

Effect of seed quality and application of ellagic acid on seed yield and phenological traits of soybean

Safiyeh Arab¹, Mehdi Baradaran Firouzabadi^{2*}, Ahmad Gholami³,
Mostafa Haydari³

¹ PhD Graduated in Agronomy, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Email: s.arab.agri@gmail.com

² Professor, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Email: m.baradaran.f@gmail.com

³ Professor, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Email: ahgholami273@gmail.com

⁴ Professor, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Email: haydari2005@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022/10/29
Revised: 2023/09/27
Accepted: 2023/09/27

Keywords:
Accelerated aging
Antioxidant
Flowering initiation

ABSTRACT

Background and objectives: Ellagic acid is a natural polyphenol compound, and different concentrations and ways of using it cause different reactions in plants. This research was conducted to investigate the effect of ellagic acid and seed quality on the phenological stages and yield of soybeans.

Materials and methods: The factorial experiment was designed and implemented in a randomized complete block design in three replications in the agricultural years of 2019 and 2020 in the research farm of the Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology. In this experiment, the initial quality of the seed was considered in two levels (normal seed and aged seed) and ellagic acid in four levels (zero, priming, foliar spraying and combined application of priming and foliar spraying with a concentration of 50 mg/liter). Accelerated aging test was used to apply aging and for this purpose, the seeds were kept for 72 hours at a temperature of 41°C and a relative humidity of 95%. Seed priming was done with a concentration of 50 mg/liter of ellagic acid, following the principles of seed aeration for six hours. The spraying treatment was done early in the morning and at the beginning of flowering (R1) and in favorable environmental conditions.

Results: The results showed that accelerated aging in the first and second year of the experiment, respectively, caused a decrease in the final emergence percentage of seedling in the field by 30.93 and 29.93% compared to the control. In the first and second year, the normal seed priming test with ellagic acid increased the final emergence percentage of field by 16.33 and 12.67 percent, respectively. The final emergence percentage of the field in the first and second year of the experiment in aged seeds that were primed with ellagic acid was improved by 14.33 and 8.33%, respectively, compared to the control. Accelerated aging caused a significant decrease in germination rate by 37.66% compared to the control. The final emergence percentage of seeds that were primed with ellagic acid increased by 18.75% compared to the non-application of this substance. In this experiment, accelerated aging caused a delay in the occurrence of phenological traits in soybean plants. The use of ellagic acid as priming and the combined use of priming and spraying could

increase the rate of occurrence of phenological traits to a significant level. Applying accelerated aging in the first and second year of the experiment caused a decrease of 25.85 and 28.78 percent of seed yield, respectively. The use of ellagic acid in the form of priming, foliar spraying and the combined use of priming and foliar spraying increased the seed yield by 23.59, 23.23 and 55.48%, respectively, compared to the control.

Conclusion: The use of ellagic acid as priming and the combination of priming and spraying can be suggested to accelerate the occurrence of phenological traits in soybeans. In this study, the application of ellagic acid as priming worked better than foliar spraying. It is recommended to use priming and ellagic acid solution to improve soybean yield under normal and aging conditions.

Cite this article: Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., Haydari, M. 2023. Effect of seed quality and application of ellagic acid on seed yield and phenological traits of soybean. *Crop Production Journal*, 16 (2), 61-78.



© The Authors.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20668.2537

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۳
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



تأثیر کیفیت بذر و کاربرد اسید الازیک بر عملکرد دانه و صفات فنولوژیکی سویا

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

۱دانش آموخته دکتری در رشته زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، رایانامه: s.arab.agri@gmail.com

۲استاد، گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، رایانامه m.baradaran.f@gmail.com

۳استاد، گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، رایانامه ahgholami273@gmail.com

۴استاد، گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران، رایانامه Haydari2005@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	سابقه و هدف: اسید الازیک یک ترکیب پلی فنول طبیعی است و غلظت‌های مختلف و نحوه استفاده آن موجب واکنش‌های مختلفی در گیاهان می‌شود. این پژوهش به منظور بررسی اثر اسید الازیک و کیفیت بذر بر مراحل فنولوژیکی و عملکرد دانه سویا انجام شد.
مقاله کامل علمی-پژوهشی	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵	
واژه‌های کلیدی:	مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود طراحی و اجرا گردید. در این آزمایش کیفیت اولیه بذر در دو سطح (بذرهای نرمال و بذرهای فرسوده) و اسید الازیک در چهار سطح (صفر، پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در نظر گرفته شد. جهت اعمال فرسودگی از آزمون پیری تسریع شده استفاده شد و برای این کار، بذرها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند. پرایمینگ بذرها با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد. تیمار محلول‌پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گلدهی (RI) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد.
آنتی‌اکسیدان	
پیری تسریع شده	
شروع گلدهی	
	یافته‌ها: نتایج نشان داد که پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب موجب کاهش صفت درصد سبز شدن گیاهیچه در مزرعه به میزان ۳۰/۹۳ و ۲۹/۹۳ درصد نسبت به شاهد شد. در سال اول و دوم آزمایش پرایمینگ بذرهای نرمال با اسید الازیک موجب افزایش درصد سبز شدن مزرعه به ترتیب به میزان ۱۶/۳۳ و ۱۲/۶۷ درصد شد. درصد سبز شدن مزرعه در سال اول و دوم آزمایش در بذرهای فرسوده‌ای که با اسید الازیک پرایمینگ شده بودند، به ترتیب ۱۴/۳۳ و ۸/۳۳ درصد نسبت به شاهد ارتقا یافت. پیری تسریع شده موجب کاهش معنی‌دار سرعت سبز شدن به میزان ۳۷/۶۶ درصد نسبت به شاهد شد. درصد سبز شدن گیاهیچه در بذرهایی که با اسید الازیک پرایمینگ شده بودند، به میزان ۱۸/۷۵ درصد نسبت به عدم کاربرد این ماده افزایش یافت. در این آزمایش، اعمال پیری تسریع شده موجب تأخیر در بروز صفات فنولوژیکی در گیاه سویا شد. استفاده از اسید الازیک به صورت پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی توانست سرعت وقوع صفات فنولوژیکی را تا سطح معنی‌داری افزایش دهد. اعمال پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب موجب کاهش ۲۵/۸۵ و ۲۸/۷۸ درصدی عملکرد دانه شد. استفاده از اسید الازیک به صورت پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد توأم

پرایمینگ و محلول‌پاشی به ترتیب موجب افزایش ۲۳/۵۹، ۲۳/۲۳ و ۵۵/۴۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از اسید الازیک به صورت پرایمینگ و ترکیب توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی را جهت تسریع وقوع صفات فنولوژیکی در گیاه سویا می‌توان پیشنهاد داد. در این پژوهش کاربرد اسید الازیک به صورت پرایمینگ بهتر از حالت محلول‌پاشی عمل کرد. کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی اسید الازیک جهت بهبود عملکرد دانه سویا در شرایط نرمال و فرسودگی توصیه می‌شود.

