Archive of SID

مقایسه اثر تنش خشکی بر تنظیم اسمزی، پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پیگمانها در نمونه‌های بذری مختلف بابونه کاذب و بابونه زرد *Anthemis tinctoria* و *Tripleurospermum servanes* بانک ژن منابع طبیعی ایران

پروین صالحی شانجانی*، معصومه ایزدپناه، لیلا فلاح حسینی، معصومه رمضانی یگانه، لیلا رسول‌زاده، آزاده کاوندی، فاطمه سردابی، محمدرضا پهلوانی، محمود امیرخانی و سید اسماعیل سیدیان

تهران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، بانک ژن منابع طبیعی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۱

چکیده

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده حیات و رشد گیاهان در نواحی مختلف ایران است. وجود اطلاعات تفصیلی از پاسخهای گیاهان بومی به تنش خشکی می‌تواند در موفقیت برنامه‌های احیاء مفید واقع شود. در این پژوهش نمونه‌های بذری مختلف دو گونه بابونه چندساله شامل بابونه کاذب *Tripleurospermum servanes* و بابونه زرد (*Anthemis tinctoria*) تحت چهار تیمار خشکی شامل آبیاری کافی (شاهد)، تنش خشکی ملایم (۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای)، تنش خشکی متوسط (۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای) و تنش خشکی شدید (۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای) قرار داده شدند. تغییرات میزان آب نسبی (RWC)، محلولهای اسمزی (پرولین و قندهای محلول)، آنزیم‌های پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پیگمانهای گیاهان تحت تنش مورد مطالعه قرار گرفتند. در نمونه‌های بذری هر دو گونه مورد بررسی، تنش خشکی انباشتگی محلولهای اسمزی را به میزان معنی‌داری افزایش می‌دهد، درحالیکه درصد RWC، مقدار پروتئینهای کل، درصد وزن خشک را کاهش می‌دهد. اگرچه مقدار پیگمانهای کلروفیل a و کلروفیل کل در طی تنش تغییر قابل ملاحظه‌ای ندارد، ولی مقدار کارتنوییدها و نسبت کارتنوئیدها به کلروفیل کل به میزان معنی‌داری افزایش می‌یابد. فعالیت آنزیم پراکسیداز هر سه نمونه بذری بابونه کاذب در تنش شدید افزایش نشان می‌دهد ولی در بابونه زرد دو نمونه بذری از سه نمونه بذری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تنش شدید به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که دو گونه *T. servanes* و *A. tinctoria* تحمل خوبی به شرایط تنش خشکی متوسط داشته، اگرچه در هر دو گونه، نمونه‌های بذری نیز وجود داشتند که به علت ظرفیت تنظیم اسمزی بالاتر، تحمل بیشتری به تنش خشکی شدید نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بابونه، پرولین، کلروفیل، کمبود آب، ایران

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۱۴۴۷۸۷۲۸۲، پست الکترونیکی: Psalehi1@gmail.com

مقدمه

بابونه یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده در جهان و از معدود گیاهانی است که استفاده از آن جنبه صنعتی پیدا کرده است (۴ و ۱۲). بابونه به طور کلی به تعدادی از گیاهان گفته می‌شود که از خانواده گیاهی کمپوزیته (Compositeae) و تیره فرعی *Radiea*؛ ولی از جنسها و گونه‌های مختلف می‌باشند که با وجود اختلافاتی که در بین آنها وجود دارد از نظر شکل ظاهری تا حدودی شبیه به هم هستند. بابونه ازجمله گیاهانی است که از نظر رطوبتی بسیار کم توقع بوده و پراکنش زیادی در بسیاری از نقاط ایران دارد. ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰

www.SID.ir

Archive of SID

میلیمتر در سال جزء نواحی تحت تنش خشکی به‌شمار می‌رود. تنش کم‌آبی یکی از موانع اصلی در تولید محصولات زراعی و باغی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران محسوب می‌شود. انتخاب و توسعه گونه های مقاوم و متحمل به خشکی بهترین روش برای مقابله با این معضل است که با شناخت واکنشهای زیستی گیاهان مختلف در تنش خشکی بدست می‌آید (۲۵).

یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و نمو و پراکنش گیاهان در بیوسفر تنش خشکی است (۲۹). تنش خشکی به نوعی کاهش پتانسیل آب خاک بوده و در چنین شرایطی گیاه به منظور حفظ و ادامه جذب آب می‌تواند به تنظیم اسمزی اقدام کند (۵). تنظیم اسمزی بوسیله انباشت محلولهای سازگاری یک سازوکار فیزیولوژیکی مهم گیاهان برای مقاومت در برابر تنش خشکی است (۲۲). با این مکانیزم دریافت آب از خاک تسهیل شده، تورگور سلول و رشد در محیطهای خشک امکان‌پذیر می‌شود. قندهای محلول و پرولین دو نوع از محلولهای سازگاری بسیار مهم در گیاهان هستند. علاوه بر نقششان در تنظیم اسمزی، آنها غشاهای سلولی را از آسیبها محافظت نموده و ساختار و فعالیت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را تثبیت می‌نمایند. در تنش، گیاه برای گریز از پلاسمولیز و حفظ تورژسانس در سلولهای خود، مولکولهای درشت نظیر نشاسته را به ساکارز و بعد مولکولهای کوچکتری مانند گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند که موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلولها و تنظیم اسمزی می‌شود (۱۴).

استرس خشکی معمولاً باعث ایجاد استرس اکسیداتیو می‌شود. این فرایند از طریق بسته شدن دریچه روزنه‌ای واقع می‌گردد، که باعث کاهش شدید عمل زنجیره الکترونی فتوسنتزی و افزایش تشکیل انواع اکسیژن فعال در کلروپلاستها و میتوکندریها می‌شود. انواع اکسیژنهای فعال می‌توانند بوسیله آسیبهای اکسیداتیو به چربی‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها و پیگمانهای فتوسنتزی، متابولیسم‌های طبیعی را تخریب نمایند. به منظور غلبه بر استرس اکسیداتیو، گیاهان دارای مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانت آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند تا انواع اکسیژن فعال را از بین ببرند. پراکسیدازها و پلی‌فنل‌اکسیدازها از مهمترین آنزیمهای آنتی‌اکسیدانت است (۳۰ و ۳۱). کارتنوئیدها مثل بتاکاروتن و گزانتوفیلها، آنتی‌اکسیدانتهای غیرآنزیمی هستند که می‌توانند انواع اکسیژن فعال را از بین ببرند و از کمپلکسهای فتوسنتزی حفاظت نمایند (۲۱).

