نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۶، زمستان ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۲۵ -۱۱۰

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

سعیده رشیدی[1]*

[1]گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰٤/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۹

چکیده

زوال بذر یکی از عوامل کاهش دهنده بنیه و محدودکننده جوانه‌زنی در بذر می‌باشد. شناسایی عوامل تاثیر گذار بر زوال بذر بسیار با اهمیت است. به‌منظور بررسی اثر هورمون‌های گیاهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بذور فرسوده ذرت آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران انجام گرفت. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل عامل رقم در دو سطح (رقم ۷۰٤ و رقم ۲٦۰)، عامل پیری زودرس در ٤ سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) و عامل هورمون در دو سطح (هورمون جیبرلین و هورمون سیتوکینین) بودند. زوال بذر سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت پراکسیداز و کاتالاز شد. تیمار بذرهای زوال یافته با هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان شد. هورمون سیتوکینین نسبت به هورمون جیبرلین اثربیشتری بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در بذرهای زوال یافته داشت. نتایج نشان داد که بنیه ضعیف بذر سبب کاهش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود و هورمون‌های گیاهی می تواند به عنوان یک رهیافت زراعی سبب جبران خسارت در بذرهای با بنیه پایین استفاده شود. همچنین طبق نتایج بدست آمده رقم ۷۰٤ با بنیه بالاتر فعالیت آنزیمی بیشتری را نسبت به رقم ۲٦۰ نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، جیبرلین ، ذرت، زوال بذر، سیتوکینین

مقدمه

ارزیابی کیفیت بذر جایگاه ویژه‌ای در تولید و کنترل و گواهی بذر دارد. بذرهای اغلب گیاهان معمولا پس از برداشت به مدت چند روز تا چند ماه یا سال در انبار نگه‌داری می‌شوند. شرایط محیطی نگهداری بذر تعیین کننده مدت زمانی است که جوانه‌زنی و قدرت آن حفظ می‌شود. زوال بذر در طی انبارداری باعث کاهش کیفیت بذر می‌شود. زوال بذر شامل برخی تغییرات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی، نظیر 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 بذرها تحت شرایط تنش، کاهش درصد استقرار بوته و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد و در صورت زوال شدید ممکن است هیچ بذری جوانه نزند (Corbineau et al., 2002). طی زوال بذر تعداد زیادی گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شوند که سبب پراکسیداسیون لیپیدها

*نویسنده مسئول: rashidi_saedeh@yahoo.com

می‌شوند. رادیکالهای‌آزاد 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 (Bailly, 2004). آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردواکتاز و سایر آنزیم‌ها باعث حذف و غیرفعال شدن انواع فعال اکسیژن می‌شوند (Bailly, 2000; McDonald, 1999). موفقیت در جوانه‌زنی به مکانیسم آنتی‌اکسیدانی گیاهی که به هنگام جوانه‌زنی در گیاه فعال‌است بستگی‌زیادی دارند. همچنین گزارش شده است که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت 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 بذرهای زوال یافته می‌شود (Ansari and Sharifzadeh, 2012; Seiadat et al., 2012; Kang et al., 2007). خیساندن بذور با مطلوب‌ترین غلظت هورمون‌های رشد گیاهی افزایش جوانه‌زنی و همچنین افزایش کارایی و رشد و عملکرد را در پی‌دارد. هورمون‌های گیاهی که به‌طور معمول برای پرایمینگ استفاده می‌شوند شامل اکسین، جیبرلین سیتوکینین، اسید آبسیزیک، 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 گلوتاتیون ردواکتاز و آسکوربات پراکسیدازدر بذر می‌شود، این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش داده و در نتیجه موجب افزایش درصد جوانه‌زنی خواهند شد (Rouhi etal., 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 آبسیزیک سبب ترمیم بذرهای 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 پی پی‌ام 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 نهاده مهم کشاورزی و نقش کلیدی بذرهای سالم در عملکرد در این تحقیق از طریق اجرای آزمایش اثر هورمون‌های گیاهی به‌عنوان یک رهیافت کاربردی جهت بهبود بنیه

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 فعالیت‌های‌آنزیمی بذرهای ارقام ذرت با بنیه‌های متفاوت از دو رقم بذر استفاده شد. ارقام مورد استفاده در این مطالعه شامل رقم هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ و رقم هیبرید سینگل کراس ۲٦۰ بودند. بذرها از موسسه اصلاح و نهال بذر کرج تهیه گردید.. 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[1] (AAT) به‌صورت 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 ٤ سطح زمان پیرشدن (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) بود (Modaresi et al., 2002). به‌منظور انجام آزمون پیری زودرس ٤۰ 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 ٤۰ 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 به‌عنوان جوانه‌زنی بذر تلقی و در پایان روز هفتم بذرهای جوانه زده شمارش شدند. به منظور محاسبه سرعت جوانه‌زنی[2] 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[3] 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 ریشه‌چه و وزن خشک ساقه چه برحسب گرم با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

$$GR = \sum \frac{N_i}{T_i}$$ فرمول ۱

N_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک بازه زمانی مشخص

T_i: تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی

GR: سرعت جوانه‌زنی

$$GP = \frac{S}{T} \times 100$$ 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 کاملا تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم بذر ذرت، سه تیمار پیری زودرس در سه سطح

