

## بررسی اثر هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بذور ارقام ذرت زوال یافته (*Zea mays* L.)

سعیده رشیدی<sup>\*۱</sup>

<sup>۱</sup>گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مهدی‌شهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۹

### چکیده

زوال بذری یکی از عوامل کاهش دهنده بنيه و محدودکننده جوانه‌زنی در بذری می‌باشد. شناسایی عوامل تاثیر گذار بر زوال بذری بسیار با اهمیت است. به‌منظور بررسی اثر هورمون‌های گیاهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بذور فرسوده ذرت آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه بذری گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران انجام گرفت. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل عامل رقم در دو سطح (رقم ۷۰۴ و رقم ۲۶۰)، عامل پیری زودرس در ۴ سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) و عامل هورمون در دو سطح (هورمون جیبرلین و هورمون سیتوکینین) بودند. زوال بذری سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز و کاتالاز شد. تیمار بذریهای زوال یافته با هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شد. هورمون سیتوکینین نسبت به هورمون جیبرلین اثربشتری بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذریهای زوال یافته داشت. نتایج نشان داد که بنيه ضعیف بذری سبب کاهش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود و هورمون‌های گیاهی می‌تواند به‌عنوان یک رهیافت زراعی سبب جبران خسارت در بذریهای با بنيه پایین استفاده شود. همچنین طبق نتایج بدست آمده رقم ۷۰۴ با بنيه بالاتر فعالیت آنزیمی بیشتری را نسبت به رقم ۲۶۰ نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، جیبرلین، ذرت، زوال بذری، سیتوکینین

### مقدمه

تغییر در ساختار مولکولی اسیدهای نوکلئیک تا کاهش فعالیت برخی آنزیم‌های کلیدی در جوانه‌زنی، افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های هیدرولیز کننده، اختلال در یکپارچگی غشاء و کاهش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، کاهش توانایی جوانه‌زنی بذریها تحت شرایط تنش، کاهش درصد استقرار بوته و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد و در صورت زوال شدید ممکن است هیچ بذری جوانه نزنند (Corbineau et al., 2002). طی زوال بذری تعداد زیادی گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شوند که سبب پراکسیداسیون لیپیدها

ارزیابی کیفیت بذری جایگاه ویژه‌ای در تولید و کنترل و گواهی بذری دارد. بذریهای اغلب گیاهان معمولاً پس از برداشت به مدت چند روز تا چند ماه یا سال در انبار نگه‌داری می‌شوند. شرایط محیطی نگهداری بذری تعیین کننده مدت زمانی است که جوانه‌زنی و قدرت آن حفظ می‌شود. زوال بذری در طی انبارداری باعث کاهش کیفیت بذری می‌شود. زوال بذری شامل برخی تغییرات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی، نظیر

\*نویسنده مسئول: rashidi\_saedeh@yahoo.com

هورمون‌های رشد گیاهی افزایش جوانه‌زنی و همچنین افزایش کارایی و رشد و عملکرد را در پی دارد. هورمون‌های گیاهی که به‌طور معمول برای پرایمینگ استفاده می‌شوند شامل اکسین، جیبرلین، سیتوکینین، اسید آبسزیک، پلی آمین‌ها و اسید سالیسیلیک می‌باشند. جیبرلین‌ها شامل گروهی از هورمون‌ها هستند که بیشترین دخالت مستقیم را در کنترل و تسهیل جوانه‌زنی بذر دارند. افزایش سنتز و آزادسازی اسید جیبرلیک در بذر موجب تجزیه نشاسته و تبدیل آن به مواد قابل استفاده جنین شده و جوانه‌زنی شروع می‌شود (Afzal et al., 2006). تحقیقات نشان داده است پرایمینگ موجب افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند گلوکاتایون ردوکتاز و آسکوربات پراکسیداز در بذر می‌شود، این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش داده و در نتیجه موجب افزایش درصد جوانه‌زنی خواهند شد (Rouhi et al., 2012).

Schoper و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که کاربرد اسید جیبرلیک برون‌زا موجب افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی بذرها گردید. Tavakol Afsahari و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود نشان دادند که هورمون اسید آبسزیک سبب ترمیم بذرها زوال یافته کلزا شد که این امر منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به بذور بدون پرایمینگ گردید. هورمون پرایمینگ با سیتوکینین، اکسین و جیبرلین تحت غلظت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام بر روی بروموس باعث افزایش صفات مختلف جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های زوال یافته بروموس شد (Esvand et al., 2010).

لذا با توجه به اهمیت بذر به‌عنوان یک نهاد مهم کشاورزی و نقش کلیدی بذرها سالم در عملکرد در این تحقیق از طریق اجرای آزمایش اثر هورمون‌های گیاهی به‌عنوان یک رهیافت کاربردی جهت بهبود بنیه

می‌شوند. رادیکال‌های آزاد شامل یک گروه از اتم‌ها هستند که یک الکترون جفت نشده دارند. در فیزیولوژی بذر تجمع گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسید هیدروژن، رادیکال سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل سبب پراکسیداسیون چربیها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشا سلول می‌شود (Bailey, 2004). آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتایون ردوکتاز و سایر آنزیم‌ها باعث حذف و غیرفعال شدن انواع فعال اکسیژن می‌شوند (Bailey, 2000; McDonald, 1999). موفقیت در جوانه‌زنی به مکانیسم آنتی اکسیدانی گیاهی که به هنگام جوانه‌زنی در گیاه فعال است بستگی زیادی دارند. همچنین گزارش شده است که آنزیم‌های آنتی اکسیدانت نقش مهمی در کنترل پراکسیداسیون هیدروژن دارند. آنزیم کاتالاز با حذف بخش عمده‌ای از  $H_2O_2$  سلول تغییراتی را در سطح غلظت پراکسید هیدروژن ایجاد می‌کند (Vandenabeele et al., 2004). آسکوربات پراکسیداز نیز یکی از آنزیم‌های اکسیداتیو کلیدی در سیستم دفاعی گیاهان و به‌عنوان یک احیا کننده برای رادیکال‌های آزاد از جمله  $H_2O_2$  محسوب شده و لذا خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو را به حداقل می‌رساند (Arora et al., 2002). شاخص‌های جوانه‌زنی از پارامترهای مهم کیفیت بذر می‌باشند که از اهمیت خاصی برخوردار هستند. قدرت بذر تحت تاثیر پیری و زوال بذر می‌باشد و در پی آن شاخص‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Basra et al., 2003; Chen et al., 2007; Kapoor et al., 2010; Seidat et al., 2012; Rastegar et al., 2011).