در سالهای اخیر تحقیقات فراوانی بر روی اثر تنش خشکی بر متابولیسم گیاهان انجام شده است. با وجود مطالعات فراوان در گیاهان زراعی اطلاعات روی واکنش گیاهان دارویی محدود است (۲۱). Hornok (۱۳) میزان بهینه آبیاری را برای تولید بیشترین محصول بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) معرفی کرده است. Pirzad و همکاران (۲۴) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک گل بابونه آلمانی کاهش می‌یابد. در مطالعه مشابهی مشخص شد که وزن تر و وزن خشک گل بابونه آلمانی بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (۱۷). مطالعات نشان داده‌اند اکوتیپهای وحشی بابونه آلمانی رشد مناسب‌تری از ارقام کشت شده بابونه در شرایط استرس خشکی دارند (۳). بر اساس مطالعات آرزمجو و همکاران (۲)، کمبود آب باعث ممانعت بسیاری از پارامترهای رویشی بابونه آلمانی می‌گردد. علی‌رغم وجود برخی اطلاعات در مورد عکس‌العمل بابونه آلمانی به خشکی، پاسخ سایر گونه‌های بابونه به خشکی بررسی نشده است.

در حال حاضر استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی یکی از مهمترین روش‌های مؤثر در بهره برداری و افزایش عملکرد هکتاری در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. با توجه به اهمیت شناسایی اکوتیپهای مقاوم گونه‌های مختلف به تنش خشکی، هدف از این بررسی مطالعه اثرات

www.SID.ir

Archive of SID

تنش خشکی و کم آبی در نمونه‌های بذری مختلف وحشی دو گونه بابونه شامل *Tripleurospermum servanes* (گیاه علفی چندساله با نام عمومی بابونه کاذب) و *Anthemis tinctoria* (گیاه علفی دائمی با نام عمومی بابونه زرد) است. در این پژوهش اطلاعات مفیدی در مورد عکس‌العمل دو گونه بابونه کاذب و زرد به تنش خشکی در اختیار قرار خواهد گرفت تا امکان ارائه برخی استراتژی‌های مؤثر برای حفاظت، اصلاح ژنتیکی و کاربرد پایدار از منابع ژرم پلاسم حاصل گردد.

مواد و روشها

نمونه گیاهی: بذرهای سه نمونه بذری وحشی از دو گونه بومی بابونه *Tripleurospermum servanes* و *Anthemis tinctoria* (هر گونه سه نمونه بذری) از بانک ژن منابع طبیعی ایران تهیه گردید. نمونه‌های بذری بابونه کاذب شامل ۲۲۶۹۱، ۱۰۸۷ و ۸۳۹۴ (هر سه متعلق به منطقه اردبیل بودند) و نمونه‌های بذری بابونه زرد شامل ۱۴۲۲۱ (ارومیه)، ۱۸۰۲۷ (نقده) و ۱۹۴۹۵ (بانه) بودند. بذرهای هر نمونه بذری از دو گونه در گلخانه مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع در شرایط استاندارد در گلدانهای حاوی ۱۷۰۰ گرم خاک خشک با بافت لوم شنی کشت شدند. آبیاری گلدانها تا استقرار کامل گیاهان (۶۰ روز) هر دو روز یکبار انجام شد. چهار تیمار ۱۰۰٪، ۷۰٪، ۵۵٪ و ۳۵ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای (به ترتیب سطح طبیعی یا شاهد، تنش کم، متوسط و شدید) با روش وزنی بر روی گلدانها اعمال گردید. پس از ۲۰ روز با مشاهده علائم اولیه پژمردگی در تیمار ۳۵٪، نمونه های برگی برای آزمایشهای مختلف برداشت شد.

درصد ماده خشک و میزان نسبی آب برگ (RWC): وزن تر سه برگ انتهایی هر گیاه اندازه‌گیری شد (Wf). سپس برگها را در داخل آب مقطر بمدت چهار ساعت قرار داده و پس از خشک کردن آب روی برگها، وزن تورجید برگها اندازه‌گیری شدند (Wt). برگها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و وزن شدند (Wd). درصد ماده خشک از رابطه [100×(Wf-Wd)/Wd)]-100 و میزان نسبی آب برگ از رابطه %RWC =[(Wf-Wd)/(Wt-Wd)]×100 بدست آمد (۲۹).

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین از بافت برگ از روش نین‌هیدرین (۶) و برای استخراج قندهای محلول از بافت برگ از روش آنترون (۳۶) استفاده شد. غلظت پروتئینهای محلول برگ از روش برادفورد (۸) با استفاده از بووین سرم آلبومین به عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد. برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ از روش گایوکل (۱۰) استفاده شد. فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز برگ با روش Fu و Huang (۱۰) اندازه‌گیری شد. میزان جذب نوری آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در طول موج ۴۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. برای سنجش غلظت پیگمانهای برگ (کلروفیلa ، کلروفیلb ، کارتنوئیدها) از بافت برگ طبق روش Lichtenthaler از حلال استون ۸۰٪ (۱۹) استفاده شد.

محاسبات آماری: اطلاعات تحقیق حاضر در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو گونه، سه تکرار و چهار تیمار ۱۰۰٪، ۷۰٪، ۵۵٪ و ۳۵ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای توسط نرم‌افزار SAS و Mini Tab مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

نتایج آنالیز واریانس بین سه نمونه بذری وحشی بابونه کاذب در چهار تیمار تنش خشکی (تیمار ۱۰۰٪، ۷۰٪، ۵۵٪ و ۳۵ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای که به ترتیب سطح طبیعی یا شاهد، تنش کم، متوسط و شدید را نشان می‌دهد) نشان داد که نمونه‌های بذری بانک ژن مختلف تفاوتهای معنی‌داری در مقدار پرولین و فعالیت آنزیم پراکسیداز (در سطح احتمال ۱٪)، کلروفیل a، کارتنوییدها و کلروفیل کل (در سطح احتمال ۵ درصد) داشتند (جدول ۱). اثر تیمار

www.SID.ir

Archive of SID

تنش خشکی برای صفات مقادیر پرولین، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز، پروتئینهای کل، RWC، درصد وزن خشک گیاه، مقدار کارتنوییدها و نسبت مقدار کارتنوئیدها به کلروفیل کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. به عبارت دیگر بین سطوح مختلف تنش تفاوت معنی‌داری در این صفات وجود دارد. درحالیکه پیگمانها شامل مقادیر کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تنشهای مختلف تفاوت چندانی نشان ندادند (جدول ۱). اثر متقابل گونه در تیمار خشکی فقط برای مقدار پرولین و آنزیم پراکسیداز به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار بود. به عبارت دیگر می توان گفت که برای این دو صفت، نمونه‌های بذری مختلف بابونه کاذب در تیمارهای مختلف تنشی، عکس‌العملهای متفاوتی از خود نشان داده‌اند. نتایج آنالیز واریانس بین سه نمونه بذری وحشی بابونه زرد در چهار تیمار تنش خشکی نشان داد که نمونه‌های بذری مختلف تفاوتهای معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) در مقدار پرولین داشتند (جدول ۲). اثر تیمار تنش خشکی برای صفات مقادیر پرولین، قندهای محلول، آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز، پروتئینهای کل، RWC، درصد وزن خشک گیاه، مقدار کارتنوییدها و نسبت مقدار کارتنوئیدها به کلروفیل کل در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. درحالیکه پیگمانها شامل مقادیر کلروفیل a، b و کل در تنشهای مختلف تفاوت چندانی نشان ندادند (جدول ۲). اثر متقابل گونه در تیمار خشکی فقط برای مقدار پرولین و آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و به عبارت دیگر می توان گفت که برای این دو صفت، نمونه‌های بذری مختلف بابونه زرد نیز مانند بابونه کاذب در تیمارهای مختلف تنش عکس‌العملهای متفاوتی از خود نشان داده‌اند.

