

## اثر سیتوکینین بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان بذره‌های زوال یافته بادام زمینی تحت تنش خشکی

علی سپهری<sup>۱\*</sup> و حسین رضا روحی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

### چکیده

به منظور بررسی اثر سیتوکینین در بهبود وضعیت بذره‌های زوال یافته بادام زمینی تحت تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. پیش تیمار غلظت‌های مختلف سیتوکینین شامل صفر (پیش‌جوانه‌دار شده با آب)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) در سطوح خشکی صفر، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸- مگاپاسکال مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول گیاهچه، هیدرات‌های کربن محلول، پروتئین‌های محلول، هدایت الکترولیتی غشاء، مالون دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز بررسی شد. نتایج نشان داد پیش تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف سیتوکینین، کاهش معنی‌دار پارامترهای جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بذره‌های زوال یافته بادام زمینی را تحت تنش خشکی بهبود بخشید. به طوری که در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال، پیش تیمار بذرها با ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین سبب افزایش جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، هیدرات‌های کربن و پروتئین‌های محلول به ترتیب به میزان ۱/۷۳، ۱/۰۹، ۱/۰۵ و برای ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین ۱/۳۷، ۴/۱۵، ۲/۵ و ۲/۸۵ برابر و برای فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز به ترتیب حدود ۱۵/۹۲، ۱۷/۳۵، ۳۳/۱۳، ۲۵/۴۷، ۱۷/۹۶، ۴۵/۱۹ درصد نسبت به شاهد گردید. بنابراین پیش تیمار سیتوکینین به ویژه در غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) با کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای بذره‌های زوال یافته بادام زمینی مؤثر است.

**کلمات کلیدی:** تنش اکسیداتیو، جوانه‌زنی، زوال بذر، سیتوکینین.

### مقدمه

استتاریک و اسیدهای چرب غیراشباع مانند اسید اولئیک و اسید لینولئیک تشکیل شده است (Nautiyal, 2009). اکسیداسیون سریع اسیدهای چرب غیراشباع به ویژه اسید لینولئیک ماندگاری بذرها را به شدت کاهش داده و منجر به زوال سریع بذر و کاهش بنیه بذر در طول دوره خشک کردن و انبارداری می‌گردد (Nautiyal, 2009; Hou et al., 2014). بنابراین یکی از مشکلات کشت آن، کاهش

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی است یکساله، متعلق به تیره نیامداران که عمدتاً در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر کشت شده و از لحاظ روغن و پروتئین کیفیت بالایی دارد و به مقدار زیاد مورد مصرف انسان قرار می‌گیرد (Hou et al., 2014). بذر این گیاه دارای ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن بوده که از اسیدهای چرب اشباع مانند اسید پالمیتیک، اسید

\*نویسنده مسئول: علی سپهری، نشانی: همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

E-mail: sepehri110@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱

تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۸/۱۱

خان و همکاران (Khan *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند، پیش تیمار هورمونی بذرهای گندم (*Triticum aestivum*) درصد سبز شدن، طول ریشه، طول ساقه و شاخص ظهور گیاهچه‌ها را افزایش داده است. همچنین بذرهای زوال یافته آگروپایرون (*Agropyron elongatum*) که با سیتوکینین پیش‌جوانه‌دار شده بودند در مقایسه با بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده، بنیه و کارایی بالاتری در شرایط تنش و عدم تنش خشکی داشتند (Eisvand *et al.*, 2010). ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2014) نیز بهبود صفاتی نظیر درصد و شاخص جوانه‌زنی را در بذرهای زوال یافته گوجه فرنگی در نتیجه پیش‌جوانه‌دار کردن گزارش کردند. سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2015) پیش تیمار سیتوکینین را بر درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه و شاخص بنیه بذرهای زوال یافته گیاه خار مریم (*Silybum marianum*) مؤثر دانستند. در این راستا هدف از این آزمایش، یافتن راهکاری برای تقویت جوانه‌زنی و بنیه بذرهای زوال یافته بادام زمینی و کاهش اثر سوء ناشی از تنش خشکی با استفاده از پیش تیمار هورمون سیتوکینین بوده است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا با استفاده از رقم کارولینای شمالی ۲ (North Carolina 2) بادام زمینی انجام شد. بذر گواهی شده از بخش تحقیقات اصلاح بذر و نهال مرکز تحقیقات کشاورزی گیلان در سال ۱۳۹۳ تهیه شد. قوه نامیه بذرهای مورد آزمایش قبل از اعمال پیری تسریع شده براساس آزمون جوانه‌زنی استاندارد، به روش بین کاغذ (Between paper) به-

درصد جوانه‌زنی و ظاهر شدن گیاهچه بذرهای بادام زمینی در مزرعه به دلیل عدم رعایت این اصول می‌باشد. به طوری که در برخی مناطق کشاورزان دو تا سه بار اقدام به کشت بذر نموده که منجر به افزایش هزینه تولید محصول می‌شود (Nourhosseini niaki *et al.*, 2013). با گذشت حدود یک قرن از کشت بادام زمینی در ایران تا کنون اقدام مؤثری جهت بهبود فرآیندهای خشک کردن، نگهداری و حفظ قوه نامیه بذر آن صورت نگرفته است. از سوی دیگر خشکی به عنوان یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید گیاهان زراعی فشار مضاعفی را درخصوص جوانه‌زنی، سبز شدن و بنیه بذرهای زوال یافته ایجاد می‌کند (Jisha *et al.*, 2013). به طوری که در بذرهای زوال یافته، جوانه‌زنی، ظاهر شدن و رشد گیاهچه با مشکل جدی مواجه می‌شود (Kapoor *et al.*, 2010). در بهبود این وضعیت مواد تنظیم کننده رشد گیاهی می‌توانند با تأثیر بر فرآیندهای جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاه مؤثر واقع شوند (Miransari and Smith, 2014). از جمله این تنظیم کننده‌های رشد می‌توان به سیتوکینین‌ها اشاره نمود که کنترل طیف وسیعی از فرآیندهای گیاهی نظیر نموجین، جوانه‌زنی، فعالیت سلول‌های مریستمی ریشه و اندام‌های هوایی را برعهده دارند (Heyl *et al.*, 2012; Miransari and Smith, 2014). سیتوکینین‌ها در تمام مراحل جوانه‌زنی بذرها فعال بوده و قادرند خسارات وارده به بذرها که در نتیجه تنش‌های اکسیداتیو، خشکی و شوری ایجاد می‌شود را به حداقل برسانند (Peleg and Blumwald, 2011; Miransari and Smith, 2014). مطالعات اخیر نشان داده تیمار بذرهای زوال یافته برنج (*Oryza sativa*) با هورمون‌های رشد نظیر سیتوکینین در بهبود پارامترهای جوانه‌زنی مؤثر است (Jisha *et al.*, 2013).

الکتریکی برحسب وزن بذر مربوط برای هر نمونه با استفاده از رابطه (۱) تعیین گردید:

(رابطه ۱):

وزن بذر (g) / هدایت الکتریکی آب مقطر ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) - هدایت الکتریکی محلول بذر ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) = هدایت الکتریکی ( $\mu\text{S.cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )

به منظور اعمال تنش خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۰/۴، ۰/۶، و ۰/۸ - مگاپاسکال (MPa) استفاده شد (Michel and Kaufmann, 1973). خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر به عنوان معیار جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد (ISTA, 2007). در پایان آزمایش طول گیاهچه اندازه‌گیری شد و نمونه‌گیری به منظور تعیین پارامترهای فیزیولوژیکی مورد نظر صورت گرفت. درصد جوانه‌زنی نهایی از رابطه (۲) محاسبه شد (Yan, 2015):

$$FGP = \left( \frac{N_i}{N} \right) \times 100 \quad \text{(رابطه ۲):}$$

$N_i$ : تعداد کل بذرهای جوانه‌زده در روز آخر شمارش  
 $N$ : تعداد کل بذر  
 متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT) از رابطه (۳) محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1981):

$$MGT = \sum Dn/n \quad \text{(رابطه ۳):}$$

در رابطه فوق،  $n$  تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز  $D$ ام و  $D$  تعداد روزهای شمارش از آغاز جوانه‌زنی می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد:

