

## ارزیابی ماده خشک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاهچه اسپرس تحت تاثیر پرایمینگ و اندازه بذر در شرایط تنش خشکی

سید جلیل نوربخشیان<sup>\*</sup>، مجید نبی‌پور<sup>۲</sup>، موسی مسکری‌باشی<sup>۳</sup> و ریحانه عماآقایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری (شهرکرد)، <sup>۲</sup>گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، <sup>۳</sup>گروه زیست شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه شهرکرد  
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۹۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۹/۱۳۹۴)

### چکیده:

انتخاب راهکارهای مناسب مانند پرایمینگ بذر می‌توانند تا حدودی اثرات خسارت‌زای تنش خشکی در گیاهان زراعی بالاخص در مرحله گیاهچه را کاهش دهند. این آزمایش به منظور ارزیابی اثر پرایمینگ و اندازه بذر بر تولید ماده خشک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه اسپرس در شرایط نرمال و تنش خشکی اجرا شد. در این تحقیق ۱۶ تیمار شامل فاکتوریلی از دو توده اسپرس (بروجن و قزوین)، دو اندازه بذر بزرگ (میلی‌متر $5/۳ >$ اندازه بذر $4/۵$ ) و کوچک (میلی‌متر $5/۳ <$ اندازه بذر $4/۵$ )، چهار تیمار پرایمینگ بذر (هیدروپرایمینگ، پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول و کلرید کلسیم و بدون پرایمینگ) در شرایط نرمال آبیاری (۵۵ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) و تنش خشکی (۸۰ درصد تخلیه) بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میزان ماده خشک در شرایط تنش خشکی برای کلیه تیمارها کاهش یافت، اما در گیاهچه‌های حاصل از توده بروجن، بذور بزرگ و تیمار هیدروپرایمینگ بیشترین ماده خشک در شرایط تنش در مقایسه با توده قزوین، بذور کوچک و سایر تیمارهای پرایمینگ بدست آمد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربیات پراکسیداز و کاتالاز در گیاهچه‌های حاصل از توده بروجن، بذور بزرگ و هیدروپرایمینگ در شرایط نرمال و تنش خشکی بیشتر از توده قزوین، بذور کوچک و عدم پرایمینگ بود. همچنین میزان پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) در گیاهچه حاصل از توده قزوین، بذور کوچک و عدم پرایمینگ بیشتر از تیمارهای دیگر بود. بطور کلی از نتایج می‌توان استنباط کرد که انتخاب توده بروجن، بذور بزرگ و تیمار پرایمینگ بذر سبب بهبود رشد و شاخص‌های تحمل به خشکی در گیاهچه اسپرس در شرایط تنش خشکی در مقایسه با سایر تیمارها گردید.

کلمات کلیدی: اسپرس، تنش خشکی، آنتی‌اکسیدانت، ماده خشک، گیاهچه.

### مقدمه:

خشکی بر رشد گیاهان علوفه‌ای نیز تأثیرگذار است، کاهش رشد و عملکرد علوفه برای شبدر پنجه کلاگی، شبدر قرمز، یونجه و اسپرس در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Peterson *et al.*, 1992). ارزیابی دو گونه اسپرس (*O.viciifolia* و *O.radiate*) در شرایط رژیم رطوبتی مختلف خاک در شرایط گلخانه نشان داد که تنش خشکی بر

تش خشکی به شرایط کمبود رطوبت در زمان رشد گیاه اطلاق می‌شود که سبب بروز اثرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاه می‌گردد. در شرایط تنش خشکی با توجه به شدت آن، کاهش رشد گیاه زراعی حادث می‌شود که در مجموع بر عملکرد قابل برداشت در مزرعه تاثیر منفی دارد

\*نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: jnoorbakhshian@yahoo.com

نشت غشایی و مالون دی‌آلدئید (MDA) کمتری در گیاهچه‌های سویا حاصل از تیمار پرایمینگ بدست آمد، همچنین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در گیاهچه حاصل از تیمار پرایمینگ بذر بیشتر بود. اندازه بذر نیز یکی از عوامل مؤثر بر رشد اولیه و تحمل به تنش خشکی در تعدادی از لگوم‌ها عنوان شده است (Al Karaki, 1998). بذور بزرگ عموماً گیاهچه‌هایی با بنیه بیشتر تولید می‌کنند. گیاهچه حاصل از بذور بزرگ علاوه بر بنیه بیشتر، می‌تواند تحمل بیشتری به شرایط خشکی داشته باشد (Cash and Detterline, 1996) این موضوع می‌تواند به Khurana and Singh, 2000 (Singh, 2000). این تحمل برای گیاهچه بذور بزرگ دو رقم عدس در شرایط تنش خشکی در مقایسه با بذور کوچک گزارش شده است (Al Karaki, 1998). برای گیاهچه حاصل از بذور بزرگ ارزن مرواریدی گزارش شده است که این گیاهان علایم پژمردگی اولیه و دائم را دیرتر از گیاهان حاصل از بذور ریز نشان دادند (Manga and Yadav, 1995). همچنین گیاهچه‌های حاصل از بذور بزرگ گیاه لگوم *Albizia procera* Khurana and Singh, 2000 تحمل بیشتری را به تنش خشکی نشان دادند (Singh, 2000). رشد اولیه در تعدادی از لگوم‌ها متناسب با اندازه بذر است. در بذور این گیاهان طول محور جنب، پریموردیوم‌های برگی، سطح و توده لپه بزرگ‌تر است و گیاهچه‌های حاصل از این بذور ظهرور و توسعه سریع‌تر و برگ‌های اول و دوم بزرگ‌تری را در مقایسه با بذور کوچک داشتند (Cash and Detterline, 1996). همچنین تثبیت نیتروژن در گیاهچه بذور بزرگ بیشتر از گیاهچه بذور کوچک بود (Cash and Detterline, 1996). این برتری رشد ممکن است تحمل به خشکی گیاهچه بذور بزرگ را در مقایسه با گیاهچه بذور کوچک افزایش دهد.

پیرامون اثر پرایمینگ و اندازه بذر بر تحمل به خشکی و رشد گیاهچه اسپرس نتایجی در دسترس نمی‌باشد. در حالیکه اسپرس (*Onobrychis sativa*. Scop) گیاهی است که قابلیت کشت در زراعت آبی و دیم را دارد و این امکان وجود دارد که

کاهش میزان ماده خشک هر دو گونه موثر بود (Ramat and همکاران، ۱۳۸۵). مطالعه چند گونه اسپرس در شرایط تنش خشکی در مرحله رویشی در تیمارهای مختلف تخلیه رطوبت قابل استفاده از خاک در شرایط گلخانه بیانگر آن بود که تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه اثر منفی داشت و صفاتی مانند طول ریشه و ساقه در شرایط تنش شدید مقادیر کمتری را داشتند (نصیرزاده و همکاران، ۱۳۸۳).