الگوی تغییرات میانگین مقادیر هر صفت در تنشهای مختلف برای تک‌تک نمونه‌های بذری مورد بررسی بابونه کاذب و زرد در شکلهای ۱ تا ۴ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، میزان نسبی آب (RWC) برگ و درصد ماده خشک با افزایش تنش خشکی در هر سه نمونه بذری بابونه کاذب و زرد، کاهش معنی‌داری نشان دادند. تغییرات RWC و درصد ماده خشک برگ در تیمارهای مختلف خشکی در هر سه نمونه بذری بابونه کاذب و زرد مشابه بود. به‌طوری‌که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های بذری مختلف در هر گونه مشاهده نگردید.

نتایج نشان دادند که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار مقدار پرولین در برگهای هر سه نمونه بذری گونه های مورد مطالعه گردید (شکل ۲). در بابونه کاذب کاهش پتانسیل آب خاک از شاهد به ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، تغییر مهمی در مقدار پرولین برگ نمونه‌های بذری ۱۰۸۷ و ۸۳۹۴ ایجاد نکرد. درحالیکه افزایش تنش از ۷۵٪ به ۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، مقدار پرولین برگ را در هر دو نمونه بذری فوق به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. الگوی تغییرات مقدار پرولین برگ نمونه بذری ۲۲۶۹۱ کاملاً از دو نمونه بذری دیگر متفاوت بود. به‌طوری‌که علی‌رغم افزایش تدریجی مقدار پرولین برگ این نمونه بذری در تنش ملایم (۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای) و متوسط (۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک)، مقدار پرولین برگ در تنش شدید (۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک) به میزان قابل ملاحظه‌ای (از ۷۳ به ۲۴۶۰ میکروگرم در گرم وزن تر گیاه) افزایش یافت. در بابونه زرد کاهش پتانسیل آب خاک از شاهد به ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، تغییر مهمی در مقدار پرولین برگ نمونه‌های بذری ۱۸۰۲۷ و ۱۹۴۹۵ ایجاد نکرد. درحالیکه افزایش تنش از ۷۵٪ به ۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، مقدار پرولین برگ را در هر دو نمونه بذری فوق به میزان قابل ملاحظه‌ای (در حدود ۱۰ برابر) افزایش داد. مقدار پرولین برگ با کاهش پتانسیل آب از ۵۵٪ به ۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک، در نمونه بذری ۱۸۰۲۷ بدون تغییر ماند؛ و در نمونه بذری ۱۹۴۹۵ به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس و سطح معنی‌دار بودن مقادیر F برای صفات مختلف بابونه کاذب

منبع تغییرات	درجه آزادی	F								
		پرولین	قندهای محلول	پراکسیداز	پلی‌فنل‌اکسیداز	پروتئین کل	RWC	وزن خشک (٪)	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوییدها	کلروفیل کل	نسبت کارتنوییدها به کلروفیل کل
نمونه بذری	۲	۴۳۰/۷۸**	۱/۸۷	۶۱/۹۹**	۵/۲۱**	۰/۰۵	۰/۲۵	۱/۷۴	۴/۲۲*	۱/۲۹	۵/۶۲*	۳/۷۴*	۰/۵۸
نیمار	۳	۸۰۸/۵۵**	۰/۲۳	۲۰/۸۰**	۱۶/۰۹**	۱۶/۲۳**	۴/۷۷**	۳۱/۸۰	۱/۶۹	۱/۱۰	۷/۹۱**	۲/۴۲	۵/۵۲**
نمونه بذری × نیمار	۶	۱۹۲/۳۶**	۱/۰۷	۲/۵۸*	۱/۸۱	۰/۲۳	۱/۲۹	۰/۶۳**	۰/۳۶	۰/۹۸	۰/۳۲	۰/۷۹	۰/۹۱۹
ضریب تغییرات		۱۰/۰۶	۳۰/۷۲	۲۳/۵۴	۱۶/۵۸	۳۴/۰۳	۶/۳۶	۱۳/۶۹	۱۸/۲۹	۲۸/۰۶	۸/۹۸	۱۶/۰۸	۲۱/۸۰

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس و سطح معنی‌دار بودن مقادیر F برای صفات مختلف بابونه زرد

منبع تغییرات	درجه آزادی	F											
		پرولین	قندهای محلول	پراکسیداز	پلی‌فنل‌اکسیداز	پروتئین کل	RWC	وزن خشک (٪)	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوییدها	کلروفیل کل	نسبت کارتنوییدها به کلروفیل کل
نمونه بذری	۲	۳۸/۱۲**	۱/۳۱	۲/۳۱	۲/۶۱	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۵۲	۰/۱۸	۱/۰۲	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۲۰
نیمار	۳	۱۰۲/۰۴**	۳/۴۰*	۲۵/۲۹**	۶/۷۴**	۱۸/۱۰**	۵/۱۳**	۱۸/۳۸**	۱/۹۹	۰/۹۵	۹/۸۶**	۱/۸۸	۴/۵۹**
نمونه بذری × نیمار	۶	۴۴/۶۵**	۱/۰۳	۴/۲۰**	۱/۴۱	۰/۵۱	۱/۰۳	۰/۸۱	۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۹۸	۰/۵۴	۰/۳۵
ضریب تغییرات		۲۲/۲۰	۳۱/۱۵	۲۳/۰۲	۱۵/۱۹	۲۷/۸۲	۵/۳۳	۱۵/۱۲	۲۷/۴۵	۳۲/۵۳	۷/۳۵	۲۰/۶۵	۲۷/۶۸