مدت ۱۲ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت (ISTA, 2007) و مشخص شد که قوه‌نامه بذر ۹۵ درصد بود. برای انجام پیری تسریع شده، ۵۰ عدد بذر روی توری‌های فلزی در ظروف مخصوص و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی حدود ۱۰۰ درصد به مدت ۹۶ ساعت نگهداری شدند (Delouche and Baskin, 1973). سپس بذرهای پیر شده در محلولی با غلظت‌های صفر (پیش‌جوانه‌دار شده با آب)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از هورمون سیتوکینین به مدت ۱۸ ساعت قرار گرفتند. به دنبال آن بذرهای پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. سپس نیمی از بذرهای جهت آزمون هدایت الکتریکی و نیمی دیگر برای آزمون جوانه‌زنی استاندارد استفاده شدند. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول بذر با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی (CyberScan PC 510) انجام شد. برای این منظور از ۵۰ بذر در چهار تکرار برای هر تیمار استفاده گردید. ابتدا وزن خشک بذرهای توسط ترازوی با دقت یک‌صدم گرم (Sartorius BA310S) اندازه‌گیری شد. سپس بذرهای به ارلن‌های حاوی ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل و توسط پلاستیک تیره پوشانده و در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت ظروف حاوی آب و توده بذر از ژرمیناتور خارج و محلول به آرامی به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه همزده شد، دمای محلول زمان اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. هدایت الکتریکی آب مقطر (شاهد) نیز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین و از مقدار هدایت الکتریکی حاصل از هر تیمار کسر شد (Hampton and TeKrony, 1995). میزان هدایت

(یک میکرومول آسکوربات اکسید شده در دقیقه) بر میلی گرم پروتئین گزارش گردید (Nakano and Asada, 1981). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام و از تبدیل آرک-سینوس ( $\arcsin$ ) جهت نرمال کردن داده‌های درصد جوانه‌زنی استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها و تعیین ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SAS, 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج و یک درصد انجام شد. همبستگی بین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک با روش پیرسون توسط نرم افزار SAS, 9.1 محاسبه شد.

## نتایج و بحث

### درصد جوانه‌زنی

اثر اصلی تنش خشکی و پیش تیمار به همراه اثر متقابل آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش و با پیش تیمار سیتوکینین ( $74/33$  درصد) در غلظت  $150$  قسمت در میلیون (ppm) و پیش جوانه‌دار با آب حاصل گردید (جدول ۲). کمترین درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی و عدم پیش جوانه‌داری ( $19/33$  درصد) مشاهده شد. تنش خشکی باعث کاهش معنی دار درصد جوانه‌زنی در بذره‌ای پیش جوانه‌دار شده و پیش جوانه‌دار نشده گردید و با افزایش شدت تنش درصد جوانه‌زنی کاهش بیشتری یافت اما روند اُفت درصد جوانه‌زنی بذره‌ای پیش جوانه‌دار شده نسبت به بذره‌ای پیش جوانه‌دار نشده کمتر بود (جدول ۲). در بین تیمارهای پیش جوانه‌دار، سیتوکینین با غلظت  $150$  قسمت در میلیون (ppm) بیشترین اثر را از خود نشان داد و درصد جوانه‌زنی را در پتانسیل  $0/4$  - مگاپاسکال  $12$  درصد، پتانسیل  $0/6$  - مگاپاسکال  $20$

(رابطه ۴):

$$GR = 1/MGT$$

شاخص بنیه‌طولی گیاهچه (VI) نیز از رابطه (۵) محاسبه شد (Rahnama-Ghahfarokhi and Tavakkol-Afshari, 2007):

$$VI = \sum(FGP \times SL) / 100$$

FGP: درصد جوانه‌زنی نهایی SL: طول گیاهچه

اندازه‌گیری هیدرات‌های کربن محلول به روش آنترون (Irigoyen et al., 1992) انجام شد. پروتئین-های محلول به روش برادفورد (Bradford, 1976) تعیین و اندازه‌گیری محتوای مالون دی‌آلدئید (شاخص پراکسیداسیون چربی) به روش کاوال کانتی (Cavalcanti et al., 2004) صورت گرفت. فعالیت آنزیم کاتالاز (با ضریب خاموشی  $39/4$  میلی مول بر سانتی متر) به روش اسپکتروفتومتری و بر اساس میزان مصرف پراکسید هیدروژن در طول موج  $240$  نانومتر اندازه‌گیری شد و به صورت واحد آنزیم (یک میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در دقیقه) بر میلی گرم پروتئین بیان گردید (Cakmak and Horst, 1991). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز به روش اسپکتروفتومتری و بر اساس میزان توانایی آنزیم در ممانعت از احیای نوری نیتروبلوترازولیوم در طول موج  $560$  نانومتر به صورت واحد آنزیم (یک واحد سوپراکسید دیسموتاز در ممانعت از احیای نوری نیتروبلوترازولیوم در دقیقه) بر میلی گرم پروتئین گزارش شد (Giannopolitis and Ries, 1977). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (با ضریب خاموشی  $2/8$  میلی مول بر سانتی متر) به روش اسپکتروفتومتری و بر اساس میزان اکسیداسیون آسکوربات در طول موج  $290$  نانومتر اندازه‌گیری و به صورت واحد آنزیم

متعلق به بذرهاى پيش‌جوانه‌دار شده با غلظت‌هاى ۱۰۰ (به‌میزان ۳/۳۵) و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) (به‌میزان ۲/۸) سیتوکینین بود، درحالی‌که بین مقادیر بدست آمده از تیمار پيش‌جوانه‌دار نمودن و غلظت ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین اختلافی مشاهده نشد (جدول ۲). با تشدید تنش خشکی از ۰/۴- به ۰/۸- مگاپاسکال متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت، چنین روندی در بذرهاى پيش‌جوانه‌دار شده و پيش‌جوانه‌دار نشده مشهود بود. به‌طوری‌که بیشترین مقدار در بذرهاى پيش‌جوانه‌دار نشده در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال مشاهده شد و کمترین مقادیر به‌ترتیب در غلظت‌هاى ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از هورمون سیتوکینین و پيش‌جوانه‌دار شده با آب مشاهده شد (جدول ۲).

سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2015) گزارش کردند که غلظت ۵۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین به‌مدت ۲۴ ساعت سبب بهبود پارامترهاى جوانه‌زنی به‌ویژه سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهاى پيرشده خارمریم گردید. یکی از دلایل افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی همزمان با افزایش شدت تنش می‌تواند تأخیر در جذب آب توسط بذر باشد زیرا فعال شدن آنزیم‌هاى مؤثر بر فرآیند جوانه‌زنی مستلزم جذب آب کافی برای رسیدن به مرحله دوم جوانه‌زنی است. بذرهاى پيش‌جوانه‌دار شده به‌دلیل گذراندن دو مرحله از سه مرحله جوانه‌زنی، به‌آب کمتری جهت تکمیل فرآیند جوانه‌زنی نیاز داشته در نتیجه با سرعت بیشتر و زمان کمتری جوانه خواهند زد (Varier *et al.*, 2010).

#### سرعت جوانه‌زنی

اثر اصلی تنش خشکی و پيش‌جوانه‌دار کردن به-همراه اثر متقابل آن‌ها بر سرعت جوانه‌زنی در سطح

درصد و در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال به‌میزان ۱۳/۳ درصد نسبت به بذرهاى بدون پيش‌جوانه‌دار (شاهد) افزایش داد (جدول ۲). جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) گزارش کردند، یکی از علائم زوال در بذرهاى پيرشده کاهش درصد جوانه‌زنی است به-خصوص هنگامی‌که بذرها در معرض تنش‌هاى مانند خشکی و شوری قرار گیرند.