پرایمینگ بذر یک راهبرد در کسب تحمل به خشکی در زمان جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌باشد (Ashraf and Foolad, 2005) همچنین اثر مثبت بر رشد بعدی گیاه و تولید محصول از مزایای دیگر تیمار پرایمینگ در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد (Ashrafi and Razmjo, 2010., Hardegree, 1994., Hu et al., 2006., Mauromical et al., ۲۰۰۷). بر طبق مطالعات Zhang و همکاران (1996) پرایمینگ بذر یونجه نتایج مثبتی بر وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش شوری داشته است. همچنین پرایمینگ سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز و کاتالاز در گیاهچه‌های دو رقم یونجه در شرایط تنش شوری گردید. نتایج تحقیقات Hu و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که پرایمینگ با شن مرتبط می‌تواند به عنوان روشی کارآمد برای افزایش توانائی تحمل به شوری و بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یونجه تحت غلظت بالای نمک در خاک کاربرد داشته باشد. در این تحقیق پرایمینگ بذر به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را افزایش داد و میزان تجمع مالون دی‌آلدئید (MDA) ناشی از پراکسیداسیون غشاها را تحت شرایط تنش کاهش داد. نتایج آزمایش عموماً آبی (۲۰۱۱)، نشان داد که هر دو روش اسمو و هیدروپرایمینگ سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد بهتر گیاهچه یونجه در مقایسه با عدم پرایمینگ گردید. این محقق همچنین افزایش فعالیت بیشتری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز و محتوای بیشتری از پرولین در گیاهچه حاصل از پرایمینگ تحت شرایط تنش شوری در مقایسه با تیمار عدم پرایمینگ را گزارش کرد. مطالعات Yang و همکاران (۲۰۰۹)، در شرایط تنش خشکی نشان داد که میزان

در هر گلدان (به قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر) تعداد بذر یکسان در عمق ۳-۴ سانتی‌متری از سطح رویی خاک گلدان کشت گردید. میزان وزن خاک گلدان‌ها یکسان بود و برای جلوگیری از سله بندی و یکنواخت بودن خاک سطح گلدان‌ها، آبیاری از طریق سینی‌های زیر گلدان‌ها انجام شد. آبیاری یکسان برای کلیه گلدان‌ها تا مدت ۱۴ روز به منظور استقرار و پایداری نسبی گیاهچه ادامه داشت. از این زمان به بعد گلدان‌های هر تیمار به دو دسته تقسیم شدند. یک گروه برای اعمال آبیاری نرمال (۵۵ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک) و گروه دیگر برای اعمال تنش خشکی (۸۰ درصد تخلیه رطوبتی) در نظر گرفته شدند. برای تعیین درصد تخلیه رطوبتی گلدان‌ها، ابتدا میزان وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (PWP) و نقطه ظرفیت زراعی (FC) قبل از کاشت در گلدان‌ها مشخص شد و میزان وزنی رطوبت در این فاصله به عنوان آب قابل استفاده گیاه مدنظر قرار گرفت. اعمال رژیم‌های آبیاری برای مدت ۳ هفته ادامه داشت. در پایان آزمایش گیاهچه‌ها از سطح خاک بریده شدند، نمونه‌هایی به طور تصادفی جهت تعیین ماده خشک اندام هوایی انتخاب شد و بقیه بالفاصله منجمدگردیدند و برای ارزیابی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی استفاده شدند.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (شامل: سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و کاتالاز (CAT)) ابتدا عصاره آنزیمی استخراج شد. برای این کار مقدار ۰/۱ گرم از اندام هوایی ( فقط برگ‌ها) توزین و درون هاون با ۱/۵ میلی‌لیتر از بافر نمک‌های فسفات حاوی پلی وینیل پرولیدین (PVP) سایده شده تا یک محلول کاملاً هموژن بdest آمد. هموژن کردن بافت در دمای پایین و بر روی یخ انجام گرفت. سپس مخلوط حاصل در دور ۱۰۰۰۰ و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از سانتریفیوژ عصاره‌گیری گردید. قسمت رویی جدا و بر برای سنجش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (SOD, Xiao-Shan and Jian- (POX, APX, CAT Guo, 2009) از آن استفاده شد (Guo, 2009).

در طول دوره رشد از زمان جوانه‌زنی تا تولید عملکرد اقتصادی تنش خشکی را تجربه کند. مزایایی برای تیمار پرایمینگ در شرایط نرمال و محیط‌های تنش‌دار گزارش شده است. همچنین تحقیقات محدودی اثر اندازه بذر بر استقرار گیاهچه را بررسی کرده‌اند، اما در مطالعات به اثر متقابل این دو عامل بر رشد گیاهچه پرداخته نشده است. در این پژوهش فرض شد که پرایمینگ بذر و اندازه بذر بر استقرار و رشد گیاهچه اسپرس در شرایط تنش خشکی می‌تواند اثر مثبت داشته باشند. لذا این تحقیق با هدف تأثیر پرایمینگ و اندازه بذر بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه‌های اسپرس به عنوان شاخصی از تحمل به خشکی در شرایط تنش خشکی و عدم تنش (آبیاری نرمال) انجام شد. انتخاب مرحله گیاهچه در این تحقیق به این دلیل بود که رشد گیاهچه یک مرحله مهم در رشد و استقرار گیاه است و عواملی که بر رشد این مرحله تأثیر دارند تا پایان دوره رشد ممکن است اثر گذار باشند. اندازه بذر و پرایمینگ از عواملی هستند که می‌توانند اثرات مثبتی را در مرحله رشد گیاهچه داشته باشند.

## مواد و روش‌ها:

آزمایش به روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتورها شامل: دو توده بذر اسپرس، دو اندازه بذر یا غلاف (غلاف اسپرس در واقع میوه تک بذری است که به عنوان بذر در زراعت استفاده می‌شود)، چهار تیمار پرایمینگ و دو سطح آبیاری مطابق جدول ۱ بودند. سطوح تیمارهای پرایمینگ بر اساس آزمایش‌های اولیه (Noorbakhshian et al., 2011 a) آزمایش رامک و همکاران (۱۳۸۵) انتخاب شدند. تیمارها در کشت گلدانی در شرایط گلخانه با نور طبیعی از نظر رشد (ماده خشک اندام هوایی) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز) و میزان غلظت  $H_2O_2$  مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جدول ۱- سطوح عوامل توده بذر، اندازه بذر، پرایمینگ و آبیاری در آزمایش ارزیابی ماده خشک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاهچه اسپرس

عوامل آزمایش	سطوح عوامل
توده بذر در دو سطح	-۱ توده بروجن
	-۲ توده قزوین
اندازه بذر	-۱ بذور بزرگ با بیش از ۴/۵ میلی‌متر عرض غلاف
	-۲ بذور کوچک با عرض بین ۳/۵ تا ۴/۵ میلی‌متر غلاف
پرایمینگ در چهار سطح	-۱ هیدروپرایمینگ به مدت ۲۴ ساعت
	-۲ پرایمینگ با پلی‌اتیلن گلیکول (PEG 6000) با پتانسیل -۰/۱۵ مگاپاسکال به مدت ۲۴ ساعت
	-۳ پرایمینگ با کلرید کلسیم با پتانسیل -۰/۱۵ مگاپاسکال به مدت ۲۴ ساعت
	-۴ بدون پرایمینگ
آبیاری در دو سطح	-۱ ۵۵ درصد تخلیه آب قابل استفاده (نرمال)
	-۲ ۸۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده (تنش)

طول موج ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد. غلاظت  $H_2O_2$  با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد و بر اساس میکرو مول بر گرم وزن تر گیاه گزارش شد (Mukhherjee and Choudhuri, 1983). داده های حاصل با نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج:

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات آبیاری، توده بذر، اندازه بذر و پرایمینگ بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل آبیاری در توده، آبیاری در اندازه بذر و آبیاری در پرایمینگ برای صفات عمده در سطح یک درصد معنی دار بودند (جدول ۲).

**وزن خشک:** نتایج نشان داد که وزن خشک بخش هوایی گیاهچه دو توده در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال ۱۴/۰ درصد کمتر بود، این کاهش در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (شکل ۱). میزان ماده خشک در توده بروجن ۱۵/۸ درصد بیشتر از توده قزوین در شرایط تنش بود (شکل ۱). در گیاهچه حاصل از بذور بزرگ بیشترین میزان ماده خشک در مقایسه با گیاهچه حاصل از بذور کوچک در

بیان شد: یک واحد فعالیت SOD، بر اساس میزان آنزیمی بود که منجر به بازدارندگی ۵۰ درصد احیای نوری NBT شد.

یک واحد فعالیت POX، بر اساس تغییرات جذب نوری محلول در طول موج ۴۷۰ نانومتر در طی یک دقیقه بر مبنای مصرف  $H_2O_2$  برآورد شد.

