپ‌های بادام در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور چهار نوع ژنوتیپ و پنج سطح شوری آب آبیاری در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در گلخانه‌ی تحقیقاتی موسسه نهال و بذر کرج انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ'٤٠-۱۳' پیوند شده روی پایه GF_{677} و پایه GF677 (بدون پیوند) و شوری آب آبیاری شامل غلظت‌های ۰/۵، ۲/۵، ٤/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، بودند. تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق، از نظر زمان گلدهی در گروه دیرگل تا خیلی دیرگل قرار دارند و همگی آن‌ها خودناسازگار می باشند. سایر مشخصات ژنوتیپ‌های مطالعه شده در جدول ۱ آورده شده است. به منظور آماده‌سازی گیاهان، پایه‌های رویشی GF_{677} در اواخر اسفندماه در داخل گلدان‌های ۲۵ کیلویی حاوی خاکی با بافت لومی بازکشت شدند (جدول ۲). سپس ژنوتیپ‌های مورد با استفاده از پیوند شکمی[1] در ابتدای خردادماه روی آن‌ها پیوند شدند و پس از رشد

[1] T or Shield budding

Archive of SID

www.SID.ir

کافی پیوندک‌ها (دو ماه پس از عمل پیوند)، اعمال تیمارهای شوری آغاز شد و به مدت سه ماه (۱۳ هفته)، ادامه یافت (مشخصات ژنوتیپ‌های مطالعه شده در آغاز تیمار شوری در جدول ۳ آمده است).

تفاوت‌هایی که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هنگام آغاز تیمار شوری مشاهده می شود، به دلیل تفاوت در سرعت رشدی آن‌ها است و رشد آن‌ها در داخل گلخانه با شرایط کنترل شده، انجام شده است.

به‌منظور اعمال تیمارهای شوری با غلظت‌های ۰/۵، ۲/۵، ٤/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، از نمک-های طبیعی جمع‌آوری شده از دریاچه نمک استان قم، استفاده شد که ترکیب آن در جدول ٤ ارائه شده است. همچنین، برای اجتناب از ایجاد شوک ناگهانی و پلاسمولیز، افزودن نمک‌ها به‌صورت تدریجی انجام و در مدت یک هفته به غلظت نهایی رسانده شد. بدین منظور، ابتدا گیاهان با تیمار ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری شدند و برای اعمال تیمار شوری با غلظت‌های ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، در مرتبه دوم گیاهان با تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند و در نهایت در مرتبه سوم گیاهانی که قرار بود با تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر تیمار شوند، با این غلظت از نمک موجود در آب، آبیاری شدند. میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در سطح ظرفیت مزرعه[1]، قبل از انتقال گیاهان به گلدان، به کمک دستگاه صفحه فشار مدل (F1, USA) تعیین شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به تغییرات وزن آن‌ها و نیاز آبشویی، انجام می-شد. برای این منظور، ابتدا وزن خاک خشک گلدان ها، نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی تعیین شد (جدول ۱). سپس میزان آب مورد نیاز برای رسیدن خاک مورد آزمایش به حد ظرفیت زراعی محاسبه شد. زمانی که ۵۰٪ آب قابل استفاده گیاه مصرف شده بود، مجددا آبیاری انجام می‌شد. به‌طوری‌که طی دوره آزمایش (۹۱ روز)، تیمارهای شاهد و ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر نمک طبیعی، ۲۰ مرتبه، تیمار ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر نمک طبیعی، ۱۹ مرتبه و تیمارهای ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر نمک طبیعی، ۱۷ مرتبه، اعمال شدند. تعداد دفعات کمتر آبیاری در سطوح ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش سرعت رشد گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آن‌ها از یک طرف و وجود نمک بیشتر در خاک این گلدان‌ها بود. این شرایط باعث حفظ رطوبت به مدت بیشتری شده و فاصله زمان بین دو آبیاری در این تیمارها را افزایش می‌داد و در نتیجه تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای شوری با غلظت های بالاتر در طول دوره آزمایش نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. همچنین، به منظور اطمینان از انجام نیاز آبشویی خاک گلدان‌ها، پس از هر مرتبه آبیاری، زه آب تعدادی از گلدان‌ها به طور تصادفی جمع-آوری و هدایت الکتریکی و pH آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت در پایان آزمایش نیز، نمونه خاک، از هر یک از سطوح اعمال تیمار شوری، تهیه و آنالیز شد (جدول ۵).

پس از اعمال کامل تیمارها و در پایان آزمایش، نمونه‌برداری از برگ‌های شاخه اصلی (برگ‌های توسعه یافته از گره‌های چهار و پنج)، انجام و محتوای پرولین به روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳)، اندازه‌گیری شد. مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، غلظت مالون‌دی‌آلدئید و مجموع سایر آلدئیدها که محصولات اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع هستند، طبق روش هد و پارکر (۱۹٦۹)، اندازه‌گیری شد. همچنین محتوای پراکسید هیدروژن طبق روش ویلوکاوا و همکاران (۲۰۰۰)، اندازه-گیری شد.به‌منظور استخراج و اندازه‌گیری پروتئین محلول کل و آنزیم‌ها، ابتدا عصاره‌گیری از برگ‌ها طبق روش بیچامپ و فریدوویچ (۱۹۷۱)، انجام شد. ۵۰ میکرولیتر از محلول عصاره رویی حاصل برداشته شد و ۲۹۵۰ میکرولیتر از معرف بردفورد به آن اضافه شد. سپس میزان جذب نمونه‌های عصاره و استاندارد پس از ۱۵ دقیقه در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Canada BT600 Plus), اندازه‌گیری شدند (بردفورد، ۱۹۷٦).