1. Accelerated Aging Test

2. Germinaition Rate

3. Germinaition Percentage

بدون پیری، ۱۰ روز پیری و ۱۵ روز پیری و تیمار جذب آب در سه زمان ٦، ۱۲ و ۱۸ ساعت بودند. تعداد ۱۰۰عدد بذر از هر رقم بر روی کاغذ صافی استریل درون هر پتری قرار داده شدند و ۵ میلی‌لیتر ساکارز ۲ درصد به هر پتری اضافه شد. سپس نمونه‌ها دردمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی قرار داده شدند. در پایان مدت آبگیری بذرها در نیتروژن مایع منجمد و تازمان انجام آزمایش در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نمونه‌ها درهاون چینی به وسیله ازت مایع کاملا پودر شدند و سپس ۳ میلی‌لیتر بافرتریس به آن اضافه شد. سپس محلول به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی گراد 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 ٤۷۰ و ۲٤۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

آزمایش بررسی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در بذرهای پیرشده تیمار شده با هورمون سیتوکینین و جیبرلین: این بررسی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ٤ 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 ٦، 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 به‌مدت ۲٤ 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 سانتی گراد نگهداری شدند تا خشک شوند. سپس بذرها بر روی کاغذ صافی استریل درون هر پتری قرار داده شدند و ۵ میلی‌لیتر ساکارز ۲ درصد به هر پتری اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در شرایط تاریکی قرار داده شدند. در پایان مدت آبگیری بذرها در نیتروژن مایع منجمد شدند و تازمان انجام آزمایش در فریزر ۷۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. برای اندازه گیری 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

منابع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	وزن‌خشک ساقه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه چه	وزن خشک ساقه چه
رقم	۱	٤٨٠/٥٠**	١٢٦/١٢٧**	٩/٦٥٨**	٦/٧٥٣**	٠/٠٤٧**	٠/٠٠١**	٠/٠٠٠١*	٠/٠٠٠١**
پیری زودرس	۳	٥٩٩٤/٣٣٣**	١٢٨/٩٦٥**	٨/١٢٩**	٦/٢٧٧**	٠/٠٠٨**	٠/٠٠٤**	٠/٠٠٠٣٣**	٠/٠٠٠٠٦٦**
رقم× پیری زودرس	۳	٣/٥٠٠^{ns}	٤/٣٩١^{ns}	٠/٢٤٥^{ns}	٠/٠٦٧^{ns}	٠/٠٠٠١ ^{ns}	٠/٠٠١**	٠/٠٠٠٠٣٣**	٠/٠٠٠٠٠٣٣**
خطا	٢٤	٧/٢٥	٤/٣٨١	٠/١٦٥	٠/١٢٧	٠/٠٠٠١٢٥	٠/٠٠٠٠٠٤١	٠/٠٠٠٠٠٤١	٠/٠٠٠٠٠٠٤١
ضریب تغییرات (درصد)	–	٤/٤٩	٣/٥٢	٩/٥٣	١١/٣٠	٥/١٩	٤/٥٧	١١/٩٣	٣/٣٦

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

نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام ذرت (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه) نشان داد که در شرایط بدون پیری میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ارقام بالابود و با افزایش مدت زمان پیری زودرس (جدول ۲) کاهش معنی‌داری در میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی مشاهده شد.

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

تیمار پیری زودرس (روز)	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه چه (سانتی متر)	وزن تر ریشه‌چه (سانتی متر)
شاهد	٩١/٥٠ a	٢٠/٠٧ a	٥/٤٠ a	٣/٩٨ a	٠/٢٣٤ a
٥	٧٠/٧٥ b	١٥/٤٦ b	٤/٦٢ b	٣/٧٨ a	٠/٢٢٢ a
١٠	٥٠/٠٠ c	١٣/١٣ bc	٤/١٠ b	٢/٨٣ b	٠/١٩١ b
١٥	٢٧/٧٥ d	١٠/٦٣ c	٣ c	٢/١٠ c	٠/١٦٢ c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح۵درصد اختلاف معنی دار ندارد

وزن تر ساقه‌چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن تر ساقه چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول۳) نشان داد که در تیماربدون پیری تفاوت بین دو رقم معنی دار بود وبا افزایش مدت زمان پیری وزن تر ساقه چه ارقام ذرت کاهش‌یافت ولی کاهش وزن تر ساقه چه در رقم ٢٦٠ نسبت به رقم ٧٠٤ محسوس‌تربود.