استناد: عرب، ص، برادران فیروزآبادی، م، غلامی، ا، حیدری، م. (۱۴۰۲). تأثیر کیفیت بذر و کاربرد اسید الازیک بر عملکرد دانه و صفات فنولوژیکی سویا. مجله تولید گیاهان زراعی، ۱۶ (۲)، ۶۱-۷۸.



© نویسندگان.

DOI: 10.22069/ejcp.2023.20668.2537
ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی بر پایه انتخاب بذر مناسب استوار است و در نتیجه تأمین بذر باکیفیت مناسب جهت کاشت، یکی از مهم‌ترین اصول برای تولید محصول با عملکرد بالا در کشاورزی است (۱). کیفیت بذر تحت تأثیر عوامل گوناگونی از جمله ژنتیک، رقم، خلوص فیزیکی، قوه نامیه، اندازه بذر، رطوبت بذر و غیره است (۲). از جمله عواملی که بر کیفیت بذر تأثیرگذار است می‌توان به شرایط انبارداری بذر اشاره کرد. کشاورزان معمولاً بذر را از یک فصل رشد برای فصل بعدی در انبارهایی نگهداری می‌کنند که عموم این انبارها دارای استانداردهای انبارداری نیستند و در نتیجه بذر دچار فرسودگی شده و از کیفیت آن‌ها کاسته می‌شود. اگرچه سرعت فرسودگی بذر در انبارها را با روش‌های انبارداری مناسب می‌توان کاهش داد، اعمال برخی تیمارها نیز روی بذرهای فرسوده و یا محلول‌پاشی برخی مواد روی گیاهان حاصل از این بذرها می‌تواند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (۳). تاکنون تلاش‌های زیادی در جهت کمک به ارتقای جوانه‌زنی بذر در شرایط مزرعه انجام شده است که نتیجه آن‌ها معرفی ارقام جدید، گیاهان تراریخته و مدیریت‌های زراعی خاص است. پرایمینگ بذر یکی از رایج‌ترین راهکارها جهت کاهش اثرات تنش‌ها است (۴). از اهداف پرایمینگ می‌توان به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، خروج یکنواخت‌تر و سریع‌تر گیاهچه‌ها، اصلاح سلول‌های آسیب‌دیده، بهبود کیفیت محصول و غیره اشاره کرد (۵). پرایمینگ بذر با ترکیبات فنولی می‌تواند در کاهش اثرات تنش‌ها در گیاهان مؤثر واقع شود (۶). از جمله ترکیبات فنولی می‌توان به اسید الازیک اشاره کرد. این ماده یک ترکیب پلی‌فنول و آنتی‌اکسیدان طبیعی است

که به‌عنوان یکی از بهترین جاروب‌کننده‌های گونه‌های اکسیژن فعال مطرح است (۶). اسید الازیک یک مشتق دیمیری از اسید گالیک است (۷). پژوهش‌ها نشان داده که نحوه عملکرد اسید الازیک سازوکارهای متفاوتی دارد. اسید الازیک می‌تواند اثرات منفی تنش اکسیداتیو را از طریق کمک به تولید آنتی‌اکسیدان‌های سلولی از قبیل گلوکاتایون و آسکوربات کاهش دهد. این ماده از طریق مقابله با اثرات تخریبی تنش اکسیداتیو و یا از طریق القای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی سلول مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و گلوکاتایون‌پراکسیداز اثرات خود را اعمال می‌نماید (۶). در تحقیقات مشخص گردید که اسید الازیک موجب کاهش اثرات پیری تسریع شده در سویا (۳) تنش اسمزی در نخود (۸) و کاهش اثرات تنش شوری در کلزا (۹) می‌شود. محققان دریافتند که ترکیبات فنولی در تنظیم فرآیندهای فتوسنتز، تنفس، تخریب و انتقال یون‌ها در گیاهان و در برابر انواع تنش‌ها ایفای نقش می‌کنند (۱۰).

با توجه به موارد فوق، بروز هرگونه 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 زودهنگام و کاهش توان واقعی بذر شود که خسارت جبران‌ناپذیری را برای تولیدکننده و کشور به‌دنبال خواهد داشت. لذا یافتن راهکاری کارآمد برای کاهش آثار منفی ناشی از بذرهایی که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد. لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی روی برگ در راستای بهبود بذرهای فرسوده سویا و تقویت گیاهان حاصل از آن‌ها انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کیفیت بذر در دو سطح (بذرهای نرمال و بذرهای فرسوده) و اسید الازیک در چهار سطح (صفر، پرایمینگ، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی برگی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. عملیات کاشت سال اول و دوم آزمایش به ترتیب در ۲۶ و ۲۰ خردادماه توسط دست انجام شد. بذر سویا مورد استفاده در این آزمایش رقم DPX (کتول) بود و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذرهای مورد استفاده، بذرهای برداشت‌شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل‌شده دارای سیستم خنک‌کننده و در محدوده دمایی ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۴۰ درصد نگهداری شده بودند. بذرها به مدت ۶۰ ثانیه با هیپوکلریت سدیم یک درصد ضدعفونی و سپس سه بار با آب مقطر شستشو شدند (۱۱). تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در مترمربع بافاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. جهت فرسوده کردن بذرها طبق آزمون پیری تسریع شده عمل شد و برای این کار بذرها در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند (۱۱). پرایمینگ بذرها با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک (۸) با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد (۱۲). برای انجام پرایمینگ، در هر ظرف ۵۰ عدد بذر سویا قرار گرفت و با ۱۰ میلی‌لیتر محلول موردنظر (اسید الازیک با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر)

خیسانده شدند به طوری که یک سوم سطح بذرها در محلول قرار گرفته و دو سوم سطح بذرها جهت انجام هوادهی بیرون از محلول قرار داشتند. پس از آن بذرها در سایه خشک شدند و جهت ادامه آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند.