از آنجا که سیتوکینین نقش مهمی در فرآیند تقسیم سلول برعهده دارد به‌نظر می‌رسد افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهاى پيرشده در غلظت بالای این هورمون به‌علت افزایش فعالیت ژن‌هاى بیان‌کننده تقسیم سلول باشد. زیرا جایگزینی سلول‌هاى آسیب دیده توسط سلول‌هاى جدید می‌تواند سبب ترمیم آسیب‌هاى ناشی از تنش اکسیداتیو بوجود آمده از زوال و خشکی گردد. در این راستا، بهروزیار و یارنیا (Behrouzayar and Yarnia, 2014) نیز افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهاى زوال یافته کلزا را در نتیجه پيش‌جوانه‌دار کردن بذر تحت تنش کم آبی گزارش کردند. همچنین سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2015) اظهار داشتند که پيش‌تیمار سیتوکینین قادر است صدمات ناشی از پیری بر میزان جوانه‌زنی بذرهاى گیاه خارمریم و برخی از خصوصیات گیاهچه‌هاى حاصل از پيش‌جوانه‌دار کردن با آب را بهبود دهد و علت آن را فعال شدن ژن‌هاى مسئول در ترمیم بافت‌هاى تخریب شده دانستند.

#### متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که اثرات اصلی و اثر متقابل خشکی و پيش‌جوانه‌دار در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی متعلق به بذرهاى پيش‌جوانه‌دار نشده بود (۷/۱۶) و کمترین آن به ترتیب

یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، بالاترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب در غلظت‌های ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و پیش‌جوانه‌دار شده با آب حاصل گردید- که توانستند سرعت جوانه‌زنی را ۳/۲، ۲/۲، ۱/۹ و ۱/۹ برابر نسبت به شاهد افزایش دهند (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی بذرهای پیرشده بادام زمینی

Table 1- The ANOVA of germination characteristics of aged groundnut seeds

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares												
		GP	MGT	GR	PL	VI	EC	Car	Pr	MDA	CAT	SOD	APX	
پیش‌جوانه دار کردن Priming	4	420.43**	12.98**	0.008**	2.21**	5.64**	179.14**	314.16**	15.1**	267.48**	0.009**	42.16**	0.02**	
تنش Stress	3	4872.86**	121.38**	0.102**	25.32**	78.54**	275.13**	4351.40**	170.74**	5156.48**	0.04**	369.53**	0.06**	
پیش‌جوانه‌دار کردن * تنش Priming*Stress	12	44.88**	0.90**	0.003**	0.41**	2.14**	2.10**	160.15**	1.58**	40.89**	0.0008**	8.25**	0.001**	
خطا Error	40	2.06	0.004	0.00001	0.005	0.007	0.461	0.40	0.03	0.94	0.00008	0.003	0.00007	
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)	-	3.76	0.84	2.47	2.67	4.23	2.64	4.22	4.49	1.69	4.43	0.28	2.84	

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر پیش‌جوانه‌دار کردن هورمونی بر خصوصیات مورفولوژیک بذرهای پیرشده بادام زمینی تحت شرایط تنش خشکی

Table 2- Mean comparison of hormonal priming effect on morphological characteristics of aged groundnut seed under drought stress conditions

تیمارها Treatments	تنش خشکی Drought Stress (MPa)	درصد جوانه زنی Germination Percentage	متوسط زمان جوانه زنی Mean Germination Time (day)	سرعت جوانه زنی Germination Rate (1/day)	طول گیاهچه Seedling Length (cm)	شاخص بنه Vigor Index
سیتوکینین ۵۰ قسمت در میلیون Cytokinin 50 ppm	0	61.66 c	3.68 k	0.272 c	8.98 b	5.54 c
	-0.4	30.33 h	9.00 g	0.111 fg	3.83 d	1.16 fg
	-0.6	25.66 i	9.95 e	0.100 hij	3.28 ef	0.84 hij
	-0.8	22.00 jk	10.45 d	0.095 j	2.93 gh	0.64 jk
سیتوکینین ۱۰۰ قسمت در میلیون Cytokinin 100 ppm	0	67.66 b	3.35 l	0.298 b	8.98 b	6.08 b
	-0.4	35.00 f	8.50 h	0.117 f	3.78 d	1.32 f
	-0.6	31.33 h	9.10 g	0.109 fg	3.28 ef	1.02 gh
	-0.8	25.66 i	9.95 e	0.100 hij	2.78 hi	0.71 ijk
سیتوکینین ۱۵۰ قسمت در میلیون Cytokinin 150 ppm	0	74.33 a	2.80 m	0.357 a	9.04 b	6.72 a
	-0.4	41.33 e	7.81 i	0.127 e	3.88 d	1.61 e
	-0.6	34.66 fg	8.60 h	0.116 fg	3.33 ef	1.15 fg
	-0.8	32.66 fgh	9.30 f	0.107 ghi	2.98 gh	0.98 gh
پیش‌جوادار با آب Hydro-priming	0	72.33 a	3.61 k	0.276 c	9.33 a	6.75 a
	-0.4	34.00 fg	9.30 f	0.108 gh	3.51 e	1.19 fg
	-0.6	29.33 h	10.10 e	0.099 ij	3.13 fg	0.92 hi
	-0.8	24.66 ij	10.63 c	0.094 j	2.60 ij	0.64 jk
شاهد nonprime	0	47.00 d	7.16 j	0.139 d	4.98 c	2.34 d
	-0.4	29.33 h	9.95 e	0.100 hij	2.98 gh	0.87 hi
	-0.6	24.66 ij	10.85 b	0.092 jk	2.46 j	0.60 k
	-0.8	19.33 k	11.70 a	0.085 k	1.96 k	0.38 l

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

In each column means followed by the same letter are not significantly different at the  $P < 0.01$  level

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد (جدول ۲). در پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال، بین سطوح ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین از یک‌سو و بین پیش‌جوانه‌دار

ذرت می‌تواند ناشی از کاهش در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز باشد. به نظر می‌رسد که بهبود سرعت جوانه زنی بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده به دلیل افزایش در سرعت انتقال قندهای محلول به جنین در حال رشد باشد که این امر ناشی از افزایش در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز است. در این راستا آندوه و کوباتا (Andoh and Kobata, 2002) افزایش در سرعت جوانه‌زنی بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده گندم و برنج را ناشی از افزایش ۲/۷ و ۲/۸ برابری در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نسبت به بذره‌های پریم نشده اعلام کردند. محققین همچنین افزایش در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز و پراکسیداز و کاهش در فعالیت آنزیم لپاز در نتیجه پیش‌جوانه‌دار کردن را از عوامل مؤثر بر بهبود سرعت جوانه‌زنی بذره‌های زوال یافته دانسته‌اند (Varier et al., 2010).

### طول گیاهچه

بررسی داده‌های طول گیاهچه نشان داد اثر متقابل پیش‌تیمار و خشکی به همراه اثرات اصلی بر طول گیاهچه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). در شرایط بدون تنش، طول‌ترین گیاهچه مربوط به پیش‌جوانه‌دار کردن با آب بود که با غلظت‌های مختلف سیتوکینین و بدون پیش‌تیمار اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲). بین غلظت‌های مختلف سیتوکینین از لحاظ طول گیاهچه در شرایط عدم تنش اختلافی دیده نشد (جدول ۲). در شرایط خشکی و در تمام تیمارها با افزایش شدت تنش، طول گیاهچه به شکل معنی‌داری کاهش یافت اما روند کاهشی در بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده کمتر بود (جدول ۲). پیش‌تیمار سیتوکینین در مقایسه با پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب اثر مشهودتری را روی

کردن با آب و سطح ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از سوی دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال، بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و سطح ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و همچنین بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۲). در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال، بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و سطوح ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در پیش- تیمار سیتوکینین با غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) حاصل شد، این در حالی است که بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). پایین- ترین میزان سرعت جوانه‌زنی به بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال تعلق داشت (۰/۰۸۵) هرچند که از لحاظ آماری با بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال (۰/۰۹۲) اختلافی نداشت (جدول ۲). سرعت جوانه- زنی بذر از پارامترهایی است که شدیداً تحت تأثیر شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد لذا می‌توان به- عنوان شاخصی مؤثر در جهت ارزیابی و شناسایی اثرات مفید یا مضر محیطی از آن استفاده نمود (Jisha et al., 2013) و همکاران (Azadi et al., 2013). گزارش کردند پیش‌جوانه‌دار کردن هورمونی سبب بهبود پارامترهای جوانه‌زنی بذره‌های پیرشده سورگوم مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده شد. رحمان و همکاران (Rehman et al., 2015) اظهار داشتند که کاهش در مقادیر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی بذره‌های پیرشده