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

تیمار پیری زودرس (روز)	وزن تر ساقه‌چه(گرم)		وزن خشک ریشه‌چه (گرم)		وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	
	رقم ۲٦۰	رقم ۷۰٤	رقم۲٦۰	رقم ۷۰٤	رقم ۲٦۰	رقم ۷۰٤
شاهد	۰/۱۹۱ a	۰/۱٦۱ b	۰/۰۳٥٦ a	۰/۰۳۹۳ b	۰/۰۲۹۰ a	۰/۰۱۹۷ b
۵	۰/۱٦۸ b	۰/۱٤۹ c	۰/۰۱۹۷ e	۰/۰۲٦۱ c	۰/۰۲٦۲ a	۰/۰۱۷۷ bc
۱۰	۰/۱۳۷ d	۰/۱۳٦ d	۰/۰۱۹٦ e	۰/۰۲۳۲ cd	۰/۰۲۰۵ b	۰/۰۱۵۳ cd
۱۵	۰/۱۲۰ e	۰/۱۲٦ e	۰/۱۵۳ f	۰/۰۲۰٤ de	۰/۰۱۸۸ b	۰/۰۱۲۹ d

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

وزن خشک ریشه‌چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک ریشه چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول۳) 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 ۲٦۰ محسوس‌تر بود.

وزن خشک ساقه‌چه: نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن خشک ساقه‌چه اثر متقابل رقم و بنیه‌های متفاوت (جدول ۳) نشان داد که در تیمار بدون پیری، تفاوت بین دو رقم معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که در تیمار پنج روز و ده روز پیری زودرس در رقم ۲٦۰ وزن خشک ساقه‌چه کاهش محسوس تری را نسبت به وزن خشک ساقه چه رقم ۷۰٤ نشان داد . ولی در تیمار پانزده روز پیری زودرس میانگین وزن خشک ساقه چه رقم ۲٦۰ (۰/۰۰۱) گرم کاهش یافت و میانگین وزن خشک ساقه چه رقم ۷۰٤ (۰/۰۰۲) گرم کاهش یافت.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: تجزیه آماری نشان داد که ارقام از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشتند (جدول ٤).

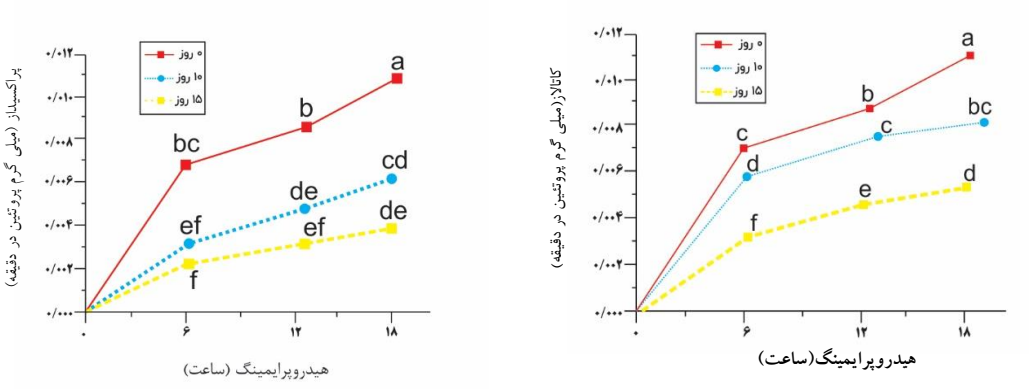
جدول ٤: تجزیه واریانس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذر ذرت با بنیه‌های متفاوت در مراحل اولیه جذب آب

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	
		فعالیت آنزیم پراکسیداز (میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
پیری زودرس	۲	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۳**
هیدرو پرایمینگ	۲	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۱۱**
هیدرو پرایمینگ× پیری زودرس	٤	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۰۱۹**
رقم	۱	۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۳۲**
رقم × پیری زودرس	۲	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۳٦ns
رقم × هیدرو پرایمینگ	۲	۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۳٦ns
رقم × هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس	٤	۰/۰۰۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۰۱۵ns
خطا	٥٤	۰/۰۰۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۰۵۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	۸/۹۵	٦/٤٤

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

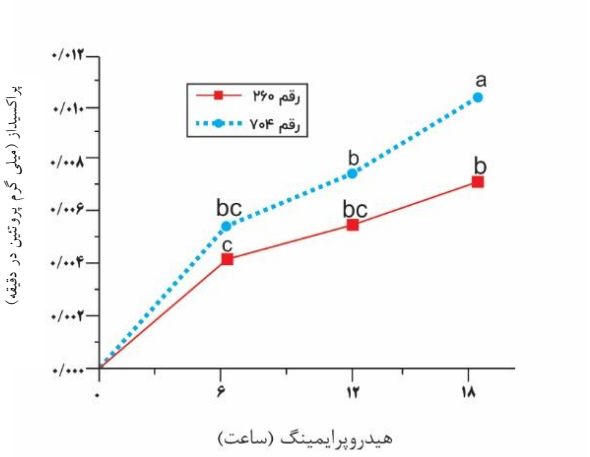
مقایسه میانگین ارقام از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد که رقم ۷۰٤ میانگین فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به رقم ۲٦۰داشت. همچنین بین تیمارهای پیری زودرس از نظر فعالیت آنزیم پراکسیداز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ٤). تیمار بدون پیری فعالیت آنزیمی بالاتری رانسبت به تیمارهای پیری نشان داد.

نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان دادکه اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبگیری معنی دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ٤). در تیمار بدون پیری و ٦ ساعت آبگیری میزان فعالیت آنزیم ۰/۰۰۵۹ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه و در تیمارهای ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری و ٦ ساعت آبگیری به ترتیب میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰۲٦) و (۰/۰۰۱٦) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید. با افزایش ساعت آبگیری به ۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار بدون پیری و تیمارهای ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری افزایش یافت (شکل ۱).



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

نتایج حاصل از تجزیه‌ها نشان داد که اثر متقابل رقم و زمان آبگیری معنی دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و زمان آبگیری نشان داد که در زمان ٦ ساعت آبگیری تفاوت میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز بین دو رقم معنی دارنبود. با افزایش زمان آبگیری به ۱۲ ساعت و۱۸ 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 رقم، زمان آبگیری 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 آبگیری میزان فعالیت آنزیم در هر دو رقم افزایش یافت ولی میزان افزایش فعالیت در رقم ۷۰٤ از رقم ۲٦۰ بالاتر بود.



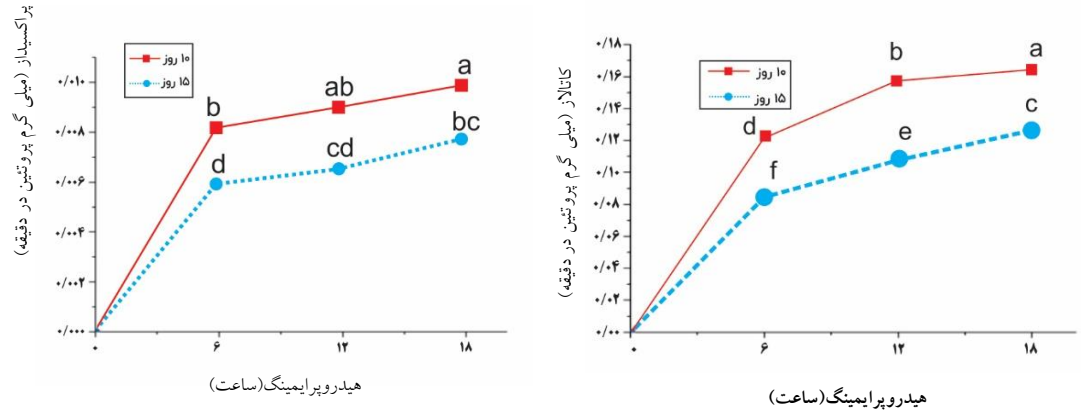
شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام و زمان آبگیری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

جدول ۵: تجزیه واریانس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذر ذرت با بنیه‌های متفاوت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین.

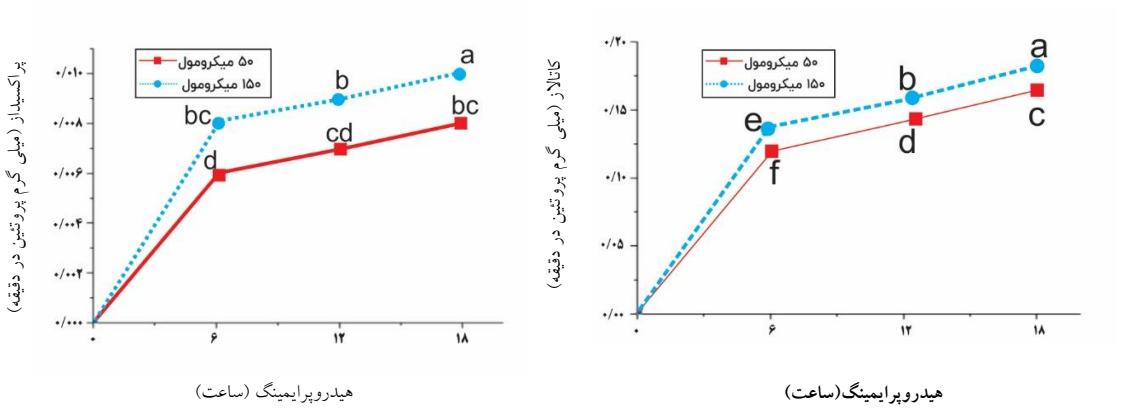
منابع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	
		فعالیت آنزیم پراکسیداز	فعالیت آنزیم کاتالاز
هیدروپرایمینگ	۲	۰/۰۰۰۰٤**	۰/۰۱۵*
پیری زودرس	۱	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۳٤**
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس	۲	۰/۰۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۱**
غلظت هورمون	۱	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۷**
هیدرو پرایمینگ× غلظت هورمون	۲	۰/۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۳**
پیری زودرس× غلظت هورمون	۱	۰/۰۰۰۰٤ns	۰/۰۰۰۰۰۰۲ns
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس× غلظت هورمون	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳ns
رقم	۱	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰٤۵**
هیدرو پرایمینگ × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۰۰۳٦ns
پیری زودرس × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰٤ns	۰/۰۰۳ns
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰٤ ns
غلظت هورمون× رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵ns
هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰۰۰۱ns
پیری زودرس × غلظت هورمون × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۰٤ns
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت‌هورمون × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۳ns
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۱٤
ضریب تغییرات (درصد)	–	٦/۳۲	۱/۹۵

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

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 تیمارشدند فعالیت آنزیمی بالاتری را نشان دادند به‌طوری‌که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز و ٦ ساعت آبگیری فعالیت آنزیمی به‌ترتیب به (۰/۰۰۸۳) و (۰/۰۰٦۰) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبگیری در ۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز افزایش یافت (شکل ۳).



