



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال نهم/ شماره سوم/ ۱۴۰۱ (۵۵ - ۴۱)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22124/jms.2022.6162

اثر پرایمینگ بذر با اسید الازیک بر پویایی ذخایر بذر و رشد گیاهچه سویا در شرایط پیری تسریع شده

صفیه عرب^۱، مهدی برادران فیروزآبادی^{۲*}، احمد غلامی^۳، مصطفی حیدری^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۴

چکیده

جهت بررسی تأثیر اسید الازیک بر رشد گیاهچه و صفات مربوط به جوانه‌زنی سویا در شرایط معمول و فرسودگی، آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فرسودگی بذر در دو سطح (بذور بدون فرسودگی و بذور فرسوده) و پرایمینگ در هفت سطح (بدون پرایمینگ (شاهد)، آب مقطر (هیدروپرایمینگ)، اسموپرایمینگ با ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک) بود. آزمایش در قالب فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در محیط ژرمیناتور با رعایت استانداردهای موجود انجام شد. بذور با قرار گرفتن در دمای ۴۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۷۲ ساعت فرسوده شدند. پرایمینگ بذور با اسید الازیک با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد. در شرایط فرسودگی صفاتی از قبیل شاخص بنیه بذر، نسبت رشد آلومتریک و مقدار استفاده از ذخایر بذر کاهش یافت. افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید از طریق تأثیر بر شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بر درصد جوانه‌زنی تأثیر منفی نشان داد. کاربرد اسید الازیک از طریق افزایش دادن فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز موجب افزایش درصد جوانه‌زنی در بذور بدون فرسودگی و فرسوده گردید. پرایمینگ بذور با اسید الازیک موجب کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید و هدایت الکتریکی در بذور شد. بر اساس نتایج پژوهش انجام شده می‌توان کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک را به‌عنوان بهترین غلظت مورد استفاده این ماده معرفی کرد. همچنین می‌توان پیشنهاد نمود که اسید الازیک موجب بهبود صفات فیزیولوژیک در بذور فرسوده شده سویا می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، الازیتانن، درصد جوانه‌زنی، فرسودگی

s.arab.agri@gmail.com

m.baradaran.f@gmail.com

ahgholami273@gmail.com

haydari2005@gmail.com

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

۴- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

*نویسنده مسئول: m.baradaran.f@gmail.com

مقدمه

ایفای نقش کند، می‌توان به اسید الاژیک اشاره کرد. این ماده، یک ترکیب فعال زیستی است که کاربردهای دارویی و صنعتی بسیاری دارد و دارای خواص متنوعی از جمله خواص آنتی‌اکسیدانت می‌باشد (Ascacio-Valdes *et al.*, 2010). اسید الاژیک پلی‌فنولی طبیعی است که در میوه‌ها از جمله انار، توت‌فرنگی، تمشک و انگور یافت می‌شود (Thakur and Pitre, 2008). اسید الاژیک در گیاهان به شکل تانن‌های قابل هیدرولیز که الاژیتان نامیده می‌شوند، دیده می‌شود (Debnath *et al.*, 2021). در بین آنتی‌اکسیدانت‌های مختلف، اسید الاژیک با توجه به خصوصیات پلی‌فنولیک آن، یکی از بهترین جاروب‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. نتایج تحقیقی نشان داد که پرایمینگ بذر نخود با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الاژیک سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و نشت الکترولیت‌ها در شرایط تنش اسمزی گردید (Abu El Soud *et al.*, 2013). محققان دریافتند که اسید الاژیک سبب کاهش اثرات تنش شوری و افزایش رشد گیاه کلزا گردید (Khan *et al.*, 2017). تحقیق دیگری نیز نشان داد که اسید الاژیک در طی دوره انبارداری میوه کامکوات از افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید جلوگیری کرد و سبب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد (Liu *et al.*, 2018). این ماده، میزان رادیکال سوپر اکسید را تا سطح معنی‌داری کاهش داد.

تحقیقات انجام شده گویای این موضوع است که بروز هر گونه شرایط نامساعد از قبیل تنش‌های محیطی در مسیر تولید بذر و یا استفاده از شیوه‌های نامناسب تولید و پس از آن نگهداری بذر می‌تواند موجب فرسودگی زود هنگام و کاهش توان واقعی بذر شود که خسارت جبران‌ناپذیری را برای تولید کننده و کشور به دنبال خواهد داشت. لذا یافتن راهکاری کارآمد برای کاهش آثار منفی ناشی از بذوری که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد. با توجه به این که اسید الاژیک یک ماده آنتی‌اکسیدانت قوی با خاصیت ضدپیری است و تا به حال تحقیقی به منظور بررسی اثر اسید الاژیک به صورت پرایمینگ بذر در راستای بهبود بذرهای فرسوده سویا و تقویت گیاهان حاصل از آنها انجام نشده است و سندی در این مورد یافت نگردید، در این تحقیق به بررسی این موضوع پرداخته شد.

هدررفت بنیه بذر در انبار یکی از مشکلات عمده در حفظ و نگهداری آن‌ها در طولانی‌مدت بوده و این مسأله در نگهداری دانه‌های روغنی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد (Wang *et al.*, 2021). بذر سویا دارای چربی و پروتئین بالا می‌باشند و قابلیت جوانه‌زنی خود را فقط تا چند ماه در شرایط معمولی حفظ می‌کنند، از این‌رو نگهداری انبارداری بذر تا فصل بعدی رشد یا زمان فروش، یکی از مراحل مهم در صنعت بذر سویا می‌باشد و عدم توجه دقیق و کافی به آن موجب می‌شود بذر سویا دچار خسارت فیزیکی و فیزیولوژیک شده و فرسودگی بذر تشدید شود (Weerasekara *et al.*, 2021). در طی فرسودگی بذر، غشاء در اثر پراکسیداسیون لیپیدی تخریب می‌شود. بررسی مکانیسم پراکسیداسیون لیپیدها نشان می‌دهد که گونه‌های فعال اکسیژن به اسیدهای چرب غیر اشباع از جمله اسید اولئیک و اسید لینولئیک (به‌عنوان رایج‌ترین اسیدهای چرب غشاء بذر) حمله می‌کنند و موجب آسیب به غشاء می‌شوند (Adetunji *et al.*, 2021).

آزمون پیری تسریع‌شده یکی از مهم‌ترین آزمون‌های استفاده شده برای ارزیابی بنیه بذر و شبیه‌سازی پیری می‌باشد. مبنای روش پیری تسریع‌شده، قرار دادن بذر در دما و طوبت نسبی بالا می‌باشد (McDonald, 2000). این آزمون، ساده و کم‌هزینه است و در بررسی وقایع فیزیولوژیک حین فرسودگی بذر مفید می‌باشد (Balouchi *et al.*, 2014). تحقیقات نشان داده است که پیری تسریع‌شده موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و همچنین افزایش پراکسیداسیون لیپید در بذر سویا می‌گردد (Maesaroh *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021; Ebone *et al.*, 2020).