تیمار محلول‌پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گلدهی (R1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد. اسید الازیک از سیگماآلدردیج تهیه شد و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود. جهت ثبت درصد سبز شدن نهایی گیاهچه^۱ (FEP) از رابطه ۱ استفاده شد (۱۱). در این رابطه n: تعداد بذر سبز شده و N: تعداد بذر کشت‌شده بود. در مزرعه، بلافاصله پس از مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها، شمارش گیاهچه‌های ظاهر شده به صورت روزانه در هر کرت آغاز شد و تا زمانی که تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده ثابت گردیدند، شمارش ادامه داشت.

$$\text{FEP} = \left(\frac{n}{N}\right) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

با استفاده از رابطه ۲، سرعت ظاهر شدن روزانه گیاهچه^۲ (ER) در مزرعه ثبت شد. در این رابطه n: تعداد بذرهای سبز شده در d روز و D: تعداد روزها می‌باشد (۱۱).

$$\text{ER} = \sum \left(\frac{n}{D}\right) \quad (\text{رابطه ۲})$$

هر سه روز یک‌بار به ثبت مراحل فنولوژیک پرداخته شد (۱۳). جهت ثبت مراحل فنولوژیک از هر تیمار در هر کرت، ۱۰ بوته به‌عنوان شاخص ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت‌گذاری شدند. در هر کرت، تاریخی که در آن مراحل فنولوژیک موردنظر در بیش از ۵۰ درصد بوته‌های علامت‌گذاری شده مشاهده شد، به‌عنوان زمان وقوع آن مرحله فنولوژیک برای آن تیمار ثبت شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی تعداد

¹ Final Emergence Percentage

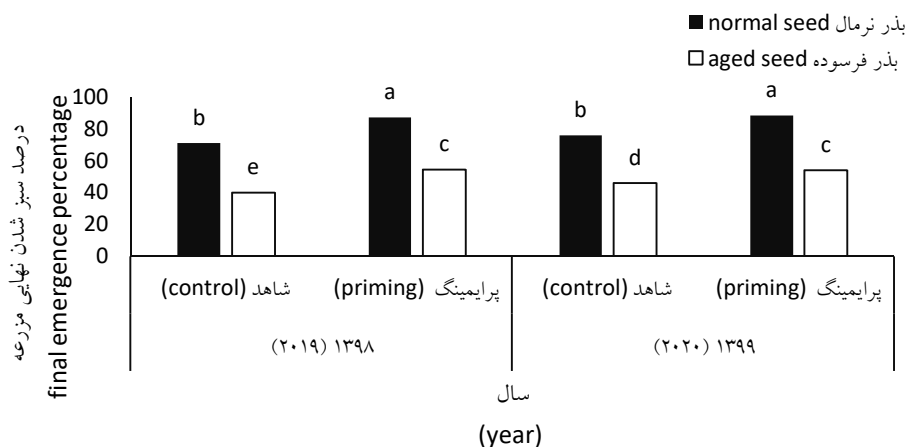
² Emergence Rate

۲۰ بوته پس از حذف اثر حاشیه‌ای، توسط دست برداشت گردید. ابتدا غلاف‌های هر بوته و سپس دانه‌های موجود در هر غلاف جداسازی و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن و در نهایت عملکرد بر حسب گرم در مترمربع گزارش گردید. جهت آنالیز داده‌ها، آزمون بارتلت جهت بررسی همگنی واریانس داده‌های دو سال استفاده شد و برای صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش، آزمون بارتلت معنی‌دار نبود و همگنی اشتباه آزمایشی تأیید گردید و سپس تجزیه مرکب انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه: درصد سبز شدن نهایی گیاهچه تحت تأثیر کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد، اسید الازیک در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش سه‌جانبه سال، کیفیت بذر و اسید الازیک در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سه‌جانبه نشان داد که بیشترین درصد سبز شدن با میانگین ۸۸/۴۳ درصد مربوط به بذرهای نرمال پرآیم شده در سال دوم آزمایش و کمترین درصد سبز شدن با میانگین ۴۰/۰۰ درصد مربوط به بذرهای فرسوده پرآیم نشده در سال اول آزمایش بود. اعمال پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب موجب کاهش ۳۰/۹۳ و

۲۹/۹۳ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۱). در سال اول در شرایط نرمال و فرسودگی افزایش ۱۶/۳۳ و ۱۴/۳۳ درصدی در این صفت با کاربرد اسید الازیک به ثبت رسید. پرایمینگ بذرهای نرمال و فرسوده در سال دوم آزمایش با اسید الازیک، افزایش ۱۲/۶۷ و ۸/۳۳ درصدی این صفت را موجب شد. در راستای نتایج به‌دست‌آمده، تحقیقات محققان دیگر نیز نشان داد که پیری تسریع شده منجر به کاهش درصد سبز شدن نهایی و میانگین سبز شدن روزانه می‌شود و سبب کاهش درصد استقرار بوته در مزرعه و در نهایت موجب کاهش عملکرد می‌شود (۱۴). سایر پژوهشگران دریافته‌اند که پیری تسریع شده با کاهش دادن فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز در بذرهای منجر به کاهش درصد و سرعت سبز شدن بذرها می‌شود (۱۵). این محققان دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی را تأثیر فرسودگی بذر بر نفوذپذیری غشاء، افزایش تنفس بذر و کاهش انرژی اولیه موردنیاز بذر برای جوانه‌زنی دانستند. در این پژوهش به‌نظر می‌رسد که بذرهای پرآیم شده با اسید الازیک، از توانایی بهتری جهت تکمیل فرآیند سبز شدن برخوردار بودند. این استقرار سریع و یکنواخت موجب می‌شود که گیاه سایر وقایع فنولوژیک خود را در زمان مناسب‌تر تکمیل کند. تحقیقات نشان داد که پرایمینگ بذرهای سویا با ترکیبات فنولی سبب افزایش درصد سبز شدن بذرهای نرمال و فرسوده سویا در مزرعه می‌شود (۱۶).



