"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲
(ص ۶۳-۴۹)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 12, No.: 2, Summer 2023
(pp: 49-63)
DOI: 10.22092/ijsst.2022.360339.1459
Research Article

اثر پرایمینگ و فرسودگی بر شاخص‌های رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴

هانیه سعادت[1*]، محمد صدقی[2]

۱. دانشجوی دکتری اکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی
۲. استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ و فرسودگی بر شاخص‌های رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار پیری تسریع شده در سه سطح (۰، ۷ و ۱۴ روز) و چهار سطح پرایمینگ (شاهد، هیدروپرایمینگ، جیبرلین (۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد که فرسودگی شاخص‌های رشد شامل طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص طولی و وزنی بنیه بذر را کاهش داد، ولی انواع پرایمینگ به‌ویژه پرایمینگ با جیبرلین این صفت‌ها را بهبود داد. میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون ردوکتاز در تیمار جیبرلین و فرسودگی ۱۴ روز در مقایسه با شاهد به ترتیب در حدود ۷۳٪، ۶۳٪ و ۲۱٪ افزایش نشان داد. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (۱/۷۹۷ واحد بر میلی گرم پروتئین) در پرایمینگ با جیبرلین مشاهده شد. در مجموع، کاربرد پیش‌تیمار جیبرلین موجب تقویت شاخص‌های رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بذرهای ضعیف ذرت شد و می‌توان جهت افزایش بنیه بذرهای ضعیف از این تیمار استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، آنتی اکسیدان، جیبرلین، شاخص‌های رشد، فرسودگی

The effect of priming and aging on the growth indicators and activity of antioxidan enzymes in hybrid maize single cross 704

H. Saadat[1*], M. Sedghi[2]

1. Ph.D. student, Ecology, University of Mohaghegh Ardabili Faculty of Agriculture and Natural Resources
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili
(Received: Oct. 18, 2022 – Accepted: Dec. 06, 2022)

Abstract

In order to investigate The effect of priming and aging on the growth indicators and activity of antioxidant enzymes in hybrid maize single cross 704 a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design at the University of Mohaghegh Ardabili in 2021 with 3 replications. Treatments were aging (control, 7 and 14 days) and priming (control, hydro-priming, priming by gibberellin (20 mg / l) and salicylic acid (100 mg / l)). The results showed that aging decreased growth indicators including Radicle Length (RL), Plumule Length (PL), Seedling Length (SL), Radicle Dry Weight (RDW), Plumule Dry Weight (PDW), Radicle Fresh Weight (RFW), Plumule Fresh Weight (PFW) Seed Length Vigor Index (SLVI) and Seed Weight Vigor Index (SLWI), but types of priming, especially priming with gibberellin improved these traits. As compared to the control, the catalase, superoxide dismutase, and glutathione reductase activities increased respectively by 73%, 63%, and 21% after gibberellin treatment and 14 days of aging. The highest amount of peroxidase enzyme activity (1.797 units mg^{-1} protein) was related to gibberellin priming. In general, gibberellin pretreatment increased fragile corn seeds' growth indicators and antioxidant enzymes activities, and it can be used to enhance.

Keywords: Agnig, Antioxidant, Gibberellin, Growth Indicators, Salicylic Acid

* Email: t.saadat2020@gmail.com

مقدمه

ذرت مهم‌ترین غله در مناطق گرمسیری و معتدل است و پس از گندم و برنج مقام سوم را به خود اختصاص داده و مهم‌ترین کالای راهبردی دنیا است (FAO, 2019; Xu *et al.* 2004). بذر مهم‌ترین نهاده بخش کشاورزی است و معمولا بذرهای اغلب گیاهان زراعی پس از برداشت به مدت چندین ماه و یا چندین سال در انبار ذخیره و نگهداری می‌شوند.

فرسودگی بذر مساله مهمی در ذخیره بذرها محسوب می‌شود که در نتیجه موجب افزایش هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی می‌شود. در بعضی کشورها و نواحی جغرافیایی که بذرها در طول دوره رسیدگی و انبارداری با دما و رطوبت نسبی بالا مواجه هستند، فرسودگی به مراتب بیش‌تر است (Kim, 2018). تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی طی فرسودگی ایجاد می‌شود، به‌ویژه تجمع گونه‌های اکسیژن فعال مانند پراکسید هیدروژن، رادیکال سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل که باعث پراکسیداسیون لیپیدها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، خسارت به اسیدهای نوکلئیک و تخریب غشای سلولی می‌شوند (Kibinza *et al.*, 2011). (Govindaraj *et al.*, 2017) عنوان کردند که طی فرسودگی، میزان تنفس، فعالیت آنزیم‌های موثر در تجزیه ذخایر بذر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاهش می‌یابند. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که فرسودگی باعث کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک گیاهچه، ضریب آلومتری، شاخص‌های بنیه گیاهچه، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بذر و افزایش حساسیت به تنش‌ها در گیاهان مختلف می‌شود (Darabi *et al.*, 2017; Baharvand *et al.*, 2017; Kapilan, 2015; Govindaraj *et al.*, 2017; Enayati *et al.*, 2013; Escui *et al.*, 2014). یکی از راهکارها برای کاهش آثار فرسودگی، پرایمینگ بذر با مواد مختلف است. پرایمینگ بذر با تاثیر بر وضعیت متابولیکی، بیوشیمیایی و آنزیمی بذر قدرت جوانه‌زنی را بالا می‌برند (Tajbakhsh and Gheasi, 2011). پرایمینگ بذر موجب بهبود فعالیت‌های متابولیک پیش از جوانه‌زنی، فعّال‌سازی مسیرهای بازسازی DNA، سنتز RNA، ATP، پروتئین، ترمیم غشای سیتوپلاسمی و سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی می‌شود که برای حفظ تمامیت ژنوم، وقوع جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ضروری است (Paparella *et al.*,. 2015; Saddiq *et al.*, 2019; Hosseini and Koocheki, 2007). پرایمینگ باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طیف وسیعی از شرایط می‌شود (Namdari and Sharifzadeh, 2018; Khushvagti, 2019; Abdoli, 2020; Asadi Aghbolaghi and Sedghi, 2015). پرایمینگ تاثیر مثبتی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز، سوپراکسید دیسمیوتاز و گلوتاتیون ردوکتاز تحت تنش در ذرت دارد (Khoraki and Farhoudi, 2021; Khatami *et al.*, 2018). تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ با اسید سالیسیلیک باعث بهبود شاخص‌های جوانه زنی و فعالیت آنزیم های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز تحت فرسودگی شد (Murray and Eisvand, 2018; Asadi Aghbalaghi and Razavi, 2021). (Siyadat *et al.*, 2011) در آزمایشی دریافتند که پرایمینگ با جیبرلین موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه تحت پیری تسریع شده می‌شود. پرایمینگ تاثیر مثبتی بر شاخص‌های رشد از جمله طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص طولی و وزنی گیاهچه در کینوا، ذرت، نخود و برنج دارد (Abdoli, 2020; Gholami and Dehghi, 2021; Hussein, 2017 ;Zheng *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2016). نتایج تحقیق سعادت و صدقی (Saadat and Sedghi, 2021) روی لوبیا در پرایمینگ با جیبرلین و اسید سالیسیلیک و آب مقطر نشان داد بیش‌ترین سرعت

جوانه‌زنی، ضریب جوانه‌زنی و ضریب آلومتری در تیمار پرایمینگ با جیبرلین و بدون فرسودگی حاصل شد. گزارش‌های انجام گرفته روی لوبیا نشان داده است که در پرایمینگ با جیبرلین و اسیدسالیسیک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از قبیل پراکسیداز و سوپراکسیددیسمیوتاز تحت فرسودگی افزایش یافتند (Saadat *et al*., 2020a).