بررسی راهکارهایی برای بهبود خسارات ناشی از فرسودگی بذر می‌تواند از ضروریات پژوهش‌های این حوزه باشد. پرایمینگ بذر با آنتی‌اکسیدانت‌ها جهت جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدها یکی از روش‌های مهم توانمندسازی بذر می‌باشد، به طوری که ابتدا بذر را با استفاده از مواد آنتی-اکسیدانت مختلف، آبدهی شده و سپس برای سهولت حمل و نقل و کاشت دوباره خشک می‌گردند. از جمله موادی که می‌تواند در کاهش اثرات تنش‌ها از جمله فرسودگی در بذر

پرایمینگ بذر در هفت سطح (بدون پرایمینگ (شاهد)، آب مقطر (هیدروپرایمینگ)، اسموپرایمینگ با ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی گرم در لیتر اسید الاژیک) بود. بذور مورد استفاده در این پژوهش از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه گردید. بذر-های مورد استفاده، بذره‌های برداشت شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل شده نگهداری بذر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران قرار داشتند که دارای سیستم خنک کننده بود. رطوبت اولیه بذر ۱۲ درصد بود. محدوده دمایی انبار ۱۴ تا ۱۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی آن ۳۰ تا ۴۰ درصد بود. جهت اعمال تیمار فرسودگی، بذر در دمای ۴۱ درجه سلسیوس و رطوبت ۹۵ درصد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند (ISTA, 2009).

جهت ارزیابی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات وارد شده در مدل رگرسیونی، تجزیه علیت نیز انجام شد. امروزه این روش به طور گسترده‌ای در مطالعات کشاورزی و تقاضای انرژی برای آشکارکردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم بین برخی ویژگی‌های مؤثر بر پارامتر وابسته استفاده می‌شود (Zhang et al., 2017). بر اساس این تحلیل می‌توان به میزان تأثیر متغیرهای مستقل (مستقیم و غیرمستقیم) روی متغیر وابسته پی برد (Cai et al., 2008).

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود روی بذر سویا رقم DPX (کتول) و در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل فرسودگی بذر در دو سطح (بذور بدون فرسودگی و بذور فرسوده) و

جدول ۱- صفات اندازه‌گیری شده مربوط به جوانه‌زنی

Table 1. Measured traits related to germination

شماره رابطه	روابط محاسباتی Computational formula	صفات Traits
1	$GR \% = \left(\frac{n}{N}\right) * 100$	درصد جوانه‌زنی
2	$AG = \frac{SL}{RL}$	نسبت رشد آلومتریک
3	$SLVI = MSL + MRL * \frac{GR}{100}$	شاخص طولی بنیه گیاهچه
4	$SRUR = \frac{ISDW - FSDW}{ISDW}$	مقدار استفاده از ذخایر بذر
5	$SRUE = \frac{SLDW}{SRUR}$	کارایی استفاده از ذخایر بذر
6	$FMOB = \frac{SRUR}{ISDW}$	کسر ذخایر مصرف شده یا پویا شده بذر

n تعداد بذره‌های جوانه زده، N تعداد کل بذرها، Ni تعداد بذره‌های جوانه زده در هر روز، Ti تعداد روزهای آزمایش، SL: طول گیاهچه، GR%: درصد جوانه‌زنی کل، SL طول ساقه‌چه، RL طول ریشه‌چه، MSL میانگین طولی گیاهچه، MRL: میانگین طولی ریشه‌چه

با دمای ۲۵ درجه سلسیوس منتقل شدند. سپس به صورت روزانه و در ساعت معینی تعداد بذره‌های جوانه زده شمارش گردیدند. درصد جوانه‌زنی کل طبق رابطه یک اندازه‌گیری شدند (Perry, 1991). دو صفت نسبت رشد آلومتریک و شاخص بنیه طولی گیاهچه بر اساس روابط دو و سه به ثبت رسیدند (Abdulbaki and Anderson, 1973).

جهت اندازه‌گیری رشد هتروتروفیک و میزان ذخایر منتقل شده طی جوانه‌زنی بذر، برای هر تیمار سه تکرار ۲۵ تایی بذر انتخاب و سپس وزن تر بذر (IFSW) در هر تیمار به صورت جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شد. ۲۵ عدد بذر

پرایمینگ بذر از طریق خیساندن با محلول‌های مورد نظر (بدون پرایمینگ (شاهد)، آب مقطر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی گرم در لیتر اسید الاژیک) با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد. پس از آن بذور در سایه خشک شدند و جهت ادامه آزمایش و اندازه‌گیری صفات در مقایسه با بذور بدون فرسودگی استفاده گردیدند. صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه و روابط مربوطه در جدول یک گزارش شده است. درون پتری‌دیش‌هایی با قطر نه سانتی‌متر در سه تکرار، ۲۵ عدد بذر سویا قرار گرفت. پس از آن ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به پتری‌دیش‌ها اضافه شد و به انکوباتور

در سطح ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود (شکل ۱). تیمار هیدروپرایمینگ، اگرچه سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در بذور فرسوده و غیرفرسوده گردید، اما این افزایش تنها در بذور فرسوده معنی‌دار بوده و ۶/۳۳ درصد، درصد جوانه‌زنی را در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۱). در راستای این تحقیق محققان دیگر گزارش کردند که هیدروپرایمینگ موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذور زوال یافته برنج (Gholami Tile Bani *et al.*, 2012)، گون (Yegane *et al.*, 2019) و اسپرس (Kavandi *et al.*, 2018) می‌گردد.

در پژوهش حاضر کاهش درصد جوانه‌زنی در بذورهای فرسوده با کاهش فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز (شکل ۳ و جدول ۴) ارتباط دارد. نتایج حاصل از تحقیقات پژوهشگران، کاهش درصد جوانه‌زنی بذور فرسوده‌شده را ناشی از تغییرات در فیزیولوژی سلولی بذر از جمله کاهش انتقال مواد تجزیه‌شده از بافت ذخیره‌ای بذر به محور جنین و کندشدن سنتز ترکیبات شیمیایی در جنین دانسته‌اند (Ahmadloo *et al.*, 2012). در این پژوهش افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید (جدول ۳ و جدول ۴) و افزایش هدایت الکتریکی (شکل ۲ و جدول ۴) نیز در بذورهای فرسوده مشاهده شد. افزایش تولید مالون‌دی‌آلدئید همراه با نشت الکترولیت‌ها بخش قابل توجهی از کاهش قابلیت جوانه‌زنی بذرها و کاهش رشد گیاهچه در شرایط فرسودگی را توجیه می‌کند (Shaaban, 2016). افزایش هدایت الکتریکی بذرها می‌تواند نشانه‌ای از ناتوانی سلول‌ها در انسجام غشاء سلولی باشد که در نهایت منجر به کاهش قدرت و درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Moori *et al.*, 2019). در پژوهش حاضر استفاده از هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با اسید الازیک توانست صفات جوانه‌زنی را در بذور غیرفرسوده و فرسوده بهبود دهد. علت اثر مثبت این تیمارها احتمالاً کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید (جدول ۳) و به‌دنبال آن کاهش هدایت الکتریکی بذور (شکل ۲) است. همان‌طور که در جدول تجزیه علیت (جدول ۴) نیز مشاهده می‌گردد، محتوای مالون‌دی‌آلدئید بر شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز تأثیرگذار بوده است و از این طریق موجب کاهش درصد جوانه‌زنی گردیده است. به‌نظر می‌رسد اسید الازیک نیز با کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید از کاهش