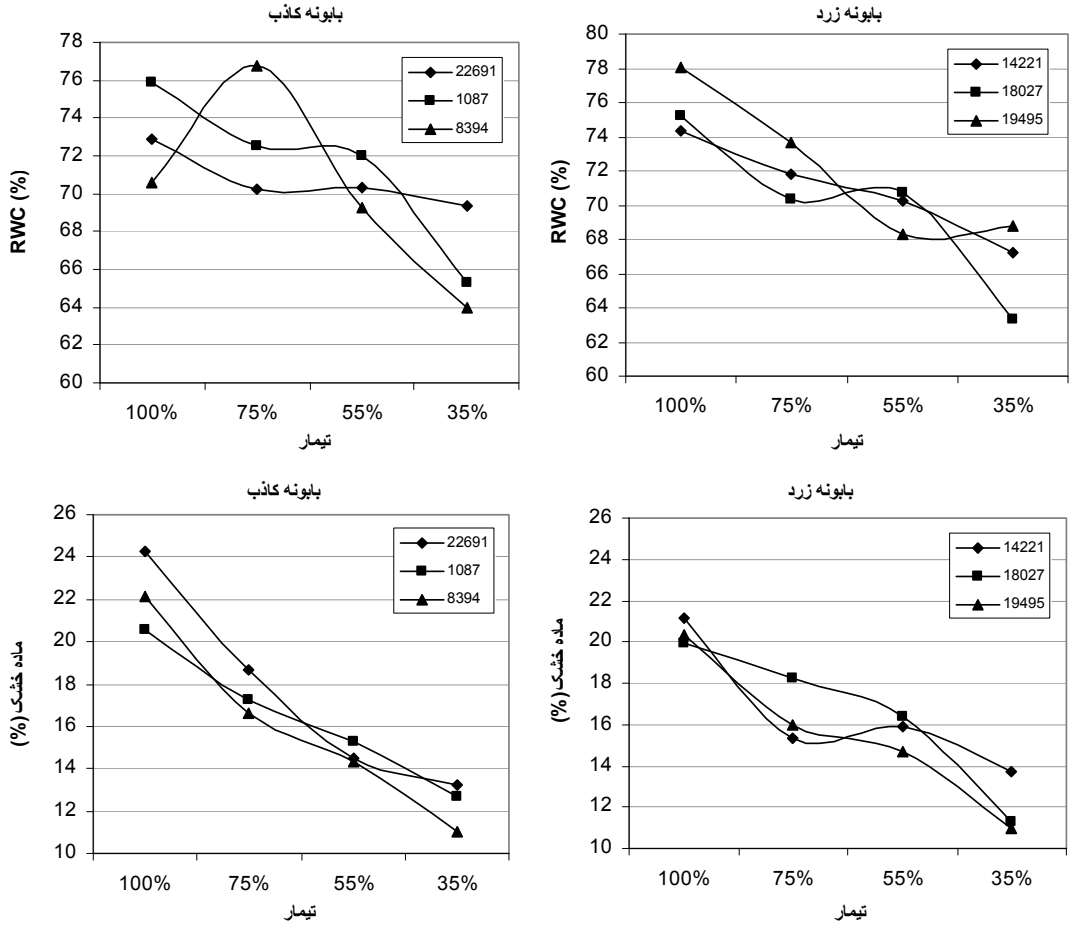
* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

الگوی تغییرات مقدار پرولین برگ نمونه بذری ۱۴۲۲۱ کاملاً از دو نمونه بذری دیگر متفاوت بود. به‌طوری‌که با وجود افزایش مقدار پرولین برگ این نمونه بذری در تنش ملایم (۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای)، مقدار پرولین برگ در تنش متوسط (۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک) و شدید (۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای آب خاک) به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. البته مقدار قندهای محلول برگ به عنوان دومین ماده تنظیم کننده اسمزی گیاهی به دنبال افزایش پتانسیل آب خاک در هر سه نمونه بذری گونه بابونه کاذب تغییر معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۲). در بابونه زرد مقدار قندهای محلول در دو نمونه بذری ۱۴۲۲۱ و ۱۹۴۹۵ افزایش معنی‌داری نشان نداده است (شکل ۲). درحالیکه میزان قندهای محلول برگ در نمونه بذری ۱۸۰۲۷ با کاهش پتانسیل آب خاک، افزایش می‌یابد.

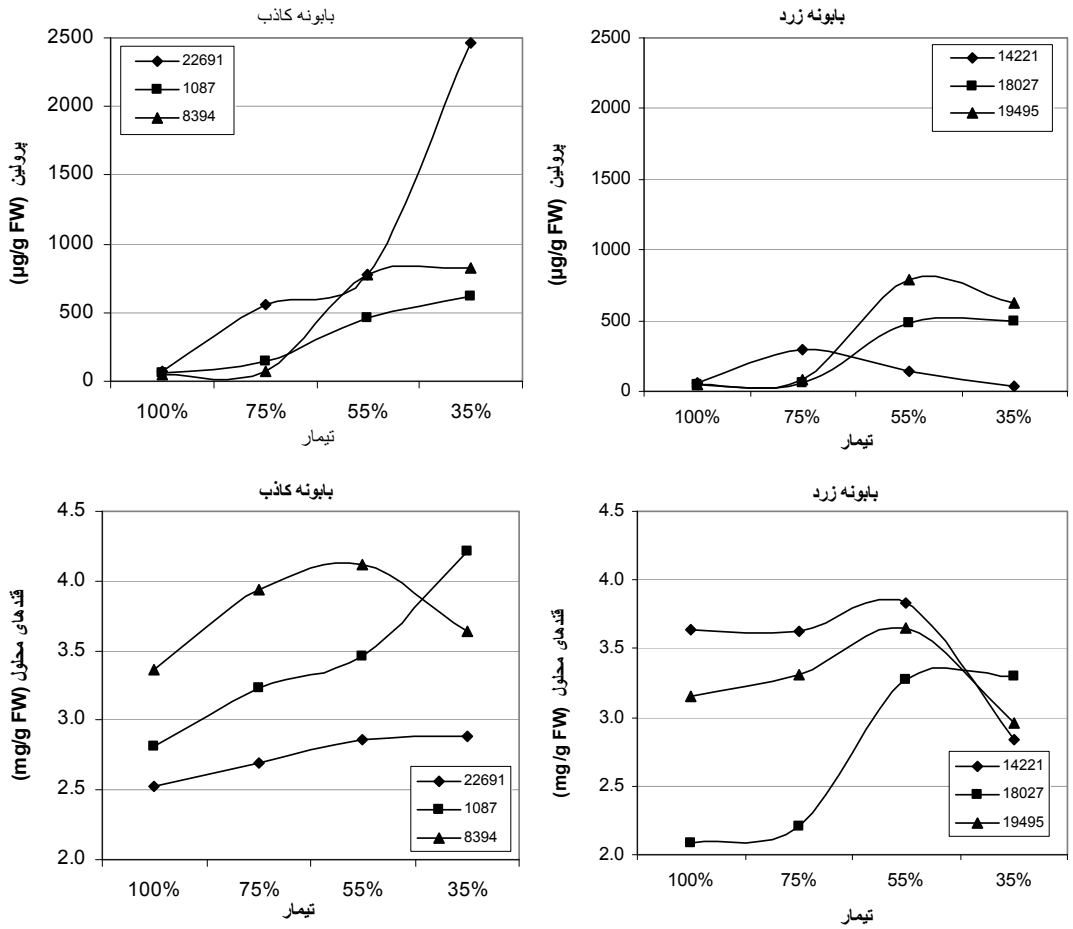
میزان فعالیت دو آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز برگ تا حدود زیادی در سه نمونه بذری بابونه کاذب هماهنگ با یکدیگر بودند. به‌طوری‌که فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ تا تنش خشکی شدید افزایشی بود. درحالیکه فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز برگ در هر سه نمونه بذری با کاهش پتانسیل آب خاک از ظرفیت مزرعه‌ای طبیعی (شاهد) تا تنش متوسط (۵۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای خاک) افزایش و با اعمال تنش شدیدتر کاهش نشان دادند (شکل ۳).