گزارشات مختلف حاکی از آن است که استفاده از تیمارهای مختلف بذری سبب افزایش در شاخص‌های جوانه‌زنی بذرها زوال یافته می‌شود (Ansari and Sharifzadeh, 2012; Seidat et al., 2012; Kang et al., 2007). خیساندن بذور با مطلوب‌ترین غلظت

بذرهای زوال یافته و اثر این هورمون‌ها بر تغییرات آنزیمی بذرهای زوال یافته ذرت مورد استفاده قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین بر فعالیت‌های آنزیمی بذرهای ارقام ذرت با بنیه‌های متفاوت از دو رقم بذر استفاده شد. ارقام مورد استفاده در این مطالعه شامل رقم هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و رقم هیبرید سینگل کراس ۲۶۰ بودند. بذرها از موسسه اصلاح و نهال بذر کرج تهیه گردیدند. کلیه آزمایش‌ها در آزمایشگاه بذر، زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید.

**آزمایش پیری زودرس:** جهت ایجاد بنیه‌های متفاوت در ارقام مورد بررسی، روش آزمون پیری زودرس<sup>۱</sup> (AAT) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم بذر ذرت و بنیه‌های متفاوت ایجاد شده از طریق آزمون پیری زودرس در ۴ سطح زمان پیرشدن (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) بود (Modaresi et al., 2002). به منظور انجام آزمون پیری زودرس ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل به درون جعبه‌های پلاستیکی اضافه شد. سپس ۵۰ عدد بذر بر روی تور سیمی پایه دار استریل شده قرار داده شد. توری‌ها درون جعبه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. پس از آن هر جعبه در داخل ژرمیناتور در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد در مدت‌های متفاوت قرار داده شدند. پس از گذشت زمان‌های فوق جعبه‌ها از ژرمیناتور خارج شدند. سپس بذرها به شرایط استاندارد جوانه‌زنی انتقال داده شدند تا

جوانه‌زنی صورت پذیرد. ظهور ریشه چه به طول ۲ میلی‌متر به عنوان جوانه‌زنی بذر تلقی و در پایان روز هفتم بذرهای جوانه زده شمارش شدند. به منظور محاسبه سرعت جوانه‌زنی<sup>۲</sup> شمارش بذرهای جوانه زده در هر روز به مدت هفت روز انجام شد (فرمول ۱) (Nichols and Heydecker, 1968). داده‌های حاصل از شمارش بذرهای جوانه‌زده در آخرین روز شمارش برای محاسبه درصد جوانه‌زنی<sup>۳</sup> استفاده گردید (فرمول ۲) (Nichols and Heydecker, 1968). در پایان جوانه‌زنی صفاتی همچون طول ریشه چه و طول ساقه‌چه بر حسب سانتی‌متر و وزن تر ریشه چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه چه و وزن خشک ساقه چه برحسب گرم با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

$$GR = \sum \frac{N_i}{T_i} \quad \text{فرمول ۱}$$

$N_i$ : تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک بازه زمانی مشخص

$T_i$ : تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی

$GR$ : سرعت جوانه‌زنی

$$GP = \frac{S}{T} \times 100 \quad \text{فرمول ۲}$$

$S$ : تعداد بذور جوانه‌زده

$T$ : تعداد کل بذور

$GP$ : درصد جوانه

**آزمایش بررسی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در بذرهای ارقام ذرت با بنیه‌های متفاوت:** بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در بذرهای ذرت تحت تیمار بنیه قوی و ضعیف انجام شد. این بررسی به روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم بذر ذرت، سه تیمار پیری زودرس در سه سطح

2. Germination Rate  
3. Germination Percentage

1. Accelerated Aging Test

بدون پیری، ۱۰ روز پیری و ۱۵ روز پیری و تیمار جذب آب در سه زمان ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت بودند. تعداد ۱۰۰ عدد بذر از هر رقم بر روی کاغذ صافی استریل درون هر پتری قرار داده شدند و ۵ میلی لیتر ساکارز ۲ درصد به هر پتری اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی قرار داده شدند. در پایان مدت آبیگری بذرها در نیتروژن مایع منجمد و تا زمان انجام آزمایش در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نمونه‌ها درهاون چینی به وسیله ازت مایع کاملاً پودر شدند و سپس ۳ میلی لیتر بافرتریس به آن اضافه شد. سپس محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. بعد از آن محلول رو شناور برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم استفاده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز از روش Bernal و همکاران (۲۰۰۰) استفاده شد. فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر به ترتیب در طول موج ۴۷۰ و ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

**آزمایش بررسی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در بذرهای پیر شده تیمار شده با هورمون سیتوکینین و جیبرلین:** این بررسی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم ذرت، دو تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری، دو تیمار هورمون جیبرلین و سیتوکینین با غلظت ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول و سه تیمار جذب آب در سه زمان ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت بودند. در مرحله اول آزمایش، بذرهای دورقم ذرت تحت تیمار ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری زودرس قرار گرفتند و پس از این مرحله غلظت‌های

۵۰ و ۱۵۰ میکرومول هورمون سیتوکینین و جیبرلین آماده شد و بذرهای با غلظت‌های متفاوت هورمون سیتوکینین و جیبرلین به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تیمار شدند (Alivand et al., 2012). در پایان این مدت تمامی بذور سه بار با آب معمولی و یکبار با آب مقطر شستشو و سپس بذور به مدت یک روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا خشک شوند. سپس بذرها بر روی کاغذ صافی استریل درون هر پتری قرار داده شدند و ۵ میلی لیتر ساکارز ۲ درصد به هر پتری اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی قرار داده شدند. در پایان مدت آبیگری بذرها در نیتروژن مایع منجمد شدند و تا زمان انجام آزمایش در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز از روش Bernal و همکاران (۲۰۰۰) استفاده شد.