هدف از این تحقیق، بررسی اثر انواع پرایمینگ بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بذرهای فرسوده ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۱۲ تیمار شامل تیمار پیری تسریع شده در سه سطح (۰، ۷ و ۱۴روز) و چهار سطح پرایمینگ (شاهد، هیدرو پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین (۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. ماده گیاهی، بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ از جمعیت شهرستان سمیرم استان اصفهان تولید سال ۱۳۹۹ بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. طی آزمون پیری تسریع شده بذرها در داخل آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲± ۹۵٪ به مدت ۷ و ۱۴ روز قرار داده شدند. سپس این بذرها همراه با شاهد به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه درون محلول‌های پرایمینگ قرار گرفتند. بعد از پرایمینگ، بذرها چندین بار با آب مقطر شستشو شده و آزمون جوانه‌زنی استاندارد روی بذرها انجام شد. آزمون جوانه‌زنی به مدت ۷ روز در پتری دیش در ۳ تکرار ۲۵ بذری (کشت بین کاغذ صافی) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور انجام گرفت (ISTA, 2012). شمارش بذرها یک روز پس از انتقال بذرها به محیط‌های کشت شروع شد و تا ثابت شدن جوانه‌زنی (۸ روز) پس از کاشت ادامه یافت. سپس، شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شدند. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه به وسیله خط‌کش مدرج بر حسب میلی‌متر و وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه بر روی ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای محاسبه ضریب آلومتری از (رابطه ۱)، شاخص طولی بنیه بذر (رابطه ۲) و شاخص وزنی بنیه بذر (رابطه ۳) استفاده شد. مراحل انجام آزمایش به صورت شماتیک در شکل ۱ نشان داده شده است.

$$CA = LS/LR \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن LS؛ طول ساقه‌چه و LR؛ طول ریشه‌چه است (Scot et al., 1984).

$$SLVI = SL\ (mm) - GP/100 \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن GP؛ درصد جوانه‌زنی و SL؛ طول گیاهچه است (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

$$SWVI = SDW\ (gr) - GP \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن GP؛ درصد جوانه‌زنی و SDW ؛ وزن خشک گیاهچه است (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

سنجش آنزیم کاتالاز به روش آئبی (Aebi, 1984)

کمپلکس واکنش، شامل ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۷/۵ میلی‌مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH, ۷) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود که حجم نمونه‌ها با افزودن آب مقطر به سه میلی‌لیتر رسانده شد. با افزودن پراکسید هیدروژن واکنش آغاز شد و کاهش در جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت شد. میزان پراکسید هیدروژن تجزیه شده با استفاده از ضریب خاموشی (ε=۳۹/۴ $\mu M^{-1}c^{-1}m$) می‌باشد. فعالیت ویژه آنزیم بر اساس میکرومول پراکسید

هیدروژن تجزیه شده در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

سنجش آنزیم پراکسیداز به روش مک‌آدام و همکاران (Macadam *et al.*, 1992)

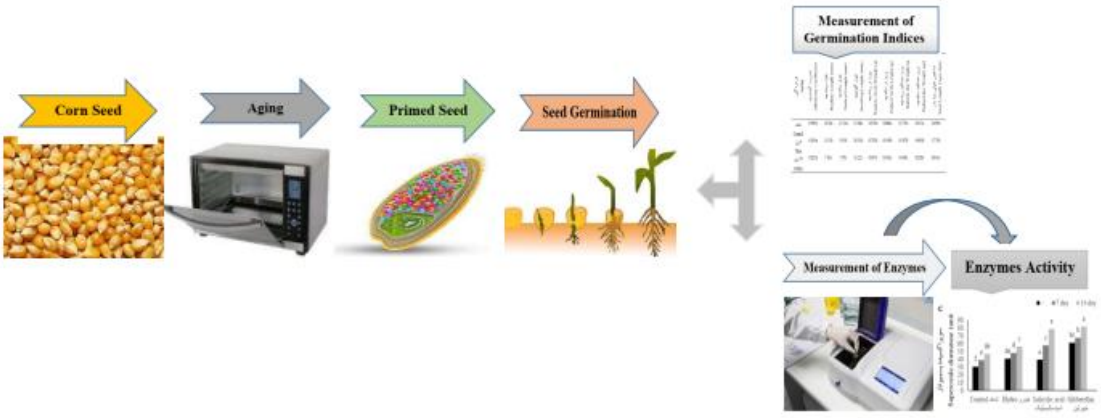
در این روش ۴۵۰ میکرولیتر محلول پراکسید هیدروژن و ۴۵۰ میکرولیتر محلول گایاکول در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط شد و به آن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی افزوده شد و تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر سنجش شد. برای مقایسه فعالیت آنزیم یک نمونه به‌عنوان شاهد (Blank) استفاده شد. در محلول شاهد به جای عصاره آنزیمی، ۱۰۰ میکرولیتر از بافر فسفات (pH, ۷) استفاده شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون لامبرت- بیر و ضریب خاموشی محصول واکنش گایاکول پراکسیداز ($\mu M^{-1}c^{-1}m$ ۲۶/۶) محاسبه شد. فعالیت آنزیم در نهایت بر حسب Unit mg protein^{-1} min بیان شد.

سنجش آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز به روش جیانوپلیتیس و ریز (Giannopolitis and Ries, 1977)

اساس سنجش فعالیت این آنزیم مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم و ممانعت از تشکیل سوپراکسید- نیتروبلوتترازولیوم است. به عبارت دیگر، کمپلکس واکنشی حاصل در حضور نور رادیکال سوپراکسید تولید می‌کند که با معرف نیتروبلوتترازولیوم واکنش می‌دهد. بافرهای مورد استفاده شامل بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولاری و نیتروبلوتترازولیوم ۷۵ میکرومولار و ریبوفلاوین ۰/۱۲ میکرومولار بود. نمونه آنزیمی از ترکیب ۸۸۵ میکرولیتر بافر شامل فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولاری و ۱۵ میکرولیتر محلول ریبوفلاوین ۰/۱۲ میکرومولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به‌دست آمد.