شکل ۱- تغییرات درصد ماده خشک و میزان آب نسبی (RWC) نمونه‌های بذری مختلف گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش

www.SID.ir

Archive of SID



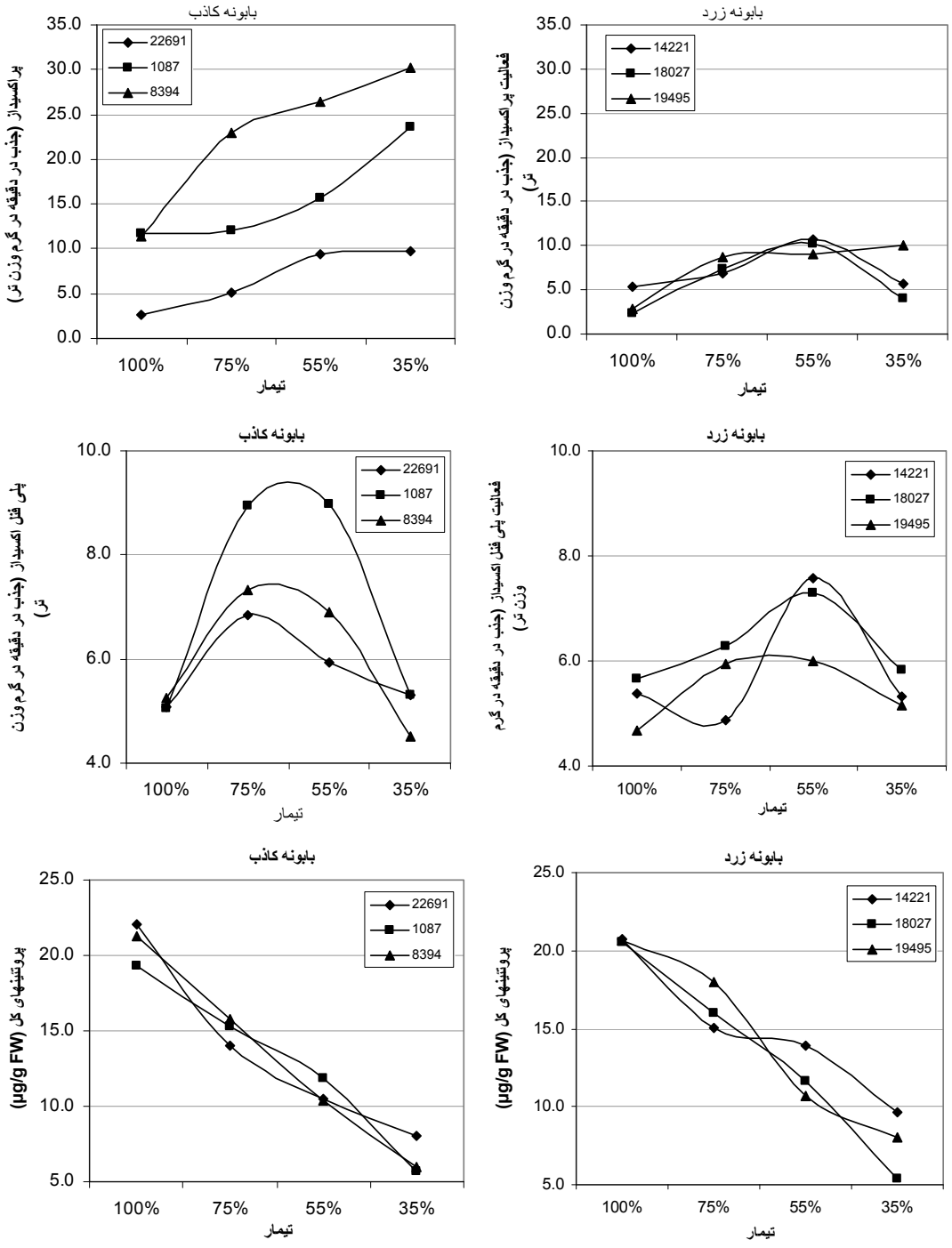
شکل ۲- تغییرات محلولهای اسمزی (پرولین و قندهای محلول) نمونه‌های بذری مختلف گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش

در بابونه زرد میزان فعالیت دو آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز برگ تا حدود زیادی در دو نمونه بذری ۱۴۲۲۱ و ۱۸۰۲۷ هماهنگ با یکدیگر بودند. به‌طوری‌که فعالیت این دو آنزیم برگ تا تنش خشکی متوسط افزایش یافت و بدنبال تنش شدید به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش نشان داد. فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز در نمونه بذری ۱۹۴۹۵ با کاهش پتانسیل آب خاک از ظرفیت مزرعه‌ای طبیعی (شاهد) تا تنش شدیدتر (۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای خاک) کاهشی نشان نداد (شکل ۳). مقدار پروتئینهای کل برگ با افزایش تنش خشکی در هر سه نمونه بذری گونه‌های مورد مطالعه، کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. اگرچه مقدار پروتئینهای کل هر سه نمونه بذری بابونه کاذب و زرد در طی تنشهای مختلف کاهش می‌یابد ولی مقدار کاهش در نمونه بذری ۲۲۶۹۱ بابونه کاذب که در طی تنش مقدار پرولین بیشتری انباشته می‌کند، کمتر بود (شکل ۳). البته مقدار کاهش پروتئینهای کل در نمونه بذری ۱۹۴۹۵ بابونه زرد که در تنش مقدار پرولین بیشتری انباشته کرده و فعالیت پراکسیداز بیشتری دارد، کمتر کاهش می‌یابد (شکل ۳).

مقدار پیگمانهای گیاهی شامل کلروفیل a و کلروفیلb، نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه در چهار سطح تنش کاهش نشان دادند، ولی مقدار کارتنوئیدها و نیز نسبت مقدار کارتنوئیدها به کلروفیل کل با افزایش تنش، به صورت معنی‌داری افزایش نشان داده است (شکل ۴).