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از برنامه آماری MSTAT-C تجزیه شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شدند.

### نتایج

**آزمون اثر پیری تسریع شده بر شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام ذرت:** بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها (جدول ۱) تمام اثرات اصلی بر روی کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار شدند. اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت برای صفت وزن تر ساقه چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود.

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تیمار پیری زودرس بر شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام ذرت

میانگین مربعات (MS)								منابع	درجه
وزن خشک	وزن خشک	وزن تر	وزن تر	طول	وزن خشک	سرعت	درصد	آزادی	تغییرات
ساقه چه	ریشه چه	ساقه چه	ریشه چه	ساقه چه	ساقه چه	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی	(df)	(S.O.V)
۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴۷**	۶/۷۵۳**	۹/۶۵۸**	۱۲۶/۱۲۷**	۴۸۰/۵۰**	۱	رقم
۰/۰۰۰۰۶۶**	۰/۰۰۰۰۳۳**	۰/۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۸**	۶/۲۷۷**	۸/۱۲۹**	۱۲۸/۹۶۵**	۵۹۹۴/۳۳۳**	۳	پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۰۳۳**	۰/۰۰۰۰۰۳۳**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۶۷ ns	۰/۲۴۵ ns	۴/۳۹۱ ns	۳/۵۰ ns	۳	رقم × پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۱۲۵	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۴/۳۸۱	۷/۲۵	۲۴	خطا
								ضریب	
								تغییرات	-
								(درصد)	

ns: معنی دار نمی باشد \*\* معنی دارد در سطح احتمال ۱ درصد \* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام بالابود و با افزایش مدت زمان پیری زودرس (جدول ۲) کاهش معنی‌داری در میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی مشاهده شد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام ذرت (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه چه، طول ساقه چه و وزن تر ریشه چه) نشان داد که در شرایط بدون پیری میانگین

جدول ۲: اثر تیمارهای پیری زودرس بر میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام ذرت

وزن تر ریشه چه	طول ساقه چه	طول ریشه چه	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	تیمار پیری زودرس
(سانتی متر)	(سانتی متر)	(سانتی متر)	(تعداد بذر در روز)	(درصد)	(روز)
۰/۲۳۴ a	۳/۹۸ a	۵/۴۰ a	۲۰/۰۷ a	۹۱/۵۰ a	شاهد
۰/۲۲۲ a	۳/۷۸ a	۴/۶۲ b	۱۵/۴۶ b	۷۰/۷۵ b	۵
۰/۱۹۱ b	۲/۸۳ b	۴/۱۰ b	۱۳/۱۳ bc	۵۰/۰۰ c	۱۰
۰/۱۶۲ c	۲/۱۰ c	۳ c	۱۰/۶۳ c	۲۷/۷۵ d	۱۵

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارد

وزن تر ساقه چه ارقام ذرت کاهش یافت ولی کاهش وزن تر ساقه چه در رقم ۲۶۰ نسبت به رقم ۷۰۴ محسوس‌تر بود.

وزن تر ساقه چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن تر ساقه چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول ۳) نشان داد که در تیمار بدون پیری تفاوت بین دو رقم معنی دار بود و با افزایش مدت زمان پیری

جدول ۳: میانگین اثر متقابل ارقام ذرت و تیمار پیری زودرس بر وزن تر ساقه چه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه چه

وزن خشک ساقه چه (گرم)		وزن خشک ریشه چه (گرم)		وزن تر ساقه چه (گرم)		تیمار پیری زودرس (روز)
رقم ۲۶۰	رقم ۷۰۴	رقم ۲۶۰	رقم ۷۰۴	رقم ۲۶۰	رقم ۷۰۴	
۰/۰۱۹۷ b	۰/۰۲۹۰ a	۰/۰۳۹۳ b	۰/۰۳۵۶ a	۰/۱۶۱ b	۰/۱۹۱ a	شاهد
۰/۰۱۷۷ bc	۰/۰۲۶۲ a	۰/۰۲۶۱ c	۰/۰۱۹۷ e	۰/۱۴۹ c	۰/۱۶۸ b	۵
۰/۰۱۵۳ cd	۰/۰۲۰۵ b	۰/۰۲۳۲ cd	۰/۰۱۹۶ e	۰/۱۳۶ d	۰/۱۳۷ d	۱۰
۰/۰۱۲۹ d	۰/۰۱۸۸ b	۰/۰۲۰۴ de	۰/۱۵۳ f	۰/۱۲۶ e	۰/۱۲۰ e	۱۵

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارد

پنج روز و ده روز پیری زودرس در رقم ۲۶۰ وزن خشک ساقه چه کاهش محسوس تری را نسبت به وزن خشک ساقه چه رقم ۷۰۴ نشان داد. ولی در تیمار پانزده روز پیری زودرس میانگین وزن خشک ساقه چه رقم ۲۶۰ (۰/۰۰۱) گرم کاهش یافت و میانگین وزن خشک ساقه چه رقم ۷۰۴ (۰/۰۰۲) گرم کاهش یافت.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: تجزیه آماری نشان داد که ارقام از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ داشتند (جدول ۴).

وزن خشک ریشه چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک ریشه چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول ۳) نشان داد که در تیمار بدون پیری تفاوت بین دو رقم معنی دار شد. زمانی که بذرها به مدت پنج روز تحت تیمار پیری زودرس قرار گرفتند میانگین وزن خشک ریشه چه در هر دو رقم کاهش یافت ولی این کاهش در رقم ۲۶۰ محسوس تر بود.