یک واحد فعالیت APX، بر اساس تغییرات جذب نوری محلول در طول موج ۲۹۰ نانومتر در طی یک دقیقه بر مبنای آسکوربیات اکسید شده برآورد گردید.

یک واحد فعالیت CAT، بر اساس تغییرات جذب نوری محلول در طول موج ۲۴۰ نانومتر در طی ۳ دقیقه بر مبنای مصرف  $H_2O_2$  برآورد شد.

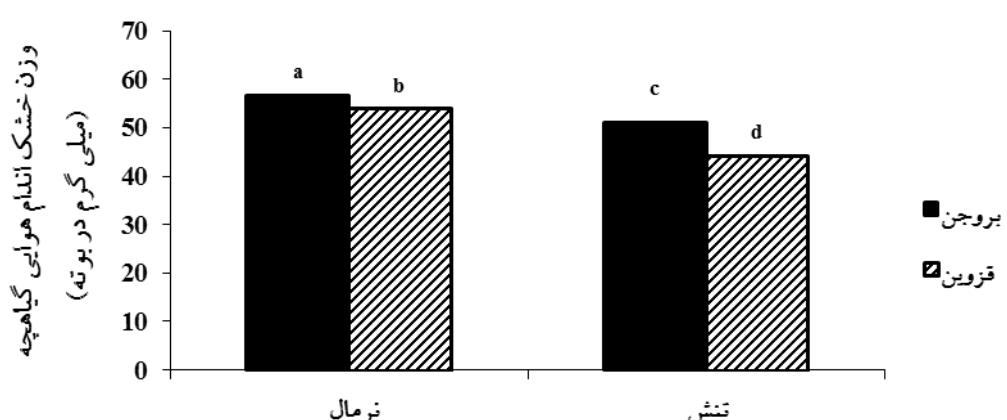
برای اندازه‌گیری میزان غلاظت  $H_2O_2$  ابتدا ۰/۱ گرم نمونه تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد هموژنیزه و با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید. به کل عصاره ۴ میلی‌لیتر معرف تیتانیوم و سپس ۵ میلی‌لیتر آمونیم غلیظ شده اضافه شد تا کمپلکس تیتانیوم- پراکسید تشکیل شود. سپس مخلوط حاصل ۵ دقیقه در سانتریفوژ یخچال دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. به رسوب حاصل ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۲ مولار اضافه و دوباره سانتریفوژ شد. جذب محلول رویی بدست آمده در

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک، آنتی‌اکسیدانت‌ها و پراکسید هیدروژن در گیاهچه اسپرس تحت تاثیر پرایمینگ بذر در دو توده و دو اندازه بذر تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی

				میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
پراکسیدهیدروژن	سوپر اکسید	کاتالاز (واحد بر میکرو مول در گرم وزن تر)	آسکوربات دیسموتاز (واحد بر گرم وزن تر)	پراکسیداز (واحد بر گرم وزن تر)	وزن خشک (میلی گرم در بوته)		
۲/۰۷۶۸**	۲۰۳۲۳/۱۵**	۳۷۹۷۱/۶۱**	۱۵۸۷۱/۸۱**	۱۱۴۷۹/۵۶**	۱۹۵/۸۴**	۱	آبیاری
۰/۳۸۵۰**	۳۲۹۵/۷۸**	۴۴۰۱/۳۱**	۶۱۱۳/۶۴**	۱۸۸۲/۷۵**	۸۴/۵۵**	۱	توده بذر
۰/۰۳۸۴**	۴۹۰/۹۲**	۲۳۹/۷۲**	۶۵۳/۳۴**	۲۲۸/۸۶*	۸۳/۴۲**	۱	اندازه بذر
۰/۰۱۳۱**	۲۱۱/۷۸**	۱۶۳/۰۱**	۱۳۰/۹۹**	۲۷۵/۰۸**	۹۳/۷۴**	۳	پرایمینگ
۰/۲۸۶۰**	۲۵۱۵/۰۵**	۲۳۳۰/۳۵**	۵۲۷۳/۵۵**	۲۱۴۶/۴۷**	۴۴/۱۶*	۱	BS×I
۰/۰۲۱۶**	۲۹۲/۹۲**	۷۷/۵۴**	۱۸۰/۷۹**	۲۵۳/۵۲*	۵۲/۲۷*	۱	SS×I
۰/۰۰۶۵**	۱۶۸/۷۴**	۱۰۹/۸۷**	۶۷/۹۲**	۱۸۴/۸۳**	۵۴/۶۸*	۳	P×I
۰/۰۰۰۷ns	۳/۴۷ns	۵/۸۸ns	۰/۲۵ns	۵/۰۴ns	۱۰/۳۵ns	۱	SS×BS
۰/۰۰۰۵ns	۳/۵۶ns	۱/۵۰ns	۱/۹۲ns	۵/۱۶ns	۵/۴۲ns	۳	P×BS
۰/۰۰۰۴ns	۷/۱۷ns	۵/۴۴ns	۲/۱۲ns	۲/۸۱ns	۲۰/۶۶ns	۳	P×SS
۰/۰۰۰۴ns	۳/۰۲ns	۳/۳۹ns	۰/۲۹ns	۳/۲۴ns	۱۵/۶۳ns	۱	SS×BS×I
۰/۰۰۰۵ns	۳/۴۳ns	۴/۵۴ns	۰/۴۸ns	۳/۴۲ns	۸/۴۴ns	۳	P×SS×I
۰/۰۰۰۱ns	۲/۷۱ns	۴/۷۶ns	۱/۸۹ns	۲/۰۱ns	۱۲/۲۱ns	۳	P×BS×I
۰/۰۰۰۲ns	۰/۴۰ns	۱/۸۱ns	۰/۱۳ns	۳/۴۸ns	۱۵/۱۹ns	۳	P×SS×BS
۰/۰۰۰۲ns	۰/۴۴ns	۲/۲۸ns	۱/۰۳ns	۱/۸۸ns	۲۵/۴۳ns	۳	P×SS×BS×I
۰/۰۰۰۱۹	۱۰/۶۱	۱۶۷۹۰	۱۲/۵۰	۵۶۷۰	۱۰/۵۴	۶۴	خطا
۵/۳	۱۰/۳	۹/۳	۸/۶	۷/۹	۷/۴	--	CV%

\* و \*\* به ترتیب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشدند.

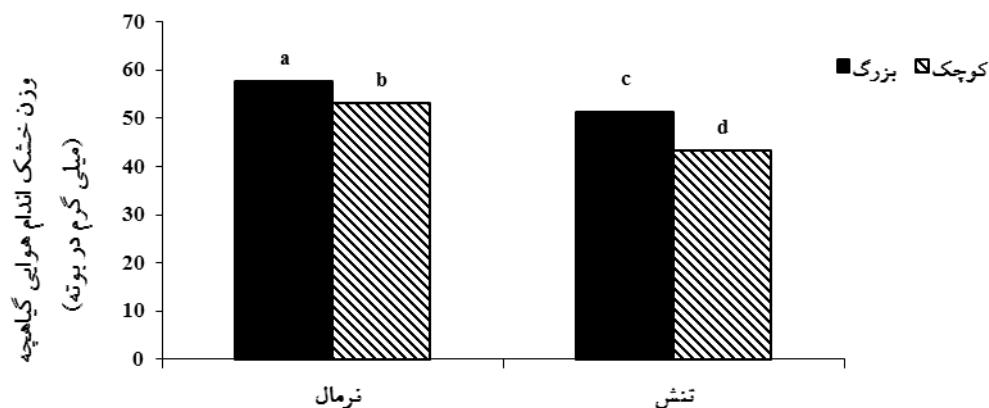
I: آبیاری، BS: توده بذر، SS: اندازه بذر و P: پرایمینگ