بیشتر از تنش بود و در این میان بیشترین مقدار به بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده با آب اختصاص داشت هرچند که با تیمار سیتوکینین در غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) اختلاف معنی‌داری نداشت اما با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و همچنین بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). در سطح ۰/۴- مگاپاسکال خشکی، بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد هرچند که با بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲). در این سطح از تنش خشکی، بالاترین غلظت سیتوکینین بیشترین شاخص بذر نسبت به سایر تیمارها را از خود نشان داد (جدول ۲). در سطح ۰/۶- مگاپاسکال، بین غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از یک سو و بین تیمار پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین و همچنین شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال خشکی، بیشترین شاخص بذر در غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین بدست آمد، در حالی که بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲). شاخص بذر از پارامترهای مهم مورفولوژیک در ارزیابی جوانه‌زنی بذرهای تحت شرایط تنش محسوب می‌گردد. از آنجا که با افزایش شدت تنش، درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش یافت، این روند در شاخص بذر بذر تأثیر گذاشت. باتوجه به این‌که هورمون سیتوکینین سبب فعالیت پروتئین‌های مؤثر در

بذرهای پیرشده تحت شرایط تنش داشت اما بین غلظت‌های مختلف این هورمون در تمام سطوح خشکی به لحاظ آماری اختلافی مشاهده نشد (جدول ۲).

عیسوند و همکاران (Eisvand *et al.*, 2010) گزارش کردند که طول گیاهچه حاصل از بذرهای زوال یافته آگروپایرون تحت شرایط خشکی اُفت شدیدی نمود اما پیش‌جوانه‌دار کردن هورمونی توسط سیتوکینین و اسید آبسزیک توانست اثر تنش را تخفیف داده و سبب بهبود طول گیاهچه در مقایسه با بذرهای زوال یافته و پیش‌جوانه‌دار نشده گردد. بهبود رشد گیاهچه در نتیجه پیش‌تیمار با سیتوکینین به‌ویژه در تنش خشکی می‌تواند در اثر افزایش تقسیم سلول‌های مرستمی و حجیم‌تر شدن این سلول‌ها باشد. در این راستا محققین، بزرگ شدن اندازه سلول‌های گیاه در نتیجه کاربرد مقادیر خارجی سیتوکینین تحت تنش خشکی را ناشی از تبدیل ذخایر چربی به گلوکز و فروکتوز می‌دانند، این مسئله سبب منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی سلول و در نهایت جذب آب بیشتر و تورم سلول می‌گردد (Varier *et al.*, 2010; Miransari and Smith, 2014).

رحمان و همکاران (Rehman *et al.*, 2015) نیز بهبود رشد گیاهچه ذرت و افزایش در وزن تر و خشک آن را در نتیجه پیش‌تیمار هورمونی بذر گزارش کرده‌اند.

### شاخص بذر طولی گیاهچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس این شاخص نشان از معنی دار شدن اثرات اصلی و اثر متقابل تنش و پیش‌جوانه‌دار کردن در سطح یک درصد داشت (جدول ۱). شاخص بذر در شرایط بدون تنش



پیش‌جوانه‌دار شده توسط بالاترین غلظت سیتوکینین بود (جدول ۳). با افزایش شدت تنش هدایت الکتریکی در بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده و پیش‌جوانه‌دار نشده افزایش یافت اما پیش‌جوانه‌دار کردن با سیتوکینین به‌ویژه در غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) اثر منفی تنش را تا اندازه بیشتری نسبت به پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب و همچنین بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده خنثی نمود (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی متعلق به بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال بود، هرچند که با بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کمترین مقادیر هدایت الکتریکی نیز به ترتیب در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین ثبت گردید (جدول ۳). به‌طور کلی قرار گرفتن بذرهای زوال‌یافته تحت شرایط تنش، صدمات وارده به غشای سلول را به‌دلیل بروز تنش اکسیداتیو دوچندان می‌کند. این مسئله منجر به افزایش نشت مواد و یونها از غشای سلول و به تبع آن افزایش هدایت الکتریکی محلول بذر می‌گردد. از سوی دیگر پیش‌جوانه‌دار کردن بذر از طریق سنتز DNA و mRNAs جدید و همچنین بیان ژن‌های ریکاوری، سبب ترمیم آسیب‌های وارده به غشا و کاهش هدایت الکتریکی بذر می‌گردد (Varier *et al.*, 2010). در این راستا یان (Yan, 2015) اظهار داشت پیش‌جوانه‌دار نمودن بذر سبب کاهش هدایت الکتریکی بذرهای زوال‌یافته کلم (*Brassica rapa*) در مقایسه با بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده، شده است. او همچنین گزارش داد که افزایش نشت یونها تحت شرایط تنش بستر لازم را جهت آسیب پاتوژن‌ها به بذرهای زوال‌یافته و گیاهچه‌های حاصل از آن

آبشارهای سیگنالی سلول می‌شود، افزایش درصد جوانه‌زنی و بهبود طول گیاهچه در این شرایط را می‌توان به افزایش انتقال مواد غذایی به جنین در حال رشد و افزایش سرعت تقسیم سلول در نتیجه بهبود جذب آب دانست (Muller and Sheen, 2007). علاوه بر این افزایش جذب آب توسط بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده در شرایط تنش می‌تواند باعث افزایش مقادیر درونی هورمون‌هایی نظیر جیبرلین گردد و فعالیت آنزیم‌ها و به تبع آن بهبود رشد ریشه و ساقه را سبب شود. عیسوند و همکاران (Eisvand *et al.*, 2010) نیز بهبود بنیه بذرهای زوال‌یافته آگروپایرون را در شرایط تنش خشکی با پیش‌تیمار سیتوکینین گزارش کردند. سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2015) در تحقیق خود اظهار داشتند که پیش‌جوانه‌دار کردن هورمونی توسط سیتوکینین به‌میزان ۵۰۰ قسمت در میلیون (ppm) و مدت زمان ۲۴ ساعت روی بذرهای پیرشده خارمریم سبب بهبود شاخص بنیه بذر گردید.

### هدایت الکتریکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، معنی‌دار بودن اثرات اصلی و اثر متقابل را در سطح یک درصد برای هدایت الکتریکی نشان داد (جدول ۱). در شرایط عدم تنش، بیشترین میزان هدایت الکتریکی را بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده از خود نشان دادند. در بین تیمارهای پیش‌جوانه‌دار، بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به پیش‌جوانه‌دار کردن با آب بود اما بین مقادیر بدست آمده از پیش‌جوانه‌دار کردن با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین مقدار در شرایط عدم تنش نیز متعلق به بذرهای

آماری دیده نشد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در جریان فرآیند زوال بذر انسجام غشای سلولی کاهش می‌یابد و نفوذپذیری آن بشدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد، در نتیجه نشت الکترولیت‌ها از غشا نظیر هیدرات‌های کربن محلول صورت گیرد.

جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) گزارش کردند که با افزایش مدت زمان زوال، الیگوساکاریدهای مسئول در استحکام غشا مانند رافینوز به شدت آسیب دیده و همین مسئله سبب از بین رفتن انسجام غشا می‌گردد. رافینوز از جمله هیدرات‌های کربن محافظت کننده از لیپیدها و پروتئین‌های غشایی است. همچنین کاهش در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذرهای زوال یافته سبب کاهش تجزیه ذخایر نشاسته‌ای بذر به قندهای ساده و محلول می‌گردد که جهت تغذیه جنین در حال رشد مورد نیاز است (Bailly, 2004). افزایش در فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و دهیدروژناز در بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده به اثبات رسیده است (Andoh and Kobata, 2002). فعالیت این آنزیم‌ها منجر به افزایش محتوای قندهای محلول بذر و انتقال آن به جنین می‌گردد (Andoh and Kobata, 2002; Bailly, 2004).