انتخابی وزن شده روی یک خط در داخل دو لایه حوله به روش ساندویچ قرار گرفته و به‌مدت یک هفته در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد (ISTA, 2009). بعد از ۸ روز تعداد گیاهچه‌های جوانه‌زده شمارش گردید. سپس با استفاده از تیغ اسکالپل (جراحی) گیاهچه‌ها از باقیمانده بذر (کوئیلدون‌ها) به دقت جدا شدند. وزن خشک گیاهچه‌ها^۱ (SLDW) و وزن خشک باقیمانده بذرها^۲ (FSDW) نیز با قرار دادن آن‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت و سپس توزین آن‌ها با کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه شد. در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر مصرف شده یا پویا شده بذر بر اساس روابط چهار تا شش اندازه‌گیری گردید. ISDW^۳ وزن اولیه بذورهای خشک است و با کم‌کردن رطوبت بذر از وزن اولیه بذرها به دست آمد. برای اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید، هدایت الکتریکی و فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز بذور به‌ترتیب از روش دو و برملی (Du and Bramley, 1992)، هامپتون و تکرونی (Hampton and Tekrony, 1995) و موریس و تاکاکی (Morais and Takaki, 1998) استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

صفات مرتبط با قابلیت حیات و بنیه بذر درصد جوانه‌زنی کل

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای فرسودگی ($P < 0/01$)، اسید الازیک ($P < 0/01$) و اثر متقابل این دو عامل ($P < 0/05$) تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشت (جدول ۲).

تیمار اسموپرایمینگ با اسید الازیک در تمام سطوح، هم در بذور فرسوده و هم در بذور غیرفرسوده سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد، درحالی‌که این افزایش

¹ - Seedling Dry Weight

² - Final Seed Dry Weight

³ - Initial Seed Dry Weight

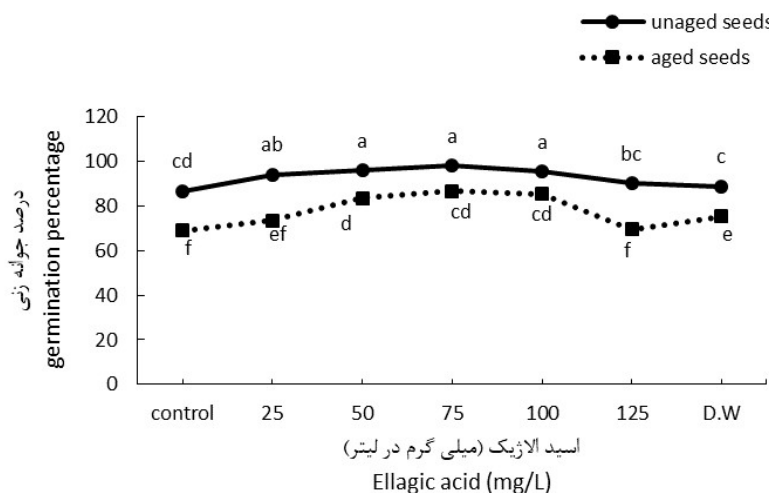
گلايسين بتائين يك تركيب آمونيومي چهارگانه از جمله معمول ترين محلول‌های سازگار در گیاهان است و نقش مهمی در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد در گیاهان دارد (Rasheed *et al.*, 2014).

نسبت رشد آلومتريک و شاخص بنیه طولی گیاهچه

بررسی جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که تنها اثر فرسودگی بر نسبت رشد آلومتريک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر فرسودگی و اسید الایژیک بر شاخص بنیه طولی گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نسبت رشد آلومتريک و شاخص بنیه طولی گیاهچه در بذوری که فرسودگی را تجربه کرده بودند، به ترتیب ۱۷/۲۵ و ۳۴/۵۲ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۳). کاهش شاخص بنیه طولی گیاهچه ناشی از کاهش اجزاء آن یعنی طول گیاهچه و طول ریشه-چه است که هر دو در شرایط فرسودگی کاهش می‌یابند.

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز جلوگیری کرده و در نهایت سبب حفظ قابلیت جوانه‌زنی بذور شده است.

اسید الایژیک ویژگی آنتی‌اکسیدانت دارد و با توجه به بروز تنش اکسیداتیو بذور در شرایط فرسودگی، پرایمینگ بذر با اسید الایژیک ممکن است در کاهش آسیب ناشی از تنش اکسیداتیو و به‌ویژه پراکسیداسیون لیپیدها مؤثر بوده باشد (Abu El Soud *et al.*, 2013). از طرف دیگر کاربرد این ماده فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (شکل ۳) و شاخص بنیه بذر (جدول ۳) را افزایش داد که این دو عامل نیز می‌توانند بر افزایش درصد جوانه‌زنی توسط این تیمارها اثرگذار باشند. محققان بیان کردند که اسید الایژیک به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد و جوانه‌زنی گیاهان مطرح است و موجب افزایش درصد جوانه‌زنی در بذور می‌گردد (Pari and Sivasankari, 2008). پرایمینگ بذور با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الایژیک سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در نخود گردید (Abu El Soud *et al.*, 2013). این محققان بیان کردند که اسید الایژیک از طریق افزایش گلايسين بتائين موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذور می‌گردد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل فرسودگی و اسید الایژیک بر درصد جوانه‌زنی در بذور سویا

Figure 1. Mean comparison of interaction effects of aging and Ellagic acid on germination percentage in soybean seeds

چنین نتایج مشابه به‌دست‌آمده توسط (Nahofte Esterabad *et al.*, 2016) روی ذرت مینی بر اثر منفی معنی‌دار فرسودگی بذر بر طول گیاهچه، شاخص بنیه بذر و طول ریشه‌چه که به طبع آن نسبت رشد آلومتريک نیز کاهش می‌یابد، نتایج آزمایش حاضر را تأیید می‌کند.

کاهش شاخص بنیه طولی گیاهچه سویا ناشی از فرسودگی توسط (Thongsri *et al.*, 2021) نیز گزارش شده است که، با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. مشابه این نتایج را محققان دیگر نیز گزارش کردند (Moore and Eisvand, 2019) و (Pasandideh *et al.*, 2014). هم-

فرسودگی منجر به نشت شدیدتر الکترولیت‌ها و افزایش هدایت الکتریکی گردید، به طوری که در تیمار شاهد، هدایت الکتریکی بذور فرسوده ۳۴/۰۷ درصد بیش‌تر از بذره‌های بدون فرسودگی بود. پرایمینگ بذور بدون فرسودگی با آب مقطر و ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید الازیک سبب کاهش چشم‌گیری در هدایت الکتریکی بذور شد (شکل ۲). در شرایط فرسودگی نیز مانند شرایط معمول، استفاده از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک بهتر از سایر سطوح عمل کرد و کم‌ترین هدایت الکتریکی را که معادل ۲۱/۶۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر تر بود، نشان داد (شکل ۲).