وزن خشک ساقه چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک ساقه چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول ۳) نشان داد که در تیمار بدون پیری، تفاوت بین دو رقم معنی دار شد. نتایج نشان داد که در تیمار

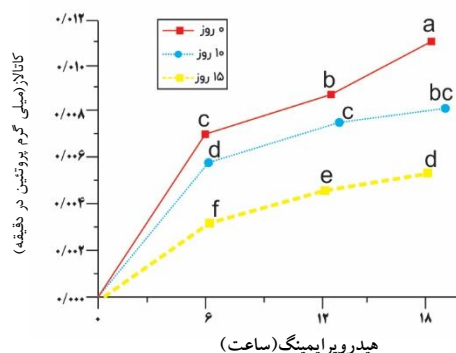
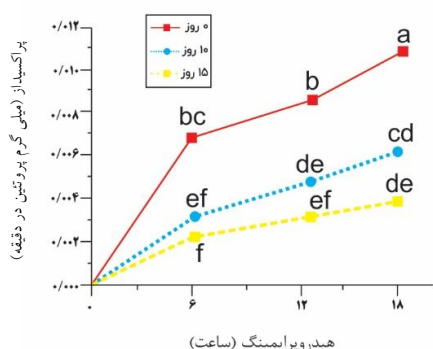
جدول ۴: تجزیه واریانس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذری با بنیه‌های متفاوت در مراحل اولیه جذب آب

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
فعالیت آنزیم پراکسیداز (میلی گرم پروتئین در دقیقه)	فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی گرم پروتئین در دقیقه)		
۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۳**	۲	پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۱۱**	۲	هیدرو پرایمینگ
۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۱۹**	۴	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۳۲**	۱	رقم
۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۲	رقم × پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۳۶ <sup>ns</sup>	۲	رقم × هیدرو پرایمینگ
۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱۵ <sup>ns</sup>	۴	رقم × هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس
۰/۰۰۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۰۵۵	۵۴	خطا
۸/۹۵	۶/۴۴	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns: معنی دار نمی‌باشد. \*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد. \*\*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

مقایسه میانگین ارقام از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد که رقم ۷۰۴ میانگین فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به رقم ۲۶۰ داشت. همچنین تیمارهای پیری زودرس از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۱٪ وجود داشت (جدول ۴). تیمار بدون پیری فعالیت آنزیمی بالاتری رانسبت به تیمارهای پیری نشان داد. نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری معنی دار

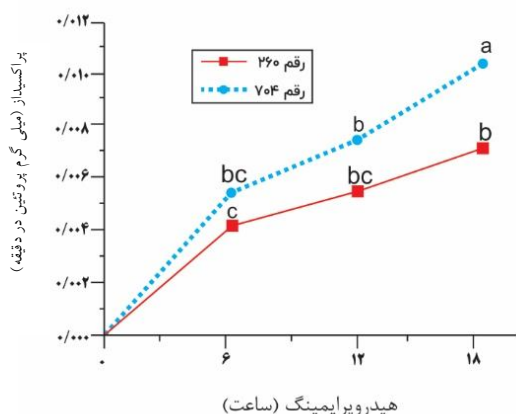
مقایسه میانگین ارقام از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد که رقم ۷۰۴ میانگین فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به رقم ۲۶۰ داشت. همچنین تیمارهای پیری زودرس از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۱٪ وجود داشت (جدول ۴). تیمار بدون پیری فعالیت آنزیمی بالاتری رانسبت به تیمارهای پیری نشان داد. نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری معنی دار



شکل ۱: فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در ارقام ذرت با بنیه‌های متفاوت در مراحل مختلف آبیگری بذر

رقم، زمان آبیگری و پیری زودرس از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار نشد. در این تحقیق مشخص شد که نقش آنزیم پراکسیداز در اثر زوال بذر با اهمیت بود. همچنین میزان فعالیت این آنزیم در مراحل اولیه جوانه‌زنی دورقم با بنیه پایین کاهش یافت. با افزایش ساعت آبیگری میزان فعالیت آنزیم در هر دو رقم افزایش یافت ولی میزان افزایش فعالیت در رقم ۷۰۴ از رقم ۲۶۰ بالاتر بود.

نتایج حاصل از تجزیه‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و زمان آبیگری معنی دار ( $P \leq 0/01$ ) بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و زمان آبیگری نشان داد که در زمان ۶ ساعت آبیگری تفاوت میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز بین دو رقم معنی دار نبود. با افزایش زمان آبیگری به ۱۲ ساعت و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم در هر دو رقم افزایش یافت. (شکل ۲). تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل شامل اثر متقابل رقم و پیری زودرس و اثر متقابل



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام و زمان آبگیری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

جدول ۵: تجزیه واریانس اندازه گیری فعالیت آنزیم های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذر ذرت با بنه های متفاوت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین.

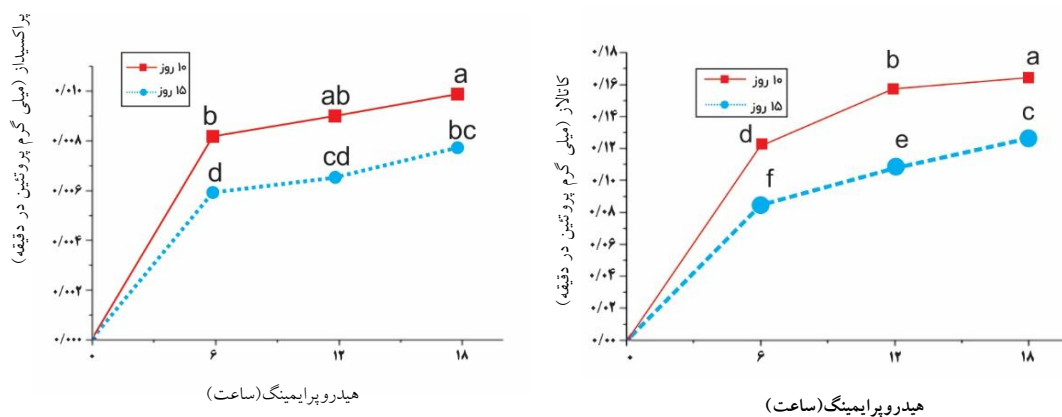
میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منابع تغییرات
فعالیت آنزیم کاتالاز	فعالیت آنزیم پراکسیداز	(df)	(S.O.V)
۰/۰۱۵*	۰/۰۰۰۰۴**	۲	هیدروپرایمینگ
۰/۰۳۴**	۰/۰۰۰۰۲**	۱	پیری زودرس
۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۵**	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس
۰/۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۳**	۱	غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۳**	۲	هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱	پیری زودرس × غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت هورمون
۰/۰۴۵**	۰/۰۰۰۰۰۵**	۱	رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۳۳**	۲	هیدرو پرایمینگ × رقم
۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱	پیری زودرس × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱	غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱	پیری زودرس × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳	۷۲	خطا
۱/۹۵	۶/۳۲	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns: معنی دار نمی باشد. \*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد \*\*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