### پروتئین‌های محلول

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات اصلی و اثر متقابل خشکی و پیش‌جوانه‌داری بر پروتئین‌های محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط عدم تنش، بین مقادیر بدست آمده در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکلینین از یک سو و پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکلینین از سوی دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده

فراهم می‌کند. جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) علت افزایش در هدایت الکتریکی بذرهای زوال یافته را ایجاد شکاف در پلاسما و فاصله گرفتن آن از دیواره سلولی، پاره شدن شبکه آندوپلاسمی در غیاب پلی ریبوزوم‌ها و دیکتوزوم‌ها اعلام کردند. جیسا و همکاران (Jisha et al., 2013) گزارش دادند که پیش‌جوانه‌دار کردن بذر سبب افزایش فعالیت آنزیم دهیدروژناز می‌گردد که نقشی کلیدی در خنثی نمودن اثرات منفی پراکسیداسیون غشا دارد.

### هیدرات‌های کربن محلول

با توجه به معنی دار شدن اثرات اصلی و اثر متقابل تنش و پیش‌جوانه‌دار کردن (جدول ۱)، نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار هیدرات‌های کربن محلول در بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده بدست آمد. در این میان پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب و پیش‌تیمار هورمونی با ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکلینین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و مقادیر بیشتری را نسبت به شاهد و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکلینین از خود نشان دادند (جدول ۳). تحت شرایط بدون تنش، کمترین مقدار قندهای محلول به بذرهای پیش‌تیمار نشده تعلق داشت. با افزایش شدت تنش خشکی میزان قندهای محلول در بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده و پیش‌جوانه‌دار نشده شدیداً کاهش یافت اما شدت این آفت در بذرهای پیش‌جوانه‌دار شده نسبت به شاهد کمتر بود (جدول ۳). بالاترین میزان قندهای محلول در تمامی سطوح خشکی مربوط به تیمار ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکلینین بود و بین سطوح ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال در این غلظت تفاوتی به لحاظ

نشد، اما میزان پروتئین‌های محلول در پیش‌جوانه‌دار (ppm) سیتوکینین بیشتر از سایر تیمارها و شاهد بود نمودن با آب و پیش‌تیمار با ۱۵۰ قسمت در میلیون (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر پیش‌تیمار هورمونی بر خصوصیات فیزیولوژیک بذرهای پیر شده بادام زمینی تحت تنش شرایط خشکی

Table 3 Mean comparison of hormonal priming effect on physiological characteristics of aged groundnut seed under drought stress conditions

تیمارهای پیش جوانه‌دار	تنش خشکی	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )	هیدرات‌های کربن محلول Carbohydrates ( $\text{mg}\cdot[\text{gdw}]^{-1}$ )	پروتئین‌های محلول Soluble proteins ( $\text{mg}\cdot[\text{gdw}]^{-1}$ )	محتوای مالون دی‌آلدئید Malondialdehyde content ( $\text{nmol}\cdot[\text{gdw}]^{-1}$ )	فعالیت کاتالاز Catalase ( $\text{Units}\cdot[\text{mgpr}]^{-1}$ )	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase ( $\text{Units}\cdot[\text{mgpr}]^{-1}$ )	فعالیت آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase ( $\text{Units}\cdot[\text{mgpr}]^{-1}$ )
Priming Treatments	Drought Stress (MPa)							
سیتوکینین ۵۰ قسمت در میلیون	0	17.87 l	31.47 c	9.20 b	29.91 g	0.299 b	28.84 b	0.405 b
Cytokinin 50 ppm	-0.4	26.76 g	6.63 h	2.67 f	64.7 c	0.184 fg	17.68 j	0.281 efg
	-0.6	28.38 ef	5.04 i	1.77 g	70.54 b	0.181 fgh	17.05 m	0.273 fgh
	-0.8	29.02 e	2.94 j	1.00 h	73.79 a	0.171 ghi	16.24 n	0.263 ghi
سیتوکینین ۱۰۰ قسمت در میلیون	0	17.60 l	42.73 b	9.60 b	26.98 h	0.299 b	28.78 b	0.437 a
Cytokinin 100 ppm	-0.4	24.20 hi	8.75 fg	3.24 e	60.79 d	0.184 fg	19.14 g	0.297 de
	-0.6	25.39 gh	7.09 h	2.66 f	64.69 c	0.181 fgh	18.24 h	0.292 def
	-0.8	26.91 fg	5.04 i	1.74 g	70.22 b	0.171 ghi	17.23 l	0.277 efg
سیتوکینین ۱۵۰ قسمت در میلیون	0	15.74 m	55.83 a	10.46 a	23.41 i	0.327 a	31.15 a	0.444 a
Cytokinin 150 ppm	-0.4	21.86 j	11.34 e	3.83 d	56.27 e	0.227 d	20.98 d	0.345 c
	-0.6	23.11 ij	8.70 fg	3.33 e	61.44 d	0.217 de	19.78 f	0.333 c
	-0.8	24.19 hi	7.35 gh	2.77 f	65.99 c	0.197 ef	17.93 i	0.302 d
پیش‌جوانه‌دار با آب	0	19.97 k	54.48 a	10.46 a	24.08 i	0.260 c	28.10 c	0.417 b
Hydro-priming	-0.4	26.70 g	8.86 f	3.83 d	61.84 d	0.161 hi	18.20 h	0.267 ghi
	-0.6	29.81 de	6.74 h	3.33 e	66.06 c	0.136 j	17.54 k	0.255 hij
	-0.8	31.03 cd	4.80 i	2.77 f	70.18 b	0.116 j	16.09 o	0.235 j
عدم پرایم nonprime	0	26.39 g	17.98 d	5.42 c	46.52 f	0.220 d	20.28 e	0.289 def
	-0.4	32.32 bc	7.13 h	1.13 h	64.39 c	0.183 fgh	17.59 jk	0.250 ij
	-0.6	33.35 ab	5.02 i	1.03 h	70.40 b	0.174 fghi	16.07 o	0.236 j
	-0.8	33.89 a	3.26 j	1.14 h	75.31 a	0.157 i	15.20 p	0.208 k

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

In each column means followed by the same letter are not significantly different at the  $P < 0.01$  level

سطوح خشکی اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). پیش‌تیمار با ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین اگرچه نسبت به سایر تیمارها مقادیر کمتری را نشان داد اما در پتانسیل‌های ۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال بهتر از بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده در سطوح تنشی مشابه بود (جدول ۳). محققین اظهار می‌دارند که کاهش در مقدار پروتئین‌ها در فرآیند پیری به دلیل دناتوره شدن آن‌ها و یا آسیب‌های غیرقابل بازگشت به ساختار پروتئین‌ها به دلیل حمله رادیکال‌های آزاد می‌باشد و پیش‌جوانه‌دار کردن از طریق سنتز mRNA جدید و به تبع آن سنتز پروتئین‌های جدید قادر است این آسیب را به حداقل

با افزایش شدت تنش میزان پروتئین‌های محلول کاهش یافت و کمترین مقدار را بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده داشتند. طالع احمد و حداد (Tale Ahmad and Haddad, 2011) نیز گزارش کردند با افزایش مدت زمان خشکی میزان پروتئین‌های محلول در گندم کاهش یافته است، آنها علت کاهش را تجزیه پروتئین‌های محلول در جریان خشکی ذکر کرده‌اند. در میان تیمارهای پیش‌جوانه‌دار، بیشترین مقادیر در پیش‌تیمار بذرهای توسط ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین مشاهده شد. بین پیش‌جوانه‌دار کردن توسط ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب در