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد سبز شدن نهایی گیاهچه در مزرعه سویا طی دو سال زراعی تحت تأثیر کیفیت بذر و اسید الازیک (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 1- Mean comparison of final emergence percentage in soybean field during two years under the seed quality and ellagic acid (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات درصد سبز شدن نهایی (FEP) و سرعت سبز شدن (GR) سویا تحت تأثیر کیفیت بذر و اسید الازیک

Table 1- Variance analysis of mean square traits of final emergence percentage (FEP) and germination rate (GR) under the seed quality and ellagic acid

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	درصد سبز شدن نهایی Final emergence percentage	سرعت سبز شدن Germination rate
سال (Year (Y)	1	130.66 ^{ns}	0.05 ^{ns}
خطا (Error)	4	33.22	0.006
کیفیت بذر (Seed quality (A)	1	11493.12*	1.42*
اسید الازیک (Ellagic acid (B)	1	560.66**	0.04*
A*B	1	140.16 ^{ns}	0.003 ^{ns}
Y*A	1	16.66 ^{ns}	0.039 ^{ns}
Y*B	1	4.16 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Y*A*B	1	42.66*	0.01 ^{ns}
خطا (Error)	23	7.97	0.007
ضریب تغییرات (درصد) (C.V (%))	-	5.79	16.16

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are respectively non-significant, significant at the 5% and 1%.

کیفیت بذر، سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. بذرهایی که در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بالاتری دارند از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار هستند. از آنجاکه شرایط پیری تسریع شده نوعی تنش و صدمه محسوب می‌شود، کاهش سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل وقفه‌ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذره‌های فرسوده ایجاد می‌شود. علت احتمالی وقفه ایجاد شده این است که بذر برای ترمیم خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول و آغاز

سرعت سبز شدن گیاهچه در مزرعه: سرعت سبز شدن در مزرعه تحت تأثیر کیفیت بذر و اسید الازیک در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش معنی‌دار سرعت سبز شدن به میزان ۳۷/۶۶ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۲). بذرهایی که با اسید الازیک پرایمینگ شده بودند، درصد سبز شدن آن‌ها به میزان ۱۸/۷۵ درصد نسبت به عدم کاربرد این ماده افزایش داشتند (جدول ۲). یکی از شاخص‌های مهم در تعیین

تأثیر کیفیت بذر و کاربرد اسید الازیک بر عملکرد... / صفیه عرب و همکاران

از جمله آبنوشی و سنتز اسیدهای نوکلئیک در طی مرحله پرایمینگ بذر است که موجب کوتاه‌تر شدن زمان جوانه‌زنی می‌شود و بذر فرسوده پیش‌تیمار شده مدت زمان کمتری را برای جوانه‌زنی نسبت به بذرهای شاهد نیاز خواهد داشت. محققان دریافتند که علت خروج سریع‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در بذرهای پیش‌تیمار شده مربوط به بازده بیشتر جذب آب و فعالیت متابولیکی در دوره جوانه‌زنی این بذرها است (۱۷).

مجدد سیستم آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو به زمان نیاز دارد و ترمیم این خسارت‌ها فقط پس از پیش‌تیمار کردن این بذرها با مواد مناسب امکان‌پذیر است، بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی یا کاهش سرعت جوانه‌زنی است (۱۴ و ۱۵). سرعت جوانه‌زنی بالاتر بذرهای پرایم شده در شرایط پیری تسریع شده به دلیل انجام یک‌سری از فرآیندهای جوانه‌زنی

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی کیفیت بذر و اسید الازیک بر سرعت جوانه‌زنی سویا (GR) در مزرعه

Table 2- Comparison of the main effects of seed quality and ellagic acid on soybean germination rate (GR) in the field

تیمارها Treatments	سرعت سبز شدن (بذر در روز) germination rate (seed/day)
کیفیت بذر Seed quality	
بذر نرمال Normal seed	0.77 ^a
بذر فرسوده aged seed	0.48 ^b
LSD 5%	0.076
اسید الازیک Ellagic Acid	
شاهد Control	0.48 ^b
پرایمینگ Priming	0.57 ^a
LSD 5%	0.076

میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$).

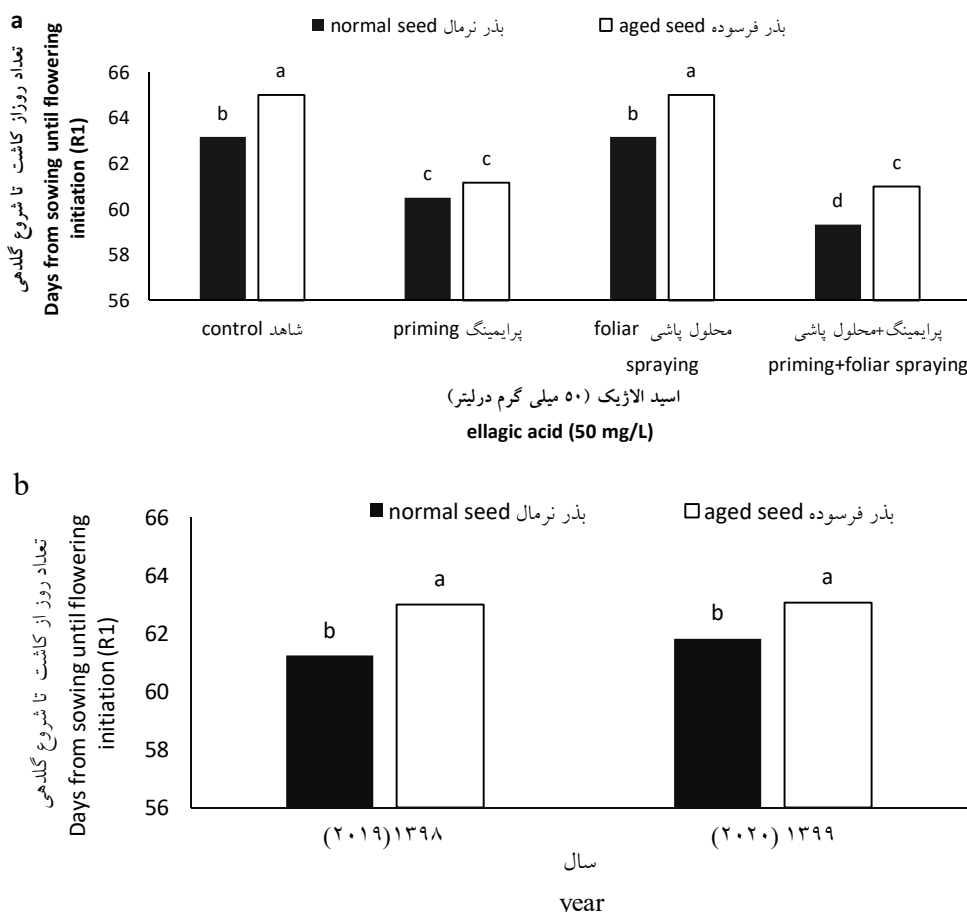
مربوط به کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از بذرهای نرمال بود. پیری تسریع شده موجب تأخیر در این صفت به میزان ۱/۸۴ روز شد. پرایمینگ بذرهای نرمال و فرسوده با اسید الازیک موجب شد که تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی به ترتیب ۲/۶۶ و ۳/۸۴ روز نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط تسریع گردد (شکل ۱a). کاربرد این ماده تنها به صورت محلول‌پاشی، اختلافی با شاهد از لحاظ این صفت نشان نداد و این در حالی است که کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الازیک نیز این صفت را تا سطح معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد و سریع‌ترین تعداد روز از کاشت تا گلدهی