سنجش آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز به روش استر بائور و گریل (Esterbauer and Grill, 1978)

مخلوط آزمایش ۱۰۰ میلی‌مولار تریس هیدروکلرید (pH, ۷/۸)، ۲ میلی‌مولار اتیلن‌دی‌آمین تترااستیک اسید (Ethylene Diaminete Traacetic Acid)، ۰/۱ میلی‌مولار نیکوتین‌آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات (Nicotinamide Adenine Dinucleotide)، ۰/۵ میلی مولار گلوتاتیون اکسید شده و ۵۰ میکرومول از عصاره آنزیمی تهیه شده بود که در مجموع به حجم دو میلی‌لیتر رسید. واکنش با افزودن نیکوتین‌آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات آغاز شد و پس از آن میزان جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر ثبت شد. فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز بر حسب تغییرات واحد جذب در ثانیه به ازای میلی‌گرم پروتئین بیان شد.



شکل ۱- مراحل انجام آزمایش بذر ذرت

Figure 1- The steps of corn seed testing

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از ترم افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ضریب آلومتری

نتیجه تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده پرایمینگ بر روی ضریب آلومتری معنی‌دار شد. بیش‌ترین ضریب آلومتری (۱/۴۰۷) در شاهد و کم‌ترین آن (۰/۷۶۸) در پیش تیمار با هیدرو بود. که در تحقیقات سعادت و صدقی (Saadat and Sedghi, 2021) روی لوبیا نیز مشاهده شده است. با افزایش فرسودگی کاهشی در ضریب آلومتری مشاهده شد. به‌طوری که بیش‌ترین ضریب آلومتری در شاهد (بدون فرسودگی) (۰/۹۰۵) و کم‌ترین آن (۰/۸۲۵) در فرسودگی ۱۴ روز بود (جدول ۲ و ۳). در این تحقیق ضریب آلومتری طی فرسودگی کاهش یافت. فرسودگی انتقال مواد غذایی از لپه به محور جنینی را کاهش داده، در نتیجه سرعت رشد محور جنین کاهش می‌یابد و از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه جلوگیری می‌شود و این موجب کاهش ضریب آلومتری خواهد شد. از آنجایی که ضریب آلومتری از نسبت طول ساقچه به ریشه‌چه به دست می‌آید، این امر نشان می‌دهد که میزان افزایش طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه کمتر است و به عبارتی طول ریشه‌چه کمتر تحت تأثیر تیمارهای آماده‌سازی بذر با آب مقطر، جیبرلین و اسید سالیسیلیک قرارگرفته است.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده پرایمینگ و فرسودگی بر روی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۱۲/۲۴ میلی‌متر)، طول ساقه‌چه (۹/۹۵ میلی متر) و طول گیاهچه (۲۲/۲۰ میلی متر) در پیش تیمار با جیبرلین و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۸/۷۹، ۸/۳۱ و ۱۷/۶۴ میلی‌متر) در شاهد (بدون پرایمینگ) مشاهده شد. با افزایش فرسودگی کاهشی در طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه مشاهده شد. به‌طوری که بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۱۳/۵۸ میلی‌متر)، طول ساقه‌چه (۱۲/۲۸ میلی متر) و طول گیاهچه (۲۵/۸۶ میلی متر) در شاهد (بدون فرسودگی) و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۷/۴۳، ۵/۷۹ و ۱۳/۲۲ میلی متر) در فرسودگی ۱۴ روز بود (جدول ۲ و ۳). کاهش طول ریشه‌چه و ساقچه در اثر فرسودگی در این تحقیق، می‌تواند به دلیل کاهش مواد ذخیره‌ای طی فرسودگی باشد. تحقیقات نشان داده است که طول ریشه‌چه، ساقچه و طول گیاهچه تحت فرسودگی در لوبیا و ذرت کاهش یافت، ولی پرایمینگ با جیبرلین آن‌ها را بهبود بخشید (Saadat *et al*., 2020b; Kumuri *et al*., 2017; Saadat and Sedghi, 2021). افزایش طول ریشه‌چه در بذرهای پیش‌تیمار شده احتمالاً به‌دلیل افزایش گسترش دیواره سلولی جنین و تحریک فعالیت‌های متابولیکی داخل جنین است (Barsa *et al*., 2003). هم‌چنین، افزایش طول ریشه‌چه و ساقچه در بذرهای پرایم شده می‌تواند به دلیل افزایش میزان آنزیم‌های آمیلاز و ساکارز سینتاز باشد (Kaur *et al*., 2003). نتایج آزمایش‌ها نشان داد که پرایمینگ بذر اثر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ذرت و گیاهچه سرخارگل داشته و باعث بهبود آن‌ها شده است (Mojereb *et al*., 2017: Segund *et al*., 2019). در واقع، دلیل افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه این است که پس از افزایش تقسیم سلولی، سلول‌های حاصل از تکثیر به‌صورت طولی رشد پیدا می‌کنند، در نتیجه تیمارهای پرایمینگ بر روی بذور باعث افزایش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. کاهش در طول گیاهچه را می‌توان به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی طی فرسودگی نسبت داد. تنش با کاهش انتقال مواد غذایی از آندوسپرم به جنین بذر از تقسیم سلولی و سنتز پروتئین جلوگیری کرده، در نتیجه سبب کاهش رشد گیاهچه می‌گردد (Fan *et al*., 2013).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر پرایمینگ و فرسودگی بر روی صفات مطالعه شده در ذرت

Table 1- analysis of variance (mean of square) for the effect of deterioration and priming on studied traits in Corn

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی D.F.	ضریب آلومتری Allometry Coefficient	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Pedicel length (mm)	طول گیاهچه Seedling Length (mm)	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh Weight (gr)	وزن تر ساقه‌چه Pedicel fresh weight (gr)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight (gr)	وزن خشک ساقه‌چه Pedicel dry weight (gr)
پرایمینگ Priming (P)	3	0.1425**	19.57**	4.59*	37.416**	0.0833**	0.3071**	0.1272**	0.5365**
فرسودگی Aging (A)	2	0.0201^{ns}	115.36**	126.56**	483.081**	0.1484**	0.1877**	0.3469**	0.0613**
اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی P×A	6	0.0444^{ns}	1.35^{ns}	1.49^{ns}	3.597^{ns}	0.0102^{ns}	0.00174^{ns}	0.0049^{ns}	0.0082^{ns}
خطا Error (E)	21	0.0188	1.73	1.19	4.174	0.0049	0.0096	0.0047	0.0040
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		15.91	12.28	11.98	10.28	9.07	18.03	11.30	15.78

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ns, * and ** indicating not significant, the significant differences at 5 and 1 percent probability levels.