[1] Filed capacity

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ویژگی‌های رشدی و وضعیت کمی و کیفی میوه در ژنوتیپ‌های مطالعه شده

ژنوتیپ	منشاء	تیپ باردهی	ارقام مناسب گرده‌دهنده	زمان رسیدن میوه	سختی درون‌بر	طعم دانه	رنگ دانه	وزن درون‌بر (گرم)	وزن دانه (گرم)	درصد مغز (٪)	عملکرد دانه کیلوگرم بر هکتار	عملکرد مغز کیلوگرم بر هکتار
شکوفه	ایران	اسپور	سهند، آذر و شاهرود ۱۲	زودرس	کاغذی	شیرین	روشن	۱/۶۵	۱/۰۱	۶۵-۶۱	۱۴۰۱/۳۳	۸۸۲/۸۴
سهند	ایران	اسپور	شکوفه، آذر و یلدا	میان‌رس	سنگی	شیرین	روشن	۴/۱۵	۱/۲۵	۳۵-۳۳	۲۸۰۰/۳	۹۸۰/۱
۱۳-۴۰	ایران	اسپور	سهند، شکوفه	میان‌رس	سنگی	شیرین	روشن	۳/۵۵	۱/۱۹	۳۵-۳۳	۲۵۲۲/۶۶	۸۸۲/۹۳
GF_{677}	فرانسه	مخلوط (شاخه یک‌ساله+ اسپور)	–	دیررس	خیلی سنگی	تلخ	بینابین	۳/۳	۰/۶	۱۹-۱۷	–	–

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده

ویژگی	نماد	مقدار	ویژگی	نماد	مقدار
رطوبت اشباع (درصد)	S.P	۳۹	بافت	Texture	لوم
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد)	FC	۲۷/۳۳	کلسیم محلول (میلی گرم در لیتر)	Ca	۱۲۳۰
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد)	PWP	۱۴/۸	منیزیم (میلی گرم در لیتر)	Mg	۳۱۶/۲
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	EC	۱/۲۸	کربنات کلسیم معادل (درصد)	T.N.V	۱۳/۸
واکنش خاک	pH	۷/۵	مس (میلی گرم در لیتر)	Cu	۲/۱۲
نیتروژن (درصد)	N	۰/۱۵	روی (میلی گرم در لیتر)	Zn	۴/۸۶
کربن آلی (درصد)	O.C	۱/۴۹	آهن (میلی گرم در لیتر)	Fe	۲۷/۳۴
فسفر قابل جذب (میلی گرم در لیتر)	$P_{avr.}$	۱۰۴/۹	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در لیتر)	$K_{avr.}$	۶۹۰
شن (درصد)	Sand	۴۶	منگنز قابل جذب (میلی گرم در لیتر)	Mn	۱۶/۲۶
سیلت (درصد)	Silt	۳۴	سدیم محلول (میلی گرم در لیتر)	Na	۹۳/۱۵
رس (درصد)	Clay	۲۰			

جدول ۳- وضعیت رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شروع اعمال تیمار شوری

ژنوتیپ	قطر پیوندک (میلیمتر)	قطر پایه‌های شاهد در سطح خاک (میلیمتر)	ارتفاع پایه‌های شاهد (سانتیمتر)	ارتفاع پیوندک (سانتیمتر)	تعداد برگ (شاخه اصلی)	تعداد انشعابات
شکوفه	۵/۳۹	–	–	۴۲/۲۰	۸۶/۰۱	۴/۲۷
سهند	۴/۸۷	–	–	۴۲/۹۹	۷۴/۲۲	۲/۶۷
۱۳-۴۰	۵/۰۸	–	–	۳۴/۰۵	۵۱/۲۵	۴/۰۷
GF_{677}	–	۱۰/۲۶	۸۷/۴۱	–	۵۹/۹۳	۴/۱۳

جدول ۴- ویژگی‌های کیفی آب مورد استفاده

نمونه آب مورد استفاده با سطوح نمک طبیعی (گرم بر لیتر)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش آب (pH)	سدیم (میلی گرم در لیتر)	کلر (میلی گرم در لیتر)	کلسیم (میلی گرم در لیتر)	منیزیم (میلی گرم در لیتر)	بی کربنات (میلی گرم در لیتر)
شاهد	۰/۵	۷/۳	۲۲/۱	۳۵/۵	۶۲	۱۷/۱	۹۸
۱/۲	۲/۵	۷/۴	۳۸۹	۶۶۴	۷۰	۲۰/۵۰	۱۲۶
۲/۴	۴/۹	۷/۶	۸۰۹	۱۳۸۶	۷۹	۲۲/۰۱	۱۳۷
۳/۶	۷/۳	۷/۷	۱۲۳۱	۲۱۱۳	۸۸	۲۳/۶	۱۴۹
۴/۸	۹/۸	۷/۸	۱۶۵۳	۲۸۳۶	۹۹	۲۵/۷	۱۵۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقادیر شوری و واکنش خاک مورد استفاده در گلدان ها پس از اعمال تنش شوری با سطوح مختلف

نمونه خاک تیمار شده با سطوح نمک طبیعی (دسی‌زیمنس بر متر)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش خاک (pH)
۰/۵	۱/۲	۷/۴
۲/۵	۳/۲	۷/۵۵
۴/۹	۵/۷	۷/۶۵
۷/۳	۸/۲	۷/۸
۹/۸	۱۰/۹	۷/۹

به منظور تعیین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، بافر H_2O_2 به مقدار ٤٩٥ میکرولیتر و بافر گایاکول به همان مقدار در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط شدند و به آن‌ها ۱۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه و سپس میزان جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Canada Plus), اندازه‌گیری شد (سزارینو و همکاران، ۲۰۱۲). سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از طریق اندازه‌گیری اکسید شدن آسکوربات توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Plus, Canada)، انجام شد. برای این منظور ٤٩٠ میکرولیتر از بافر انداه‌گیری و ۱۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی تهیه شده با یکدیگر مخلوط شدند و میزان جذب آن‌ها در طول موج ۲۹۰ نانومتر برای یک دقیقه ثبت شد. در نهایت میزان فعالیت آنزیمی با ضریب خاموشی $۲/۸ mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه شد (ناکونا و آسدا، ۱۹۸۱). سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز از طریق اندازه‌گیری تجزیه آب اکسیژنه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Plus, Canada)، انجام شد. برای این منظور ٤٩٥ میکرولیتر از بافر اندازه‌گیری و پنج میکرولیتر از عصاره آنزیمی تهیه شده با یکدیگر مخلوط شدند و میزان جذب آن‌ها در طول موج ۲٤۰ نانومتر برای یک دقیقه ثبت شد. در نهایت فعالیت آنزیمی با ضریب خاموشی $٤٠\mu M^{-1}c^{-1}m$ محاسبه شد (چانس و ملی، ۱۹۵۵).