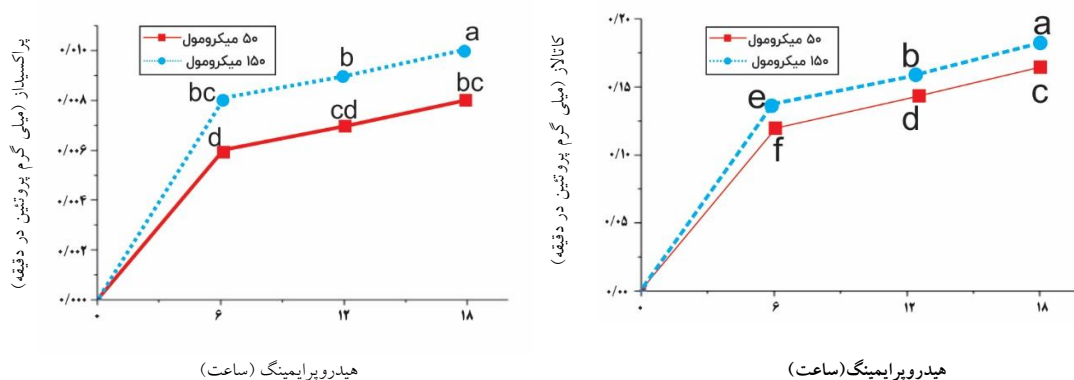
و ۶ ساعت آبگیری فعالیت آنزیمی به ترتیب به (۰/۰۰۸۳) و (۰/۰۰۶۰) میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبگیری در ۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافت (شکل ۳).

فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار بذر با هورمون سیتوکینین: نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بذرهای زوال یافته زمانی که با هورمون سیتوکینین تیمار شدند فعالیت آنزیمی بالاتری را نشان دادند به طوری که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز





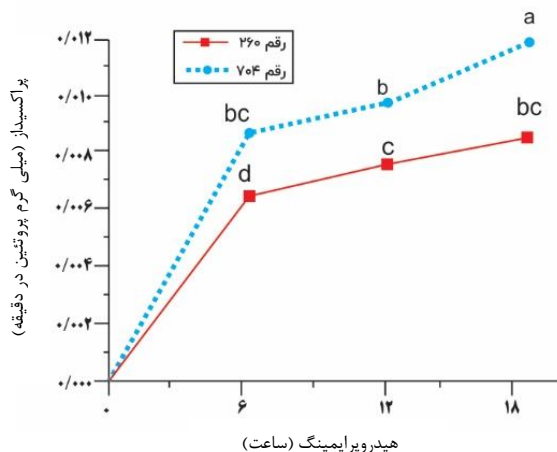
شکل ۳: فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در ارقام ذرت با بنه‌های متفاوت در مراحل مختلف آبیگری بذر تحت تیمار با هورمون سیتوکینین



شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیگری و غلظت هورمون سیتوکینین بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز

که اثر متقابل رقم و زمان آبیگری تحت تیمار با هورمون سیتوکینین معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش ساعت آبیگری از ۶ به ۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در هر دو رقم افزایش یافت و از لحاظ مقایسه بین دو رقم، رقم ۷۰۴ فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به رقم ۲۶۰ نشان داد. تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار نشد (شکل ۵).

اثر متقابل زمان آبیگری و غلظت هورمون اثر معنی‌داری ( $P \leq 0.01$ ) داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار ۶ ساعت آبیگری و غلظت هورمون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به  $(0.0059)$  و  $(0.008)$  میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبیگری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بذره‌های ذرت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین افزایش یافت (شکل ۴). همچنین نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد



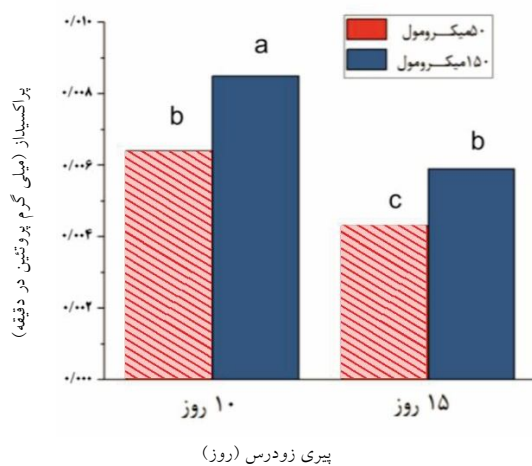
شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام و زمان آبیگری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار با هورمون سیتوکینین

جدول ۶: تجزیه واریانس اندازه گیری فعالیت آنزیم های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذر ذرت با بنیه های متفاوت تحت تیمار با هورمون جیبرلین

میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (S.O.V)
فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی گرم پروتئین در دقیقه)	فعالیت آنزیم پراکسیداز (میلی گرم پروتئین در دقیقه)		
۰/۰۰۱۴*	۰/۰۰۰۰۲**	۲	هیدرو پرایمینگ
۰/۰۰۳۹**	۰/۰۰۰۰۳**	۱	پیری زودرس
۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس
۰/۰۰۱۳**	۰/۰۰۰۰۲**	۱	غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۵**	۱	پیری زودرس × غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت هورمون
۰/۰۰۰۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵**	۱	رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۱۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۱۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳**	۱	پیری زودرس × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ <sup>NS</sup>	۱	غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۷ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳ <sup>NS</sup>	۱	پیری زودرس × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۲	هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت هورمون × رقم
۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۴۱	۷۲	خطا
۲/۴۵	۴/۸۱	-	ضریب تغییرات (درصد)

NS: معنی دار نمی باشد. \*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد \*\*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

آنزیم پراکسیداز شد (شکل ۶). همچنین نتایج تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و رقم تحت تیمار با هورمون جیبرلین از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز اثر معنی داری ( $P \leq 0/1$ ) داشت (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار با هورمون جیبرلین در رقم ۲۶۰ (۰/۰۰۶۶) میلی گرم پروتئین در دقیقه و در رقم ۷۰۴ (۰/۰۰۸۳) میلی گرم پروتئین در دقیقه بود و در تیمار ۱۵ روز پیری زودرس میزان فعالیت این آنزیم در هر دو رقم کاهش یافت. ولی رقم ۷۰۴ فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به رقم ۲۶۰ نشان داد (شکل ۷).