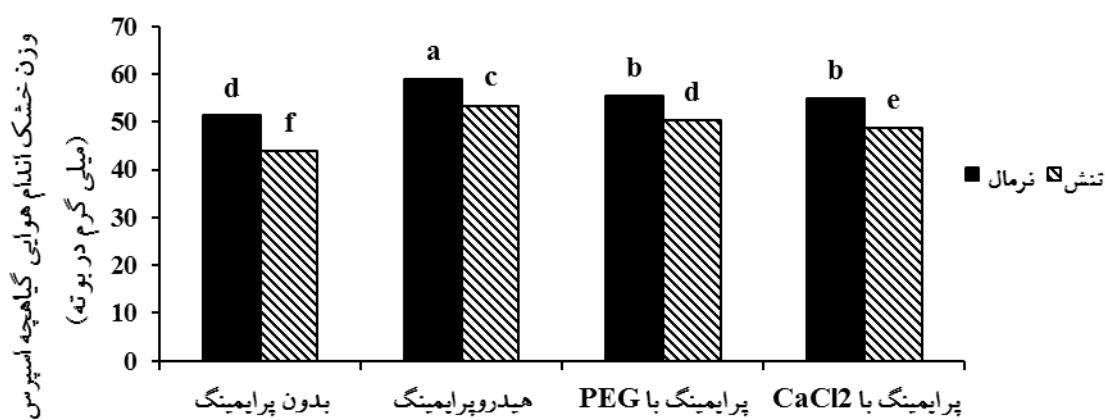
شکل ۱- اثر آبیاری نرمال و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه دو توده اسپرس. ستون‌هایی با حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد با آزمون چند دامنه دانکن می‌باشند.

18/۵ درصد بیشتر از گیاهچه بذور کوچک در شرایط تنش بود

شرایط تنش بدست آمد، وزن خشک گیاهچه برای بذور بزرگ



شکل ۲- اثر آبیاری نرمال و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه اسپرس حاصل از بذور بزرگ و کوچک. ستونهایی با حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون چند دامنه دانکن می باشند.



شکل ۳- اثر آبیاری نرمال و تنش خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاهچه اسپرس حاصل از تیمارهای مختلف پرایمینگ. ستونهایی با حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون چند دامنه دانکن می باشند.

توده اختلاف کمی را از نظر فعالیت آنزیمها نشان دادند (جدول ۳)، اما در شرایط تنش تفاوت بین دو توده بیشتر بود و توده بروجن فعالیت آنزیمی بیشتری را نشان داد. در شرایط تنش، میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، POX و CAT در توده بروجن به ترتیب  $62/8$ ،  $79/16$ ،  $16/7$  و  $49/3$  درصد تفاوت بروجن از توده قزوین بود. در شرایط آبیاری نرمال و تنش بیشتر از توده قزوین بود. در شرایط آبیاری نرمال و تنش اختلاف مقدار  $H_2O_2$  در دو توده معنی دار بود (جدول ۳)، اما در شرایط تنش این اختلاف بیشتر بود. در شرایط تنش مقادیر  $H_2O_2$  در توده بروجن  $35/8$  درصد کمتر در مقایسه با قزوین بود.

در شرایط آبیاری نرمال، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

(شکل ۲). در بین تیمارهای پرایمینگ، بیشترین ماده خشک از تیمار هیدروپرایمینگ در شرایط تنش خشکی بدست آمد که تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۵ درصد با تیمار بدون پرایمینگ نشان داد. وزن خشک حاصل از تیمار هیدروپرایمینگ  $21/8$  درصد بیشتر از تیمار عدم پرایمینگ در شرایط تنش بود. دو تیمار پرایمینگ با  $CaCl_2$  و PEG با هم تفاوت معنی داری را از نظر وزن خشک در شرایط نرمال نداشتند اما پرایمینگ با PEG در شرایط تنش خشکی برتر از تیمار  $CaCl_2$  بود (شکل ۳).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت (SOD، POX و CAT) و میزان پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ): در شرایط آبیاری نرمال دو

جدول ۳- اثر متقابل توده و شرایط آبیاری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت‌ها و پراکسید هیدروژن در اندام هوایی گیاهچه اسپرس.

آبیاری × توده بذر	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	کاتالاز	پراکسید هیدروژن (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
میکرو مول در گرم وزن تر					
واحد بر گرم وزن تر					
نرمال- بروجن	۱۸/۰۱*	۹۷/۵۸ <sup>c</sup>	۲۸/۸۴ <sup>c</sup>	۲۵/۲۱ <sup>c</sup>	۰/۲۲۹ <sup>d</sup>
نرمال- قزوین	۱۵/۷۱ <sup>d</sup>	۹۷/۱۸ <sup>c</sup>	۲۷/۷۱ <sup>c</sup>	۲۳/۰۰ <sup>d</sup>	۰/۲۵۶ <sup>c</sup>
تنش- بروجن	۵۶/۹۳ <sup>a</sup>	۱۲۷/۹۱ <sup>a</sup>	۶۹/۱۲ <sup>a</sup>	۷۶/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۴۲۴ <sup>b</sup>
تنش- قزوین	۳۴/۹۸ <sup>b</sup>	۱۰۹/۵۹ <sup>b</sup>	۳۸/۶۱ <sup>b</sup>	۵۱/۲۵ <sup>b</sup>	۰/۶۶۰ <sup>a</sup>

\* در هر ستون حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

جدول ۴- اثر متقابل اندازه بذر و شرایط آبیاری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت‌ها و پراکسید هیدروژن در اندام هوایی گیاهچه اسپرس.

آبیاری × اندازه بذر	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	کاتالاز	پراکسید هیدروژن (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
میکرو مول در گرم وزن تر					
واحد بر گرم وزن تر					
نرمال- بزرگ	۱۸/۳۷ <sup>c</sup> *	۹۷/۶۱ <sup>c</sup>	۲۹/۵۱ <sup>c</sup>	۲۵/۱۵ <sup>c</sup>	۰/۲۴۳ <sup>d</sup>
نرمال- کوچک	۱۵/۳۴ <sup>d</sup>	۹۶/۱۵ <sup>c</sup>	۲۷/۰۴ <sup>d</sup>	۲۳/۰۶ <sup>d</sup>	۰/۲۵۳ <sup>c</sup>
تنش- بزرگ	۵۰/۹۶ <sup>a</sup>	۱۲۰/۹۷ <sup>a</sup>	۵۷/۹۷ <sup>a</sup>	۶۷/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۵۰۷ <sup>b</sup>
تنش- کوچک	۴۰/۹۵ <sup>b</sup>	۱۱۶/۵۳ <sup>b</sup>	۵۰/۰۱ <sup>b</sup>	۶۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۵۷۷ <sup>a</sup>

\* در هر ستون حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

آنزیم‌ها در گیاهچه نشان دادند. این افزایش فعالیت برای تیمار هیدروپرایمینگ بیشتر از دو تیمار PEG و CaCl<sub>2</sub> بود. در شرایط تنش فعالیت آنزیم‌های SOD، POX، SOD، APX و CAT در تیمار هیدروپرایمینگ در بخش هوایی به ترتیب ۳۳/۷، ۱۲/۶، ۱۲/۶ و ۱۹/۹ درصد بیشتر از عدم پرایمینگ بود. در شرایط آبیاری نرمال و تنش اختلاف مقادیر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در گیاهچه حاصل از تیمارهای پرایمینگ معنی دار بود (جدول ۳)، اما در شرایط تنش این اختلاف بیشتر بود. در شرایط تنش مقادیر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در گیاهچه تیمار هیدروپرایمینگ ۱۶/۳ درصد کمتر در مقایسه با گیاهچه تیمار عدم پرایمینگ بود.