استخراج عصاره برگ جهت اندازه‌گیری فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش بخشی و آراکاوا (۲۰۰٦)، انجام شد. مقدار فنل‌کل در عصاره‌های برگ با روش فولین سیکالچو[1] با کمی تغییرات که به وسیله سینگلتون و همکاران (سینگلتون و همکاران، ۱۹۹۹)، شرح داده شده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (BT600 Plus, Canada) و در طول موج ۷٦۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی-اکسیدانی عصاره‌ها، مطابق روش دو و همکاران (۲۰۰۹)، از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱ و ۱ دی‌فنیل ۱-۲- پیکریل هیدرازیل) تعیین شد. سپس مقدار جذب استاندارد و نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتردر طول موج ۵۱۷ نانومتر تعیین گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$(DPPHSce\%) = (A_{cont} - A_{samp})/A_{cont} \times 100 \quad (۱)$$

A_{samp}= مقدار جذب (نمونه + DPPH)

A_{cont} = مقدار جذب DPPH،

$\%DPPH_{sc.}$= درصد بازدارندگی رادیکال،

A_{samp}= مقدار جذب (نمونه + DPPH)

A_{cont} = مقدار جذب DPPH،

درصد بازدارندگی رادیکال،

به منظور اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول،۰/۰۳۰ گرم از نمونه‌های خشک شده، درون تیوب‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شدند و استخراج قندهای محلول به روش کوخرت (۱۹۸۷)، انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های نامحلول، پس از استخراج قندهای محلول، تفاله‌های حاصل جمع آوری و

[1] Folin–ciocalteu

Archive of SID

www.SID.ir

به مدت دو ساعت درون دستگاه آون در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. چهار و نیم میلی‌لیتر آب مقطر و شش میلی‌لیتر پرکلریک اسید ۵۲ درصد به نمونه‌ها اضافه شدند و به مدت ٢٤ ساعت درون یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و ادامه روش انداه‌گیری همانند اندازه‌گیری قندهای محلول انجام شد (کوخرت، ۱۹۸۷). در پایان، تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۱)، انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و نرم افزار MSTATC (ورژن ۱۰. ۲)، صورت گرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج، برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، محتوای قندهای محلول و نامحلول در سطح یک درصد، معنی‌دار شد (جدول ٦). محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در ژنوتیپ ’٤٠-۱۳ ‘، رقم ’سهند‘ و پایه GF_{677} تا شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد، افزایش یافت و سپس با افزایش بیشتر غلظت شوری، محتوای فنل و ظرفیت آنتی اکسیدانی برگ آن‌ها، کاهش نشان داد (جدول ٦)؛ اما محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی برگ‌های رقم ’شکوفه ‘ تا تیمار شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت (جدول ٦). با این نتیجه به نظر می‌رسد، رقم ’شکوفه‘، از طریق افزایش محتوای فنل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در برگ-هایش در سطوح بالای شوری به طور موثرتری با اثرات مخرب شوری، مقابله می‌کند. نتایج این تحقیق با نتایج سرخه و همکاران (۲۰۱۲)، مطابقت داشت. این محقیقن نیز در آزمایشی، اثر تنش شوری در چهار سطح ۰، ٤۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار را بر تغییرات محتوای فنل در هشت گونه وحشی مختلف بادام بررسی و گزارش کردند که محتوای فنل کل در تمامی جنس‌های مطالعه شده با افزایش غلظت شوری تا ۱۲۰ میلی‌مولار، به‌طور معنی-داری افزایش یافت. در تحقیق دیگری گزارش شده است، ترکیبات فنلی به عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی غیر آنزیمی درگیاهان نقش اساسی داشته و به عنوان یکی از شاخص‌های حساس به تغییرات محیطی و همچنین یکی از نشانگرهای بیوشیمیایی دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی مطرح می‌باشد و به جمع آوری پراکسید هیدروژن در سلول‌های گیاهی کمک می‌کنند (وگت، ۲۰۱۰).

از نظر تغییرات در محتوای قندهای محلول و نامحلول، ژنوتیپ‌های مطالعه شده روندهای متفاوتی را نشان دادند. محتوای قندهای محلول در برگ‌های پایه GF_{677} از ابتدا کاهش یافت. بطوریکه میزان کاهش در محتوای قندهای محلول در تیمار شوری ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به گیاهان شاهد، معنی‌دار بود. سپس محتوای قندهای محلول در برگ‌های این پایه، با افزایش بیشتر غلظت شوری و در سطوح ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. محتوای قندهای محلول در ژنوتیپ ’٤٠-۱۳‘، ابتدا با افزایش سطح شوری تا تیمار ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس محتوای قندهای محلول در این ژنوتیپ با افزایش غلظت نمک و تا سطح شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر، به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، کاهش یافت. در انتها محتوای قندهای محلول در این ژنوتیپ با افزایش بیشتر غلظت شوری و در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت (جدول ٦). افزایش اولیه در محتوای قندهای محلول در ژنوتیپ‌های بررسی شده در نتیجه تخریب و هیدرولیز مولکول‌های درشت‌تر نظیر نشاسته و تبدیل آن‌ها به ترکیبات قندی نظیر ساکاروز و بعد به مولکول‌های کوچک‌تری مانند گلوکز و فروکتوز می‌باشد که باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلول‌ها، تنظیم اسمزی و افزایش مقاومت به تنش شوری در این گیاهان، می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

(بارتلس و سانکر، ۲۰۰۵؛ موسوی و همکاران، ۲۰۰۸)؛ اما کاهش میزان قندهای محلول در ژنوتیپ‌های مطالعه شده، می‌تواند به دلیل کاهش میزان آسیمیلاسیون CO2 و کاهش میزان فتوسنتز و اختلال در مسیر متابولیزم در شرایط تنش شوری باشد. همچنین، افزایش میزان قندهای محلول در شرایط تنش شوری در غلظت ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل کاهش و توقف رشد رویشی در اثر کاهش رطوبت و کاهش جذب آب است (لویت، ۱۹۸۰).

محتوای قندهای محلول در رقم 'شکوفه'، با افزایش سطح شوری تا تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت (جدول ٦). این نتایج نشان می‌دهد، رقم 'شکوفه'، در سطوح بالای شوری (۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر) از طریق مکانیسم تخریب و هیدرولیز مولکول‌های درشت‌تر نظیر نشاسته و تبدیل آنها به ترکیبات قندی نظیر ساکاروز و بعد به مولکول‌های کوچک‌تری مانند گلوکز و فروکتوز، باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آب و تنظیم اسمزی در سلول‌های خود شده و در نتیجه این رقم تحمل بیشتری به تنش شوری دارد. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک در این زنوتیپ‌ها که توسط مومن پور و همکاران (۱۳۹٤)، گزارش شده بود، مطابقت داشت. آنان با بررسی صفات مورفولوژیک و میزان آسیب‌های ظاهری در این ژنوتیپ‌ها گزارش کرده بودند که رقم 'شکوفه'، دارای وضعیت مطلوبتری نسبت به سایر ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده بود. کمترین میزان رشد در شرایط اعمال تنش شوری و بیشترین میزان آسیب‌های ظاهری نیز، به ترتیب در پایه GF_{677} و بعد از آن در رقم ' سهند'، مشاهده شده بود.