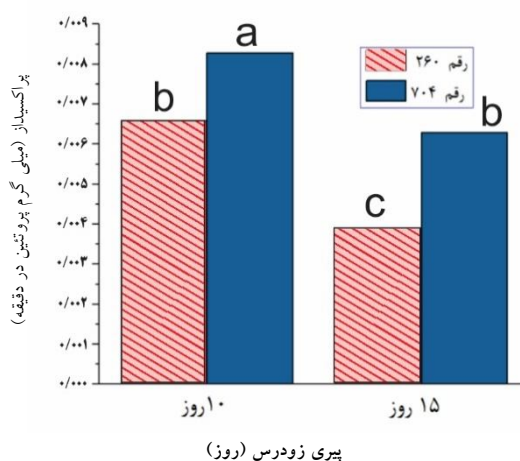


شکل ۶: مقایسه میانگین اثر متقابل پیری زودرس و غلظت هورمون جیبرلین بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

میانگین از فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به رقم ۲۶۰ برخوردار بود. میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم ۷۰۴ (۰/۱۳۲) و در رقم ۲۶۰ (۰/۰۹۰) میلی گرم پروتئین در دقیقه بود. همچنین بین تیمارهای پیری زودرس از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۴).

فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار بذر با هورمون جیبرلین: تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل هورمون جیبرلین و پیری زودرس از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز اثر معنی داری ( $P \leq 0/1$ ) داشت (جدول ۶).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و غلظت هورمون ۵۰ میکرومول و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰۶۴) و (۰/۰۰۸۵) میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و در تیمار پیری زودرس ۱۵ روز و غلظت هورمون ۵۰ میکرومول و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰۴۳) و (۰/۰۰۵۹) میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید. تیمار پیری زودرس سبب کاهش فعالیت



شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل پیری زودرس و ارقام بر فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار با هورمون جیبرلین

تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار نشده است.

فعالیت آنزیم کاتالاز: تجزیه آماری نشان داد که ارقام از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین ارقام از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که رقم ۷۰۴

تیمار بدون پیری فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به تیمار پیری زودرس نشان داد. فعالیت آنزیمی تیمار بدون پیری (۰/۱۴۵) و در تیمار ۱۰ روز پیری به (۰/۱۱۳) و در تیمار ۱۵ روز پیری به (۰/۰۷۴) میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید. نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری معنی دار ( $P \leq 0/01$ ) بود (جدول ۴). در تیمار بدون پیری و ۶ ساعت آبیگری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۱۱۷) میلی گرم پروتئین در دقیقه و در تیمار ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری و ۶ ساعت آبیگری به ترتیب به (۰/۰۹۵) و (۰/۰۵۵) میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید. تفاوت میانگین‌ها در این تیمارها معنی دار بود. با افزایش ساعت آبیگری به ۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار بدون پیری و تیمارهای ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری افزایش یافت به طوریکه در ۱۸ ساعت آبیگری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار بدون پیری به ۰/۱۷۵ میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و در تیمارهای ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری به ترتیب به ۰/۱۲۸ و ۰/۰۹۳ میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید (شکل ۱). تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل، شامل اثر متقابل رقم و پیری زودرس و اثر متقابل رقم و زمان آبیگری و همچنین اثر متقابل رقم، زمان آبیگری و پیری زودرس از لحاظ فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار نشد.

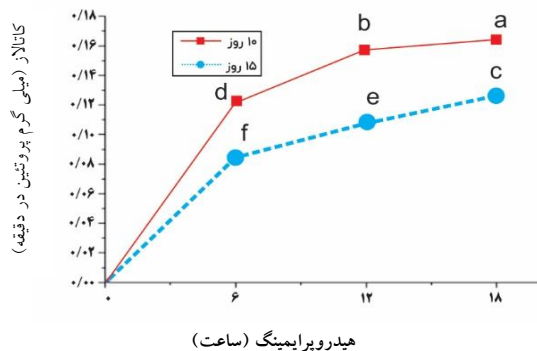
**فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تیمار بذر با هورمون سیتوکینین:** نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری تحت تیمار با هورمون سیتوکینین معنی دار ( $P \leq 0/1$ ) شد (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بذرها زوال یافته زمانی که با هورمون سیتوکینین تیمار می‌شوند فعالیت آنزیمی بالاتری را نشان می‌دهند بطوری که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز و ۶ ساعت آبیگری فعالیت آنزیم کاتالاز به ترتیب به

۰/۱۵۰ و ۰/۱۰۷ میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبیگری در ۱۲ ساعت و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت (شکل ۳). اثر متقابل زمان آبیگری و غلظت هورمون اثر معنی داری ( $P \leq 0/1$ ) داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار ۶ ساعت آبیگری و غلظت هورمون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم کاتالاز به ۰/۱۱۹ و ۰/۱۳۹ میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبیگری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از بذرها ذرت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین افزایش یافت (شکل ۴).

تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل دوگانه، سه گانه از لحاظ فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار نشدند.