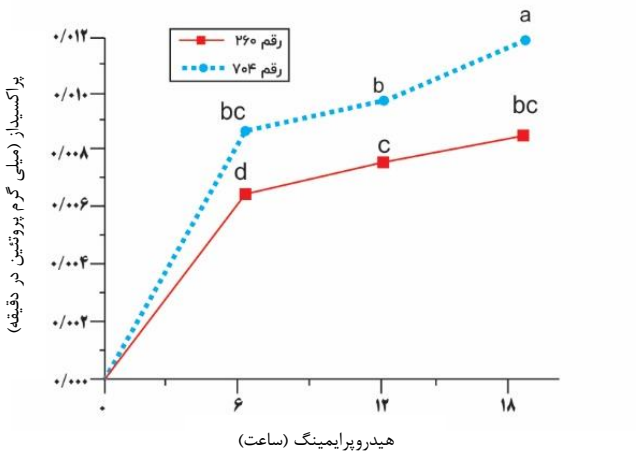
شکل ۳: فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در ارقام ذرت با بنیه‌های متفاوت در مراحل مختلف آبگیری بذر تحت تیمار با هورمون سیتوکینین



شکل ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبگیری و غلظت هورمون سیتوکینین بر فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز

اثر متقابل زمان آبگیری و غلظت هورمون اثر معنی داری (P≤۰/۰۱) داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار ٦ ساعت آبگیری و غلظت هورمون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰۵۹) و (۰/۰۰۸) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبگیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بذرهای ذرت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین افزایش یافت (شکل ٤).

همچنین نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل رقم و زمان آبگیری تحت تیمار با هورمون سیتوکینین معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش ساعت آبگیری از ٦ به۱۲ و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در هر دو رقم افزایش یافت و از لحاظ مقایسه بین دو رقم ،رقم ۷۰٤ فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به رقم ۲٦۰ نشان داد. تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار نشد (شکل ۵).



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

جدول ٦: تجزیه واریانس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در دو رقم بذر ذرت با بنیه‌های متفاوت تحت تیمار با هورمون جیبرلین

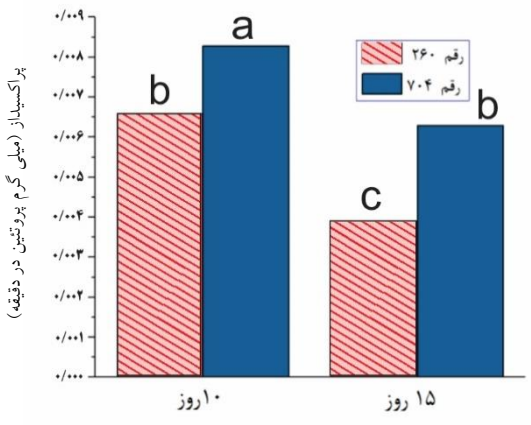
منابع تغییرات (s.o.v)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	
		فعالیت آنزیم پراکسیداز (میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)	فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)
هیدروپرایمینگ	۲	۰/۰۰۰۰۲**	۰/۰۰۱٤*
پیری زودرس	۱	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۳۹**
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس	۲	۰/۰۰۰۰۰٤ns	۰/۰۰۰۱**
غلظت هورمون	۱	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۱۳**
هیدرو پرایمینگ × غلظت هورمون	۲	۰/۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۳**
پیری زودرس× غلظت هورمون	۱	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰٤ns
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × غلظت هورمون	۲	۰/۰۰۰۰۰۰٦ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳ns
رقم	۱	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰٤۸ns
هیدرو پرایمینگ رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۱٤ns
پیری زودرس × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۱۵ns
هیدرو پرایمینگ × پیری زودرس × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۳ ns
غلظت هورمون × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰٤۱ns	۰/۰۰۰۰۰۲ns
هیدرو پرایمینگ ×غلظت هورمون × رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۷ns	۰/۰۰۰۰۰۰۲٤ns
پیری زودرس× غلظت هورمون × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۰۰۳ns
هیدرو پرایمینگ ×پیری زودرس × غلظت هورمون× رقم	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۰۱٦ns
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۰٤۱	۰/۰۰۰۰۲۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	٤/۸۱	۲/٤۵