جدول ۶- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ‌های بادام بر محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، قندهای محلول و نامحلول

ژنوتیپ	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	فنل (میکرو گرم بر گرم وزن تاره)	ظرفیت آنتی اکسیدانتی (%)	قندهای محلول (میکروگرم بر گرم وزن خشک)	قندهای نامحلول (میکرو گرم بر گرم وزن خشک)
Pr > F	-	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱
	۰/۵	۷۰۷/۵۰ m	۱۴/۴۴ no	۱۰۲/۶۱ k	۲۳۹/۱۲ c
	۲/۵	۸۸۸/۵۳ kl	۱۸/۸۷ k	۱۲۵/۴۸ h	۲۱۷/۵۷ ef
شکوفه	۴/۹	۱۰۳۶/۰۷ hi	۲۴/۷۶ cd	۱۴۱/۴۴ e	۱۹۷/۱۶ g
	۷/۳	۱۲۸۶/۵۶ d	۲۸/۰۱ b	۱۵۸/۰۷ c	۱۷۹/۹۶ h
	۹/۸	۱۶۷۸/۱۳ b	۳۱/۳۸ a	۱۶۳/۷۳ b	۱۷۶/۲۸ hi
	۰/۵	۷۰۱/۶۷ m	۱۷/۸۸ l	۸۵/۷۵ n	۱۶۵/۰۵ ij
	۲/۵	۸۴۸/۴۴ l	۲۰/۲۵ i	۹۱/۷۲ m	۱۴۵/۰۸ k
۱۳-۴۰	۴/۹	۸۸۰/۲۰ kl	۲۱/۰۳ gh	۸۲/۷۱ o	۱۵۹/۴۸ j
	۷/۳	۹۳۹/۵۳ jk	۲۳/۵۰ e	۷۹/۴۴ p	۱۶۹/۵۳ h-j
	۹/۸	۱۱۳۱/۵۷ fg	۲۴/۱۲ de	۹۹/۶۱ l	۲۱۷/۶۳ e-f
	۰/۵	۹۳۲/۷۵ jk	۱۳/۹۴ o	۱۲۱/۹۸ i	۲۲۶/۲۷ de
	۲/۵	۱۰۴۹/۰۲ hi	۱۴/۷۴ n	۱۲۸/۲۵ g	۲۱۳/۴۵ f
سهند	۴/۹	۱۲۲۰/۲۶ de	۱۶/۱۷ m	۱۱۰/۱۳ j	۲۲۹/۵۷ cd
	۷/۳	۱۳۶۴/۱۷ c	۲۱/۱۸ g	۱۳۴/۹۳ f	۲۵۸/۵۲ b
	۹/۸	۹۷۴/۶۳ ij	۱۸/۲۱ kl	۱۵۶/۲۱ c	۲۸۱/۵۲ a
	۰/۵	۱۰۱۱/۳۷ ij	۱۸/۴۴ kl	۱۲۳/۵۹ hi	۱۹۷/۴۳ g
	۲/۵	۱۰۹۳/۲۱ gh	۲۰/۴۵ hi	۱۲۱/۸۴ i	۲۰۰/۱۳ g
پایه Gf_{677}	۴/۹	۱۲۲۸/۶۷ de	۲۲/۱۲ f	۹۷/۷۲ l	۲۲۰/۰۳ d-f
	۷/۳	۱۷۷۵/۹۶ a	۲۵/۴۰ c	۱۵۱/۸۶ d	۲۵۷/۱۷ b
	۹/۸	۱۱۸۲/۳۰ ef	۱۹/۴۸ j	۲۰۰/۱۷ a	۲۸۹/۴۵ a

*: مقدار Pr>F برای هر صفت، مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۷) نشان داد، محتوای پرولین برگ تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. محتوای پرولین در برگ‌های پایه GF_{677} با افزایش سطح شوری تا تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت ولی با افزیش بیشتر غلظت شوری و در تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، محتوای پرولین در برگ‌های این پایه، کاهش یافت (جدول ۷). محتوای پرولین در برگ‌های ژنوتیپ '۴۰-۱۳' و رقم 'شکوفه'، با افزایش سطح شوری تا ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد، افزایش یافت. در مجموع، بیشترین و کمترین میزان پرولین در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب در رقم 'شکوفه'، (۷۶/۷۰ میکروگرم بر گرم وزن تازه) و پایه GF_{677} (۵۲/۱۶ میکروگرم بر گرم وزن تازه)، مشاهده شد. میزان پرولین در برگ‌های پایه GF_{677} در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری نسبت به تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، کمتر بود. این نتایج حاکی از نقش موثر نوع ژنوتیپ پیوندی در افزایش محتوای پرولین برگ‌ها و در نتیجه افزایش تحمل گیاه به تنش شوری می‌باشد (جدول ۵). نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج رهنمون و همکاران (۱۳۹۲) و غلامی و همکاران (۱۳۸۹)، مطابقت داشت. این محققین نیز به افزایش در محتوای پرولین آزاد در ژنوتیپ‌های مختلف بادام تحت شرایط تنش شوری اشاره کرده‌اند. تنظیم اسمزی به عنوان یک سازگاری مهم اجتناب از تنش‌های اسمزی می‌باشد، زیرا به حفظ فشار تورمی و حجم سلول کمک می‌کند (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۰). بر اساس نتایج به دست آمده، محتوای مالون دی‌آلدئید و مجموع سایر آلدئیدها شامل (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی-متیل استال) در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. میزان افزایش در محتوای مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. محتوای مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها در برگ‌های پایه GF_{677} و رقم ' سهند'، با افزایش سطح شوری و از تیمار ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. در حالیکه محتوای مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها در ژنوتیپ '۴۰-۱۳' از سطح شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. محتوای مالون دی-آلدئید و سایر آلدئیدها در برگ‌های رقم 'شکوفه'، تنها در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافته بود (جدول ۷). اسیدهای چرب غیر اشباع از مهم‌ترین ترکیبات لیپیدهای غشاء هستند که در برابر پراکسیداسیون بسیار آسیب‌پذیر هستند. یکی از اصلی‌ترین اثرات تخریبی و مضر گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر، توانایی آن‌ها برای شروع واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو اسیدهای چرب غیراشباع است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب غشاء می‌شود. تجمع مالون دی‌آلدئید در شرایط تنش سبب افزایش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی شده و نشت یونی افزایش می‌یابد (زانگ و خام، ۱۹۹۶). لذا هرچه میزان تولید مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها تحت شرایط تنش شوری کمتر باشد، تحمل آن رقم به شرایط تنش شوری بیشتر بوده است. در این تحقیق نیز میزان تولید مالون دی‌آلدئید در رقم شکوفه در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کمتر از ژنوتیپ ۴۰-۱۳ و رقم سهند بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ‌های بادام بر محتوای پرولین، مالون دی آلدئید، سایر آلدئیدها و پروتئین محلول کل