افزایش پراکسیداسیون لیپیدها موجب می‌شود که سلامت و یکپارچگی غشاء آسیب ببیند. بعد از آسیب به غشاء، نشت الکترولیت‌ها رخ می‌دهد. نشت الکترولیت‌ها به محلولی که بذر در آن غوطه‌ور شده، هدایت الکتریکی محلول را افزایش می‌دهد. محققان بیان کردند که تولید و انباشتگی رادیکال‌های آزاد موجب خسارت به اسیدهای چرب غیر اشباع غشاهای سلولی می‌شود. کلیه این تغییرات به اختلال در غشاء، نشت مواد از بذور و در نهایت افزایش هدایت الکتریکی منجر می‌شوند (Ghaderi-Far et al., 2014; Ghanbari et al., 2019).

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با اسید الازیک صفت هدایت الکتریکی را هم در بذور غیرفرسوده و هم در بذور فرسوده کاهش داد. علت اثر مثبت این تیمارها احتمالاً کاهش پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، محتوای مالون‌دی-آلدئید به‌عنوان فرآورده این واکنش‌ها در تیمارهای مذکور کم‌تر می‌باشد (جدول ۳) این اثر مثبت می‌تواند از ویژگی آنتی‌اکسیدانی اسید الازیک منجر شده باشد (Abu El Soud et al., 2013). محققان اثرات مثبت هیدروپرایمینگ بر کاهش هدایت الکتریکی در بذور سویا را گزارش کرده‌اند (Daneshvar Rad et al., 2015).

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

نتایج بیانگر این است که اثر تیمارهای فرسودگی، پرایمینگ و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز معنی‌دار بود (جدول ۲).

در راستای این نتایج، محققان دیگر نیز گزارش کردند که فرسودگی موجب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز می‌گردد و از تجزیه نشاسته و انتقال مواد مغذی به جنین، جلوگیری کرده و در نهایت مانع رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (Rahemi-Karizaki et al., 2012). استفاده از آب مقطر و تمامی سطوح مورد استفاده اسید الازیک در این پژوهش موجب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه طولی گیاهچه نسبت به شاهد گردید. در سایر تحقیقات نیز مشاهده گردید که هیدروپرایمینگ موجب افزایش این صفت در بذور نرمال و فرسوده می‌گردد (Daneshvar Rad et al., 2015; Kavandi et al., 2018; Yegane et al., 2019; Gholami, et al., 2012).

بررسی روند سطوح اسید الازیک بیان‌گر این است که استفاده از این ماده تا سطح ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اثر افزایشی داشت و سطوح بالاتر این ماده (۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر) اگرچه نسبت به شاهد هم‌چنان روند افزایشی نشان داد اما نسبت به سطوح دیگر این ماده روند کاهشی به ثبت رسید (جدول ۳). در این بین کاربرد ۷۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک بهتر از سایر سطوح عمل کردند و بالاترین میزان این صفت را که به ترتیب ۱۰۰/۶۹ و ۹۲/۳۸ بود به خود اختصاص دادند (جدول ۳). با توجه به ارتباط مستقیم شاخص بنیه طولی گیاهچه با درصد جوانه‌زنی، می‌توان گفت افزایش این شاخص نیز با افزایش درصد جوانه‌زنی در تیمارهای اسید الازیک متناسب است (شکل ۱). احتمالاً می‌توان گفت اسید الازیک از طریق افزایش دادن طول گیاهچه موجب افزایش شاخص بنیه طولی گیاهچه گردیده است. کاربرد اسید الازیک احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و افزایش فعالیت آنزیم‌های محافظت‌کننده در برابر رادیکال‌های اکسیژن‌فعال در افزایش شاخص بنیه طولی گیاهچه نقش دارد (Abu El Soud et al., 2013).

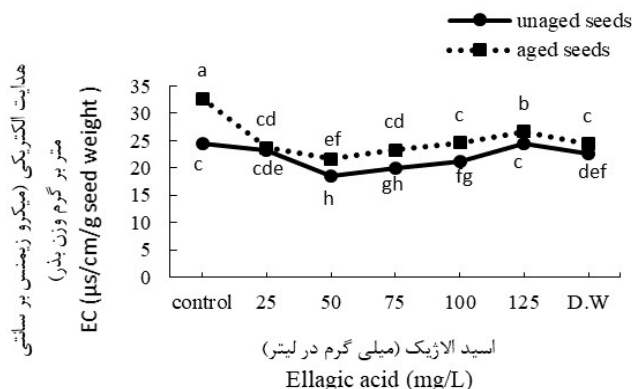
صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی

هدایت الکتریکی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر فرسودگی، پرایمینگ با اسید الازیک و اثر متقابل دو عامل مورد مطالعه بر هدایت الکتریکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

بررسی تیمارها نشان داد که اسموپرایمینگ با اسید الازیک تا سطح ۷۵ میلی-گرم در لیتر هم در بذور غیرفرسوده و هم در بذور فرسوده، موجب افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز شد و بعد از آن روند کاهشی به ثبت رسید (شکل ۳).

استفاده از هیدروپرایمینگ در بذور نرمال موجب افزایش فعالیت آلفا آمیلاز به میزان ۰/۱۹ میکرومول نشاسته هیدرولیز شده در میلی-گرم پروتئین در دقیقه نسبت به شاهد شد. این درحالی بود که اعمال هیدروپرایمینگ در بذور فرسوده اختلاف معنی‌داری را با شاهد در این شرایط نشان نداد (شکل ۳).

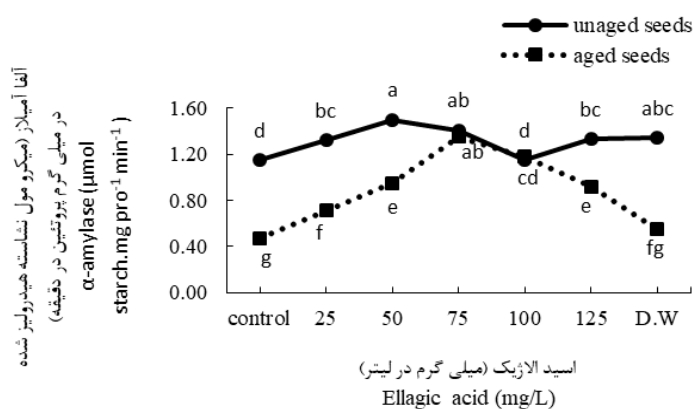


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل فرسودگی و اسید الازیک بر هدایت الکتریکی بذور سویا

Figure 2. Mean comparison of interaction effects of aging and Ellagic acid on electrical conductivity (EC) in soybean seeds

نبود. علت کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در شرایط فرسودگی در این پژوهش را می‌توان با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن مرتبط دانست. محققان اعلام کردند که گونه‌های فعال اکسیژن موجب تخریب ساختارهای DNA و RNA ریبوزومی می‌گردد و در فرآیند نسخه‌برداری اختلال ایجاد می‌شود و در نهایت موجب عدم سنتز آنزیم‌های ضروری از جمله آلفا آمیلاز می‌گردد (Kapilan, 2015).