سیتوکینین تعلق داشت و بیشترین مقادیر نیز متعلق به بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده بود (جدول ۳). در شرایط عدم تنش، مشابه شرایط تنش، بیشترین مقدار به بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده و کمترین آن به بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده اختصاص داشت (جدول ۳). مالون دی‌آلدئید شاخصی از پراکسیداسیون غشای سلولی بوده و با نشت مواد از غشا همبستگی مثبت دارد، هرچه میزان این شاخص افزایش یابد پراکسیداسیون غشا و نشت الکترولیت‌ها از غشا بیشتر و در نتیجه خسارات احتمالی بیشتر است. به اظهار جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) در بذره‌های زوال یافته کاهش معنی‌داری در پروتئین، کل قندها و محتوای چربی دیده می‌شود به طوری که اسیدهای چرب آزاد، پراکسید هیدروژن و گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابند. در نتیجه این وقایع، اسیدهای چرب غیراشباع موجود در غشای سلولی به رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن حساس شده و ترکیبات ناشی از پراکسیداسیون چربی مانند لیپیدهای ترکیبی و مالون دی‌آلدئید تولید می‌شوند. رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسید تولید شده در جریان تنش اکسیداتیو به محض حضور در سلول می‌توانند واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو را به صورت اتواکسیداسیونی و یا لیپوکسیژناسیونی شروع نمایند که منجر به تولید لیپیدهای پراکسیدها می‌شود. لیپیدهای پراکسیدها بسیار واکنش‌پذیر بوده و احتمال واکنش با ترکیبات ثانویه سمی حاصل از پراکسیداسیون مانند مالون دی‌آلدئید را دارند. مالون دی‌آلدئید محصول پراکسیداسیون اسید لینولئیک می‌باشد و توانایی آسیب رساندن به پروتئین‌های غشا را از طریق cross-linking دارد (Taiz and Zeiger, 2002; Varier et al., 2010).

برسانند (Kibinza et al., 2011; Tabatabaei, 2013). جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) بیان کردند که آسیب به ساختار کروموزوم‌ها، RNA و DNA از جمله تغییرات مولکولی بوجود آمده در بذره‌های زوال یافته به‌شمار می‌رود. آسیب به سیستم سنتز پروتئین می‌تواند هم در مرحله رونویسی و هم در ترجمه رخ دهد. محققین گزارش کردند که اجزای رونویسی نظیر tRNA، آنزیم‌های مرتبط با رونویسی و ریپوزوم‌ها در جریان زوال بذر دچار آسیب می‌شوند. چنین آسیبی می‌تواند توسط رادیکال‌های آزاد و یا در اثر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر ریپونوکلئاز باشد (Varier et al., 2010). پروتئین‌های محلول بیشتر از انواع غشایی و نامحلول تحت تأثیر تنش اکسیداتیو قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به سیستمین، هیستیدین، تریپتوفان و فنیل آلانین اشاره نمود (Kibinza et al., 2011; Jyoti and Malik, 2013). شواهد نشان می‌دهد که سیتوکینین‌ها در تنظیم سنتز پروتئین نقش مؤثری داشته و این کار را از طریق افزایش در محتوای پُلی ریپوزومی سلول‌ها ایجاد می‌کنند. پُلی ریپوزوم‌ها دستگاه‌های سنتز پروتئین در سلول‌ها بوده و افزایش آنها در نتیجه کاربرد سیتوکینین، به دلیل حرکت مونوزوم‌ها به داخل پُلی زوم‌ها می‌باشد (Taiz and Zeiger, 2002; Miransari and Smith, 2014).

### محتوای مالون دی‌آلدئید

اثر اصلی تنش خشکی و پیش‌جوانه‌دار نمودن و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای مالون دی‌آلدئید در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش محتوای این ترکیب افزایش یافت و کمترین مقادیر مالون دی‌آلدئید به بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده به‌ویژه توسط ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm)

## کاتالاز

خسارات وارده را جبران نموده و از شدت تنش اکسیداتیو بکاهد، بخشی از این کار توسط بهبود در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی انجام می‌شود (Kibinza *et al.*, 2011; Jisha *et al.*, 2013; Xia *et al.*, 2015). کیینزا و همکاران (Kibinza *et al.*, 2011) افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز در بذره‌های پیش‌جوانه‌دار شده را در جریان زوال بذرگندم گزارش کردند. آن‌ها کاتالاز را کلیدی‌ترین آنزیم در جهت کاهش اثرات منفی زوال ذکر نمودند و اظهار داشتند سوپراکسیددیسموتاز وظیفه تبدیل سوپراکسید آنیون را به اکسیژن و پراکسید هیدروژن برعهده دارد. اگر فعالیت سوپراکسیددیسموتاز در بالاترین سطح خود باشد، سلول نیاز به آنزیم کاتالاز دارد تا پراکسید هیدروژن تولید شده توسط فعالیت سوپراکسیددیسموتاز را به آب و اکسیژن تجزیه نماید، در صورت کاهش-کمیت و یا کاهش در فعالیت کاتالاز، سلول دچار خسارت می‌شود. بنابراین اهمیت کاتالاز نسبت به سایر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در این خصوص به‌خوبی نمایان است.

## سوپراکسیددیسموتاز

براساس نتایج آزمایش، اثرات اصلی و برهم‌کنش پیش‌تیمار و خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط عدم تنش، فعالیت سوپراکسیددیسموتاز در غلظت-های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین تفاوت معنی‌داری نداشت اما میزان این فعالیت بیشتر از پیش‌تیمار با آب و کمتر از فعالیت غلظت ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین بود. بررسی سطوح مختلف خشکی نشان داد که با افزایش شدت تنش از فعالیت سوپراکسیددیسموتاز در بذره‌های

با توجه به معنی‌دار شدن اثرات اصلی و اثر متقابل تنش و پیش‌جوانه‌دار کردن (جدول ۱)، مقایسه میانگین داده‌های آنزیم کاتالاز نشان داد که در شرایط بدون تنش فعالیت این آنزیم در پیش‌تیمار هورمونی بیشتر از پیش‌تیمار با آب و بدون پیش‌تیمار بود (جدول ۳). بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین در فعالیت کاتالاز اختلاف معنی‌داری دیده نشد اما میزان فعالیت آن‌ها کمتر از بالاترین غلظت سیتوکینین بود (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی کمترین فعالیت کاتالاز در بذره‌های پیش‌جوانه‌دار نشده مشاهده شد که اختلاف معنی-داری با مقادیر حاصل از کاربرد ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین در هر سه سطح خشکی نداشت (جدول ۳). بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین در تمام سطوح خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما با پیش‌جوانه‌دار کردن با آب اختلاف معنی‌دار بود به‌طوری‌که میزان فعالیت کاتالاز در آن‌ها بیشتر از پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب و کمتر از پیش‌جوانه‌دار کردن با ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین بود (جدول ۳). جیوتی و مالیک (Jyoti and Malik, 2013) کاهش در فعالیت آنزیم کاتالاز را در جریان فرآیند زوال بذر گزارش کرده‌اند. محققین بیان کرده‌اند که تشکیل زیر واحدهای کاتالاز در سیتوپلاسم و تکمیل سنتز آن در پراکسی‌زوم صورت می‌گیرد و در جریان فرآیند زوال، به‌دلیل خروج محتویات سیتوپلاسم از غشا و آسیب‌های وارده به اندامک‌های سلول، چرخه ساخت این آنزیم تکمیل نمی‌گردد. پیش‌جوانه‌دار کردن بذر قادر است از طریق سنتز و ترمیم ساختارهای پروتئینی موجود در بذر، بخشی از

که در شرایط بدون تنش، بیشترین فعالیت به ترتیب در غلظت‌های ۱۵۰، ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین، پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب و ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین حاصل گردید که توانستند فعالیت آسکوربات پراکسیداز را به ترتیب ۵۲/۲۴، ۵۱/۲۱، ۴۴/۲۹ و ۴۰/۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دهند (جدول ۳). هر چند که بین غلظت‌های ۱۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و از سوی دیگر بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و غلظت ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۳). در پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال، بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین از یک سو و بین پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب و غلظت ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) از سوی دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال و نیز وضعیتی مشابه پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال وجود داشت (جدول ۳). به طوری که بین پیش‌جوانه‌دار کردن با آب و سطح ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین و بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۲). در پتانسیل ۰/۸- مگاپاسکال، بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) از سیتوکینین تفاوتی مشهود نبود. هرچند که تیمارهای مذکور مقادیر بیشتری را نسبت به پیش‌تیمار با آب و شاهد از خود نشان دادند. در تمام سطوح خشکی، بالاترین غلظت بکار رفته هورمون سیتوکینین بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز را به خود اختصاص داد و با سایر تیمارها به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). آسکوربات پراکسیداز بر خلاف کاتالاز که تنها در پراکسیزومها سنتز می‌شود،