ژنوتیپ	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	پرولین (میکرو مول بر گرم وزن تاره)	مالون دی آلدئید (نانومول بر گرم وزن تازه)	سایر آلدئیدها (نانومول بر گرم وزن تازه)	پروتئین محلول کل (میکروگرم بر گرم وزن تاره)
Pr > F	-	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱
	۰/۵	۲۳/۷۵ kl	۹/۵۵ j	۰/۱۶۹ h	۱۰/۲۷ i
	۲/۵	۲۸/۵۰ ij	۱۰/۳۲ ij	۰/۱۹۲ gh	۱۱/۲۰ d
شکوفه	۴/۹	۳۴/۱۳ h	۱۰/۸۳ ij	۰/۲۰۳ gh	۱۱/۵۵ b
	۷/۳	۵۴/۶۳ de	۱۲/۶۷ h-j	۰/۲۱۳ gh	۱۱/۶۱ c
	۹/۸	۷۶/۷۰ a	۱۷/۲۹ f	۰/۲۴۶ fg	۱۰/۳۱ h
	۰/۵	۱۹/۹۷ l	۱۰/۹۲ ij	۰/۱۸۲ h	۸/۹۳ l
	۲/۵	۲۵/۵۰ jk	۱۱/۱۸ h-j	۰/۱۹۶ gh	۹/۱۸ k
۱۳-۴۰	۴/۹	۳۰/۲۳ i	۱۳/۴۱ g-i	۰/۲۱۰ gh	۷/۴۸ o
	۷/۳	۴۸/۹۹ f	۱۸/۳۲ f	۰/۲۶۱ f	۷/۰۱ p
	۹/۸	۶۱/۱۹ b	۳۰/۱۹ c	۰/۳۶۴ cd	۶/۸۵ q
	۰/۵	۲۰/۶۴ l	۱۰/۵۸ ij	۰/۱۶۲ h	۱۰/۹۸ e
	۲/۵	۲۸/۶۵ ij	۱۱/۰۱ h-j	۰/۱۸۸ h	۱۳/۷۹ a
سهند	۴/۹	۳۸/۴۳ g	۱۴/۷۱ g	۰/۲۴۸ fg	۹/۳۴ j
	۷/۳	۵۹/۵۳ bc	۲۱/۵۰ de	۰/۳۴۲ de	۸/۰۸ n
	۹/۸	۶۰/۹۴ bc	۳۳/۹۸ b	۰/۴۴۷ b	۶/۷۳ r
	۰/۵	۲۰/۱۰ l	۱۷/۵۴ f	۰/۲۱۵ gh	۱۰/۶۸ g
	۲/۵	۳۱/۲۴ hi	۱۹/۳۵ ef	۰/۲۴۷ fg	۱۰/۸۸ f
پایه Gf_{677}	۴/۹	۴۰/۵۰ g	۲۳/۱۳ d	۰/۳۱۴ e	۹/۲۰ k
	۷/۳	۵۷/۳۰ cd	۳۴/۵۸ b	۰/۴۰۷ bc	۸/۷۰ m
	۹/۸	۵۲/۱۶ ef	۴۵/۴۱ a	۰/۵۱۳ a	۶/۲۰ s

*: مقدار Pr>F برای هر صفت، مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

بر اساس نتایج به‌دست آمده، محتوای پروتئین-های محلول کل در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک، افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، مقدار آن کاهش یافت. روند تغییرات در محتوای پروتئین‌های محلول کل در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. محتوای پروتئین‌های محلول کل در برگ‌های پایه GF_{677}، ژنوتیپ '۴۰-۱۳' و رقم 'سهند'، ابتدا با افزایش شوری تا ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و سپس با افزایش بیشتر غلظت نمک (۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر و بالاتر آز آن)، به-طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، کاهش یافت. در حالیکه محتوای پروتئین‌های محلول در رقم 'شکوفه'، ابتدا با افزایش سطح شوری و تا تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس با افزایش بیشتر غلظت نمک و تنها در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافت (جدول ۷). ارتباط بین تجمع پروتئین‌های محلول در گیاه و میزان مقاومت به شوری، به گونه و رقم گیاهی بستگی دارد (اشرف و هریس، ۲۰۰۳). لذا رقم 'شکوفه' که در پاسخ به تنش شوری قادر به تجمع میزان بیشتری از پروتئین‌های محلول بوده است، از این مکانیسم به نحو مطلوب‌تری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مطالعه شده در این تحقیق در جهت تنظیم اسمزی استفاده کرده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸) نشان داد، برهمکنش تیمار شوری و ژنوتیپ بر محتوای پراکسیدهیدروژن و فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در سطح یک درصد، معنی‌دار شد (جدول ۸). میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک، افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، مقدار آن کاهش یافت. روند تغییرات در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر

Archive of SID

www.SID.ir

اختلاف معنی‌داری را نشان داد. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ‌های پایه GF_{677}، رقم 'سهند' و ژنوتیپ '۴۰-۱۳'، ابتدا با افزایش سطح شوری و تا تیمار ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس میزان فعالیت این آنزیم در ژنوتیپ-های فوق با افزایش بیشتر غلظت نمک، کاهش یافت. میزان کاهش در فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ‌های ژنوتیپ '۴۰-۱۳'، در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در برگ‌های پایه GF_{677} و رقم 'سهند' در سطوح شوری ۴/۹، ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با گیاهان شاهد، معنی‌دار بود (جدول ۸). همچنین، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ‌های رقم 'شکوفه'، ابتدا با افزایش سطح شوری تا تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به-طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در این رقم با افزایش بیشتر غلظت نمک، کاهش یافت. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج سرخه و همکاران (۲۰۱۲)، مطابقت داشت.