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

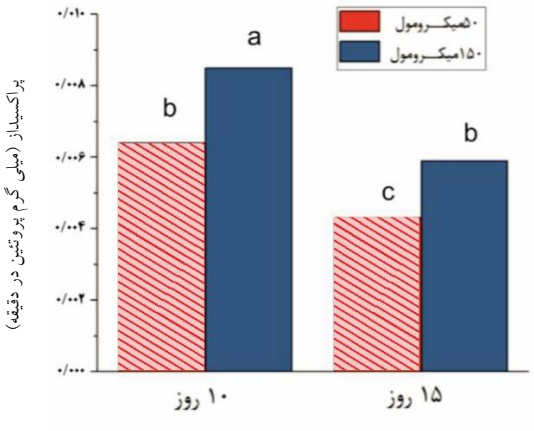
فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار بذر با هورمون جیبرلین: تجزیه‌های آماری نشان داد که اثر متقابل هورمون جیبرلین و پیری زودرس از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز اثر معنی‌داری (P≤۰/۱) داشت (جدول٦).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و غلظت هورمون ۵۰ میکرومول و ۱۵۰ میکرومول به‌ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰٦٤) و (۰/۰۰۸۵) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و درتیمار پیری زودرس ۱۵روز و غلظت هورمون ۵۰میکرومول و۱۵۰ میکرومول به‌ترتیب فعالیت آنزیم پراکسیداز به (۰/۰۰٤۳) و (۰/۰۰۵۹) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید. تیمار پیری زودرس سبب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد (شکل ٦). 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≤۰/۱) داشت (جدول ٦).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تیمار با هورمون جیبرلین در رقم ۲٦۰ (۰/۰۰٦٦) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه و در رقم ۷۰٤ (۰/۰۰۸۳) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بود و در تیمار ۱۵ روز پیری زودرس میزان فعالیت این آنزیم در هر دو رقم کاهش یافت. ولی رقم ۷۰٤ فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به رقم ۲٦۰ نشان داد (شکل ۷).



شکل ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل پیری‌زودرس و ارقام بر فعالیت آنزیم پراکسیدازتحت تیمار با هورمون جیبرلین



شکل ٦: مقایسه میانگین اثر متقابل پیری زودرس و غلظت هورمون جیبرلین بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

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 (جدول٤). مقایسه میانگین ارقام از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که رقم ۷۰٤ میانگین از فعالیت آنزیمی بالاتری نسبت به رقم ۲٦۰ برخوردار بود.. میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم ۷۰٤ (۰/۱۳۲) و در رقم ۲٦۰ (۰/۰۹۰) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بود . همچنین بین تیمارهای پیری زودرس از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ٤).

تیمار بدون پیری فعالیت آنزیمی بالاتری را نسبت به تیمار پیری زودرس نشان داد. فعالیت آنزیمی تیمار بدون پیری (۰/۱٤٥) و در تیمار ۱۰ روز پیری به (۰/۱۱۳) و در تیمار ۱۵ روز پیری به (۰/۰۷٤) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید. نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان دادکه اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبگیری معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول٤). در تیمار بدون پیری و ٦ ساعت آبگیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۱۱۷) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه و در تیمار ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری و ٦ ساعت آبگیری به ترتیب به (۰/۰۹۵) و (۰/۰۵۵) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید.تفاوت میانگین‌ها در این تیمارها معنی دار بود. با افزایش ساعت آبگیری 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 آبگیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار بدون پیری به ۰/۱۷۵ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و در تیمارهای ۱۰ روز و ۱۵ روز پیری به ترتیب به ۰/۱۲۸ و ۰/۰۹۳ میلی‌گرم 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 آبگیری و همچنین اثر متقابل رقم، زمان آبگیری و پیری زودرس از لحاظ فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار نشد.

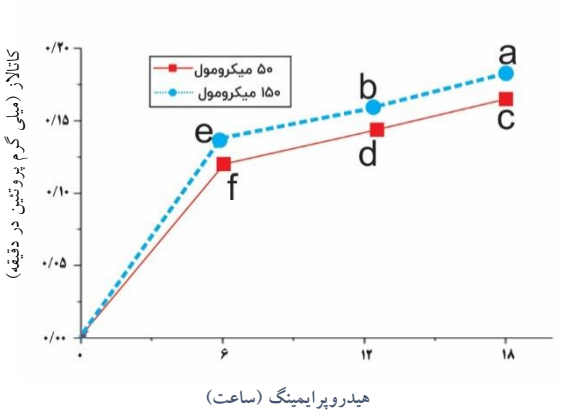
فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تیمار بذر با هورمون سیتوکینین: نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبگیری تحت تیمار با هورمون سیتوکینین معنی دار (P≤۰/۱) شد(جدول۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بذرهای زوال یافته زمانی که با هورمون سیتوکینین تیمار می‌شوند فعالیت آنزیمی بالاتری را نشان می‌دهند بطوری‌که در تیمار پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز و ٦ ساعت آبگیری فعالیت آنزیم کاتالاز به ترتیب به ۰/۱۵۰ و ۰/۱۰۷ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبگیری در ۱۲ ساعت و ۱۸ ساعت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت (شکل ۳).

اثر متقابل زمان آبگیری و غلظت هورمون اثر معنی‌داری (P≤۰/۱) داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که در تیمار ٦ ساعت آبگیری و غلظت هورمون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومول به ترتیب فعالیت آنزیم کاتالاز به ۰/۱۱۹ و ۰/۱۳۹ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و با افزایش ساعت آبگیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از بذرهای ذرت تحت تیمار با هورمون سیتوکینین افزایش یافت (شکل ٤).