در گیاهچه بذر بزرگ در مقایسه با بذور کوچک، بیشتر و عمده‌تا معنی دار بود (جدول ۴)، این اختلاف در شرایط تنش بیشتر بود. در شرایط تنش فعالیت آنزیم‌های APX و CAT در گیاهچه بذور بزرگ در مقایسه با گیاهچه بذور کوچک به ترتیب ۱۵/۹، ۳/۸، ۲۴/۴ و ۱۲/۷ درصد بیشتر بود. در شرایط آبیاری نرمال و تنش اختلاف مقادیر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در گیاهچه دو اندازه بذر معنی دار بود (جدول ۴)، اما در شرایط تنش این اختلاف بیشتر بود. در شرایط تنش مقادیر H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در گیاهچه بذور بزرگ ۱۲/۲ درصد کمتر در مقایسه با گیاهچه بذور کوچک بود.

در شرایط آبیاری نرمال میزان فعالیت این آنزیم‌ها در تیمارهای پرایمینگ (هیدرو، PEG و CaCl<sub>2</sub>) تقریباً مشابه بود و در مواردی با تیمار عدم پرایمینگ تفاوت معنی دار داشتند (جدول ۵). اما در شرایط تنش هر سه تیمار پرایمینگ در مقایسه با عدم پرایمینگ افزایش معنی داری در فعالیت این

### بحث:

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی وزن خشک بخش هوایی گیاهچه اسپرس را کاهش داد (شکل ۱، ۲ و ۳)، مشابه با این نتایج، برای ارقام شبدر بررسیم در شرایط تنش رطوبتی

جدول ۵- اثر متقابل پرایمینگ و شرایط آبیاری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت‌ها و پراکسید هیدروژن در اندام هوایی گیاهچه اسپرس.

آبیاری × پرایمینگ	سوپراکسید (SOD)	پراکسید (POX)	آسکوربات (APX)	کاتالاز (CAT)	پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ )
واحد بر گرم وزن تراویح					
میکرو مول در گرم وزن تراویح					
نرمال- عدم پرایمینگ	۱۵/۷۷ <sup>f*</sup>	۹۵/۰۵ <sup>e</sup>	۲۷/۷۷ <sup>e</sup>	۲۳/۸۳ <sup>c</sup>	۰/۲۵۸ <sup>c</sup>
نرمال- هیدروپرایمینگ	۱۷/۹۵ <sup>e</sup>	۹۷/۳۰ <sup>d</sup>	۲۹/۲۵ <sup>d</sup>	۲۴/۹۸ <sup>d</sup>	۰/۲۴۰ <sup>f</sup>
نرمال- پرایمینگ با PEG	۱۶/۹۱ <sup>e</sup>	۹۷/۷۴ <sup>d</sup>	۲۷/۸۱ <sup>de</sup>	۲۳/۹۹ <sup>de</sup>	۰/۲۴۵ <sup>f</sup>
نرمال- پرایمینگ با CaCL <sub>2</sub>	۱۶/۷۹ <sup>ef</sup>	۹۷/۴۴ <sup>d</sup>	۲۸/۲۹ <sup>e</sup>	۲۳/۶۲ <sup>e</sup>	۰/۲۴۸ <sup>f</sup>
تنش- عدم پرایمینگ	۳۹/۸۰ <sup>d</sup>	۱۱۲/۱۶ <sup>c</sup>	۴۹/۷۸ <sup>c</sup>	۵۷/۹۶ <sup>c</sup>	۰/۵۹۱ <sup>a</sup>
تنش- هیدروپرایمینگ	۵۳/۲۹ <sup>a</sup>	۱۲۶/۲۴ <sup>a</sup>	۵۹/۴۲ <sup>a</sup>	۶۹/۴۹ <sup>a</sup>	۰/۴۹۵ <sup>d</sup>
تنش- پرایمینگ با PEG	۴۴/۲۶ <sup>c</sup>	۱۱۷/۱۲ <sup>b</sup>	۵۳/۸۴ <sup>b</sup>	۶۴/۵۲ <sup>b</sup>	۰/۵۴۹ <sup>b</sup>
تنش- پرایمینگ با CaCL <sub>2</sub>	۴۶/۴۷ <sup>b</sup>	۱۱۹/۴۹ <sup>b</sup>	۵۲/۹۴ <sup>b</sup>	۶۳/۵۵ <sup>b</sup>	۰/۵۳۲ <sup>c</sup>

\* در هر ستون حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

متفاوت باشند. این تفاوت می‌تواند دلیل ژنتیکی داشته باشد. تفاوت رشد برای ارقام مختلف یونجه در مرحله گیاهچه گزارش شده است (Wang *et al.*, 2009). دلیل دیگر برتری توده بروجن شاید سازگاری این توده با منطقه باشد. در این آزمایش گیاهچه‌های حاصل از بذور بزرگ در مقایسه با بذور کوچک، وزن خشک بیشتری را در شرایط نرمال و تنش داشتند (شکل ۲). بذور بزرگ در مقایسه با بذور کوچک، سرعت جوانهزنی و ظهور بیشتری را در آزمایش‌های قبل نشان دادند (Noorbakhshian *et al.*, 2011b). گزارش شده که بذور بزرگ اسپرس ذخایر بیشتر و طول محور جنبی بیشتری را دارا هستند (Cooper, 1987). جوانهزنی سریع تر، استقرار سریع گیاهچه را به دنبال دارد، از طرفی گیاهچه حاصل از بذور بزرگ دارای برگ‌های لپهای با سطح بیشتر خواهد بود که در فتوستتر اولیه گیاهچه و رشد ریشه و برگ های بعد نقش موثری را دارند. لذا سبب رشد بیشتر و افزایش وزن گیاهچه در مقایسه با بذور کوچک خواهد شد (Cash and Detterline, 1996). ارتباط مثبت بین رشد گیاهچه با اندازه بذر برای تعدادی از لگوم ها از جمله عدس و نخود در ارتباط با اندازه بذر گزارش شده است (Singh *et al.*, 2009 و Al Karaki, 1998).

نیز کاهش بیوماس گزارش شده است (Iannucci *et al.*, 2000). نتایج ارائه شده توسط Wang و همکاران (۲۰۰۹)، در مورد گیاهچه‌های یونجه در شرایط تنش شوری و خشکی نیز بیانگر کاهش رشد بخش هوایی گیاه می‌باشد. احتمالاً تنش خشکی با کاهش فراهمی آب برای گیاه میزان تورژسانس و در نتیجه توسعه سلولی و رشد گیاه را تحت تاثیر قرار داده است (Caramelo and Iusem, 2009). علاوه بر آن گزارش شده است که بسته شدن روزن، کاهش جذب  $CO_2$  و محدودیت فتوستتر نیز موجت کاهش بیوماس گیاه می‌گردد (Iannucci *et al.*, 2000; Shaho *et al.*, 2008). نتایج تحقیقات بروی یونجه در شرایط تنش خشکی نشان داد که کاهش وزن ماده خشک به دلیل کاهش اندازه برگ و میانگره و کاهش در طول ساقه بوده است (Irigoyen *et al.*, 1992).