تأثیر کاهشی سطوح بالای اسید الازیک که در پژوهش زیر دیده شده است، در مورد سایر محلول‌های سازگار مانند اسید سینامیک (Akbari *et al.*, 2020; Singh and Chaturvedi, 2014) و اسید سالیسیلیک (Farhadi *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است، که اهمیت بررسی و رسیدن به غلظت مناسب این ترکیبات را بیش از پیش مشخص می‌کند، زیرا از یک غلظتی بالاتر، عامل مفید می‌تواند به عامل تنش‌زا برای گیاه تبدیل شود. در خصوص سطح مناسب و آستانه اسید الازیک اطلاعاتی در دسترس



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل فرسودگی و اسید الازیک بر فعالیت آلفا آمیلاز در بذور سویا

Figure 3. Mean comparison of interaction effects of aging and Ellagic acid on α-amylase activity in soybean seeds

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (شکل ۳) شد و در نهایت موجب افزایش کسر ذخایر مصرف شده بذر گردید.

کارایی استفاده از ذخایر بذر

کارایی استفاده از ذخایر بذر از اثر فرسودگی، اسید الاژیک و اثر متقابل فرسودگی و اسید الاژیک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). کارایی استفاده از ذخایر در بذور بدون فرسودگی که با غلظت‌های مختلف اسید الاژیک پرایمینگ شده بودند، بیش‌تر از شاهد بود. در شرایط فرسودگی استفاده از ۲۵ تا ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر اسید الاژیک موجب افزایش قابل توجهی در این صفت شد. بین تیمار شاهد با کاربرد آب مقطر و سایر سطوح اسید الاژیک (۱۰۰ و ۱۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) تفاوت معنی‌داری به ثبت نرسید (شکل ۴b). فرسودگی موجب کاهش وزن خشک گیاهچه شد و از طرف دیگر میزان آنزیم‌های هیدرولیتیک نیز کاهش یافت (شکل ۳) که این امر موجب کاهش کارایی تبدیل ذخایر بذر در شرایط فرسودگی شد. مشابه نتایج تحقیق حاضر، محققان دیگری نیز گزارش کردند که فرسودگی موجب کاهش کارایی استفاده از ذخایر بذر در سویا گردید (Santos *et al.*, 2021). استفاده از اسید الاژیک موجب افزایش وزن خشک گیاهچه و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (شکل ۳) شد و در نهایت موجب افزایش کارایی استفاده از ذخایر بذر سویا گردید.

محتوای مالون‌دی‌آلدئید

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فرسودگی و پرایمینگ بر محتوای مالون‌دی‌آلدئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج، پیری تسریع شده موجب افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید به میزان ۲/۷۳ نانومول بر گرم وزن تر بذر نسبت به بذور بدون فرسودگی شد (جدول ۳). اسموپرایمینگ بذور با اسید الاژیک و افزایش غلظت آن از ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محتوای مالون‌دی‌آلدئید را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۳). علت افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید در شرایط فرسودگی را می‌توان ناشی از افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در بذر دانست که خود ممکن است ناشی از ضعف سیستم آنتی-اکسیدانت باشد. مشابه این نتایج را محققان دیگر نیز در سویا گزارش کردند (Nazari *et al.*, 2020).

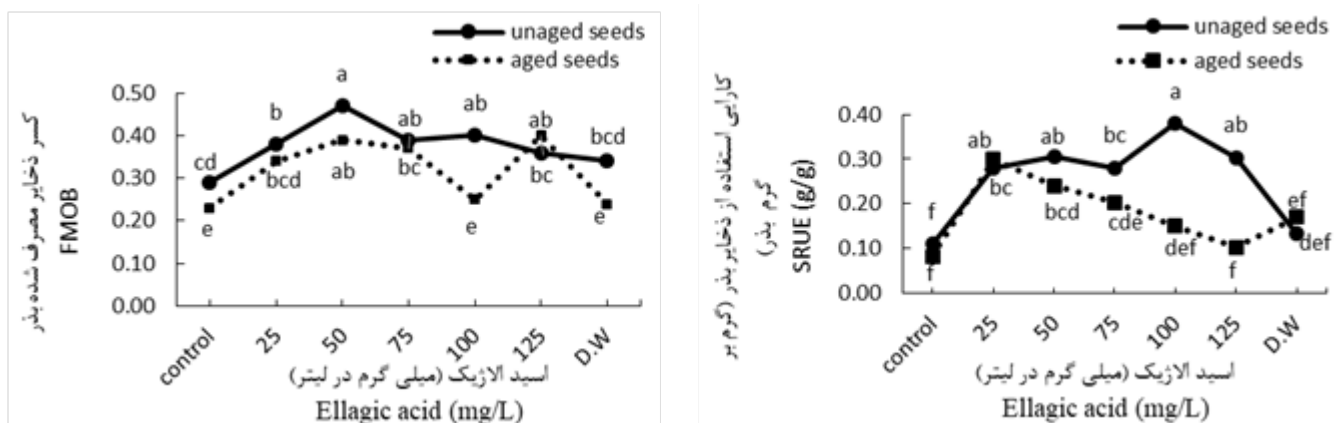
رشد هتروتروفیک و میزان ذخایر منتقل شده طی جوانه‌زنی بذر

مقدار استفاده از ذخایر بذر

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای فرسودگی ($P < 0/05$) و اسید الاژیک ($P < 0/01$) تأثیر معنی‌داری بر مقدار استفاده از ذخایر بذر داشت (جدول ۲). وقوع فرسودگی موجب کاهش مقدار استفاده از ذخایر بذر از ۰/۰۶۳ تا ۰/۰۵۵ گرم شد. پرایمینگ با غلظت‌های ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید الاژیک سبب بهبود قابل توجه در مقدار استفاده از ذخایر بذر گردید (جدول ۳). مقدار استفاده از ذخایر بذر جزء حساس به فرسودگی می‌باشد که موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذور فرسوده نسبت به شرایط معمول می‌شود. محققان دریافتند که کاهش مقدار استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه در شرایط تنش می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و کاهش سنتز آنزیم هیدرولیزکننده آلفا آمیلاز در جوانه‌زنی باشد که کاهش قدرت بذر را به دنبال خواهد داشت (Saadat *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021).

کسر ذخایر پویاشده بذر

کسر ذخایر پویاشده بذر تحت تأثیر فرسودگی ($P < 0/05$)، اسید الاژیک ($P < 0/01$) و اثر متقابل این دو عامل ($P < 0/05$) قرار گرفت (جدول ۲). استفاده از تمامی سطوح اسید الاژیک (به جز ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط فرسودگی) موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید (شکل ۴a). در این پژوهش میزان آنزیم آلفا آمیلاز در فرسودگی کاهش یافت که این امر موجب کاهش کسر ذخایر پویاشده بذر گردید. کاهش فعالیت آلفا آمیلاز در بذر گیاهان تحت تنش به کاهش تشکیل گلوکز از نشاسته منجر می‌شود که حاصل آن کاهش سنتز ساکارز است و در نهایت کاهش کارایی ذخایر بذر را در پی دارد (Damaris *et al.*, 2019). پویایی ذخایر بذر وابسته به فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک است که این آنزیم‌ها سبب تجزیه مواد ذخیره‌ای بذر و در نهایت مصرف آن‌ها توسط گیاهچه می‌شوند (Ghaderi-Far *et al.*, 2014). در این تحقیق استفاده از اسید الاژیک موجب افزایش وزن خشک گیاهچه و افزایش