Table 1- Continued

ادامه جدول ۱

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی D.F.	شاخص طولی بنیه بذر Seed Length Vigor Index	شاخص وزنی بنیه بذر Seed Length Vigor Index	کاتالاز Catalase (unit mg^{-1} protein)	پراکسیداز Peroxidase (unit mg^{-1} protein)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (unit mg^{-1} protein)	گلوتاتیون ردوکتاز Glutathione reductase (unit mg^{-1} protein)
پرایمینگ Priming (P)	3	52.133**	11080.9**	0.262907**	1.087**	1645.6**	0.00035218**
فرسودگی Aging (A)	2	635.262**	10796.1**	0.108084**	1.665**	1583.1**	0.00262852**
اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی P×A	6	3.468^{ns}	266.1*	0.004463**	0.033^{ns}	97.3**	0.00006937**
خطا Error (E)	21	3.404	78.2	0.000095	0.015	20.3	0.00000872
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.40	9.82	1.81	9.10	8.30	1.6

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ns, * and ** indicating not significant, the significant differences at 5 and 1 percent probability levels.

پرایمنگ از طریق افـــزایش رشـــد و تقسیم سلولی، مـوجـب افـزایـش رشـــد گـیـاهـچـه مـی شـــود (Faruk and Matuana, 2008). پرایمینـگ بـا جیبرلین درصـــد جوانه‌زنی را افزایش داد و در تیمارهایی که طول ریشـه‌چه بیشـتر بود، جذب آب و تجزیه مواد بیشـتر شده، طول ســاقچـه و در نتیجـه طول گیاهچه افزایش یافت. در مجموع، دلیـل افزایش طول گیـاهچه در پرایمینگ با آب، جیبرلین و اسیدسالیسیلیک، می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت

آنزیم‌های جوانه‌زنی و افزایش مصرف مواد ذخیره‌ای بذر و همچنین، رشد گیاهچه در اثر افزایش انرژی در بذور پرایم شده باشد. افزایش طول گیاهچه طی پرایمینگ در ذرت توسط عبدلی (Abdoli, 2020) نیز گزارش شده است.

وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده پرایمینگ و فرسودگی بر روی وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین وزن تر ساقه‌چه (۰/۷۶۶ گرم) و وزن تر ریشه‌چه (۰/۸۹۹ گرم) در پیش‌تیمار با جیبرلین و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۰/۳۴۹ و ۰/۶۹۷ گرم) در شاهد (بدون پرایمینگ) حاصل شد و این صفات با تشدید فرسودگی کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین وزن تر ساقه‌چه (۰/۶۶۶ گرم) و وزن تر ریشه‌چه (۰/۸۷۹ گرم) در شاهد (بدون فرسودگی) و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب در فرسودگی ۱۴ روز (۰/۴۱۶ و ۰/۶۵۷ گرم) بود. نتایج مشاهده نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فرسودگی از وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه کاسته می‌شود (جدول ۲ و ۳). پرایمینگ بر روی رشد محور جنین و نمو گیاهچه تاثیر گذاشته و هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهد و از طریق تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهچه موجب افزایش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود (Basra *et al*., 2006). جیبرلین با تاثیر بر طویل شدن سلول‌ها سبب افزایش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود (Nascimento and West, 1999).

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ساده پرایمینگ و فرسودگی بر روی وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه (۰/۷۵۹ گرم) و وزن خشک ساقه‌چه (۰/۶۹۵ گرم) در پیش‌تیمار با جیبرلین و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۰/۵۰۱ و ۰/۱۰۳ گرم) در شاهد (بدون پرایمینگ) بود. با افزایش فرسودگی کاهشی در وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده شد. به‌طوری که بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه (۰/۷۷۹ گرم) و ساقه‌چه (۰/۴۷۲ گرم) در شاهد (فرسودگی صفر) و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۰/۴۳۹ و ۰/۳۲۹گرم) در فرسودگی ۱۴ روز بود (جدول ۲ و ۳). در این تحقیق وزن خشک ریشه‌چه و ساقچه در اثر فرسودگی کاهش یافت که با نتایج سعادت و همکاران (Saadat et al., 2020b) مطابقت داشت. کاهش وزن خشک ساقه‌چه طی فرسودگی می‌تواند به دلیل کاهش تحرک مواد غذایی و انتقال آن‌ها از لپه‌ها به محور جنین باشد (Soltani *et al*., 2006). جوانه‌زنی سریع بذر طی پرایمینگ، موجب می‌شود ساقه‌چه فرصت بیش‌تری برای رشد و تجمع ماده خشک داشته در نتیجه وزن خشک ساقه‌چه افزایش می‌یابد (Tabatabai *et al*., 2013). وزن خشک بیشتر بذر نشان می‌دهد اتلاف تنفسی ذخایر کمتر و کارایی تبدیل آن به مواد ساختمانی بیشتر است (Rezaei *et al*., 2013). افزایش وزن خشک ریشه‌چه در اثر پرایمینگ می‌تواند به دلیل افزایش سنتز آنزیم دهیدروژناز و افزایش میزان پویایی ذخایر بذر باشد (Sivritepe *et al*., 2003). صالح زاده و همکاران (Salehzadeh *et al*., 2008) افزایش وزن خشک گیاهچه طی پرایمینگ را به دلیل بهبود سنتز RNA و DNA مد نظر قرار دادند.

شاخص طولی و وزنی بنیه بذر

براساس نتایج جدول واریانس اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی بر روی شاخص وزنی بنیه بذر در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده آن‌ها بر روی شاخص وزنی و طولی بنیه بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی بر روی شاخص طولی بنیه بذر غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین شاخص طولی بنیه بذر در پیش‌تیمار با جیبرلین (۲۰/۷۸) و کم‌ترین آن در شاهد (بدون پرایمینگ) (۱۵/۰۹) به‌دست آمد و این صفت با تشدید فرسودگی کاهش یافت. به‌طوری که