www.SID.ir

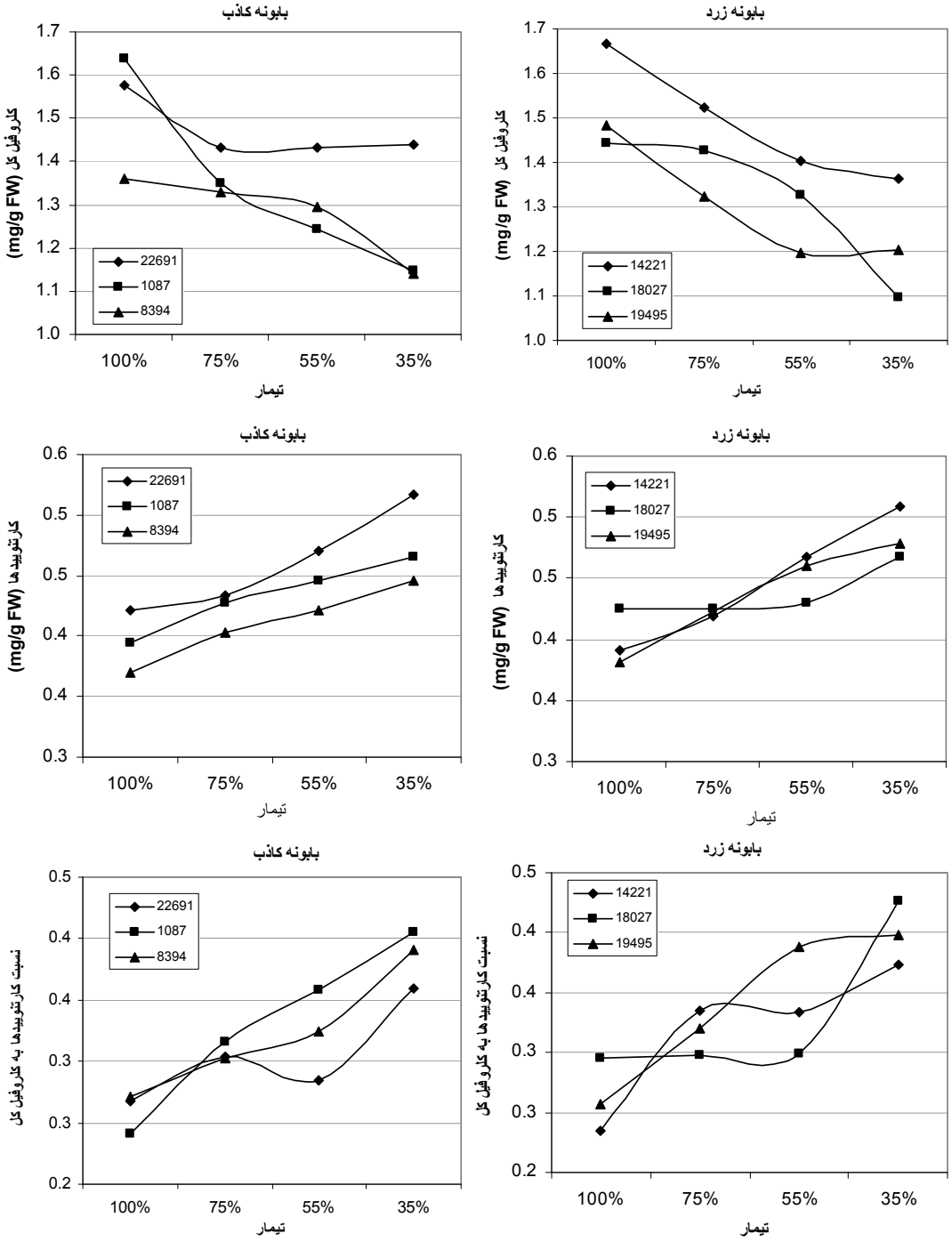
Archive of SID



شکل ۳- تغییرات محلولهای اسمزی آنزیم‌های پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پروتئینهای کل نمونه‌های بذری مختلف گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- تغییرات پیگمانهای نمونه‌های بذری مختلف گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش

بحث

گیاهان برای کاهش اثرات منفی خشکی از مکانیسم‌های متنوعی استفاده کرده و در مقابل خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی به تنش پاسخ می‌دهند. در مقیاس سلولی، گیاه آثار مضر تنش را با

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش متابولیسم و تنظیم پتانسیل اسمزی از طریق تجمع مواد آلی تعدیل می‌کند.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه بابونه زرد و کاذب با افزایش تنش خشکی، میزان نسبی آب (RWC) برگ کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد. این نتایج با یافته‌های سایرین در گونه‌های یونجه یکساله (۱۱) و یونجه چندساله (۳۵) مطابقت دارد. تغییرات RWC برگ در تیمارهای مختلف در نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه بابونه زرد و کاذب مشابه بود. میزان کاهش RWC در تنش شدید (۳۵٪) در نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه بابونه زرد و کاذب کمتر از ۱۰٪ بود و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های بذری مختلف هر گونه مشاهده نگردید. به این ترتیب می‌توان گفت که با RWC برگ نمی‌توان تفاوت چندانی از نظر حساسیت به خشکی بین نمونه‌های بذری گونه‌های مورد مطالعه قائل شد. مقایسه بین ژنوتیپهای حساس و مقاوم به خشکی گیاه یونجه نشان داد که در شرایط تنش، میزان کاهش RWC ژنوتیپ مقاوم به خشکی بسیار کمتر از ژنوتیپ حساس است (۱۱ و ۳۵). RWC بالاتر نشان‌دهنده وجود سازوکار کارآمدتر کاهش‌دهنده تلفات آب از طریق روزنه‌هاست (۱۵). طبق نتایج کایزر (۱۶) هنگامی که RWC گیاه توتون بیش از ۳۰٪ کاهش یابد، کاهش غیرقابل برگشتی در ظرفیت فتوسنتزی بوجود می‌آید که ناشی از صدمه وارده به غشای کلروپلاست بوده و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌گردد. این نتایج نشان می‌دهد که کاهش RWC در نمونه‌های بذری مختلف بابونه زرد و کاذب به قدری نبوده که صدمه غیرقابل جبرانی به گیاه وارد شود.

انباشتگی پرولین و قندهای محلول در شرایط تنش بنظر می‌رسد با تحمل خشکی در بسیاری از گونه‌های گیاهی ارتباط دارد. میزان انباشتگی پرولین در واریته‌های متحمل به خشکی گندم (۲۳)، تمشک (۲۶)، زیتون (۷) و یونجه یکساله (۱۱) بسیار بیشتر از واریته‌های حساس به خشکی است. قندهای محلول نیز در تحمل به خشکی نخود (۲۹)، نیشکر (۹) و صنوبر سیاه (۲۷) نقش بسزایی ایفا می‌کنند. در دو ژنوتیپ حساس و مقاوم یونجه یکساله (۱۱)، میزان انباشتگی قندهای محلول و پرولین ژنوتیپ مقاوم بیشتر از ژنوتیپ حساس است. مقادیر پرولین هر سه نمونه بذری بابونه کاذب در تنشهای مختلف (طبیعی یا شاهد، تنش کم، متوسط و شدید) حکایت از انباشتگی بسیار زیاد پرولین بابونه کاذب دارد. با وجود این نمونه بذری ۲۲۶۹۱ نسبت به دو نمونه بذری دیگر (۱۰۸۷ و ۸۳۹۴) ظرفیت بالاتری برای انباشتن پرولین در تنش شدید دارد که به نظر می‌رسد مربوط به مقاومت بالای این اکوتیپ به تنشهای شدید خشکی باشد. مقایسه مقادیر پرولین در تنشهای مختلف نیز حکایت از انباشتگی بسیار زیاد پرولین در دو نمونه بذری (۱۸۰۲۷ و ۱۹۴۹۵) از سه نمونه بذری گونه بابونه زرد دارد. الگوی تغییرات مقدار پرولین نمونه بذری ۱۴۲۲۱ بابونه زرد متفاوت از دو نمونه بذری دیگر بود. به‌طوری‌که هنگامی که گیاهان این نمونه بذری (۱۴۲۲۱) تحت تنش شدید قرار گرفتند میزان پرولین بسیار کاهش یافت. این موضوع حکایت از آسیبهای متابولیکی مخرب در نمونه بذری فوق و حساسیت بالای این نمونه بذری به تنش متوسط و شدید خشکی دارد. از میان دو نمونه بذری ۱۸۰۲۷ و ۱۹۴۹۵ بابونه زرد، نمونه بذری ۱۹۴۹۵ظرفیت بالاتری برای تنظیم اسمزی بوسیله انباشتگی پرولین در تنش شدید دارد که به این گیاه امکان می‌دهد که در شرایط سخت محیطی به جذب آب ادامه دهند. مقایسه مقدار قندهای محلول نمونه‌های بذری مختلف دو گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش نشان داد که با افزایش سطح تنش تا خشکی متوسط (۵۵٪)، انباشتگی قندهای محلول در هر دو گونه تا حدودی افزایش می‌یابد. انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقشهای فیزیولوژیکی مهمی که از نظر تأمین انرژی و جلوگیری از مرگ حتمی ایفا می‌کنند، می‌توانند باعث کاهش پتانسیل اسمزی شده و از طریق تنظیم اسمزی موجب بالاتر نگاه