براساس نتایج به دست آمده، میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک، افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، کاهش یافت. روند تغییرات در میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در بین ژنوتیپ-های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در برگ‌های پایه GF_{677} و رقم 'سهند' با افزایش سطح شوری و تا تیمار ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. میزان افرایش در فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در برگ‌های پایه GF_{677} و رقم 'سهند'، در سطح شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، معنی‌دار نبود که نشان دهنده افزایش اندک در فعالیت این آنزیم در ژنوتیپ‌های فوق در سطح شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر است. سپس فعالیت این آنزیم در برگ‌های پایه GF_{677} و رقم 'سهند'، با افزایش بیشتر غلظت نمک و در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، کاهش یافت؛ اما میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در برگ‌های رقم 'شکوفه'، با افزایش سطح شوری تا تیمار ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به-طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت (جدول ۸). نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج رهنمون و همکاران (۱۳۸۸ و ۱۳۹۲)، مطابقت داشت. آن-ها تأثیر سطوح مختلف شوری را بر تغییرات آنزیمی در ۴۷ ژنوتیپ بادام بررسی و گزارش کردند که به موازات انباشت یون‌های سدیم و کلر در برگ، فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان پراکسیداز تا سطح شوری ۵۰ میلی مول افزایشی و در سطوح بالاتر (۷۵ میلی مولار)، کاهشی بود. گزارش شده است که تحمل به شوری، به یک سیستم آنتی اکسیدانی کارآمد بستگی دارد و در ارقام متحمل‌تر و در سطوح بالای شوری، میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان بیشتر است (ایرترک و همکاران، ۲۰۰۷).

میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ‌های پایه GF_{677}، رقم 'سهند' و ژنوتیپ '۴۰-۱۳'، با افزایش سطح شوری و تا تیمار ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس فعالیت این آنزیم در برگ‌های این ژنوتیپ‌ها، با افزایش بیشتر غلظت نمک و در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، کاهش یافت. میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ‌های رقم 'شکوفه'، ابتدا با افزایش سطح شوری و تا تیمار ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش یافت. سپس فعالیت این آنزیم با افزایش بیشتر غلظت نمک و در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت (جدول ۸).

در مجموع نتایج حاصل از بررسی میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نشان داد، فعالیت این آنزیم‌ها در برگ‌های پایه

Archive of SID

www.SID.ir

GF_{677} در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با رقم 'شکوفه'، به‌طور معنی‌داری کمتر بود. از طرفی، بیشترین میزان فعالیت هر سه آنزیم مورد مطالعه در سطح شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم 'شکوفه'، مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که نوع رقم پیوندی در افزایش فعالیت آنزیم‌های بررسی شده و افزایش تحمل به تنش شوری موثر است. نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از بررسی صفات مورفولوژیک در این ارقام که توسط مومن پور و همکاران (۱۳۹٤)، گزارش شده بود، مطابقت داشت. آنان با بررسی صفات مورفولوژیک و میزان آسیب‌های ظاهری گیاهان گزارش کرده بودند که رقم 'شکوفه'، دارای وضعیت مطلوبتری نسبت به سایر ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده بود. کمترین میزان رشد در شرایط اعمال تنش شوری و بیشترین میزان آسیب‌های ظاهری نیز، به ترتیب در پایه GF_{677} و بعد از آن در رقم 'سهند'، مشاهده شده بود.

براساس نتایج، محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، با افزایش غلظت نمک، افزایش یافت. میزان افزایش در محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در بین ژنوتیپ‌های بررسی شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در برگ‌های پایه GF_{677}، رقم 'سهند'و ژنوتیپ '٤٠-۱۳'، با افزایش سطح شوری و در تیمار ٤/۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت. در حالیکه افزایش در محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در برگ‌های رقم 'شکوفه'، تنها در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با گیاهان شاهد، معنی‌دار بود. در مجموع بیشترین محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در برگ‌های پایه GF_{677} (٤۸/۱۷ و ۵۹/۹۱ میکروگرم بر گرم وزن تازه) و پس از آن در رقم 'سهند'، (٤۳/۲۵ و ۵۲/٦۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه)، مشاهده شد. در نقطه مقابل کمترین محتوای پراکسیداسیون هیدروژن در سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در برگ‌های رقم 'شکوفه'، (۲۲/۰۸ و ۳۳/٦۱ میکروگرم بر گرم وزن تازه) مشاهده شد (جدول ۸). پراکسید هیدروژن برای سلول‌های گیاهی به‌ویژه اندامک کلروپلاست بسیار سمی است و در غلظت‌های خیلی پایین، باعث ممانعت از فعالیت آنزیم‌های چرخه کلوین خصوصاً آنزیم‌های دارای گروه سولفیدریل مثل گلیسرآلدئید ۳-فسفات دهیدروژناز و فروکتوز ۱ و ٦ بیس‌فسفاتاز می‌گردد (تاکدا و همکاران، ۱۹۹۵). آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز همگی از بین برندهٔ پراکسید هیدروژن محسوب می‌شوند که هر کدام حوزهٔ فعالیت جداگانه‌ای در داخل سلول دارند (تاکدا و همکاران، ۱۹۹۵). لذا رقم 'شکوفه' که در سطوح بالاتر شوری (۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر)، دارای فعالیت بیشتری از نظر آنزیم‌های نامبرده بود، به نحو مطلوبتری با اثرات مخرب پراکسیدهیدروژن، مقابله کردند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ‌های بادام بر محتوای پراکسید هیدروژن و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز

ژنوتیپ	سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	فعالیت کاتالاز (میکرو مول بر گرم وزن تازه در دقیقه)	فعالیت گایاکول پراکسیداز (میکرو مول بر گرم وزن تازه در دقیقه)	فعالیت آسکوربات پراکسیداز (میکرو مول بر گرم وزن تازه در دقیقه)	پراکسید هیدروژن (میکروگرم بر گرم وزن تازه)
Pr > F	-	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱
	۰/۵	۰/۹۳ g	۰/۱۳۹ f-h	۷/۹۶ ef	۲۵/۲۵ n
	۲/۵	۱/۲۳ e	۰/۱۸۷ de	۱۱/۷۲ cd	۲۵/۸۹ mn
شکوفه	۴/۹	۲/۰۵ b	۰/۲۷۸ b	۱۷/۸۳ a	۲۶/۳۷ l-n
	۷/۳	۲/۱۴ a	۰/۳۰۹ ab	۱۸/۴۵ a	۲۸/۰۲ k-n
	۹/۸	۱/۵۵ c	۰/۳۴۱ a	۱۲/۸۸ bc	۳۳/۶۱ hi
	۰/۵	۰/۹۹ fg	۰/۱۸۹ de	۱۱/۰۶ cd	۲۸/۶۹ j-m
	۲/۵	۱/۱۸ e	۰/۲۰۸ cd	۱۴/۴۹ b	۳۰/۱۸ jk
۱۳-۴۰	۴/۹	۰/۹۲ g	۰/۲۳۵ c	۱۲/۵۰ b-d	۳۵/۴۱ gh
	۷/۳	۰/۴۷ j	۰/۱۱۷ g-i	۵/۳۸ f-h	۴۲/۱۲ de
	۹/۸	۰/۲۸ l	۰/۰۳۹ k	۱/۹۲ i	۵۱/۳۸ b
	۰/۵	۱/۱۹ e	۰/۱۱۸ g-i	۶/۹۶ fg	۲۹/۱۲ j-l
	۲/۵	۱/۳۴ d	۰/۱۳ f-h	۹/۸۹ de	۳۱/۲۱ i-k
سهند	۴/۹	۰/۷۷ h	۰/۱۵۰ fg	۷/۴۶ ef	۳۷/۲۳ fg
	۷/۳	۰/۶۱۵ i	۰/۱۰۲ ij	۴/۷۸ gh	۴۳/۲۵ d
	۹/۸	۰/۳۷۸ jk	۰/۰۵۶ k	۲/۸۴ hi	۵۲/۶۵ b
	۰/۵	۱/۰۶ f	۰/۱۷۰ ef	۷/۹۷ ef	۲۸/۳۷ j-n
	۲/۵	۱/۲۲ e	۰/۱۸۵ de	۱۰/۷۱ cd	۳۱/۳۵ ij
پایه Gf_{677}	۴/۹	۰/۶۶۱ i	۰/۱۹۹ de	۶/۷۱ fg	۳۹/۵۶ ef
	۷/۳	۰/۳۷۵ k	۰/۰۷۱ jk	۳/۲۶ hi	۴۸/۱۷ c
	۹/۸	۰/۱۸۸ m	۰/۰۳۶ k	۱/۶۸ i	۵۹/۹۱ a

*: مقدار Pr>F برای هر صفت، مربوط به اثر متقابل شوری و ژنوتیپ است

میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر صفت دارای حروف متفاوت هستند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، ترکیب پایه GF_{677} و نوع پیوندک و سطح شوری، ویژگی‌های بیوشیمیایی بادام را تحت تأثیر قرار می‌دهد. محتوای پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید و سایر آلدئیدها، با افزایش غلظت نمک تا سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، افزایش یافتند که نشان دهنده اثرات مخرب شوری بر ژنوتیپ‌های مطالعه شده می‌باشد. همچنین، محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، قندهای محلول، پرولین، پروتئین محلول کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، ابتدا با افزایش غلظت نمک، افزایش و سپس با افزایش بیشتر سطح شوری، مقدار آن‌ها کاهش یافت که نشان می‌دهد، ژنوتیپ‌های مطالعه شده با استفاده از مکانیزم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی می‌توانند با اثرات مخرب شوری مقابله کنند که روند تغییرات در تمامی صفات بیوشیمیایی مورد مطالعه، تحت تأثیر نوع ژنوتیپ پیوندی است. به‌طوری‌که در مجموع، بیشترین محتوای پروتئین محلول کل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سطح شوری ۷/۳ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین محتوای فنل کل، ظرفیت آنتی اکسیدانی، قندهای محلول و پرولین در سطح شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر و در رقم 'شکوفه'، مشاهده شد. در نقطه مقابل، کمترین مقدار در محتوای پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید، سایر آلدئیدها و قندهای

Archive of SID

www.SID.ir

نامحلول، در دو سطوح شوری ۷/۳ و ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر در رقم 'شکوفه'، مشاهده شد. در مجموع، از میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ارقام 'شکوفه' و 'سهند' پیوند شده روی پایه GF_{677} به ترتیب، به عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ارقام به شوری، تشخیص داده شدند. ژنوتیپ '٤٠-۱۳' از نظر تحمل به شوری در میان دو رقم نامبرده قرار گرفت.

فهرست منابع

۱. اورعی، م.، ج. طباطبایی، ا. فلاحی، و ع. ایمانی. ۱۳۸۸. اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوسنتز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. علوم باغبانی ایران. ۲۳ (۲): ۱۳۱-۱٤۰.

۲. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۷٦ صفحه.

۳. رهنمون، ح.، ف. شکاری، ج. دژم پور، و م.ب. خورشیدی. ۱۳۹۲. تأثیر سطوح مختلف شوری روی برخی تغییرات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی بادام (*Prunus dulcis Mill.*). به زراعی کشاورزی. ۱۵ (۲): ۱۹۲-۱۷۹.

٤. رهنمون، ح.، ع. قاسیموف نعمت، ف. شکاری، و ن. علی اصغرزاده. ۱۳۸۸. تاثیر تنش شوری روی برخی رفتارهای اکوفیزیولوژیکی نژادگان های گزینش شده بادام (*Prunus amygdalus B.*). علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۰ (۲): ۱٦۷-۱۷٦.

۵. غلامی، م.، و م. راحمی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تنش شوری کلرید سدیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی پایه رویشی هیبرید هلو -بادام (GF_{677}). مجله فناوری تولیدات گیاهی. ۲ (۱): ۳۱-۲۱.

٦. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و ح. رضایی. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل به شوری در برخی از ژنوتیپ های بادام پیوند شده روی پایه GF_{677} بر اساس صفات مورفولوژیک و فلورسانس کلروفیل. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۱۰): ۹-۲۸.

۷. مومن پور، ع.، د. بخشی، ع. ایمانی، و ح. رضایی. ۱۳۹۳. اثر تنش شوری بر غلظت عناصر غذایی در رقم های بادام 'شکوفه'، 'سهند' و ژنوتیپ'٤٠-۱۳' پیوند شده روی پایه GF_{677}. مجله علوم باغبانی مشهد، ۲۹ (۲): ۲٦۸-۲۵۵.

۸. مومن پور، ع.، ع. ایمانی، د. بخشی، و ح. رضایی. ۱۳۹٤. ارزیابی خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در چهار ژنوتیپ بادام پیوندشده روی پایه GF_{677} تحت تنش شوری. علوم باغبانی ایران. ٦٤ (۳):۶۰۳-٦۲٤.

9. Ashraf, M., and P. J. C. Harri. 2003 .Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants .Plant Science. 166: 3-16.