پیش‌جوانه‌دار شده و پیش‌جوانه‌دار نشده کاسته شد (جدول ۳). به‌استثنای غلظت ۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین، اثر پیش‌تیمار هورمون سیتوکینین بر فعالیت این آنزیم بیشتر از پیش‌جوانه‌دار نمودن با آب بود. با افزایش غلظت سیتوکینین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نیز در تمامی سطوح خشکی بهبود یافت. از آنجا که در فرآیند زوال، صدمات زیادی به اندامک‌ها و غشای سیتوپلاسمی وارد می‌شود، کاهش در فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نیز رخ می‌دهد. قابل ذکر است یکی از اندامک‌هایی که در جریان زوال دچار آسیب می‌شود میتوکندری‌ها بوده که علاوه بر وظیفه تنفس و تولید انرژی، از مهمترین مراکز تولید این آنزیم در سلول به‌شمار می‌روند. به طوری که ژیا و همکاران (Xia et al., 2015) زدودن گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنزیم سوپراکسیددیسموتاز موجود در میتوکندری را علت اصلی بهبود فعالیت آنزیمی در بذره‌های یولاف زراعی (*Avena sativa*) می‌دانند. عیسوند و همکاران (Eisvand et al., 2010) نیز دریافتند که پیش‌تیمار بذره‌های آگروپایرون توسط هورمون‌های جیبرلین، سیتوکینین و اسید آبسزیک به ترتیب در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) تحت تنش خشکی (۰/۵- مگاپاسکال)، توانست فعالیت آنزیم‌های نظیر: کاتالاز، گلوکاتایون ردوکتاز و سوپراکسید دیسموتاز را افزایش دهد و تنش اکسیداتیو ناشی از زوال و خشکی را به حداقل رساند.

### آسکوربات پراکسیداز

اثر اصلی تنش خشکی و پیش‌جوانه‌داری به‌همراه اثرمتقابل آن‌ها بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طوری-

آلدئید ( $r=0/98^{**}$ ) و همبستگی منفی و معنی داری با هیدرات‌های کربن محلول ( $r=-0/97^{**}$ )، پروتئین‌های محلول ( $r=-0/95^{**}$ ) و همچنین آنزیم‌های کاتالاز ( $r=-0/86^{**}$ )، سوپراکسیددیسموتاز ( $r=-0/95^{**}$ ) و آسکوربات پراکسیداز ( $r=-0/85^{**}$ ) داشت. دمیر و همکاران (Demir *et al.*, 2012) اظهار داشتند که بین متوسط زمان جوانه‌زنی و هدایت الکتریکی محلول بذرها و محتوای مالون دی‌آلدئید همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی و سایر صفات مشابه درصد جوانه‌زنی بود (جدول ۴). ضرایب همبستگی بین طول گیاهچه و صفات فیزیولوژیک نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار متعلق به هیدرات‌های کربن محلول ( $r=0/67^{**}$ ) و بالاترین همبستگی منفی و معنی دار به محتوای مالون دی‌آلدئید با ضریب همبستگی  $r=-0/72^{**}$  تعلق داشت (جدول ۴). پاول (Powell, 2010) گزارش کرد پراکسیداسیون غشا و افزایش در محتوای مالون دی‌آلدئید، از جمله علائم زوال در بذرها و دانه‌های روغنی محسوب می‌شود که همبستگی مثبت با متوسط زمان جوانه‌زنی و همبستگی منفی با سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه داشتند. با توجه به جدول ۴، همبستگی شاخص بنیه طولی گیاهچه با هیدرات‌های کربن محلول ( $r=0/92^{**}$ )، پروتئین‌های محلول ( $r=0/88^{**}$ ) و آنزیم‌های کاتالاز ( $r=0/78^{**}$ )، سوپراکسیددیسموتاز ( $r=0/89^{**}$ ) و آسکوربات پراکسیداز ( $r=0/77^{**}$ ) مثبت و معنی دار و با هدایت الکتریکی غشاء ( $r=-0/81^{**}$ ) و محتوای مالون دی‌آلدئید ( $r=-0/91^{**}$ ) منفی و معنی دار بود. جیسا و همکاران (Jisha *et al.*, 2013) اظهار داشتند که بذرها و پیش‌جوانه‌دار شده با هورمون‌های رشد نظیر جبرلین و سیتوکینین از بنیه بذر بالاتری نسبت به

حداقل از پنج ایزوفرم متفاوت تشکیل شده که در تیلاکوئید (tAPX)، غشای گلی‌اکسیزوم (gmAPX)، استرومای کلروپلاست (sAPX) و سیتوسول (cAPX) سنتز می‌شود، بنابراین در جریان زوال آسیب کمتری نسبت به کاتالاز می‌بیند و قادر است رادیکال‌های بیشتری را خنثی نماید. مطالعات نشان می‌دهد که پیش‌جوانه‌دار کردن بذرها و زوال یافته منجر به ترمیم DNA، RNA، پروتئین‌ها، غشاها و بهبود در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز می‌گردد (Varier *et al.*, 2013; Jisha *et al.*, 2013; Azadi *et al.*, 2013). نیز پیش‌تیمار هورمونی بذرها و زوال یافته سورگوم را عاملی مؤثر در بهبود فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز، در مقایسه با بذرها و پیش‌جوانه‌دار نشده گزارش کردند.

### همبستگی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک

بررسی ضرایب همبستگی در سطوح مختلف سیتوکینین تحت شرایط خشکی، همبستگی مثبت و معنی داری بین درصد جوانه‌زنی با هیدرات‌های کربن و پروتئین‌های محلول و همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را نشان داد (جدول ۴). بیشترین همبستگی متعلق به هیدرات‌های کربن محلول بود ( $r=0/96^{**}$ ). این در حالی بود که بین درصد جوانه‌زنی با هدایت الکتریکی غشا و محتوای مالون دی‌آلدئید همبستگی منفی و معنی داری مشاهده شد ( $r=-0/92^{**}$ ). آندوه و کوباتا (Andoh and Kobata, 2002) همبستگی مثبت بین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و پیش‌جوانه‌دار شده گندم و برنج را با محتوای قندهای محلول گزارش کردند. متوسط زمان جوانه‌زنی تحت تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی داری با هدایت الکتریکی غشا ( $r=0/89^{**}$ ) و محتوای مالون دی-

آلدهید تولید شده در بذرها داشته است. نتایج مشابهی نیز توسط سیادت و همکاران (Siadat *et al.*, 2015) گزارش شده است.

بذرهای پیش‌جوانه‌دار نشده تحت شرایط تنش برخوردار بودند که این امر ارتباط مستقیمی با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ارتباطی معکوس با نشت مواد از غشا و محتوای محتوای مالون دی-

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بذرهای بادام زمینی در شرایط خشکی

Table 4 – Correlation coefficients between morphological and physiological traits of groundnut under

صفات فیزیولوژیک Physiological traits	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	هیدرات‌های کربن محلول Carbohydrates	پروتئین‌های محلول Soluble proteins	محتوای مالون دی‌آلدهید Malondialdehyde content	فعالیت کاتالاز Catalase	فعالیت	
						سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
صفات مورفولوژیک Morphological traits	drought stress						
درصد جوانه زنی Germination Percentage	-0.92 **	0.96 **	0.93 **	-0.92 **	0.88 **	0.93 **	0.88 **
متوسط زمان جوانه زنی Mean Germination Time	0.89 **	-0.97 **	-0.95 **	0.98 **	-0.86 **	-0.95 **	-0.85 **
سرعت جوانه زنی Germination Rate	-0.89 **	0.97 **	0.94 **	-0.97 **	0.87 **	0.96 **	0.86 **
طول گیاهچه Seedling Length	-0.48 **	0.67 **	0.65 **	-0.72 **	0.47 **	0.64 **	0.44 **
شاخص بنیه Vigor Index	-0.81 **	0.92 **	0.88 **	-0.91 **	0.78 **	0.89 **	0.77 **

ns, \*\*, \* Respectively non-significant and significant of 1 and 5 percent of probability

را نسبت به سایر غلظت‌ها در خصوص بهبود پارامتر-های مورفولوژیک و فیزیولوژیک بذرهای زوال یافته بادام زمینی داشت. لذا پیش تیمار هورمون سیتوکینین با غلظت مذکور جهت کاهش اثرات منفی ناشی از زوال بذر به خصوص در شرایط نامساعد محیطی از جمله تنش خشکی برای بادام زمینی قابل توصیه است.