www.SID.ir

Archive of SID

داشتن میزان آب نسبی شده و به این ترتیب در سازوکار تحمل به خشکی نقش مهمی دارند (۱۵). بنابراین به نظر می‌رسد هر دو گونه سازوکار انباشت قندهای محلول را در اثر تنش خشکی، ملایم و متوسط دارند.

در تحقیق حاضر مشاهده گردید که فعالیت آنزیم پراکسیداز هر سه نمونه بذری گونه بابونه کاذب در طی تنش خشکی شدید افزایش نشان داد. درحالیکه استرس شدید باعث کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در دو نمونه بذری ۱۴۲۲۱ و ۱۸۰۲۷ گونه بابونه زرد می‌شود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در نمونه بذری ۱۹۴۹۵ (که ظرفیت بالاتری برای انباشت پرولین دارد) با کاهش پتانسیل آب خاک از ظرفیت مزرعه‌ای طبیعی (شاهد) تا تنش شدیدتر (۳۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای خاک) کاهشی را نشان نداد. این نتایج نشان می‌دهد که نمونه بذری ۱۹۴۹۵ هم ظرفیت بالاتری برای انباشت پرولین دارد و هم فعالیت بالاتری برای حذف انواع اکسیژن فعال ایجاد شده در تنش خشکی نشان می‌دهد. کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه بابونه کاذب و زرد حکایت از تخریب عملکرد این آنزیم در استرس شدید دارد (۱۰). بررسیها نشان داده است که ارقام مقاوم به خشکی قهوه (۲۰)، تمشک (۲۶)، *Phaseolus acutifolius* (۳۳)، چای (۳۴)، زیتون (۷) و *Pyracabtha fortuneana* (۲۱) دارای فعالیت بالاتری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نسبت به ارقام حساس به خشکی هستند.

مقدار پروتئینهای محلول نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه مورد بررسی در سطوح مختلف تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان داد که می‌تواند ناشی از کاهش فراوانی پیش‌ماده‌های تولیدکننده پروتئینها (مواد معدنی و آلی) (۱) و کاهش تظاهر ژنها باشد (۳۲). با وجود این کاهش مقدار پروتئینهای کل برگ نمونه بذری ۱۹۴۹۵ از بابونه زرد و نمونه بذری ۲۲۶۹۱ از بابونه کاذب کمتر از دو نمونه بذری دیگر (هر گونه) کاهش یافت. جالب توجه اینکه این دو نمونه بذری از هر گونه ظرفیت بالاتری برای انباشت پرولین داشتند. این موضوع حکایت از آسیبهای متابولیکی کمتر در دو نمونه بذری فوق و مقاومت بالای این دو نمونه بذری به تنش متوسط و شدید خشکی دارد.

مقایسه مقدار پیگمانهای گیاهی شامل کلروفیل a و کلروفیلb نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه بابونه کاذب و زرد در چهار سطح تنش، تفاوت معنی‌داری در سطح گونه، تیمار و برهم‌کنش تیمار × گونه نشان ندادند. این موضوع نشان‌دهنده عدم تخریب پیگمانهای گیاهیست. در حالیکه مقدار کلروفیل a در بابونه کاذب به میزان معنی‌داری کاهش می‌یابد. در برخی گیاهان کاهش مقدار پیگمانهای کلروفیل a و کلروفیلb به عنوان مکانیسم حفاظت نوری بکار گرفته می‌شود تا با کاهش جذب نور، از زنجیره فتوسنتزی گیاه حفاظت نمایند (۲۱). نتایج این پژوهش نشان داد که در نمونه‌های بذری مختلف هر دو گونه کارتنوئیدها نقش مهمی در حفاظت نوری دارند، ولی افزایش نسبت کلروفیل کل به کارتنوئیدها تحت استرس مورد مطالعه نشان‌دهنده نیاز بیشتر گیاهان فوق بوسیله کارتنوئیدهاست.

از آنجایی‌که تنش کم‌آبی یکی از موانع اصلی در تولید محصولات زراعی و باغی در بسیاری از نقاط دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران محسوب می‌شوند، انتخاب و توسعه اکوتیپهای مقاوم و متحمل به خشکی گونه‌های مختلف بهترین روش برای مقابله با این معضل است که با شناخت واکنشهای زیستی گیاهان مختلف در تنش خشکی بدست می‌آید (۲۵). این یافته‌ها نشان می‌دهد که در کل دو گونه بابونه کاذب و بابونه زرد تحمل خوبی به شرایط تنش خشکی متوسط داشته، اگرچه در هر دو گونه، نمونه‌های بذری نیز وجود داشتند که به علت ظرفیت تنظیم اسمزی بالاتر، تحمل بیشتری به تنش خشکی شدید نشان دادند. به‌طوری‌که از میان سه نمونه بذری مورد مطالعه بابونه کاذب، نمونه بذری ۲۲۶۹۱ به

www.SID.ir

Archive of SID

علت ظرفیت بالاتر تنظیم اسمزی، تحمل بالاتری به استرس خشکی شدید دارد. نمونه بذری ۱۹۴۹۵ از بابونه زرد نیز نسبت به دو نمونه بذری دیگر از همان گونه، که هم ظرفیت بالاتری برای انباشت پرولین دارد و هم فعالیت بالاتری از نظر آنزیم پراکسیداز در تنش خشکی نشان می‌دهد، مقاومت بیشتری به تنش شدید خشکی دارد.