وزن خشک اندام هوایی برای توده بروجن بیشتر از توده قزوین بود (شکل ۱). برتری وزن خشک در توده بروجن در مقایسه با قزوین در شرایط آبیاری نرمال و تنش می‌تواند به دلیل استقرار سریعتر گیاهچه‌های بروجن باشد. نتایج آزمایش های اولیه حاکی از آن بود که این توده، سرعت جوانهزنی و ظهور بیشتری را داشت (Noorbakhshian *et al.*, 2011). ارقام مختلف یک گونه زراعی از نظر سرعت رشد ممکن است

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شامل سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در قسمت هوایی اسپرس در شرایط تنش مقادیر بیشتری را در مقایسه با آبیاری نرمال داشتند (جدول ۳، ۴ و ۵). افزایش فعالیت این آنزیم‌ها باعث سمیت‌زادی و جلوگیری از اثرات (ROS) بازدارنده و تخریب کنندگی گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) می‌گردد. در شرایط تنش، مانند تنش خشکی تولید گونه‌های اکسیژن فعال که عمدتاً شامل سوپراکسید ( $O_2^-$ )، پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و رادیکال هیدروکسیل ( $OH^\circ$ ) می‌باشند افزایش می‌یابند و سبب خسارت اکسیداتیو می‌شوند (Wang *et al.*, 2009). در این تحقیق میزان پراکسید هیدروژن در شرایط تنش خشکی مقدار بیشتری را در مقایسه با شرایط نرمال داشت (جدول ۳، ۴ و ۵). نتایج سایر محققان در خصوص اثر تنش بر یونجه نیز حاکی از افزایش پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در قسمت Xio-shan and Jian-guo (۲۰۰۹)، در شرایط تنش فعالیت بیشتری برای آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت SOD، APX و POX در برگ گیاهچه یونجه گزارش شده است. همچنین فعالیت بیشتری از آنزیم‌های آنتی-اکسیدانتی SOD، POX و CAT در شرایط تنش خشکی در قسمت هوایی گیاهچه یونجه توسط Wang و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش شده است. خشکی مسیرهای پیامرسانی خاصی را در گیاه بر می‌انگیزد. خشکی سبب افزایش تولید ABA و  $H_2O_2$  شده و این مولکول‌ها به عنوان سیگنال عمل کرده و مسیرهای پیامرسانی مرتبط با Ca و غیره را فعال می‌کنند که در نهایت موجب افزایش نسخه‌برداری و رونویسی ژن‌های (Agarwal *et al.*, 2005) CAT و APX می‌شود (Guan and Farooq, 2009).

فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در توده بروجن بیشتر از توده قزوین بود. همچنین میزان  $H_2O_2$  برای این توده کمتر از توده قزوین بود (جدول ۳). این نتایج بیانگر آن است که توده بروجن تحمل بیشتری را در شرایط تنش خشکی نشان داده است. لذا به نظر می‌رسد در توده‌های مختلف این گیاه، تفاوت‌های فیزیولوژیک در تحمل به تنش وجود داشته باشد.

میزان وزن خشک اندام هوایی برای تیمار هیدروپرایمینگ بیشتر از دو تیمار دیگر پرایمینگ و تیمار عدم پرایمینگ بود (شکل ۳)، به نظر می‌رسد که تیمار هیدروپرایمینگ از طریق تسريع در جوانه‌زنی و رشد بهتر گیاهچه سبب بهبود رشد و وزن گیاهچه در شرایط نرمال و تنش گردیده باشد (Ashraf and Foolad, 2005). افزایش توان جوانه‌زنی بذر و رشد بعدی گیاهچه به واسطه پرایمینگ، مرتبط با ارتقا فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بذر می‌باشد. در زمان هیدروپرایمینگ فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی مرتبط با فاز I و II جوانه‌زنی در بذر وقوع می‌یابند و با خشک شدن بذر قابل برگشت نیستند. لذا بذر پرایمینگ شده در مقایسه با عدم پرایمینگ در زمان کوتاه‌تری وارد فاز III جوانه‌زنی یا خروج ریشه‌چه و مرحله بعدی رشد می‌گردد (Chen and Arroora, 2012). جوانه‌زنی و استقرار سریع سبب توسعه بهتر برگ‌های گیاهچه می‌گردد لذا گیاهچه از شرایط محیطی در جهت متابولیسم کربن بهتری خواهد برد و منجر به تولید ماده خشک بیشتر در گیاهچه می‌شود. از این رو می‌توان عنوان داشت که بهبود وزنی گیاهچه تیمار هیدروپرایمینگ مرتبط با افزایش کارایی بذر می‌باشد. ارتباط بین رشد بهتر گیاهچه با پرایمینگ توسط سایر محققان نیز مطرح شده است. طبق مطالعات Guan و همکاران (۲۰۰۹)، گیاهچه حاصل از بذور پرایمینگ شده ذرت، وزن خشک قسمت هوایی بیشتری را در مقایسه با بذور عدم پرایمینگ داشت. نتایج Farooq و همکاران (۲۰۰۸)، نیز بیانگر میزان وزن ماده خشک بیشتر در شرایط تنش برای گیاهچه ذرت به واسطه پرایمینگ با  $CaCl_2$  می‌باشد. این محققین در گیاهچه‌های حاصل از بذور پرایمینگ شده فعالیت بیشتری از آنزیم آلفا آمیلاز و میزان قندهای محلول در شرایط تنش گزارش کردند. بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و وقوع فرآیندهای دیگر فیزیولوژیکی مثل بروز آکواپورین‌ها یا کanal‌های آب غشا و حفظ سیالیت غشا از تغییراتی هستند که به واسطه پرایمینگ ایجاد شده و تحمل به تنش خشکی را ارتقاء می‌دهند (Chen and Arroora, 2012).

بذور بزرگ پراکسیداسیون چربی غشا کمتری در مقایسه با بذور کوچک داشتند. تحقیقات Jung (۲۰۰۴)، نیز بیانگر آن است که برگ‌های بالغ در مقایسه با برگ‌های جوان میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بیشتری را در گیاه آراییدوپسیس نشان دادند.

در بین تیمارهای پرایمینگ، تیمار هیدروپرایمینگ برتری معنی‌داری را در مقایسه با عدم پرایمینگ برای افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و کاهش  $H_2O_2$  را داشت، هرچند که تیمار پرایمینگ با PEG و  $CaCl_2$  نیز تفاوت‌های معنی‌داری را با عدم پرایمینگ از نظر این شاخص‌ها نشان دادند (جدول ۵). دلیل برتری تیمارهای پرایمینگ از نظر این صفات در این پژوهش ممکن است از دو جهت باشد. ابتدا پرایمینگ بذر اسپرس سبب تسریع در جوانه‌زنی و سپس استقرار و رشد سریع‌تر گیاهچه گردید، آزمایشات اولیه بیانگر این موضوع می‌باشند (نوربخشیان و همکاران، ۲۰۱۱a). اثر دوم پرایمینگ می‌تواند بر بیان ژن‌های بروز دهنده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باشد. افزایش بیان کمی ژن *APX* که در کد کردن آنزیم آسکوربات پراکسیداز نقش دارد در بذر پرایم شده کلزا گزارش شده است (Li *et al.*, 2005)، همچنین تولید ایزوآنزیم‌های جدید کاتالاز در آراییدوپسیس به واسطه پرایمینگ گزارش شده است (Gallardo *et al.*, 2001).

نتایج سایر تحقیقات بیانگر بهبود رشد و فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت‌ها و صفات بیوشیمیایی در گیاهچه حاصل از پرایمینگ می‌باشند. نتایج تحقیقات Azooz (۲۰۰۹)، بیانگر آن است که پرایمینگ بذر باقلا سبب بهبود وزن خشک، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش MDA و نشت الکترولیتی در گیاهچه گردید. نتایج مشابه توسط خدابخش و همکاران (۲۰۱۲)، برای افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در قسمت هوایی گیاه نخود به واسطه پرایمینگ گزارش شده است. همچنین عنوان شده است که گیاهچه حاصل از بذور پرایمینگ شده ذرت مقادیر بیشتری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در قسمت هوایی گیاهچه در مقایسه با بذور بدون پرایمینگ داشتند (Guan *et al.*, 2009). در

میزان  $H_2O_2$  توده بروجن کمتر بود اما فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی این توده بیشتر بود. بنابراین معلوم می‌شود توده بروجن توان بیشتری برای خشثی‌سازی ROS از جمله  $H_2O_2$  را دارد و با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت میزان  $H_2O_2$  را بهتر کنترل کرده است. سایر مطالعات نیز بیانگر تفاوت این شاخص‌ها در ارقام مختلف گیاهان زراعی در شرایط تنفس می‌باشد و عمدتاً در ارقام متحمل به خشکی بهبود فعالیت سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گزارش شده است. این تفاوت‌ها برای ارقام یونجه و شبدر توسط Fougere و همکاران (۱۹۹۱)، Wang و همکاران (۲۰۰۹) و Iannucci و همکاران (۲۰۰۲) گزارش شده است.