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل فرسودگی و اسید الاژیک بر کسر ذخایر مصرف شده بذر (FMOB) (a) و کارایی استفاده از ذخایر مصرف شده بذر (SRUE) (b) در سویا

Figure 4. Mean comparison of interaction effects of aging and Ellagic acid on Fraction of Seed Reserves Mobilization (FMOB) (a) and Seed Reserves Use Efficiency (SRUE) (b) in soybean

تجزیه علیت

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد، زمانی که درصد جوانه‌زنی به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، صفات شاخص بنیه بذر (۰/۸۸)، کارایی استفاده از ذخایر (۰/۴۶)، مالون‌دی-آلدئید (۰/۶۳)، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (۰/۸۰) و هدایت الکتریکی (۰/۷۲-) به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند. ضریب تبیین بیانگر این است که ۸۶/۴۹ درصد از تغییرات درصد جوانه‌زنی توسط پنج صفت فوق توجیه می‌شود. نتایج تجزیه علیت حاکی از آن است که بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را صفت شاخص بنیه بذر (۰/۵۶) و پس از آن فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (۰/۳۰) به خود اختصاص دادند. بیش‌ترین اثر مستقیم منفی را نیز مالون‌دی‌آلدئید (۰/۱۱) بر درصد جوانه‌زنی داشت. مالون‌دی‌آلدئید به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق تأثیر بر شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بر درصد جوانه‌زنی تأثیر منفی نشان داد. کارایی استفاده از ذخایر بذر نیز از طریق تأثیر بر شاخص بنیه بذر موجب افزایش درصد جوانه‌زنی شد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نیز به‌طور غیرمستقیم از طریق اثر بر شاخص بنیه بذر و همچنین به‌طور مستقیم بر درصد جوانه‌زنی اثر مثبت داشت. میزان هدایت الکتریکی با کاهش دادن شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز موجب کاهش درصد جوانه‌زنی شد (جدول ۴).

با توجه به این که بذور در زمان پیری با تنش اکسیداتیو مواجه می‌شوند و اسید الاژیک خاصیت آنتی‌اکسیدانت دارد، پرایمینگ بذر با این ماده ممکن است در کاهش آسیب ناشی از تنش اکسیداتیو و به‌ویژه پراکسیداسیون لیپیدها مؤثر باشد. احتمالاً بتوان گفت که اسید الاژیک از طریق پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن مانع از افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید شده است.

آسیب غشاء نتیجه پراکسیداسیون لیپیدی است که فرآورده واکنش مالون‌دی‌آلدئید می‌باشد. نتایج همبستگی بین صفات نشان داد که دو صفت مالون‌دی‌آلدئید و هدایت الکتریکی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. مشابه این نتایج را محققان دیگری در کرچک (*Ricinus communis*) (L. Soltani et al., 2017)، جو (*Hordeum vulgare*) (L. Shaaban, 2016) و کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo*) (Ghaderi-Far et al., 2014) گزارش کردند.

اسید الاژیک از طریق افزایش دادن میزان گلاسیسین بتائین در بذور موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود (Abu El Soud et al., 2013). محققان دیگری نیز گزارش کردند که اسید الاژیک به‌دلیل خاصیت کلاته-کنندگی تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال سوپراکسید و هیدروکسیل را مهار می‌کند و سلول را در برابر فرآیند پراکسیداسیون و تولید مالون‌دی‌آلدئید محافظت می‌کند (Lopez and Luderer, 2004).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده (میانگین مربعات) در بذور سویا تحت تأثیر فرسودگی و اسید الازیک

Table 2. Variance analysis of measured traits (mean squares) in soybean seeds under aging and Ellagic acid

S.O.V منابع تغییرات	df درجه آزادی	α - amylase آلفا آمیلاز	Germination percentage درصد جوانه- زنی	EC	MDA	AG	SLVI	SRUR	SRUE	FMOB
تکرار Replication	2	0.008	0.92	1.31	2.41	0.98	54.45	0.0003	0.003	0.01
فرسودگی (A) Aging	1	2.03**	2422.88**	110.90**	78.05**	1.61**	12156.94**	0.0007*	0.063**	0.02**
اسید الازیک (B) Ellagic acid	6	0.21**	194.54**	44.51**	31.43**	0.04	1058.69**	0.0004**	0.20**	0.01**
A×B	6	0.14**	29.43*	9.18**	10.27	0.12	41.50	0.0002	0.025**	0.007*
خطا Error	26	0.01	9.69	0.92	7.30	0.086	49.04	0.0001	0.003	0.0025
ضریب تغییرات C.V(%)	-	11.97	3.66	4.05	16.18	14.15	8.58	17.15	25.24	14.33

برشدهی اثر متقابل: میانگین مربعات سطوح اسید الازیک در هر سطح تیمار فرسودگی
Slicing interactions: mean squares of Ellagic acid levels in each level of aging treatment

تیمار فرسودگی Aging	درجه آزادی df									
بذور بدون فرسودگی unaged seeds	6	0.049*	53.77**	15.20**	-	-	-	-	0.028**	0.012**
بذور فرسوده aged seeds	6	0.31**	170.20**	38.49**	-	-	-	-	0.017**	0.012**

ns: non significant, * and ** are significant in 5 and 1 % respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی فرسودگی و اسید الاژیک در صفات اندازه‌گیری شده در بذور سویا

Table 3. Mean comparison of aging and Ellagic acid on measured traits in soybean seeds. (D.W: Distilled water)

	MDA	AG	SLVI	SRUR
	(nmol/g seed)	-	-	(g)
بذور بدون فرسودگی Unaged seeds	15.33 b	2.26 a	98.56 a	0.063 a
بذور فرسوده Aged seeds	18.06 a	1.87 b	64.53 b	0.055 b
اسید الاژیک (میلی گرم در لیتر) Ellagic acid (mg/L)				
0	19.86 a	2.11 a	60.11 e	0.047 c
25	16.19 bc	2.01 a	80.81 c	0.064 ab
50	12.85 d	2.09 a	92.38 ab	0.068 a
75	15.76 cd	2.20 a	100.69 a	0.065 ab
100	16.29 bc	2.10 a	85.80 bc	0.064 ab
125	16.91 abc	1.95 a	72.04 d	0.055 bc
D.W	19.00 ab	2.02 a	78.99 cd	0.050 c

اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD هستند
The numbers in each group in each column that are at least one letter in common have no statistical difference at the 5% probability level based on the LSD test

جدول ۴- تجزیه علیت صفات اندازه‌گیری شده بر درصد جوانه‌زنی

Table 4. Path coefficient analysis of measured traits on germination percentage

صفات Traits	SLVI	SRUE	MDA	α -amylase	EC	اثرات کل Total effect
SLVI	0.56	-0.01	0.06	0.21	0.05	0.88
SRUE	0.29	0.02	0.04	0.09	0.04	0.46
MDA	-0.33	0.009	-0.11	-0.15	-0.04	-0.63
α -amylase	0.39	-0.007	0.06	0.30	0.05	0.80
EC	-0.40	0.01	-0.05	-0.19	-0.08	-0.72
R- Square	0.8649					