10. Bakhshi, D., and O. Arakawa. 2006. Effects of UV-B irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. Journal of Food, Agriculture and Environment. 4 (1): 75-79.

11. Bartles, D., and R. Sunka. 2005. Drought and salt tolerance in plants: a review. Plant Science. 24: 23-58.

12. Bates, LS., R.P. Waldren, and L.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil Science. 39: 205-208.

13. Beauchamp. C.O., and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Annual Review of Biochemistry. 44: 276–287.

14. Bernstein, L., Brown, J.W. and Hayward, H.E. 1956. The influence of rootstock on growth and salt accumulation in stone-fruit trees and almonds. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 68: 86-95.

Archive of SID

www.SID.ir

15. Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review of Biochemistry. 72: 248-254.
16. Brown, J.W., Wadleigh, C.H. and Hayward, H.E. 1953. Foliar analysis of stone fruit and almond trees on saline substrates. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 61: 49-55.
17. Cesarino, IA., P. Araújo, M JL. Sampaio, L. Paes, and P. Mazzafera. 2012. Enzymatic activity and proteomic profile of class III peroxidases during sugarcane stem development. Plant Physiological and Biochemistry. 55: 66-76.
18. Chance, B., and AC. Maehly. 1955. Assay of catalases and peroxidase. In: Colowickand SP and Kaplan NO (Eds.), Methods in Enzymology. New York Academic Press, pp. 764-775.
19. Du, G., F. Li, F. Ma, and D. Liang. 2009. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in Actinidia fruits. Food Chemistry. 113: 557–562.
20. Erturk, U., N. Sivritepe, C. Yerlikaya, M. Bor, F. Ozdemir, and I. Turkan. 2007. Responses of the cherry rootstock to salinity in vitro. Biologia Plantarum. 51: 597-600.
21. Heath, RL., and L. Packer. 1969. Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125: 189-198.
22. Kochert, G.(1987. Carbohydrate determination by the phenolsulfuric acid method. In Helebus Cambrige Univ. Press, Cambridge.
23. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: water, radiation, salt and other stresses. Vol. II. Academic Press, New York. Pp 581.
24. Maas, E.V, and G.J, Hoffman. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 103: 115- 134.
25. Mousavi, A., H. Lessani, M.A. Babalar, R. Talaei, and E. Fallahi. 2008. Influence of salinity on chlorophyll, leaf water potential, total soluble sugars and mineral nutrients in two young olive plants. Journal of Plant Nutrition. 31(11):1906-1916.
26. Munns, R., and M. Tester. 2008 Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651–681.
27. Nakano, Y., and K. Asad. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. Plant Cell and Environment. 22: 867-880.
28. Singleton, V. L., R. Orthofer, and R. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Journal of Mythology and Enzymology. 299: 152–178.
29. Sorkheh, K., B. Shiran, V. Rouhi, and M. Khodambashi. 2012. Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species. Journal of Plant Physiology. 34: 203–213.
30. Szczerba, M.W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2009. K+ transport in plants: physiology and molecular biology. Plant Physiology. 166: 447-466.
31. Szczerba, M.W., DT. Britto, KD. Balkos, and H. J. Kronzucker. 2008. NH4+-stimulated and -inhibited components of K+ transport in rice (*Oryza sativa* L.). Experimental Botany. 59: 3415–3423.
32. Takeda, T., A. Yokota, and S. Shigeoka.1995. Resistance of photosynthesis to hydrogen peroxide in algae. Plant Cell Physiology. 36: 1089-1095.
33. Velikova, V., I. Yordanov, and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Plant Science. 151: 59-66.
34. Vogt, T. 2010. Phenyl propanoid biosynthesis. Molecular Plant. 3: 2–20.
35. Zhang, J., and M.B. Kirkham. 1996. Enzymatic responses of the acrobat-glutathione cycle to drought in sorghum and sunflower. Plant Science. 113: 139-147.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Salinity Stress on Some Biochemical Characteristics Four Genotypes of Almond (*Prunus dulcis*)

A. Momenpour [1] *, A. Imani and D. Bakhshi

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
a.momenpour@areeo.ac.ir
Associate Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
Imani_a45@yahoo.com
Associate Professor, Horticultural Department, College of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran.
bakhshi-d@guilan.ac.ir

Abstract

Scion-rootstock combination and level of salinity affect on the biochemical characteristics of almond cultivars. To evaluate the effect of salinity stress on the biochemical reactions of almond cultivars and genotypes, a factorial experiment was carried out based on completely randomized design (CRD). Treatments included two factors: Factor A: genotypes in four levels ('Shokofeh', 'Sahand' cultivars, and '13-40' genotype budded on GF_{677} rootstock, and GF_{677} (without budding)), and Factor B: irrigation water salinity in five levels (0.5, 2.5, 4.9, 7.3 and 9.8 dS/m) .Total phenolic, antioxidant capacity, soluble carbohydrate, non-soluble carbohydrate, proline, total soluble proteins, hydrogen peroxide, malondialdehyde, other aldehydes, enzymes activity of catalase, ghayacol peroxidase and ascorbat peroxidase were measured at the end of the experiment. Results showed that, in all genotypes, with increasing salinity level (up to 9.8 dS/m) the content of hydrogen peroxide, malondialdehyde and other aldehydes was increased. Also, the content of total phenolics, antioxidant capacity, soluble carbohydrate, proline, total soluble proteins, enzymes activity of catalase, ghayacol peroxidase and ascorbat peroxidase were higher at the lower salinity levels (2.5 and 4.9 ds/m), but their contents were reduced in higher salinity levels. Overall, the highest content of soluble proteins, enzymes activity of catalase, ghayacol peroxidase and ascorbat peroxidase were recorded at salinity level of 7.3 dS/m, and the highest content of total phenolics, antioxidant capacity, soluble carbohydrate and prolin at salinity level 9.8 dS/m were observed in 'Shokofeh' cultivar. Also, at salinity levels of 7.3 and 9.8 dS/m, the lowest content of hydrogen peroxide, malondialdehyde, other aldehydes, and total non-soluble carbohydrate were observed in 'Shokofeh' cultivar. Finally, 'Shokofeh' and 'Sahand' budded on GF_{677} rootstock were recognized as the most tolerant and sensitive cultivars to salinity, respectively.

Keywords: Enzymatic activity, GF_{677}, Proline, Saline water, Shokofeh cultivar

1 -Corresponding author: Yazd, National Salinity Research Center.
* - Received: October 2017and Accepted: May 2018

Archive of SID

www.SID.ir