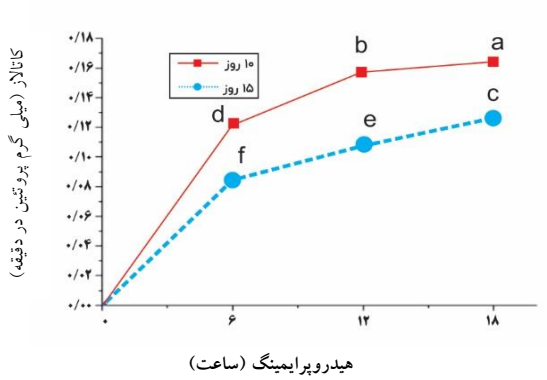
تجزیه‌های آماری نشان داد که سایر اثرات متقابل دوگانه، سه گانه از لحاظ فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار نشدند.

فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تیمار بذر با هورمون جیبرلین: نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که اثر متقابل پیری زودرس و زمان آبگیری تحت تیمار با هورمون جیبرلین معنی دار (P≤۰/۰۱) شد(جدول٦). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بذرها تحت تیمار با هورمون جیبرلین با ٦ ساعت آبگیری در تیمار با پیری زودرس ۱۰ و ۱۵ روز به ترتیب فعالیت آنزیمی (۰/۱۲٤) و (۰/۰۸٦) میلی‌گرم پروتئین در دقیقه داشتند. با افزایش زمان آبگیری به ۱۲ ساعت میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به ۰/۱۵۷ و ۰/۱۱۰ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه رسید و در تیمار آبگیری ۱۸ ساعت این میزان فعالیت به ۰/۱٦۵ و ۰/۱۲۸ میلی‌گرم پروتئین در دقیقه در تیمارهای پیری زودرس ۱۰ روز و ۱۵ روز رسید، بنابراین افزایش ساعت آبگیری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمارهای پیری زودرس شد (شکل ۸). اثر متقابل زمان آبگیری و غلظت هورمون اثر معنی داری (P≤۰/۰۱) داشت (جدول ٦). نتایج حاصل از مقایسه

میانگین نشان داد کـه در تیمـار ٦ سـاعت آبگیـری و غلظـت هورمـون ۵۰ و ۱۵۰ میکرومـول بـه ترتیـب فعالیت آنزیم کاتالاز به (۰/۰۹۲) و (۰/۱۱۸) میلی‌گـرم پروتئین در دقیقه رسید و با افـزایش سـاعت آبگیـری بذرها تحت تیمار بـا غلظـت‌هـای هورمـون جیبـرلین فعالیـت آنزیمـی بـالاتری را نشـان دادند(شـکل ۹).



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل زمان آبگیری و غلظت هورمون جبرلین بر فعالیت آنزیم کاتالاز



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

بحث

نگهداری بذر تحت شرایط نامناسب سبب کـاهش درصـد و سـرعت جوانـه‌زنی، طـول ریشـه‌چه، طـول سـاقه‌چه، وزن تـر ریشـه‌چه، وزن تـر سـاقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، و وزن خشـک سـاقه‌چه، نسـبت بـه نگهـداری تحـت شـرایط بهینـه شـد. شـاخص‌های جوانه‌زنی از پارامترهای مهم کیفیت بذر می‌باشـند کـه از اهمیت خاصی برخوردار است. قـدرت بـذر تحـت تاثیر پیری و زوال بذر می باشد و در پی آن شـاخص جوانه‌زنی کـاهش مـی‌یابـد (Rastegar et al., 2011). کاهش درصد جوانه‌زنی بر اثر زوال در اکثر تحقیقـات مشاهده شده است که از دلایل اصلی آن می تـوان بـه پراکسیداسیون چربی‌ها، خسارت به غشاهای سـلولی، آسیب به فرایند سنتز RNA، تخریب DNA، رسوب و غیر فعال شدن آنزیم‌هـا اشـاره کـرد (Lehner et al., 2008). مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شده اسـت که کاهش سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل وقفـه ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده شده ایجاد می‌شـود (Bailly et al., 2000). در ایـن ارتبـاط Krishnan و همکاران (۲۰۰۳) علت کاهش درصـد و سرعت جوانه‌زنی بذرها تحت حرارت و رطوبت بـالا را به از دست رفتن قابلیت حیات بـذر نسـبت دادنـد. همچنـین Krishnan و همکـاران (۲۰۰۳) گـزارش کردند که از دست رفتن ساختار غشـاء سـلولی سـبب کاهش قابلیت حیات بذرشـد. Hampton و همکـاران (۲۰۰۲) در مطالعه بر روی بذر نخود نتایج مشابهی را ارائه دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری بذر تحـت شـرایط پیـری زودرس سـبب از دست رفتن قابلیت حیات بذر و افزایش زوال بذرشد. استفاده از تیمارهای هورمون پرایمینگ سبب افـزایش در شاخص‌های جوانـه‌زنی بـذرهای زوال یافتـه شـد (Ansari and Sharifzadeh, 2012). پرایمینگ فعالیت آنزیم‌هـا را افـزایش داده و اثـرات پراکسیداسـیون چربی‌ها را خنثی می‌کند .ثابت شده است که بعضی از پاسخ‌ها به فرسودگی بذرها در طول مدت انبارداری و از طـرف دیگـر تـرمیم پـذیری در طـول مـدت هیدروپرایمینگ و یا پرایمینگ با انـواع مختلـف آنتـی اکسیدانت‌ها شامل ویتامین‌ها ،پلی فنل‌ها، فلاونوئیـدها

و هورمون‌هـا ارتبـاط دارد (Alivand et al., 2012).