نتیجه‌گیری کلی

شاخص بنیه بذر گردید. در بین سطوح مورد استفاده اسید الاژیک در این پژوهش، کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از این ماده بهتر از سایر سطوح عمل کرد. می‌توان کاربرد هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با اسید الاژیک را جهت کاهش اثرات ناشی از فرسودگی در بذور سویا پیشنهاد داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولین دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود و همچنین از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران برای همکاری‌های انجام‌شده کمال تشکر را دارند.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که وقوع فرسودگی موجب کاهش صفات مهم از قبیل فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، درصد جوانه‌زنی، کارایی استفاده از ذخایر بذر و شاخص بنیه بذر سویا گردید و محتوای مالون‌دی-آلدئید و نشت مواد افزایش نشان داد. هیدروپرایمینگ موجب بهبود صفاتی از جمله شاخص طولی بنیه گیاهچه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذور نرمال، درصد جوانه‌زنی در بذور فرسوده و کاهش هدایت الکتریکی در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی شد. استفاده از اسید الاژیک در بذور بدون فرسودگی و فرسوده سویا به‌صورت پرایمینگ موجب بهبود صفاتی از قبیل فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، درصد جوانه‌زنی و

منابع

- Abdul Baki, A. and Anderson, J.D. 1973. Vigour determination in soybean by multiple criteria. *Crop Science*, 13: 630- 633. **(Journal)**
- Abu El Soud, W., Hegab, M.M., Abdelgavad, H., Zinta, G. and Asard, H. 2013. Ability of ellagic acid to alleviate osmotic stress on chickpea seedlings. *Journal of Plant physiology and biochemistry*, 71(1): 173-183. **(Journal)**
- Adetunji, A.E., Adetunji, G.L., Varghese, B. and Pammenter, N. 2021. Oxidative Stress, Ageing and Methods of Seed Invigoration: An Overview and Perspectives. *Agronomy*, 11 (2369): 1-27. **(Journal)**
- Ahmadloo, F., Tabari, M. and Behtari, B. 2012. Effect of water stress and accelerated ageing on some physiological characteristics of *Pinus brutia* Ten. Seeds. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 19 (2): 345-358. (In Persian) **(Journal)**
- Akbari, M., Baradaran firouzabadi, M., Amerian. M.R. and Farrokhi, N. 2020. Seed Pretreatment with Cinnamic Acid Positively Affects Germination, Metabolite Leakage, Malondialdehyde Content and Heterotrophic Growth of Aging Cowpea (*Vigna unguiculata*) Seeds. *Iranian Journal of Seed Research*, 6(2): 163-176.
- Ascacio-Valdes, J.A., Aguilera-Carbu, A., Martinez-Hernandez, J.J., Rodriguez-Herrera, R. and Aguilar, C.N. 2010. Euphorbia antisyphilitica residues as a new source of ellagic acid. *Chemical paper*, 64: 528-32. **(Journal)**
- Balouchi, H.R., Bagheri, F., Kayednezami, R., Movahedi, D.M. and Yadavi, A.R. 2014. Effect of seed aging on germination and seedling growth indices in three cultivars of *Brassica napus* L. *Journal of plant research*, 26(4): 397-411. **(Journal)**
- Cai, J.B., Xu, D., Liu, Y. and Zhao, N.N. 2008. Sensitivity analysis on water deficit indicator of winter wheat based on path analysis theory. *Journal of Hydraulic Engineering*, 39(1): 83-90. **(Journal)**
- Damaris, R.N., Lin, Z., Yang, P. and He, D. 2019. The rice alpha-amylase, conserved regulator of seed maturation and germination. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(2): 450-459. **(Journal)**
- Daneshvar Rad, R., Sadrghipoor, O. and Pazeki, A. 2015. Effect of soybean seed hydropriming on germination percentage and average in vitro and yield and yield components in field under drought stress, *Iranian Seed Science and Technology*, 3(1): 53-66. (In Persian) **(Journal)**
- Debnath, B., Singh, W.S., Das, M., Goswami, S. and Manna, K. 2021. Biodynamic activities of ellagic acid: A Dietary Polyphenol. *Journal of Nature and Science of Medicine*, 3(20): 83-90. **(Journal)**
- Du, Z. and Bramley, W.J. 1992. Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(9): 1566- 1570. **(Journal)**
- Ebone, L.A., Caverzan, A., Tagliari, A., Chiomento, J., Silveira, D. and Chavarria, G. 2020. Soybean seed vigor: uniformity and growth as key factors to improve yield. *Agronomy*, 10(545): 1-15. **(Journal)**
- Farhadi, N., Estaji, A. and Alizadeh-salteh, S. 2016. The Effect of Pretreatment of Salicylic Acid on Seed Germination of Milk thistle (*Silybum marianum* cv. Budakalaszi) Under Salinity and Drought Stress. *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1): 75-83. **(Journal)**
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H.R. 2014. Biochemical changes during ageing in medicinal pumpkin: lipid peroxidation and membrane damage. *Iranian Journal of Plant Biology*. 20(6): 96-112. (In Persian) **(Journal)**
- Ghanbari, M., MakhtassiBidgoli, D., TalebiSiahsaran, P. and Pirani, H. 2019. Effect of deterioration on germination and enzymes activity in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadri) under salinity stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(2): 585-594. (In Persian) **(Journal)**
- Gholami, T.B.H., Salehi, B.M. and Farhadi, R. 2012. Priming effect on germination and seedling growth of aged grain of rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Research (Journal of Seed Science and Technology)*, 2(1): 1-13. (In Persian) **(Journal)**
- Hampton, J.G. and TeKrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich. **(Handbook)**