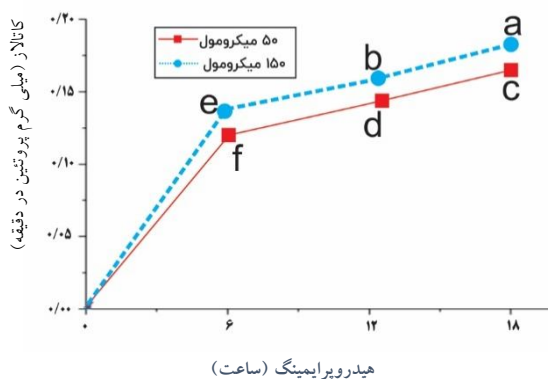
**فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تیمار بذر با هورمون جیبرلین:** نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری تحت تیمار با هورمون جیبرلین معنی دار ( $P \leq 0/01$ ) شد (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بذرها تحت تیمار با هورمون جیبرلین با ۶ ساعت آبیگری در تیمار با پیری زودرس ۱۰ و ۱۵ روز به ترتیب فعالیت آنزیمی (۰/۱۲۴) و (۰/۰۸۶) میلی گرم پروتئین در دقیقه داشتند. با افزایش زمان آبیگری به ۱۲ ساعت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به ۰/۱۵۷ و ۰/۱۱۰ میلی گرم پروتئین در دقیقه رسید و در تیمار آبیگری ۱۸ ساعت این میزان فعالیت به ۰/۱۶۵ و ۰/۱۲۸ میلی گرم پروتئین در دقیقه در تیمارهای پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز رسید، بنابراین افزایش ساعت آبیگری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای پیری زودرس شد (شکل ۸). اثر متقابل زمان آبیگری و غلظت هورمون اثر معنی داری ( $P \leq 0/01$ ) داشت (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه

پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبیگری بذرهای تحت تیمار با غلظت‌های هورمون جیبرلین فعالیت آنزیمی بالاتری را نشان دادند (شکل ۹).



شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبیگری بر فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تیمار با هورمون جیبرلین

میانگین نشان داد که در تیمار ۶ ساعت آبیگری و غلظت هورمون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم کاتالاز به (۰/۰۹۲) و (۰/۱۱۸) میلی گرم



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبیگری و غلظت هورمون جیبرلین بر فعالیت آنزیم کاتالاز

## بحث

نگهداری بذر تحت شرایط نامناسب سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، و وزن خشک ساقه‌چه، نسبت به نگهداری تحت شرایط بهینه شد. شاخص‌های جوانه‌زنی از پارامترهای مهم کیفیت بذر می‌باشند که از اهمیت خاصی برخوردار است. قدرت بذر تحت تاثیر پیری و زوال بذر می‌باشد و در پی آن شاخص جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Rastegar et al., 2011). کاهش درصد جوانه‌زنی بر اثر زوال در اکثر تحقیقات مشاهده شده است که از دلایل اصلی آن می‌توان به پراکسیداسیون چربی‌ها، خسارت به غشاهای سلولی، آسیب به فرایند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیر فعال شدن آنزیم‌ها اشاره کرد (Lehner et al., 2008). مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شده است که کاهش سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل وقفه ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده شده ایجاد می‌شود (Bailly et al., 2000). در این ارتباط

Krishnan و همکاران (۲۰۰۳) علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تحت حرارت و رطوبت بالا را به از دست رفتن قابلیت حیات بذر نسبت دادند. همچنین Krishnan و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که از دست رفتن ساختار غشاء سلولی سبب کاهش قابلیت حیات بذر شد. Hampton و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه بر روی بذر نخود نتایج مشابهی را ارائه دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری بذر تحت شرایط پیری زودرس سبب از دست رفتن قابلیت حیات بذر و افزایش زوال بذر شد. استفاده از تیمارهای هورمون پرایمینگ سبب افزایش در شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای زوال یافته شد (Ansari and Sharifzadeh, 2012). پرایمینگ فعالیت آنزیم‌ها را افزایش داده و اثرات پراکسیداسیون چربی‌ها را خنثی می‌کند. ثابت شده است که بعضی از پاسخ‌ها به فرسودگی بذرهای در طول مدت انبارداری و از طرف دیگر ترمیم پذیری در طول مدت هیدروپرایمینگ و یا پرایمینگ با انواع مختلف آنتی‌اکسیدانت‌ها شامل ویتامین‌ها، پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها

1997). بنابراین تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نیز بر همین اساس می‌باشد. پرایمینگ با کاهش عوارض زوال موجب ترمیم بیان ژن‌های مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. همچنین پرایمینگ موجب کاهش خسارت غشای سلولی شده و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن را کاهش می‌دهد و از این طریق می‌تواند موجب افزایش جوانه‌زنی شود. آنتی‌اکسیدانت‌ها می‌توانند با کم کردن میزان رادیکال‌های آزاد از فرسودگی بذر جلوگیری و روند آن را کندتر کنند (Thiayarajeh and Kapilon, 2015).

#### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای بدون پیری بالاتر از تیمار پیری بود. بنیه ضعیف بذر سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد. همچنین میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در رقم ۷۰۴ بالاتر از رقم ۲۶۰ بود. پرایم بذرهای زوال یافته با هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز و کاتالاز شد. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از ابتدای جذب آب توسط بذر بیانگر اهمیت آن‌ها در کاهش نقش تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و حفظ غلظت آن‌ها در حد بهینه بود.

و هورمون‌ها ارتباط دارد (Alivand et al., 2012). Khajeh و همکاران (۲۰۱۵) اثر هورمون پرایمینگ بر روی بذرهای زوال یافته گلرنگ مورد بررسی قرار دادند. تیمار با هورمون جیبرلین سبب افزایش فعالیت آنزیمی در بذرهای زوال یافته شد. Begum و همکاران (2014) اثر زوال بذر را در بذرهای بادام زمینی بر تغییرات آنزیمی مورد بررسی قرار دادند، طبق یافته این محققین زوال بذر سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و افزایش فعالیت آنزیم لپاز شد.