Khajeh و همکاران (۲۰۱۵) اثر هورمون پرایمینگ را بر روی بذرهای زوال یافته گلرنگ مورد بررسی قـرار دادند. تیمار با هورمون جیبرلین سبب افزایش فعالیـت آنزیمـــی در بـــذرهای زوال یافتـــه شـــد. Begum و همکاران (2014) اثـر زوال بـذر را در بـذرهای بـادام زمینی بر تغییرات آنزیمی مـورد بررسـی قـرار دادنـد، طبق یافته این محققین زوال بذر سبب کاهش فعالیـت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و افزایش فعالیت آنـزیم لیپاز شد.

تحقیقات نشان داده است پرایمینگ سـبب کـاهش فرسودگی و بهبود درصد و سرعت جوانـه‌زنـی مـی-گردد. پرایمینگ با افزایش فعالیت آنتـی اکسـیدان هـا موجب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شود (Hsu et al., 2003). تنش‌های محیطی که فرسودگی نیـز از آن جملـه اسـت موجـب افـزایش انـواع اکسـیژن فعـال می‌شود. اکسیژن فعال نیز موجب انتقال سـیگنال شـده و پاسـخ دفـاعی را فعـال مـی‌کنـد. افـزایش پراکسـید هیدروژن و رادیکال‌های آزاد در سیتوپلاسـم در طـی فرسـودگی، منجـر بـه غیرفعـال شـدن فعالیـت‌هـای فتوسینتیک شده و عدم تعادل بین رادیکال‌هـای آزاد و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت را سبب می‌شـود. همچنـین کاهش پیوستگی پروتئین‌ها در طـی فرسـودگی اتفـاق افتـاده و باعـث افـزایش حساسـیت پـروتئین‌هـا بـه آنزیم‌های تجزیه‌کننده می‌گردد و در نهایت کاهش قوه نامیه بذر مشاهده می‌شـود (Berlette and Stadtman, 1997). بنابراین تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسـیداز نیـز بـر همـین اساس می‌باشـد. پرایمینـگ بـا کـاهش عـوارض زوال موجب ترمیم بیان ژن‌های مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شـود. همچنـین پرایمینـگ موجـب کـــاهش خســـارت غشـــای ســـلولی شـــده و تولیـــد رادیکال‌های آزاد اکسیژن را کاهش می‌دهـد و از ایـن طریق می‌تواند موجب افزایش جوانـه‌زنی شـود. آنتـی اکسیدانت‌ها می توانند با کم کردن میزان رادیکال‌هـای آزاد از فرسودگی بذر جلوگیری و رونـد آن را کنـدتر کنند (Thiayarajeh and Kapilon, 2015).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این بررسی نشـان داد کـه فعالیـت آنزیم‌های آنتی اکسـیدانی در تیمارهـای بـدون پیـری بالاتر از تیمار پیری بود.بنیه ضعیف بذر سبب کـاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و کـاهش فعالیـت آنـزیم‌هـای آنتی‌اکسیدانی شد. همچنین میزان فعالیـت آنـزیم‌هـای پراکسیداز و کاتالاز در رقم ۷۰٤ بالاتر از رقم ۲٦۰بود. پرایم بذرهای زوال یافته با هورمون‌های سـیتوکینین و جیبـرلین سـبب افـزایش فعالیـت آنـزیم‌هـای آنتـی اکسیدانی پراکسیداز و کاتالازشد. فعالیـت آنـزیم‌هـای آنتی اکسیدان از ابتدای جذب آب توسط بـذر بیـانگر اهمیت آن‌ها در کاهش نقش تخریبی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و حفظ غلظت آن‌ها در حد بهینه بود.

References

Afzal, I., Basra, S., Faroog, 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

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.

deteriorated rape seed. Iranian Jourral of Field Crop Science. 43(4):561-571.

Bai lly, 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 (*Helian thus annus* L.) Seed as affected by priming. Seed Science Research, 10:35-42.

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Igbal, 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 Publshing . 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. Physilogial Plantarum, 116: 489-496.

Chen, J., Cheng, Z. and Zhong, S. (2007). Effect of exogenous salicylic acid on growth and H_2O_2 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. Physilogical Characters**.** Journal of New Seeds, 1: 52-64.

Hampton, J.C., Cookson, W.R., Raula, A.G., Rowrth, J.S., Mcyill, C.R. and Hill, M.J. (2002). Temperature and time variable for aceelerated 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 arietinam* 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 (*Triticam aestiavm* 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 Tchrory, 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 antioxiclant 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.

Vandenbeele, 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.