منابع

1- Antoline, M.C. and Sanchez-Diaz, M. 1993. photosynthethic nutrient use efficiency, nodule activity and solute accumulation in drought stressed alfalfa plant. Photosynthetica. 27: 595-604.
2- Arazmjo, E., Heidari, M. and Ghanbari A. 2010. Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomile* L.). Iranian Journal of Crop Science. 12: 100-111. (In Persian)
3- Baczek-Kwinta, R., Kozie, A., Tokarz, K. and Seidler-Lozykowska, K. 2009. Is the drought-response of the wild type and a cultivar of German chamomile dependent on plant growth pattern or genetic modification? Acta Physiolgical Plant. 31: 53-74 .
4- Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, M.R. and Mohammadi, A. 2008. Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Scientifica Horticulture of Amsterdam. 116: 437-441.
5- Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in tree durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science. 160: 669-681.
6- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39: 205–207.
7- Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M. and Ben Abdallah, F. 2009. Changes in gas exchange, proline accumulation and anti-oxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. Environmental Experimental Botany. 67: 345–352.
8- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. Annuals of Biochemistry. 72: 248–254.
9- Choluj, D., Karwowska, R., Ciszewska, A. and Jasi´nska, M. 2008. Influence of long term drought stress on osmolyte accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants. Acta Physiological Plant. 30: 679–687.
10- Fu, J. and Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Environmental Experimantal Botany. 45: 105–114.
11- Ghorbani Javid, M., Moradi, F., Akbari, G. and Dadi, I. 2006. The role of some metabolities on the osmotic adjustment mechanism in annual cut leaf medic (Medicago laciniata L.) under drought stress. Iranian Journal of Agricultural Science. 8: 90-103. (In Persian)
12- Grdiner, P. 1999. Chamomile (*Matricaria recutita*, *Anthemis noblis*), Longwood Herbal Task Force, Pp: 1-21.
13- Hornok, L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants, Akadémiai Kiadó. Budapest, 337p.
14- Irigoyen, J.J., Emerrich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Journal of Physiological Plant. 84: 55-60.
15- Jiang, Y. and Huang, B. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought pre-conditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Science. 41: 1168-1173.
16- Kaiser, W.M., 1989. Effect of water deficit on photosynthesis capacity. Journal of Plant Physiology. 71: 142-149.
17- Lebaschy, M.H., Ashoorabadi, E.S. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants Research, 20: 249-261. (In Persian)
18- Letchamo, W. and Gosselin, A. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* are influenced light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science. 71: 229-232.
19- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods of Enzymology. 148: 350–382.
20- Lima, A.L.S., DaMatta, F.M., Pinheiro, H.A., Totola, M.R., Loureiro, M.E. 2002. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of Coffea canephora under water deficit conditions. Environmental Experimantal Botany. 47: 239–247.
21- Liu, C.C., Liu, Y.G., Guo, K., Fan D., Li, G.Q., Yu, L., Yang, R. and Zheng, Y. 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and

www.SID.ir

Archive of SID

antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China Environmental and Experimental Botany. 71: 174-183.

22- Morgan, J.M., 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology. 35: 299–319.

23- Nayyar, H. and Walia, D.P. 2003. Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Biological Plant. 46: 275–279.

24- Pirzad, A., Alyari, H., Skakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla L.*) at different irrigation regimes. Journal of Agron. 5: 451-455.

25- Rampino, P., Pataleo, S., Gerardi, C., Mita, G. and Perrotta, C. 2006. Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. Plant Cell Environment. 22: 2143-2153.

26- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P. and Sumithra, K. 2004. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. Environmental Experimental Botany. 52: 33–42.

27- Regier, N., Streb, S., Cocozza, C., Schaub, M., Cherubini, P., Zeeman, S.C. and Rrey, B. 2009. Drought tolerance of two black poplar (*Populus nigra* L.) clones: contribution of carbohydrates and oxidative stress defense. Plant Cell Environment. 32: 1724–1736.

28- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.

29- Sanchez, F.J., Manzanares, M., de Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research. 59: 225–235.

30- Salehi Shanjani, P. 2005. Izozyme diversity of Menadion reductase, isocitrate dehydrogenase and malate dehydrogenase of *Fagus orientalis* Lipsky in beech forests of Iran. Iranian Journal of Biology, 17: 402-420.

31- Salehi Shanjani, P. 2003. Isozyme diversity of peroxidase, leucine aminopeptidase and glutamate oxaloacetate transaminase of *Fagus orientalis* Lipsky in beech forests of Iran. Iranian Journal of Biology, 15:1-15.

32- Schubert, S., Serray, R., Balzer, E.P. and Mengel, K. 1995. Effect of drought stress on growth, sugar concentrations and amino acid accumulation in N2 fixing alfalfa (*Medicago sativa*). Journal of Plant Physiology. 146: 541-546.

33- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F. and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science. 168: 223–231.

34- Upadhyaya, H., Panda, S.K. and Dutta, B.K. 2008. Variation of physiological and antioxidative responses in tea cultivars subjected to elevated water stress followed by rehydration recovery. Acta Physiological Plant. 30: 457–468.

35- Yarnia, M., Heydari Sharifabadi, F. and Rahimzadeh Khuii, F. 2001. Effects of adaptive metabolites on water relations of alfalfa cultivars at different salinity levels. Iranian Journal of Agricultural Science. 3: 40-48.

36- Yemm, E.W. and Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemistry Journal. 57: 508–514.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of the effects of drought stress on pigments, peroxidase, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in different accessions of *Anthemis tinctoria* and *Tripleurospermum servanes* of Natural Resources Gene Bank of Iran

Salehi Shanjani P., Izadpanah M., Falah Hoseini L., Ramezani Yeganeh M., Rasoulzadeh L., Kavandi A., Sardabi F., Pahlevani M.R., Amirkhani M. and Seyedian S.E.

Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R.Iran.

Abstract

Drought stress is one of the most important factors limiting the survival and growth of plants in the different habitats of Iran. Detailed knowledge about the ecophysiological responses of native plants to drought stress could contribute to the success of re-vegetation programs. Different accessions of two perennial chamomiles *Anthemis tinctoria* and *Tripleurospermum servanes* were subjected to four drought treatments, i.e. well-watered (control), mild drought stress (75% of field capacity), moderate drought stress (55% of field capacity), and severe drought stress (35% of field capacity). Then osmotic solutes (proline and soluble sugars), Relative water content (RWC), antioxidant enzymes (peroxidase and polyphenoloxidase) and pigments were investigated. In both of the studied species, drought stress significantly increased accumulation of osmotic solutes, but decreased relative water content, total protein content and dry weight percentage. Also, the chlorophyll a and total chlorophyll contents did not change in the drought stresses, however the carotenoids content and the ratio of carotenoids to total chlorophylls significantly increased. Although the peroxidase activity, as an antioxidant enzyme, in all three accessions of *T. servanes* increased under severe drought stress, but in two accessions (of three accessions) of *A. tinctoria*, it considerably decreased. These findings suggested that the *A. tinctoria* and *T. servanes* showed a moderate tolerance to drought, although in both of the species, there were as well some accessions which had higher tolerance to severe drought stress than the other accessions because of their higher capacities of osmotic adjustment.

Key words: chamomile, proline, chlorophyll, drought stress, Iran

www.SID.ir