تحقیقات نشان داده است پرایمینگ سبب کاهش فرسودگی و بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. پرایمینگ با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها موجب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شود (Hsu et al., 2003). تنش‌های محیطی که فرسودگی نیز از آن جمله است موجب افزایش انواع اکسیژن فعال می‌شود. اکسیژن فعال نیز موجب انتقال سیگنال شده و پاسخ دفاعی را فعال می‌کند. افزایش پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های آزاد در سیتوپلاسم در طی فرسودگی، منجر به غیرفعال شدن فعالیت‌های فتوسنتتیک شده و عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را سبب می‌شود. همچنین کاهش پیوستگی پروتئین‌ها در طی فرسودگی اتفاق افتاده و باعث افزایش حساسیت پروتئین‌ها به آنزیم‌های تجزیه‌کننده می‌گردد و در نهایت کاهش قوه نامیه بذر مشاهده می‌شود (Berlette and Stadtman,

#### References

Arora, A., Sariam, R.K. and Srivastava, G. (2002). Oxidative stress and antioxidant system in plants. *Current Science Bangalore*, 82(10): 1227-1238.

Ansari, O. and Sharifzadeh, F. (2012). Enzyme activity and germination characteristics improved with treatment that extend vigor of primed Mountain Rye Seeds aging. *Journal of Plant Physiology*, 25(3): 1-6.

Afzal, I., Basra, S., Farooq, M. and Nawaz, A. (2006). Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agricultural and Biology*, 1:23-28.

Alivand, R., Tavakol Afshari, R. and Sharifzadeh, F. (2012). Effect of gibberellin, salicylic acid and ascorbic acid on seed germination characteristics in

- deteriorated rape seed. Iranian Journal of Field Crop Science. 43(4):561-571.
- Bai Ily, C. (2004).** Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research, 14: 93-107.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. and Come, D. (2000).** Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed as affected by priming. Seed Science Research, 10:35-42.
- Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. (2003).** Assessment of cotton seed deterioration during accelerated. Seed Science and Technology, 31:531-540.
- Bernal, L., Camacho, A. and Carhallo, A. (2000).** Effect of seed aging on the enzymic antioxidant System of maize cultivars. PP.157-160 In: Black, M., K.j. Brad ford. and J. Vazgez- Ramos (eds). CABI Publishing . HK.
- Begum, M., Balamurugan, P., Vanagamadi, K., Prabakar, K. and Ramakrishnan, R. (2014).** Enzyme changes during seed storage in ground nut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Applied and Natural Science, 6 (2):748-750.
- Berlette, B.S. and Stadtman, E.R. (1997).** Protein oxidation in aging disease, and oxidative Strees.The Journal of Biological Chemistry, 272-20313-20316
- Corbineau, F., Gay mathieu, C., Vinel, D. and Come, D. (2002).** Decrease in Sunflower seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, member damage and lipid composition. Physiological Plantarum, 116: 489-496.
- Chen, J., Cheng, Z. and Zhong, S. (2007).** Effect of exogenous salicylic acid on growth and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. Journal of Environmental Sciences, 12: 44-49.
- Esvand, H.R., Alizadel, M.A. and Fekri, A. (2010).** How hormonal of aged and non aged seeds of brome grass affects Seedling. Physiological Characters. Journal of New Seeds, 1: 52-64.
- Hampton, J.C., Cookson, W.R., Raula, A.G., Rowrth, J.S., Meyill, C.R. and Hill, M.J. (2002).** Temperature and time variable for accelerated aging testing of perennial ryegrass. Seed Science and Technology, 28: 861-863.
- Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J. and Suny, J.M. (2003).** Accelerated aging enhanced lipid peroxidation in bitter gourd seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. Scientia Horticulture, 8:201-212.
- Kapoor, N., Arya, A., Siddigui, M.A., Amir, A. and Kumar, H. (2010).** Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated aging. Asian Journal of Plant Science, 9(3):158-162.
- Kang, G.Z., Wang, Z.X., Xia, K.F. and Sun, G.C. (2007).** Protection of ultrastructure in chilling- stressed banana levels by salicylic acid .Journal of Zhejiang University Science B, 8(4):277-282.
- Khajeh, M., Tabatabaei, S.A., Ansari, O. and Sharifzadeh, F. (2015).** Improvement of germination characteristics and enhacement of antioxidant enzymes activity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) aged seeds by use of gibberellin. Cerctari Agronomic in Moldova, 3(163).33-41.
- Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M. and Moharir, A.V. (2003).** Characterization of wheat (*Triticum aestivum* L.) and soybean (*Glycine max* L.) seeds under accelerated aging condition by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Science and Technology, 31:541-550.
- Lehner, A., Mamadou, N.P. and Corbineau, F. (2008).** Change in soluble carbohydrates lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during aging in wheat grains. Journal of Cereal Science, 47: 555-565.
- McDonald, M.B. (1999).** Seed deterioration, physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27:177-237.
- Modarresi, R., Rucher, M. and Tchrorry, D.M. (2002).** Accelerating aging test for comparing wheat seed vigor. Seed Science and Technology, 30:683-687
- Nichols, M.A. and Heydecker, W. (1968).** Two approaches to the study of germination date.Internaional Seed Testing Association, 33:531-540.
- Rastegar, Z., Sedghi, M. and Khomari, S. (2011).** Effects of accelerated aging on Soybean Seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae, (3): 126-129.
- Rouhi, H.R., Abountalebian, M.A. and Moosavi, S.A. (2012).** Change in several antioxidant enzymes activity of Berseem Clover (*Trifolium alexandrinum* L.) by priming. International Journal of Agriculture Science, 2(3):237-243.
- Seidat, S.A., Moosalei, A. and Sharifzadeh, F. (2012).** Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different treatments. Research Journal of Seed Science, 5(2): 51-62.

- Schopfer, P., Plachy, C. and Frahry, G. (2001).** Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxide, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germination radish seeds controlled by light, gibberellin and abscisic acid. *Plant Physiology*, 125: 1591-1602.
- Tavakol Afshari, R., Rashidy, S. and Majnon Hoseini, N. (2007).** Effect of abscisic acid and cytokinin on seed germination and vigor of deterioration rape seed high drought Stress. *Journal of Agronomy Science*, 32:167-176.
- Thiayarajeh, M. and Kapilan, R. (2015).** Effect of aging on the germination characteristics and enzyme activity of sunflower seeds. *International Journal of Research and Innovations in Earth Science*, 2(6): 147-150.
- Vandenbeeke, S., Vanderauwera, S., Vaylsteke, M. and Vanbreasegem, F. (2004).** Catalase deficiency drastically affects gene expression induced by high light in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 39(1): 45-58.