بیش‌ترین شاخص طولی بنیه بذر در شاهد (بدون فرسودگی) (۲۴/۹۹) و کم‌ترین آن (۱۰/۴) در فرسودگی ۱۴ روز بود. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فرسودگی از شاخص طولی بنیه بذر کاسته می‌شود (جدول ۲ و ۳) و بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه بذر (۱۷۹/۸۱) از پیش‌تیمار با جیبرلین و بدون فرسودگی و کم‌ترین آن (۳۱/۶۲) در شاهد (بدون پرایمینگ) با فرسودگی ۱۴ روز به‌دست آمد (شکل ۲ (A)). در این تحقیق، شاخص‌های طولی و وزنی بنیه بذر طی فرسودگی کاهش یافتند، ولی پرایمینگ باعث افزایش این شاخص‌ها شد و تاثیر پرایمینگ با جیبرلین بیشتر از هیدرو پرایمینگ و اسیدسالیسیلیک بود که با نتایج عبدلی (Abdoli, 2020) در ذرت و سعادت و صدقی (Saadat and Sedghi, 2021) در لوبیا مطابقت داشت. فرسودگی با تخریب DNA، باعث اختلال در رونویسی و بیوسنتز ناقص برخی از آنزیم‌های ضروری جوانه‌زنی بذر می‌شود که این امر باعث کاهش شاخص بنیه گیاهچه می‌شود (Kapoor *et al*., 2011). شاخص‌های بنیه بذر تابعی از درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و وزن گیاهچه هستند، پس افزایش این صفت‌ها باعث افزایش شاخص‌های بنیه بذر خواهد شد. پرایمینگ با تسریع و بهبود جوانه‌زنی، افزایش رشد طولی و تقسیم سلولی در گیاه و افزایش نسبت جذب آب موجب افزایش بنیه بذرها می‌شود (DaSilva *et al*., 2005; Ehsanullah and Smith, 2002). در واقع، در اثر پرایمینگ جذب آب باعث افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و تجزیه نشاسته به مواد قندی کوچک‌تر می‌شود. در نتیجه فراهمی سریع مواد غذایی برای جوانه‌زنی، بنیه بذر افزایش می‌یابد (Farooq *et al*., 2006). شرایط محیطی گیاه مادری، مرحله رسیدگی، اندازه و وزن بذر، خسارت مکانیکی و فرسودگی بذر از عوامل مؤثر بر بنیه بذر هستند (Canak *et al*., 2016). هر چه بذور قدرت بالایی داشته باشند شرایط نامساعد محیطی را راحت‌تر پشت سر می‌گذارند (De Figueiredeo *et al*., 2003). افزایش سطوح مختلف فرسودگی، شاخص‌های رشد را کاهش می‌دهد (Murray and Eisvand, 2018; Saadat et al., 2019; Saadat et al., 2020b; Saadat and Sedghi, 2021).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ساده فرسودگی بر روی شاخص‌های رشد در ذرت

Table 2-Mean Comparison for the effect of aging on growth indicators in Corn

فرسودگی Aging	ضریب آلومتری Allometry Coefficient	طول ریشه‌چه Radicle Length (mm)	طول ساقه‌چه Pedicel Length (mm)	طول گیاهچه Seedling Length (mm)	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh Weight (gr)	وزن تر ساقه‌چه Pedicel fresh weight (gr)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry Weight (gr)	وزن خشک ساقه‌چه Pedicel dry Weight (gr)	شاخص طولی بنیه بذر Seed Length Vigor Index
شاهد Control	0.905a	13.58a	12.28a	25.86a	0.879a	0.666a	0.779a	0.472a	24.99a
۷ روز 7Day	0.854a	11.15b	9.35b	20.51b	0.781b	0.548b	0.597b	0.401b	17.78b
۱۴ روز 14Day	0.825a	7.43c	5.79c	13.22c	0.657c	0.416c	0.439c	0.329c	10.44c

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

The different letters in each column indicate a significant differences at 1% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده پرایمینگ بر روی شاخص‌های رشد در ذرت

Table 3- Mean Comparison for the effect of priming on growth indicators in Corn

پرایمینگ Priming	ضریب آلومتری Allometry Coefficient	طول ریشه‌چه Radicle Length (mm)	طول ساقه‌چه Pedicel Length (mm)	طول گیاهچه Seedling Length (mm)	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh Weight (gr)	وزن تر ساقه‌چه Pedicel fresh weight (gr)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry Weight (gr)	وزن خشک ساقه‌چه Pedicel dry Weight (gr)	شاخص طولی بنیه بذر Seed Length Vigor Index
شاهد Control	1.407a	8.79c	8.31ab	17.64b	0.697c	0.349c	0.501c	0.103d	15.09c
هیدرو Hydro	0.768b	10.48b	8.85b	18.79b	0.698c	0.444c	0.522c	0.360c	16.82bc
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid	0.822ab	11.38ab	9.44a	20.82a	0.797b	0.614b	0.637b	0.444b	18.25b
جیبرلین Gibberellin	0.810b	12.24a	9.95a	22.20a	0.899a	0.766a	0.759a	0.695a	20.78a

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

The different letters in each column indicate a significant differences at 1% probability level.

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسمیوتاز

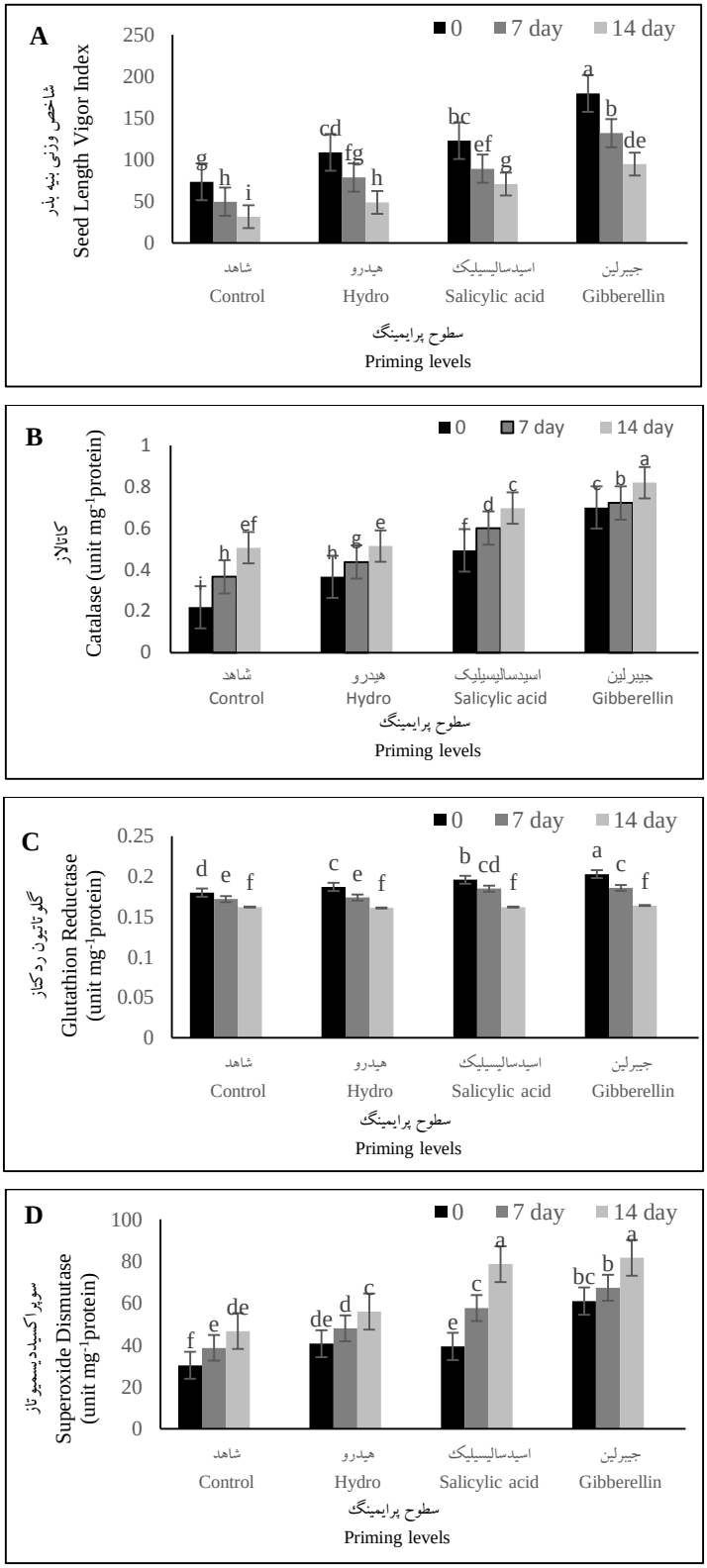
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی و همچنین، اثر ساده آن‌ها بر روی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسمیوتاز در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های CAT (۰/۸۲۰ unit mg^{-1} protein) و SOD (۸۱/۶۶۷ unit mg^{-1} protein) از پیش تیمار با جیبرلین و فرسودگی ۱۴ روز و کم‌ترین فعالیت این آنزیم‌ها (به ترتیب ۰/۲۱۹ units mg^{-1} protein و ۳۰/۳۳۳) در شاهد (بدون پرایمینگ) و بدون فرسودگی به‌دست آمد (شکل ۲(B و D)).

فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز

طبق جدول (۱) اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی و اثر ساده آن‌ها بر روی فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. بیش‌ترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز (۰/۲۰۳ unit mg^{-1} protein) از پیش‌تیمار با جیبرلین و بدون فرسودگی و کم‌ترین فعالیت این آنزیم (۰/۱۶۰units mg^{-1} protein) در پیش تیمار با اسیدسالیسیلیک و فرسودگی ۱۴ روز به‌دست آمد (شکل ۲(C)).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده پرایمینگ و فرسودگی روی فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در پیش تیمار با جیبرلین (۱/۷۹۷ unit mg^{-1} protein) و کم‌ترین آن در شاهد (بدون پرایمینگ) (۰/۹۳۳ unit mg^{-1} protein) به‌دست آمد. این صفت با تشدید فرسودگی کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در شاهد (بدون فرسودگی) (۱/۶۳۲ unit mg^{-1} protein) و کم‌ترین آن در فرسودگی ۱۴ روز (۱/۰۶۲ unit mg^{-1} protein) بود (جدول ۵ و ۶).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و فرسودگی بر روی شاخص وزنی بنیه بذر (A)، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (B)، سوپراکسیددیسمیوتاز (C) و گلوتاتیون ردکتاز (D) در ذرت. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

Figure 2- Mean Comparison for the interaction effect of Aging and priming on Seed Length Vigor Index (A), Catalase (b), Superoxide dismutase (c) and Glutathion reductase (d) enzymes activity in Maize. The different letters in each column indicate significant differences at 1% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده فرسودگی بر روی آنزیم پراکسیداز در ذرت

Table 5-Mean Comparison for the effect of aging on peroxidase enzyme in Corn

فرسودگی Aging	پراکسیداز (Peroxidase unit mg^{-1} protein)
شاهد Control	1.632a
۷ روز 7Day	1.357b
۱۴ روز 14Day	1.062c

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

The different letters in each column indicate a significant differences at 1% probability level.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده پرایمینگ بر روی آنزیم پراکسیداز در ذرت

Table 6- Mean Comparison for the effect of priming on peroxidase enzyme in Corn

پرایمینگ Priming	پراکسیداز Peroxidase(unit mg^{-1} protein)
شاهد Control	0.933c
هیدرو Hydro	1.221b
اسیدسالیسیلیک Salicylic acid	1.451b
جیبرلین Gibberellin	1.797a

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

The different letters in each column indicate a significant differences at 1% probability level.

در این پژوهش، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان جز پراکسیداز وگلوتاتیون ردکتاز طی فرسودگی افزایش یافت و پرایمینگ به ویژه پرایمینگ با جیبرلین باعث بهبود آن‌ها شد که با نتایج تحقیقات موری و عیسوند (Murray and Eisvand, 2018) بر روی گندم و اسدی آقبلاغی و رضوی (Asadi Aghbalaghi and Razavi, 2021) روی کدوی تخم کاغذی مطابقت داشت. این موضوع نشان‌دهنده تاثیر جیبرلین در پاسخ دفاعی گیاه نسبت به تنش وارد شده است. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و سوپراکسیددیسمیوتاز اثرات گونه‌های اکسیژن فعال را مهار می‌کنند (Singh Gill and Tuteja, 2010). در طی فرسودگی، افزایش پراکسید هیدروژن و رادیکال‌های آزاد در سیتوپلاسم سلول‌ها، باعث عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود. اختلال در تعادل گونه‌های اکسیژن فعال موجب تنش اکسیداتیو شده در این صورت سازوکار دفاع آنتی‌اکسیدان یکی از مسیرهایی است که برای بهبود خسارت‌ها فعال می‌شود (Farooq *et al*., 2019) افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسمیوتاز تحت فرسودگی می‌تواند به دلیل این امر باشد. همچنین، کاهش

فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز وگلوتاتیون ردکتاز طی فرسودگی می‌تواند به دلیل آسیب به سنتز RNA و حمله گونه‌های اکسیژن فعال باشد (Bailly *et al*., 2000). افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسمیوتاز در پرایمینگ با جیبرلین تحت فرسودگی در تحقیقات سعادت و همکاران (Saadat *et al*., 2020a) روی لوبیا نیز مشاهده شده است و افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز طی پرایمینگ در شرایط بدون فرسودگی نیز با تحقیقات عبادی و همکاران (Ebadi *et al*., 2016) بر روی مارتیغال مشاهده شده است.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان موجب ممانعت از فرسودگی بذر از طریق کاهش میزان رادیکال‌های آزاد می‌شود (Thirajah and kapilan, 2015). پرایمینگ در بذور فرسوده باعث ترمیم سامانه آنتی‌اکسیدان و بهبود ساختارهای درون سلولی و غشا می‌شود (Murray and Eisvand, 2018). پرایمینگ از طریق تأثیر بر سازماندهی سازوکار دفاعی آنتی‌اکسیدانی و افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی، باعث بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود که با گزارش دادنیا (Dadnia, 2017) مطابقت دارد. پرایمینگ بذر موجب بهبود فعالیت‌های متابولیک پیش از جوانه‌زنی، فعّال‌سازی مسیرهای بازسازی DNA، RNA و پروتئین و سازوکارهای آنتی‌اکسیدان می‌شود (Saddiq *et al*., 2019).

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش آثار منفی فرسودگی بذر با استفاده از پرایمینگ بهبود یافت و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در اثر پرایمینگ منجر به بهبود شاخص‌های رشد شد. به‌طوری که کاربرد جیبرلین بیش‌ترین اثر را در مقایسه با هیدرو و اسیدسالیسیلیک بر روی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بهبود شاخص‌های رشد بذرهای فرسوده داشت. بنابراین انواع پرایمینگ به خصوص پرایمینگ با جیبرلین جهت کاهش آثار نامناسب فرسودگی برای ذرت قابل توصیه است.