### نتیجه گیری

در آزمایش حاضر اثرات منفی زوال بذر و شرایط خشکی با استفاده از پیش تیمار هورمون سیتوکینین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و به‌ویژه آسکوربات پراکسیداز شد که منجر به بهبود خصوصیات جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر گردید. به‌طوری که کاربرد ۱۵۰ قسمت در میلیون (ppm) سیتوکینین بیشترین اثر مثبت

### References

Andoh, H. and T. Kobata, 2002. Effect of seed hardening on the seedling emergence and alpha amylase activity in the grains of wheat and rice sown in dry soil. Japan. J. Crop Sci. 71: 220–225.

### منابع مورد استفاده



- Azadi, M.S., S.A. Tabatabaei, E. Younesi, M.R. Rostami, and M. Mombeini, 2013.** Hormone priming improves germination characteristics and enzyme activity of sorghum seeds (*Sorghum bicolor* L.) under accelerated aging. *Cercetari Agronomice in Moldova*. 3(155): 49-56.
- Bailly, C. 2004.** Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Sci. Res.* 14: 93-107.
- Behrouzfar, E.K. and M. Yarnia, 2014.** Effect of ethanol, methanol, zinc, manganese and boron seed priming on ageing, seed germination and physiological characteristics in canola under water deficit stress. *Res. Crops*. 15(1):116-121.
- Bradford, M.M. 1976.** A dye binding assay for protein. *Analytical Biochem.* 72: 248-254.
- Cakmak, I., and W. Horst, 1991.** Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max*). *Plant Physiol.* 83: 463-468.
- Cavalcanti, F.R., J.T.A. Oliveira, A.S. Martins-Miranda, R.A. Viégas, and J.A.G. Silveira, 2004.** Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpeas leaves. *New Phytol.* 163: 563-571.
- Delouche, J.C., and C.C. Baskin, 1973.** Accelerated ageing technique for predicting relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1: 427-452.
- Demir, I., C. Cebeci., and T. Guloksuz, 2012.** Electrical conductivity measurement to predict germination of commercially available radish seed lots. *Seed Sci. Technol.* 40: 229-237.
- Eisvand, H.R., R. Tavakkol-Afshari, F. Sharifzadeh, H. Maddah Arefi, and S.M. Hesamzadeh Hejazi, 2010.** Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). *Seed Sci. Technol.* 38: 280-297.
- Ellis, R.A., and E.H. Roberts, 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 373-409.
- Giannopolitis, C., and S. Ries, 1977.** Superoxide dismutase. I: Occurrence in higher plant, *Plant Physiol.* 59: 309-314.
- Hampton, J.G., and D.M. TeKrony, 1995.** Handbook of Vigour Test Methods. ISTA, Zurich.
- Heyl, A., M. Riefler, G. Romanov, and T. Schumling, 2012.** Properties, functions and evolution of cytokinin receptors. *Europ. J. Cell Biol.* 91: 246-256.
- Hou, L., W. Liu, Z. Li, C. Huang, X.L. Fang, Q. Wang, and X. Liu, 2014.** Identification and Expression Analysis of Genes Responsive to Drought Stress in Peanut. *Russ. J. Plant Physiol.* 61(6): 842-852.
- Irigoyen, J.J., D.W. Emerich, and M. Sanchez-Diaz, 1992.** Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant.* 84: 55-60.
- ISTA. 2007.** International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. Technol.* 13: 299-520.
- Jisha, K.C., K. Vijayakumari, and J.T. Puthur, 2013.** Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiol. Plant.* 35: 1381-1396.
- Jyoti, and C.P. Malik, 2013.** Seed deterioration: a review. *Int. J. Life Sci. Biotech. Pharma Res.* 2(3): 374-385.
- Kapoor, R., A. Arya, M.A. Siddiqui, A. Amir, and H. Kumar, 2010.** Seed Deterioration in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Accelerated Ageing. *Asian J. Plant Sci.* 9(3): 158-162.
- Khan, M.B., M.A. Gurchani, M. Hussain, S. Freed, and K. Mahmood, 2011.** Wheat seed enhancement by vitamin and hormonal priming. *Pak. J. Bot.* 43: 1495-1499.
- Kibinza, S., J. Bazin, C. Bailly, J.M. Farrant, F. Corbineau, and H. El-Marrouf Bouteau, 2011.** Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Sci.* 181: 309-315.
- Michel, B.E., and M.R. Kaufmann, 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
- Miransari, M., and D.L. Smith, 2014.** Plant hormones and seed germination. *Environ. Exp. Bot.* 99: 110-121.
- Muller, B., and J. Sheen, 2007.** Advances in cytokinin signaling. *Science.* 318(68):68-69.
- Nakano, Y., and K. Asada, 1981.** Hydrogen peroxide scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiol.* 22: 867-880.
- Nautiyal, P.C. 2009.** Seed and seedling vigour traits in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Seed Sci. Technol.* 37: 721-735.
- Noorhosseini Niyaki, S.A., M.N. Safarzadeh Vishekai, and S.M. Sadeghi, 2013.** Potassium leachate and electrical conductivity tests efficiency in seed vigour evaluation of produced peanut in Astaneh Ashrafieh. (In Persian, with English Abstract.) *J.Crop Prod. Res.* 5 (1): 93-118.
- Peleg, Z., and E. Blumwald, 2011.** Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14: 290-295.

- Powell, A. 2010.** Morphological and physiological characteristics of seeds and their capacity to germinate and survive. *Ann. Bot.* 105: 975–976.
- Rahnama-Ghahfarokhi, A., and R. Tavakkol-Afshari, 2007.** Methods for dormancy breaking and germination of galbanum seeds (*Ferula gummosa*). *Asian J. Plant Sci.* 6: 611-616.
- Rehman, H., H. Iqbal, S.M.A. Basra, I. Afzal, M. Farooq, A. Wakeel, and W. Ning, 2015.** Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize. *J. Integ. Agric.* 14(9): 1745–1754.
- Siadat, S.A., S.A. Moosavi, and M. Sharifzadeh, 2015.** Alleviate Seed Ageing Effects in *Silybum marianum* by Application of Hormone Seed Priming. *Not. Sci. Biol.* 7(3): 316-321.
- Tabatabaei, S.A. 2013.** The Effect of priming on germination and enzyme activity of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds after accelerated aging. *J. St. Physiol. Biochem.* 9 (4): 132-138.
- Taiz, L., and Zeiger, E. 2002.** *Plant Physiology*, 3 edn. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- Tale Ahmad, S., and Haddad, R. 2011.** Study of Silicon Effects on Antioxidant Enzyme Activities and Osmotic Adjustment of Wheat under Drought Stress. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 47 (1): 17–27.
- Varier, A., A.K., Vari, and M. Dadlani, 2010.** The subcellular basis of seed priming. *Curr. Sci.* 99(4): 450-456.
- Xia, F., X.Wang, M. Li, and P. Mao, 2015.** Mitochondrial structural and antioxidant system responses to aging in oat (*Avena sativa* L.) seeds with different moisture contents. *Plant Physiol. Biochem.* 94: 122-129.
- Yan, M. 2015.** Hydropriming promotes germination of aged napa cabbage seeds. *Seed Sci. Technol.* 43(2): 303-307.
- Zhang, M., Z. Wang, L. Yuan, C. Yin, J. Cheng, L. Wang, J. Huang, and H. Zhang, 2014.** Osmopriming improves tomato seed vigor under aging and salinity stress. *Afr. J. Biotechnol.* 11(23): 6305-6311.

Archive of SID