در این پژوهش در هر دو توده در گیاهچه‌های حاصل از بذور بزرگ در مقایسه با بذور کوچک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بیشتر و میزان  $H_2O_2$  کمتر بود (جدول ۴). بررسی بیوماس (ماده خشک) نشان داد که گیاهچه‌های حاصل از بذور بزرگ بیوماس بیشتری را داشتند. به نظر می‌رسد این الگوی تقویت رشد فیزیولوژیکی در سطح سلولی پاسخ‌های بیوشیمیایی را نیز تحت تاثیر قرار داده است، بطوریکه گیاهچه‌های حاصل از این بذور توانایی بالقوه بیشتری برای تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط نرمال داشتند. همین آمادگی اولیه بالاتر به آن‌ها این امکان را داده تا در شرایط رویارویی با تنفس خشکی قوی‌تر عمل کنند و سریع‌تر سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت خود را افزایش دهند و بر ROS حاصل از تنفس فائق آیند. در حقیقت ساخت و عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت هزینه صرف انرژی برای سلول دارد و بذور بزرگ با ایجاد توان اولیه بالاتر برای گیاهچه امکان تامین این هزینه انرژی برای پاسخ‌های مقاومتی در مراحل بعدی را فراهم کرده است و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نیز موجب پاکروبی ROS و از جمله کاهش سطح  $H_2O_2$  شده است. نتایج تحقیقات Chiu و همکاران (۲۰۰۶)، بیانگر آن Purple coneflower ( ) مقادیر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بیشتری در بذور بزرگ گیاه گل پنج هزاری (Purple coneflower) در مقایسه با بذور ریز مشاهده شد. همچنین

اکسیدانتی و میزان  $H_2O_2$  در گیاهچه اسپرس معنی‌دار بود (جدول ۵). این نتایج بیانگر این موضوع است که اختلاف فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در گیاهچه بذور پرایمینگ شده در مقایسه با عدم پرایمینگ در شرایط تنفس از شرایط آبیاری نرمال بیشتر بود و میزان اختلاف  $H_2O_2$  در عدم پرایمینگ در مقایسه با بذور پرایمینگ شده در شرایط تنفس خشکی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۵). در بعضی از موارد در شرایط آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری از نظر این صفات بین تیمارهای پرایمینگ با عدم پرایمینگ مشاهده نشد. این موضوع می‌تواند به دلیل وجود شرایط نرمال و بدون تنفس باشد که سبب فعالیت تقریباً یکسان آنتی‌اکسیدانت‌ها و میزان یکنواختی از  $O_2$  در گیاهچه تیمارهای مختلف گردید. در کل از این نتایج می‌توان استنباط کرد که تیمار پرایمینگ، در تحمل به تنفس خشکی از نظر شاخص‌های فیزیولوژیکی کارآئی بیشتری را داشته است. پیرامون اثر فیزیولوژیکی پرایمینگ بر تحمل به تنفس خشکی گزارش شده است که در طی پرایمینگ چندین فرآیند و مسیرهای متابولیکی سلولی شامل: افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی، بروز پروتئین‌های واکنش دهنده به تنفس (HSP و LEA)، حفظ سیالیت غشاء، فعالیت  $H^+-ATPase$ ، تغییرات رونوشت‌های DNA و پروتئوم-ها (الگوی پروتئین‌ها)، بروز آکوپورین‌ها یا کانال‌های آب و بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و ABA در سلول تغییر می‌کنند که اثرات این تغییرات تا مدت‌ها در حافظه سلول می‌ماند و همین امر به مواجهه بعدی سلول با تنفس کمک می‌کند (Chen and Arora, 2011). اگرچه این موارد در این پژوهش بررسی نشده است اما نتایج کسب شده در این تحقیق در کلیات همسو با این بحث می‌باشد، زیرا پرایمینگ بذر اسپرس باعث بهبود رشد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط تنفس خشکی شد. بروز این فرآیندها به واسطه پرایمینگ در واقع یک حافظه تنفس در بذر و گیاهچه ایجاد می‌کند که در تحمل به تنفس خشکی در زمان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه موثر واقع می‌شوند (Varier et al., 2010).

پرایمینگ بذر اسپرس علاوه بر بروز اثرات مثبت بر فعالیت

مطالعات Farooq و همکاران (۲۰۰۸)، میزان نشت الکتروولیتی کمتری در گیاهچه حاصل از بذور پرایمینگ شده ذرت با  $CaCl_2$  در مقایسه با تیمار عدم پرایمینگ گزارش شده است، کاهش نشت الکتروولیتی را با افزایش آنتی‌اکسیدانت‌ها مرتبط دانسته‌اند. این محققین همچنین افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌کسیدانتی CAT، APX، SOD را در شرایط تنفس به واسطه پرایمینگ گزارش کردند. در مقابل Chen and Arora (۲۰۱۱)، تاثیر معنی‌داری را بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی گیاهچه اسفناج به واسطه پرایمینگ بذر را مشاهده نکردند.

اثرات متقابل آبیاری با توده بذر و آبیاری با اندازه بذر برای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و میزان  $H_2O_2$  در برگ گیاهچه اسپرس معنی‌دار بودند (جدول ۲). این نتایج بیانگر این موضوع است که اختلاف فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در توده بروجن و بذور بزرگ در مقایسه با توده قزوین و بذور کوچک در شرایط تنفس بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۳). از این نتایج می‌توان استنباط کرد که گیاهچه حاصل از توده بروجن و بذور بزرگ در تحمل به تنفس خشکی از نظر شاخص‌های فیزیولوژیکی کارآئی بیشتری را داشته‌اند. از طرف دیگر توده بروجن و بذور بزرگ از نظر رشد (وزن خشک بخش هوایی) در شرایط تنفس نیز برتر بودند (شکل ۱)، لذا می‌توان برداشت کرد که شاخص‌های بیوشیمیایی تحمل به خشکی می‌تواند تحت تاثیر بنیه رشد گیاهچه قرار گیرد. نتایج Al Karaki (۱۹۹۸)، نیز بیانگر رشد بیشتر برای گیاهچه حاصل از بذور بزرگ عدس در مقایسه با بذور کوچک در شرایط تنفس خشکی می‌باشد. نتایج مشابه در خصوص تحمل بیشتر گیاهچه‌های حاصل از بذور با بنیه بیشتر ارزن مرواریدی و گیاه لگوم *Albizia procera* به Manga and Yadav, 1995 و Khurana and Singh, 2000 نشش خشکی گزارش شده است (Khurana and Singh, 2000). تحمل بیشتر به تنفس خشکی می‌تواند مرتبط با رشد بیشتر و توسعه سریع تر ریشه باشد.

اثرات متقابل آبیاری با پرایمینگ برای آنزیم‌های آنتی-

تنش خشکی به واسطه انتخاب بذور توده بروجن، بذور بزرگ و تیمار هیدروپرایمینگ بود. بالا بودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در اندام هوایی گیاهچه بر کاهش مقدار پراکسید هیدروژن موثر بود. به نظر می‌رسد گیاهچه‌هایی با رشد بهتر تحمل بیشتری را به خشکی نشان دهند، این موضوع می‌تواند ناشی از دسترس بودن منابع انرژی بیشتر (کربن و نیتروژن) جهت فرآیندهای فیزیولوژیکی تحمل به خشکی از جمله بیان و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باشد. لذا می‌توان جهت کاهش خسارت تنش خشکی در مرحله گیاهچه و بهبود رشد بعدی این گیاه از تیمارهای برتر این آزمایش بهره برد.

in salt tolerance. International Journal of Agriculture and Biology 11:343-350.

Bailly, C., El- Maarouf- Bouteau and Corbineau,F. (2008). From intracellular signaling to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. Comptes Rendus Biologies331: 806-814.

Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassum, R. and Ahmed, N. (2005) Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa L.*). Seed Science and Technology 33: 623–628.

Cash, S. D and Ditterline, R. L. (1996) Seed size effects on growth and N<sub>2</sub> fixation of juvenile sainfoin. Field Crops Research 46: 145-151.

Caramelo, J. J. and Iusem, N. D. (2009) When cells lose water: Lessons from biophysics and molecular biology. Progress in Biophysics and Molecular Biology 99:1-6

Chen, K and Arora, R. (2011) Dynamics of the antioxidant system during seed osmoprimering, post-primering germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*). Plant Science 180: 212–220.

Chen, K and Arora, R. (2012) Priming- memory invokes seed stress- tolerance. Environmental and Experimental Botany.In press.

Chiu, K. Y., Chuang, S. J and Sung, J. M. (2006) Both anti-oxidant and lipid carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size. Scientia Horticulture.108:220-226.

Cooper, S. C. (1978) Growth of the legume seedling. Advances in Agronomy 29:119-139

Eyidogan. F and Oz, M. T. (2007) Effect of salinity on antioxidant responses of chickpea seedlings. Act Physiol Plant. 29:485-493.

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M.A and Rehman, H. (2008) Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science 194:161-168.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, D., Fujita, D and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: Effects,

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و بهبود رشد (ماده خشک) در شرایط تنش خشکی، موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و رشد در شرایط نرمال نیز گردید (جدول ۳). دلیل برتری تیمارهای پرایمینگ در شرایط آبیاری نرمال می‌تواند ناشی از آبنوشی بذر در زمان پرایمینگ و بهبود وقایع فیزیولوژیکی به نفع جوانهزنی و استقرار سریعتر گیاهچه باشد (Bailly *et al.*, 2008).

#### نتیجه‌گیری:

بطور کلی نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر بهبود رشد گیاهچه اسپرس و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط

#### منابع:

رامک، پ.، ر. خاوری نژاد، ح. حیدری شریف آباد.، م.رفیعی و ک. خادمی. (۱۳۸۵). تاثیر تنش آب بر میزان ماده خشک و رنگیزه‌های فتوسترزی در دو گونه اسپرس. فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱۴: ۹۱-۸۰

نصیرزاده، ع.ر.، م. خرم شکوه و ح. حیدری شریف آباد. (۱۳۸۳). مطالعه اثرات فیزیولوژیکی تنش کم آبی (خشکی) بر رشد رویشی شش گونه اسپرس. فصلنامه پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران. ۱۲: ۳۷۶-۳۶۵

Agarwal, S., Sairam, C. C., Srivastava, T. A and Meena. R. C. (2005) Role of ABA, salysilic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science 169: 559-570.

Al-Karaki G. N. (1998) Seed size and water potential effects on water uptake, germination and growth of lentil. Journal Agronomy and Crop Science 181: 237-242.

Amooaghiae, R. (2011)The effect of hydro and osmoprimering on alfalfa seed germination and antioxidant defenses under salt stress. African Journal of Biotechnology 10: 6269-6275.

Ashraf, M and Foolad, M. R, (2005) Pre-sowing seed treatment- a shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-271.

Ashrafi, E and Razmjoo, K. (2010) Effects of priming on seed germination and field emergence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Seed Science and Technology 8: 675-681.

Azooz, M. M. (2009) Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing

- Mauromicale, G and Cavallaro, V. (1996) Effects of seed osmoprimering on germination of three herbage grasses at low temperatures. *Seed Science and Technology* 24: 331-338.
- Mukhherjee, S. P., Choudhuri, M. A. (1983) Implications of water stress-induced changes in the level of endogenous ascorbic acid and hydrogen peroxide in vigna seedlings. *Physiology Plantarum* 58:166-170.
- Noorbakhshian, S. J., Nabipour, M., Meskarbashee, M and Amooaghiae, R. (2011a). Evaluation of germination and biochemical indexes of sainfoin hydroprimed seed. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environment*. 11:671-678.
- Noorbakhshian, S. J., Nabipour, M., Meskarbashee, M and Amooaghiae, R. (2011b) Optimization of hydro and osmo priming in different seed size of sainfoin. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 11:1236-1244.
- Ozkur, O., Ozdemir, F., Bor, M and Turkan, I. (2009) Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf. to drought. *Environmental and Experimental Botany* 66:487-492.
- Peterson P. R., Sheaffer, C. C and Hall, M. H. (1992) Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal*. 84:774-779.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Abdul Jaleel, C and Zhao C. X. (2008) Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies* 331: 215-225.
- Singh, N. I., Ali, S., Chauhan, J. S. (2009) Effect of seed size on quality within seed lot of pea and correlation of standard germination, vigor with field emergence test. *Nature and Science* 7: 72-78.
- Varier, A., Kuriakose Vari, A. K and Dadlani, M. (2010) The subcellular basis of seed priming. *Current Science* 99: 450-456.
- Wang ,W. B., Kim, Y. H., Lee, H. S., Kim, K. Y., Deng, X. P and wak, S. S. (2009) Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*. 47:570-577.
- Xiao-shan. W and Jian-Guo, H. (2009) Changes of proline content, activity and active isoforms of antioxidant enzymes in two alfalfa cultivar under salt stress. *Agricultural Sciences in China* 8:431-440.
- Yang, X. H., Wang, Y. G., Y, W. X., Wang, H. F and Ma, J. H. (2009) Effect of seed priming on physiological characteristics of soybean seedling under water stress. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* 17:1191-1195
- Zhang, S., Hu, J., Zhang, Y., Xie, X. J and Knapp, A. (2007) Seed priming with brassinolide improves lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 58: 811-815.
- mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*.29:185-212.
- Fougere, F., Le-Rudulier, D and Streeter, J. G. (1991) Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots, bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology* 96: 1228-1236.
- Gallardo, K., Job, C., Groot, S. P. C., Puype, M., Demol, H., Vandekerekhove, J and Job, D. (2001) Proteomic analysis of *Arabidopsis* seed germination and priming. *Plant Physiology* 126:835- 848.
- Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J and Shao, C. X. (2009) Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B* 10:427-433.
- Hardegree, S. P. (1994) Matric priming increases germination rate of Great Basin native Perennial grasses. *Agronomy Journal* 89:298-293.
- Hu, J., Xie, X. J., Wang, Z. F and Song, W. J. (2006.) Sand priming improves alfalfa germination under high-salt concentration stress. *Seed Science and Technology* 34:199-204.
- Iannucci, A., Russo, M., Arena, D., Fonzo, N., and Martiniello, P. (2002) Water deficit on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. *Plant and Soil* 16: 111-122.
- Iannucci, A., Rascio, A., Russo, M., Fonzoand, N. Di and Martiniello P. (2000) Physiological responses to water stress following a conditioning period in berseem clover. *Plant and Soil* 223: 217-227,
- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiolgia Plantarum* 84:55-60.
- Jung, S. (2004) Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. *Plant Science* 166: 459-466.
- Khodabakhsh, F., Amooaghiae, R., Mostajeran, A. and Amtyazi ,G. (2012) Effect of hydro and osmoprimering on membrane deterioration, proline accumulation and  $H_2O_2$  scavenging enzymes in salt stress of chickpea. *Environment Engineering and Management Journal*. In Press.
- Khurana, E and Singh, J. S. (2000) Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. *Annals of Botany* 86: 1185-1192.
- Li. W., Mc Donald, M.B., Benneh, M.A and Kwong, F. Y (2005) Hydropriming of differing sized impatiens "Expo wine" seeds. *Seed Science and Technology* 33: 639-646.
- Li, F., Wu, X., Tsang, E and Cutler, A.mJ. (2005)Transcriptional profiling of imbibed *Brassica napus* seed. *Genomics* 86, 718-730.
- Manga, V. K and Yadav, O. P. (1995) Effect of seed size on developmental traits and ability to tolerate drought in pearl millet. *Journal of Arid Environments*.29:169-172.