منابع

Reference

Abdoli, M. 2020. Effect of aging of seed and hydro-priming on germination characteristics and activity of some antioxidant enzymes of hybrid corn (*Zea mays* L.). Seed Sci. Res 7(2): 147-159. (In Persian, with English Abstract)

Abdul-Baki, A. A., and J. D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. J. Crop Sci. 13: 630-633.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods Enzymol. 105: 121-126.

Asadi Aghbolaghi, M., and F. Razavi. 2021. Improving germination and biochemical aspects in pumpkin (*Cucurbita pepo*) seeds deterioration under priming by salicylic acid and ascorbic acid. Iranian J. Seed Sci. Technol. 10(3): 75-88. (In Persian, with English Abstract)

Asadi Aghbolaghi, M., and M. Sedghi. 2014. The effect of osmo and hormone priming on germination and seed reserve utilization of millet seeds under drought stress. J. Stress Physiol. Biochem. 10(1): 214-221.

Baharvand, N., B. Mahdavi, and M. Dehajipour Heidarabadi. 2017. Effect of ascorbic acid on germination and activities of antioxidant enzymes of deteriorated safflower Goldasht cultivar seeds. Seed Sci. Res 4(3): 1-12. (In Persian, with English Abstract)

Bailly, C., A. Benamer, F. Cornineau, and D. Come. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Sci. Res. 10: 35-42.

Barsa, S. M. A., I. A. Pannu, and I. Afzal. 2003. Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. Int. J. Agric. Biol. 5(2): 121–123.

Basra, S. M. A., L. Afzal, S. Anwar, M. Anwar-ul-haq, M. Shafq, and K. Majeed. 2006. Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed Sci. Technol. 28: 36-46.

Canak, P., M. Mirosavljević, M. Ćirić, J. Kešelj, B. Vujošević, D. Stanisavljević, and B. Mitrović. 2016. Effect of seed priming on seed vigor and early seedling growth in maize under optimal and suboptimal temperature conditions. Selekcijai Semen. 22(1): 17-25.

Da Silva, E. A. A., P. E. Toorop, J. Nijsse, J. D. Bewley, and H. W. M. Hilhorst. 2005. Exogenous gibberellins inhibit coffee (*Coffea arabica* L. cv. Rubi) seed germination and cause cell death in the embryo. J. Exp. Bot. 56(413): 1029-1038.

Dadnia, M. R. 2017. Effect of Humic acid on activity of antioxidant enzymes and yield of castor bean (*Ricinus commonis*) under water deficit condition. J. Crop Ecophysiol 11(1): 85-98. (In Persian, with English Abstract)

Darabi, F., M. Valipour, R. Naseri, and M. Moradi. 2017. The Effects of Accelerated Aging Test on Germination and Activity of Antioxidant Enzymes of Maize (*Zea mays*) Hybrid Varieties Seeds. J. Seed Res 4(1): 45-59. (In Persian, with English Abstract)

De Figueiredeo, E., M. C. Albuquerque, and N. M. Carvalho. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflowers (*Helianthus annua* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zeamays* L.) seed with different levels of vigor. Seed Sci. Technol. 31: 531-540.

Ebadi, A., Q. Permon, and S. Jahanbakhsh. 2016. Effect seed priming ion seedling vigour index in seed aged milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. J. Plant Res 29(3): 553-566. (In Persian, with English Abstract)

Ehsanullah, K., and M. I. Smith. 2002. Soaking injury in relation to the rate of imbibitions in soybean (*Glycine max* L. *Merrill*). Pakistan J. Seed Sci. Technol. 1(1): 27- 33.

Enayati, V., A. Esfandiari, S. M. H. Al Hashem, and A. Hozouri. 2013. The effect of seed exhaustion on germination and heterotrophic growth indicators of corn seedlings. J. Seed Res. 4(12): 61-67. (In Persian)

Escui, B., A. Majidi Harvan, A. Hamidi, F. Moradi, and A. Moghadam. 2014. Investigating the effect of accelerated aging time on seed germ of different sizes and shapes of hybrid single cross 705 corn seeds. Seed Sci. Res. 2(1): 45-53. (In Persian)

Esterbauer, H., and D. Grill. 1978. Seasonal variation of glutathione and glutathione reductase in needles of Picea abies. Plant Physiol. 61:119–121.

Fan, H. F., C. X. Du, L. Ding, and Y. L. Xu. 2013. Effects of nitric oxide on the germination of cucumber seeds and antioxidant enzymes under salinity stress. Acta Physiol. Plant. 35: 2707-2719.

Farooq, M. A., A. K. Niazi, J. Akhtar, M. Saifullah, Z. Farooq, N. Souri, and Z. Rengel. 2019. Acquiring control: the evolution of ROS-induced oxidative stress and redox signaling pathways in plant stress responses. Plant Physiol. Biochem.141: 353–369.

Farooq, M., S. M. A. Basra, R. Tabassum, and I. Afzal. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. Plant Prod. Sci. 9: 446-756.

Faruk, O., and L. Matuana. 2008. Nanoclay reinforced HDPE as a matrix for wood-plastic composites. Compos. Sci. Technol. 68: 2073-2077.

Gholami, Sh., and M. A. Dehaghi. 2022. The effect of priming with different concentrations of selenium on germination indices of quinoa seedlings (*Chenopodium quinoa* Willd.). Agronomy. 24(1): 85-95. (In Persian, with English Abstract)

Giannopolitis, C. N., and S. K. Ries, 1977. Suoeroxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. J. Plant Physiol. 59: 309-314.

Govindaraj, M., P. Masilamani, V. Alex Albert, and M. Bhaskaran. 2017. Role of antioxidants in seed quality. A review Agri. Rev. 91(9): 810-830.

Hosseini, A., and A. Koocheki. 2007. The effect of different priming treatments on germination percent and mean germination time of four varieties of sugar beet. J. Agron. Res.5: 69-76.

Hussein, H. J. 2017. The Effect of Seed Priming with Salicylic Acid and Ascorbic Acid on Viability of Local Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) Seeds Stored for Three Years. J. Global Pharma Technol. 8(9): 110-115.

ISTA. 2012. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association (ISTA). Bassersdorf, Switzerland.

Kapilan, R. 2015. Accelerated aging declines the germination characteristics of the maize seeds. Scholars Acad. J. Biosci. 3(8): 708-711.

Kapoor, N., A. A. Mohd, A. Siddiqui, H. Kumar, and A. Amir. 2011. Physiological and biochemical changes during Seed deterioration in gged seeds of Rice (*Oryza sativa* L.). American J. Plant Physiol. 6: 28-35.

Kaur, S., A. K. Gupta, and N. Kaur. 2003. Priming of chickpea seeds with water and mannitol overcomes the effect of salt stress on seedling growth. Int. Chickpea Pigeon Pea Newslet. 10: 18-20.