- ISTA (International Seed Testing Association). 2009. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 49: 86-41. **(Journal)**
- Kapilan, R. 2015. Accelerated aging declines the germination characteristics of the maize seeds. *Journal of Biosciences*, 3(8): 708-711. **(Journal)**
- Kavandi, A., Jafari, A.A. and Jafarzadeh, M. 2018. Effects of osmopriming on the enhancement of seed germination and seedling growth of deteriorate seeds of sainfoin (*Onobrichis viciifolia*) in basic and active collections of gene bank, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(3): 671-685. (In Persian) **(Journal)**
- Khan, A., Nazar, S., Lang, I., Nawaz, H. and Hussain, M.A. 2017. Effect of ellagic acid on growth and physiology of canola (*Brassica napus* L.) under saline conditions. *Journal plant interaction*, 12(1): 520-525. **(Journal)**
- Liu, Y., Liu, Y., Liu, H. and Shang, Y. 2018. Evaluating effects of ellagic acid on the quality of kumquat fruits during storage. *Scientia Horticulturae*, 227: 244-254. **(Journal)**
- Lopez, S.G. and Luderer, U. 2004. Effects of cyclophosphamide and buthionine sulfoximine on ovarian glutathione and apoptosis. *Free Radical Biology and Medicine*. 36 (11): 1366-1377. **(Journal)**
- Maesaroh, S., Wahyu, Y. and Widajati, E. 2021. Seed Storability and Genetic Parameters Estimation on Accelerated Aging Seed of Argomulyo Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Mutant Lines. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(3): 763- 775. **(Journal)**
- McDonald, M.B. 2000. SEED PRIMING (eds. M. Black and J. D. Bewley). Sheffield Academic Press. PP.287- 325. **(Book)**
- Moori, S. and Eisvand, H.R. 2019. The effect of priming with salicylic acid and ascorbic acid on germination indices and biochemical traits in wheat seed deterioration. *Iranian Journal of Seed Science and Research*. 6(3): 381-398. (In Persian) **(Journal)**
- Morais, G. and Takaki, M. 1998. Determination of amylase activity in cotyledons of *Faseolusvulgaros* L. cv carioca. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 41(1): 17-25. **(Journal)**
- Nahofte Esterabad, A., RahemiKarizaki, A. and NakhzariMoghadam, A. 2016. Effect of seed deterioration on germination parameters and growth seedling of two maize varieties. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(2): 1-11. (In Persian) **(Journal)**
- Nazari, R., Parsa, S., TavakolAfshari, R. and Mahmoodi, S. 2020. Salicylic acid priming before and after accelerated aging process increases seedling vigor in aged soybean seed. *Journal of Crop Improvement*, 34(2):1-20. (In Persian) **(Journal)**
- Pari, L. and Sivasankari, R. 2008. Effect of ellagic acid on cyclosporine A-induced oxidative damage in the liver of rats. *Fundamental and Clinical Pharmacology*, 22: 395-401. **(Journal)**
- Pasandideh, H., SeyedSharifi, R., Hamidi, A., Mobasser, S. and Sedghi, M. 2014. Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean cultivars with seedling emergence in field. *Iranian Journal of Seed and Research*, 1(1): 29-50. (In Persian) **(Journal)**
- Perry, D.A. 1991. METHODOLOGY AND APPLICATION OF VIGOUR TESTS INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, ZURICH, SWITZERLAND. PP. 275. **(Book)**
- Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghaddam, A. and Pourabdullah, M. 2012. The effect of seed vigor on germination and heterotrophic seedling growth response of wheat to salinity. *Journal of Seed Science and Technology*, 2(2): 60-67. (In Persian) **(Journal)**
- Rasheed, R., Ashraf, M.A., Hussain, I., Haider, M.Z., Kanwal, U. and Iqbal, M. 2014. Exogenous proline and glycine betaine mitigate cadmium stress in two genetically different spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Brazilian Journal of Botany*, 37: 399-406. **(Journal)**
- Saadat, T., Sedghi, M., Gholipouri, A., SeyedSharifi, R. and Sheykhbaglou, R. 2020. 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 Journal of Seed Science and Technology*, 8(2): 19-32. (In Persian) **(Journal)**

- Santos, R.F., Placido, H.F., Bosche, L.L., Neto, H.Z., Ferando, H. and Alessandro, B. 2021. Accelerated aging methodologies for evaluating physiological potential of treated soybean seeds. *Journal of seed science*, 43(4): 1-10. **(Journal)**
- Shaaban, M. 2016. Effect of aging on enzymatic and non-enzymatic antioxidant changes and biochemical characteristics in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds cv. Valfajr. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(3): 89-103. (In Persian) **(Journal)**
- Singh, B. and Chaturvedi, V.K. 2014. Impact of cinnamic acid on physiological and anatomical changes in maize plants (*Zea mays* L.) grown under salinity stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 10(2): 122-134. **(Journal)**
- Soltani, M., Moradi, A., Tavakol Afshari, R. and Balochi, H.R. 2017. The effect of different storage conditions on germination and biochemical variability of *Ricinus communis* L. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(1): 91-105. (In Persian) **(Journal)**
- Thakur, K. and Pitre, K.S. 2008. Polarographic (DCP and DPP) determination of ellagic acid in strawberries and pharmaceutical formulations. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 55: 143-46. **(Journal)**
- Thongsri, K., Teingtham., K., Duangpatra, J. and Romkaew, J. 2021. Effects of brassinosteroids and gibberellin on water uptake and performance of soya bean seeds under different temperatures. *Seed Science and Technology*, 49(2): 141-157. **(Journal)**
- Wang, R., Wu, F., Xie, X. and Yang, C. 2021. Quantitative trait locus mapping of seed vigor in soybean under -20°C storage and accelerated aging conditions via RAD sequencing. *Molecular Biology*, 43: 1977-1996. **(Journal)**
- Weerasekara, I., Sinniah, U.R., Namasivayam, P., Nazli, M.H., Abdurahman, S.A. and Ghazali, M.N. 2021. Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.] seeds. *Agriculture*, 11(966): 1-18. **(Journal)**
- Yeganeh, M.R., Jafari, A.A. and Sani, B. 2019. The effects of priming on seed vigourity and seedling growth of deteriorated seeds in three *Astragalus* species, *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 27(1): 59-70. (In Persian) **(Journal)**
- Zhang, X.S., Yi-lan, Y.A.N. and Zheng-hua, H.U. 2017. Using path analysis to identify impacting factors of evapotranspiration at different time scales in farmland, *Chinese Journal of Agrometeorology*, 38(4): 201-210. **(Journal)**



Effect of priming with Ellagic acid on the seed reserves mobilization and the growth of soybean seedlings under accelerated aging

Safiyeh Arab¹, Mehdi Baradaran Firouzabadi^{2*}, Ahmad Gholami², Mostafa Haydari²

Received: December 5, 2021

Accepted: February 1, 2022

Abstract

In order to investigate the effect of ellagic acid on the growth of seedling and the qualities of soybean in accelerated aging conditions, a pilot was designed in 2019 in the research laboratory of the Shahrood University of Technology. The treatments included aging seed in two levels (unaged seeds and aged seeds) and priming at seven levels (control, distilled water, 25, 75, 50, 100, 125 mg/L with ellagic acid). A pilot study as a factorial experiment with a completely random-base design (CRD) in three replications was carried out under a germinator environment in accordance with standards. To prepare aged seeds in the laboratory, the seeds were incubated at 41°C and 95% relative humidity for 72 hours. Seed priming was soaking with ellagic acid for 6 hours in accordance with the principles of seed aeration. The aging reduced Vigor Index, Allometric Growth Ratio and Seed Reserves Use Rate. The increasing of the malondialdehyde had a negative effect on germination percentage through the influence of Vigor Index and α -amylase activity enzyme. The application of ellagic acid increased the germination percentage in unaged seeds and aged seeds through increasing the activity of α -amylase activity enzyme. The priming of seeds with ellagic acid reduced the malondialdehyde and electrical conductivity. Based on the results of research, the application of 50 mg/L of ellagic acid can be introduced as the best concentration of this material. It can also be suggested that the use of ellagic acid as a seed priming improves the effects of seed aging on soybeans.

Keywords: Antioxidant; Deterioration; Ellagitanin; Germination percentage

How to cite this article

Arab. S., Baradaran Firouzabadi. M., Gholami, A. and Haydari. M. 2022. Effect of priming with Ellagic acid on the seed reserves mobilization and the growth of soybean seedlings under accelerated aging. Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(3): 41-55. (In Persian)(Journal)
DOI: [10.22124/jms.2022.6162](https://doi.org/10.22124/jms.2022.6162)

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. Ph D. student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. s.arab.agri@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. m.baradaran.f@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. ahgholami273@gmail.com
4. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. haydari2005@gmail.com

*Corresponding author: m.baradaran.f@gmail.com