صفات فنولوژیکی: تعداد روز از کاشت تا شروع

گلدهی (R1): صفت تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی در مزرعه سویا تحت تأثیر اسید الازیک ($P < 0.01$)، برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک ($P < 0.01$) و برهم‌کنش سال و کیفیت بذر ($P < 0.05$) قرار گرفت (جدول ۳). برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک بر تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی در شکل ۱a نشان داد که بیشترین تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی با میانگین ۶۵ روز مربوط به بذرهای فرسوده بدون دریافت پرایمینگ و هم‌چنین محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از این بذرها بود. کمترین میزان این صفت با میانگین ۵۹/۳۳ روز

تعداد روز تا شروع گلدهی در تیمار اسموپرایمینگ نسبت به شاهد به علت افزایش سرعت سبز شدن گیاهچه است. پژوهشگران نشان دادند که فرسودگی موجب افزایش تعداد روز تا شروع گلدهی در عدس گردید (۱۸). تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ از طریق تحریک رشد اولیه گیاهچه به همراه تأمین عناصر ضروری غذایی موردنیاز آن‌ها برای رشد در اوایل فصل رشد، موجب سریع‌تر سبز شدن گیاهچه‌ها می‌شود و در نهایت دستیابی سریع‌تر به سطح سبز مطلوب گیاهی می‌شود و در نهایت گلدهی زودتر اتفاق می‌افتد (۱۹).

مربوط به گیاهان حاصل از بذره‌های نرمال بود که اسید الازیک را هم به صورت پرایمینگ و هم محلول‌پاشی دریافت کرده بودند که معادل ۵۹/۳۳ روز بود (شکل ۱a). بررسی برهم‌کنش سال و کیفیت بذر نشان داد که در هر دو سال زراعی، اعمال پیری تسریع شده موجب افزایش تعداد روز از کاشت تا گلدهی شد به طوری که این صفت در سال اول ۱/۷۵ و در سال دوم ۱/۲۵ روز نسبت به شاهد بیشتر بود (شکل ۱b). در این آزمایش، تیمار پیری تسریع شده از طریق کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرها منجر به افزایش تعداد روز از کاشت تا گلدهی شده است و احتمالاً کاهش



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی (R1) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک (a) و برهم‌کنش سال و کیفیت بذر (b) (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 2- Mean comparison of days from sowing until flowering initiation (R1) in a soybean field under the interaction of seed quality and ellagic acid (a), interaction of year and seed quality (b) (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

تأثیر کیفیت بذر و کاربرد اسید الازیک بر عملکرد... / صفيه عرب و همکاران

محلول‌پاشی اختلافی با عدم کاربرد این ماده برای این صفت نشان نداد (جدول ۴). مرحله گلدهی در سویا جزء مراحل حساس رشد این گیاه است و از این مرحله تا غلاف‌دهی بوته‌ها باید از شرایط تغذیه‌ای خوبی برخوردار باشند لذا می‌توان این‌طور بیان کرد که اسید الازیک به‌واسطه نقش آنتی‌اکسیدانی که دارد مانع از اثر پیری تسریع شده بر گیاه شده و سبب تسریع گلدهی شده است. در پژوهش‌های دیگری نیز مشاهده شده است که پرایمینگ سبب کاهش تعداد روز تا گلدهی کامل در گیاهان می‌گردد (۲۰).

تعداد روز تا گلدهی کامل (R2): کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد و اسید الازیک در سطح احتمال یک درصد بر تعداد روز تا گلدهی کامل تأثیر گذاشتند (جدول ۳). تعداد روز تا گلدهی کامل در گیاهان حاصل از بذرهای فرسوده تا سطح معنی‌داری نسبت به گیاهان روییده از بذرهای نرمال (۱/۵۹) افزایش نشان داد (جدول ۴). استفاده از اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی موجب تسریع این صفت نسبت به شاهد شد و این در حالی بود که کاربرد این ماده به‌صورت

جدول ۴- مقایسه میانگین کیفیت بذر و اسید الازیک بر صفات روز تا گلدهی کامل، روز تا شروع رسیدگی و عملکرد دانه سویا

Table 4- Mean comparison of seed quality and ellagic acid on traits of days from sowing until full flowering (R2), days from sowing until maturity initiation (R6) and soybean grain yield

تیمارها Treatments	روز از کاشت تا گلدهی کامل Days from sowing until full (R2) flowering	روز از کاشت تا شروع رسیدگی Days from sowing until maturity initiation (R6)	عملکرد دانه Grain yield گرم در مترمربع (g/m ²)
کیفیت بذر Seed quality			
بذر نرمال Normal seed	68.41 ^b	113.83 ^b	-
بذر فرسوده Aged seed	70.00 ^a	115.66 ^a	-
LSD 5%	0.269	0.247	-
اسید الازیک Ellagic acid			
شاهد Control	71.00 ^a	116.25 ^a	167.21 ^c
پرایمینگ Priming	67.33 ^b	113.33 ^b	206.66 ^b
محلول‌پاشی Foliar spraying	71.33 ^a	116.08 ^a	206.06 ^b
پرایمینگ+محلول‌پاشی	67.16 ^b	113.33 ^b	259.99 ^a
Priming+Foliar spraying			
LSD 5%	0.381	0.350	32.885

میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

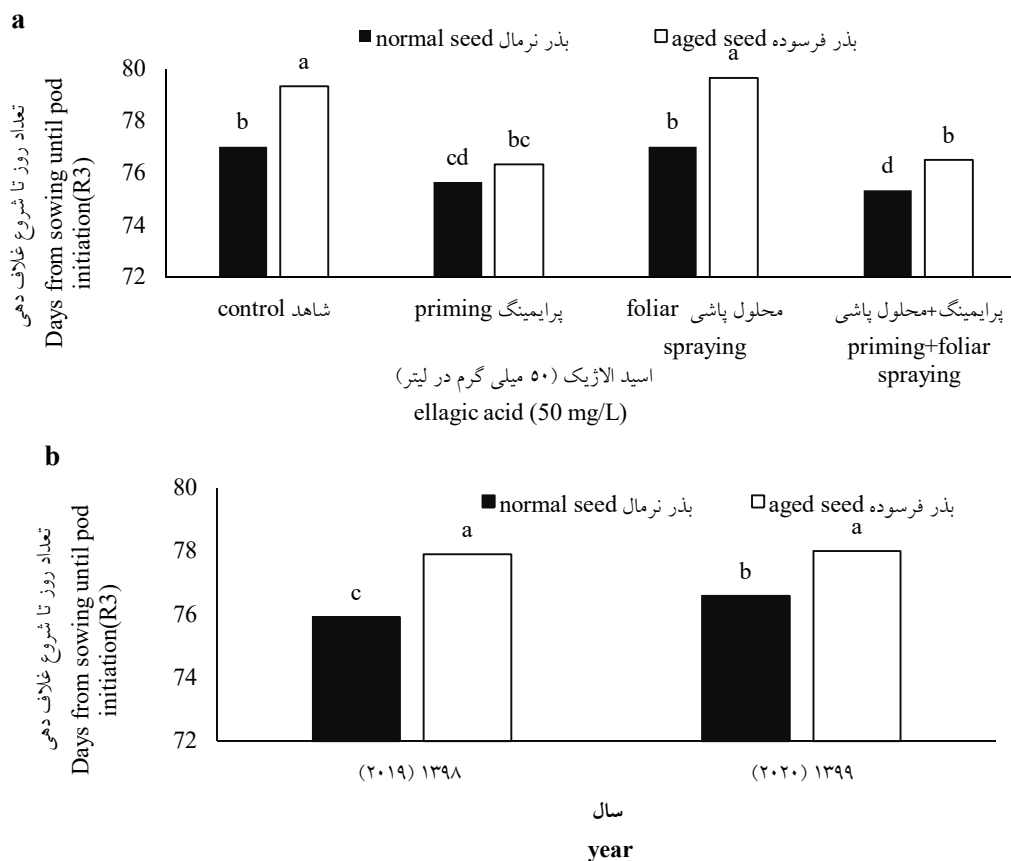
Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests (P<0.05).

مربوط به بذرهای فرسوده بدون دریافت پرایمینگ و هم‌چنین محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از این بذرها بود. کمترین میزان این صفت با میانگین ۷۵/۳۳ روز مربوط به کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از بذرهای نرمال بود. در هر دو سال مورد آزمایش، اعمال پیری تسریع شده موجب تأخیر در شروع غلاف‌دهی سویا شد (شکل ۳b). به نظر می‌رسد دلیل کاهش تعداد روز تا شروع غلاف‌دهی با کاربرد اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ،

تعداد روز تا شروع غلاف‌دهی (R3): اسید الازیک، برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک و هم‌چنین برهم‌کنش سال و کیفیت بذر در سطح احتمال یک درصد بر تعداد روز تا شروع غلاف‌دهی در سویا تأثیرگذار بودند (جدول ۳). استفاده از اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الازیک موجب تسریع این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۳a). بیشترین تعداد روز از کاشت تا شروع غلاف‌دهی با میانگین ۷۹/۶۶ روز

استقرار سریع‌تر گیاهچه‌ها موجب کاهش صفات فنولوژیک در گیاهان می‌شوند (۲۰).

به دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی گیاهچه‌ها با کاربرد این ماده باشد. پرایمینگ از طریق افزایش سرعت جوانه‌زنی، تقویت بنیه گیاهچه، یکنواختی رویش و



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا شروع غلاف‌دهی (R3) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک (a) و برهم‌کنش سال و کیفیت بذر (b) (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

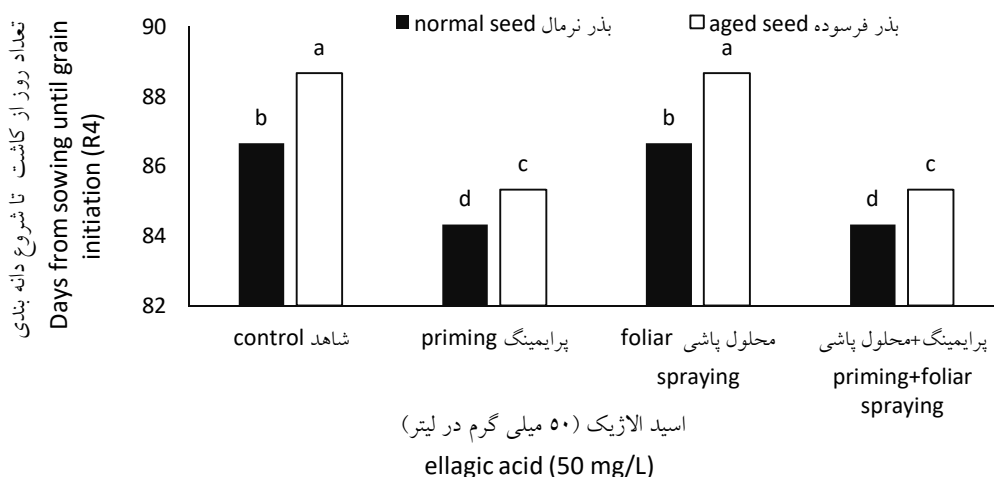
Figure 3- Mean comparison of days from sowing until pod initiation (R3) in soybean field under the interaction of seed quality and ellagic acid (a), the interaction of year and seed quality (b) (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