Khatami, S. R., M. Sedghi, and R. Seyed Sharifi. 2018. Investigating the effect of priming on the activity of antioxidant enzymes of hybrid single cross 704 corn seeds under drought stress. Iranian J. Seed Sci. Technol 6(2): 198-185. (In Persian)

Khoraki, M., and R. Farhoudi. 2021. Effect of halo priming on germination and seedling growth of single cross 704 corn seeds under salinity stress condition. Seed Sci. Res 7(4): 447-461. (In Persian, with English Abstract)

Khushvagti, H. 2019. Investigating the effect of seed priming on the morphological traits of corn seeds. The 4th International Congress of Agricultural Development, Natural Resources. 13-15 Feb, Tabriz, Iran. (In Persian)

Kibinza, A., J. Bazin, C. Bailly, J. M. Farrant, and F. Corbineau., 2011. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. Plant Sci. 181: 309-315.

Kim, D. H. 2018. Extending populous seed longevity by controlling seed mosisture content and temperature. PLoS ONE. 13(8): e0203080.

Kumuri, N., P. Kumar, B. Rai Bura, and J. singh. 2017. Effect of halo priming and hormonal priming on seed germination and seedling vigor in maize (*Zea mays* L.) seeds. J. Pharm. Pyhtochem. 6(4): 27-30.

MacAdam, J. W., R. Nelson, and E. sharp. 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiol. 99: 872-878.

Mojereb, S., M. Moghadam, A. Saeedi Pooya, and R. Narimani. 2018. Effect of hydro and osmopriming on germination improvement of native turf grass of Lolium rigidum. Iranian J. Seed Sci. Technol 6(2): 67-76. (In Persian, with English Abstract)

Murray, S., and H. R. Eisvand. 2018. The effect of priming with salicylic acid and ascorbic acid on germination indices and biochemical traits in wheat seed deterioration. Seed Sci. Res 6(3): 398-381. (In Persian, with English Abstract)

Namdari, A., and F. Sharifzade. 2018. The restoring influence of priming treatments on germination of Smooth vetch (*Vicia dasycarpa*) under drought stress and maintaining this advantage following aging by using post priming heat shock treatment. J. Plant Biol 10(3): 41-54. (In Persian, with English Abstract)

Nascimento, W. M., and S. H. West. 1999. Muskmelon transplant production in response to seed priming. Hortic. Technol. 9: 53-55.

Paparella, S., S. Araujo, G. Rossi, M. WijaYasingh, D. Carbonera, and A. Balestrazzi. 2015. Seed priming: State of the art and new perspectives. Plant Cell Rep. 89(1): 1-11.

Rezaei, M., M. Sedghi, and R. Seyed Sharifi. 2012. The effect of salinity and types of priming on the growth characteristics of the medicinal plant Calendula officinalis L. Second National Congress of Organic and Conventional Agriculture. 29-31 August, Ardabil, Iran. (In Persian)

Saadat, H., and M. Sedghi. 2021. Effect of priming and aging on Physiological, biochemical traits seed common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Seed Res 11(3): 75-87. (In Persian, with English Abstract)

Saadat, T., H. Alidost, and M. Sedghi. 2019. The effect of priming and exhaustion on the germination of rice seed masses with different strength. J. Seed Res. 10(4): 60-67. (In Persian)

Saadat, T., M. Sedghi, A. Gholipouri, R. Seyed Sharifi, and R. Sheykhbaglou. 2020a. The effect of priming deterioration on the activity of antioxidant enzymes and the mobility of seed reserves in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Sadri. Iranian J. Seed Sci. Technol 8(2): 19-32. (In Persian, with English Abstract)

Saadat, T., M. Sedghi, A. Gholipouri, R. Seyed Sharifi, and R. Sheykhbaglou. 2020b. Effect of seed priming and aging on germination, biochemical traits and antioxidant enzyme gene expression in common bean (*Phaseolus vulgaris* l.). Seed Sci. Res 7(1): 1-13. (In Persian, with English Abstract)

Saddiq, M. S., S. Iqbal, I. Afzal, A. M. H. Ibrahim, M. A. Bakhtavar, M. B. Hafeez, J. Maqbool, and M. M. Maqbool. 2019. Mitigation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through physiological seed enhancements. J. Plant Nutr. 42(10): 1 -13.

Salehzadeh, H., M. Izadkhah, M. Giyasi, F. Ferozin, and A. Abbasi. 2008. The effect of seed priming on the germination and growth of wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). Res. J. Biol. Sci 4: 631-629. (In Persian, with English Abstract)

Scot, S. J., R. A. Jones, and W. A. Willams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci 24:1192-1199.

Segund, M., M. Nasr Isfahani, and F. Hadi. 2019. The effect of osmopriming with KNO3 and KH2PO4 germination indicators on seed improvement and growth of Sarhargol seedlings. MS. Thesis. Univ. Lorestan. Iran.

Singh Gill, S., and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Biochem. 48: 909-930.

Singh, V., R. S. Upadhyay, B. K. Sarma, and H. B. Singh. 2016. Seed bio-priming with Trichoderma asperellum effectively modulate plant growth promotion in pea. Int. J. Agric. 9(3): 361-365.

Sivritepe, N., H. O. Sivritepe, and A. Eris. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. Sci. Hortic. 97(3-4): 229-237.

Siyadat, S. A., M. Sharafizadeh, and S. A. Mousavi. 2011. The effect of priming hormone on the reduction of corn seed burnout. (In Persian, with English Abstract) Quart. J. Plant Physiol. 3(10): 83-67.

Soltani, A., M. J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi-Daz, and R. Sarparast. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agric. For. Meteorol.138: 156-167.

Suhani, M. M. 1389. Seed control and certification. Gilan University Publications.

Tabatabai, S. F., G. Grineh, G. Fathi, and S. A. Siaydat. 2013. Effect of osmo and hydropriming on Seed Germination, seedling establishment and grain yield of wheat cultivars under Khoozestan climatic conditions. Iranian J. Seed Sci. Technol 2(1): 101-104. (In Persian, with English Abstract)

Tajbakhsh, M., and M. Gheazi. 2011. A summary of the mechanisms of the effect of pre-sowing seed treatments on the improvement of germination and seedling growth in the conditions of biotic and abiotic environmental stress. The second national conference on climate change and its impact on agriculture and environment. 2 August, Oromiyeh, Iran. (In Persian)

Thirajah, M., and R. Kapilan. 2015. Effect of aging on the germination characteristics and enzyme activity of sunflower seeds. IJISR. 2(6): 147-150.

Xu, N., K. Yrle, P. O. Miler, and N. Chaichi. 2004. Co regulation of ear growth and internode elongation in corn. Plant Growth Regul. 44(3): 231-241.

Zheng, M., Y. Tao, S. Hussain, Q. Jiang, S. Peng, J. Huang, and L. Nie. 2016. Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. Plant growth Regul. 78(2): 167-178.