پیش‌تیمار و محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از بذرهای نرمال بود. پیری تسریع شده موجب تأخیر در این صفت نیز شد و استفاده از اسید الازیک به صورت پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی در شرایط نرمال موجب تسریع این صفت به میزان ۲/۳۳ روز نسبت به عدم کاربرد این ماده شد. در شرایط فرسودگی نیز استفاده از پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی موجب کاهش ۳/۳۳ روز در روز تا شروع دانه‌بندی در این شرایط شد (شکل ۴). محققان دیگری نیز دریافتند که کیفیت بذر بر مراحل

تعداد روز تا شروع دانه‌بندی (R4): نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که تعداد روز تا شروع دانه‌بندی تحت تأثیر کیفیت بذر، اسید الازیک و برهم‌کنش متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد روز از کاشت تا شروع دانه‌بندی ۸۸/۶۶ روز بود که به ترتیب مربوط به بذرهای فرسوده بدون دریافت پرایمینگ و هم‌چنین محلول‌پاشی روی گیاهان حاصل از این بذرها بود. کمترین میزان این صفت با میانگین ۸۴/۳۳ روز مربوط به کاربرد پیش‌تیمار و کاربرد توأم

تأثیر کیفیت بذر و کاربرد اسید الازیک بر عملکرد... / صفیه عرب و همکاران

فنولوژیک سویا تأثیرگذار است (۱۴). در این تحقیق، اسید الازیک به دلیل اینکه تعداد روز از کاشت تا گلدهی، تعداد روز تا گلدهی کامل و غلاف‌دهی را کاهش داد در نهایت منجر به کاهش تعداد روز از کاشت تا دانه‌بندی شد.



شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا شروع دانه‌بندی (R4) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 4- Mean comparison of days from sowing until grain initiation (R4) in the soybean field under the interaction of seed quality and ellagic acid (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

رسیدگی از تیمار کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد و از اسید الازیک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). این صفت در گیاهان روئیده از بذرهای فرسوده به‌طور معنی‌دار (۱/۸۳ روز) نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴). استفاده از دو سطح پرایمینگ و کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الازیک موجب تسریع این صفت شد (جدول ۴).

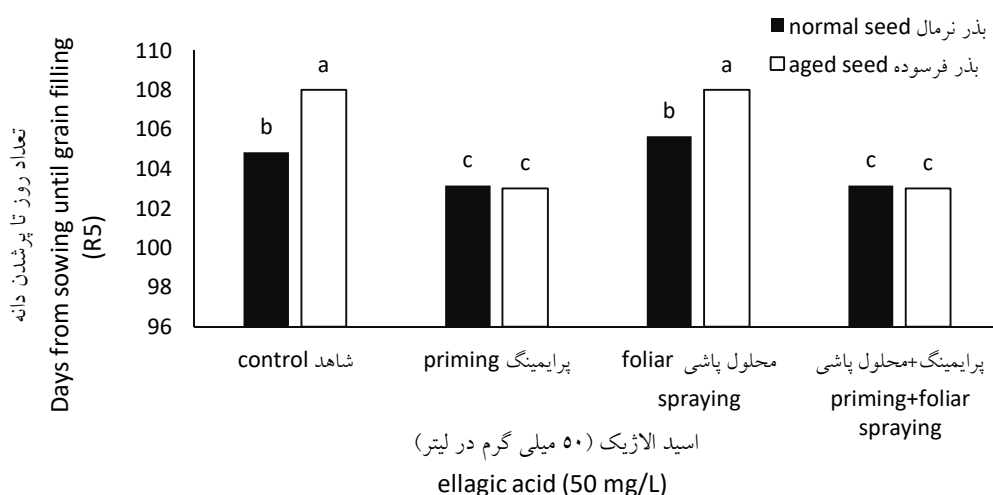
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (R7): کیفیت بذر، اسید الازیک و برهم‌کنش کیفیت بذر و اسید الازیک در سطح احتمال یک درصد بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک سویا تأثیرگذار بودند (جدول ۳). پیری تسریع شده موجب تأخیر در روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گردید. پرایمینگ و ترکیب توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی در شرایط نرمال موجب کاهش این صفت به میزان ۵ و ۴/۶۷ روز نسبت به

تعداد روز تا پرشدن دانه (R5): تعداد روز تا پرشدن دانه سویا در این پژوهش از کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد و اسید الازیک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). بررسی مقایسات میانگین اثرات متقابل در شکل ۵ نشان داد که پرایمینگ بذرهای نرمال و فرسوده با اسید الازیک موجب شد که تعداد روز تا پرشدن دانه به ترتیب ۱/۶۷ و ۵ روز نسبت به عدم کاربرد این ماده تسریع گردد. محلول‌پاشی با اسید الازیک اختلافی با شاهد از لحاظ این صفت نشان نداد و زمانی که پرایمینگ و محلول‌پاشی به‌صورت توأم استفاده‌شده بودند نیز تسریع در پرشدن دانه نسبت به شاهد رخ داد و با تیمار پرایمینگ در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۵).

تعداد روز تا شروع رسیدگی (R6): نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که تعداد روز تا شروع

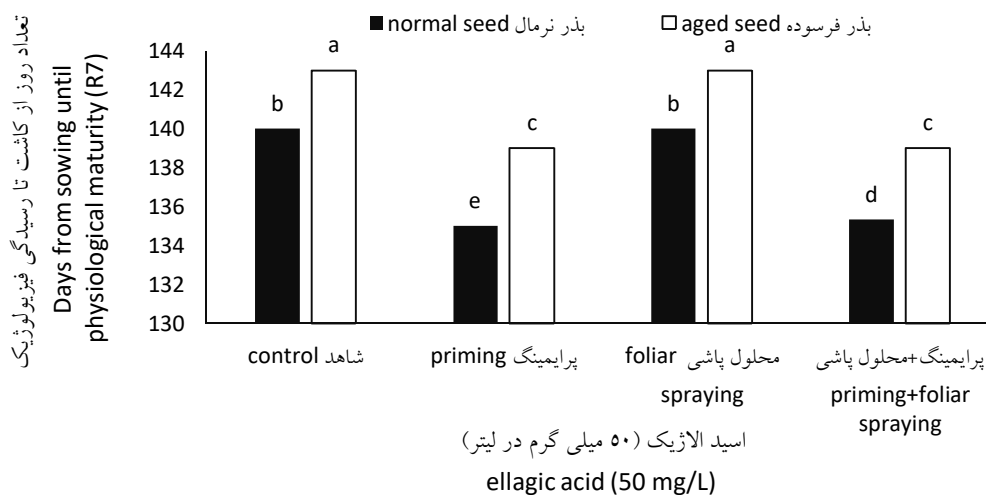
گیاهان شاهد (بذرهای فرسوده و عدم کاربرد اسید الازیک) به ۱۳۹ روز کاهش یابد (شکل ۶).

عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. در شرایط فرسودگی کاربرد این ماده به صورت پرایمینگ و کاربرد توأم موجب شد این صفت از ۱۴۳ روز در



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا پرشدن دانه (R5) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم کنش کیفیت بذر و اسید الازیک (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 5- Mean comparison of days from sowing until grain filling (R5) in the soybean field under the interaction of seed quality and ellagic acid (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

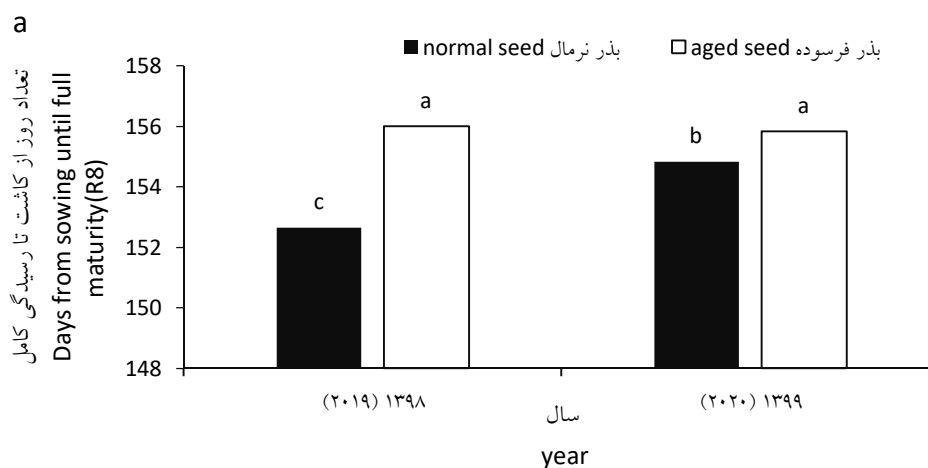


شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک (R7) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم کنش کیفیت بذر و اسید الازیک (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 6- Mean comparison of the days from sowing until physiological maturity (R7) in soybean field under the interaction of seed quality and ellagic acid (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

جهت تکمیل فرآیند سبز شدن در مدت زمان کوتاه و مقابله با تنش‌های احتمالی محیطی برخوردار بودند. محققان دریافتند این استقرار سریع و یکنواخت، گیاهان را قادر می‌سازد تا سایر وقایع فنولوژیک خود را در زمان مناسب تکمیل کنند (۲۱). نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران نیز نشان داد که محلول‌پاشی ترکیبات فنولی به‌تنهایی، تأثیری بر مراحل فنولوژی گیاهان ندارد (۲۲).

تعداد روز تا رسیدگی کامل (R8): همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود کیفیت بذر، اسید الازیک و برهم‌کنش سال و کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد روز تا رسیدگی کامل در سویا تأثیر گذاشتند (جدول ۳). بررسی برهم‌کنش سال و کیفیت بذر نشان داد که پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۳/۳۴ و ۱/۰۰ روز در این صفت تأخیر ایجاد کرد (شکل ۷). این‌طور به نظر می‌رسد که بذره‌ای پرآیم شده از توانایی بهتری



شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل (R8) در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش سال و کیفیت بذر (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 7- Mean comparison of the days from sowing until full maturity (R8) in the soybean field under the year and seed quality (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

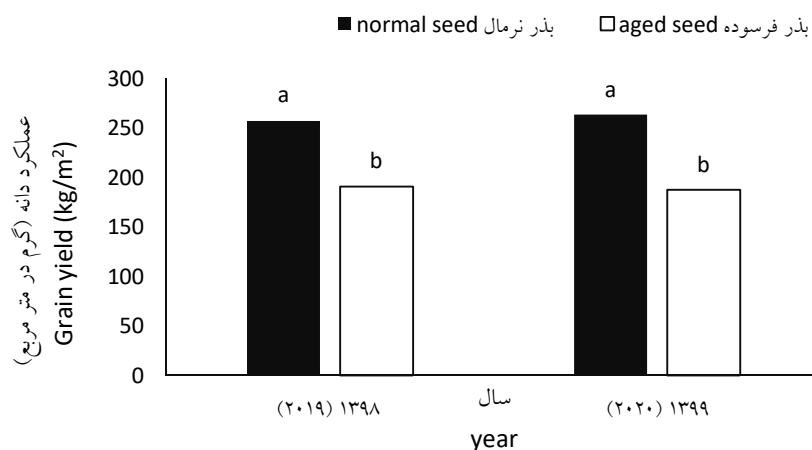
سطوح این ماده عمل کرد. بررسی مقایسات میانگین اثر متقابل سال و کیفیت بذر نشان داد که اعمال پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب موجب کاهش ۲۵/۸۵ و ۲۸/۷۸ درصدی عملکرد دانه شد (شکل ۸).

پیش از این مشاهده که فرسودگی بذر سبب کاهش درصد و سرعت سبز شدن نهایی مزرعه گردید که می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشد. استفاده از اسید الازیک احتمالاً از طریق افزایش درصد و سرعت سبز شدن توانسته موجب افزایش عملکرد دانه شود. مطالعات سایر پژوهشگران

عملکرد دانه: عملکرد دانه سویا در این پژوهش از کیفیت بذر، اسید الازیک و برهم‌کنش سال و کیفیت بذر در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود استفاده از اسید الازیک در تمام سطوح موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شده است. استفاده از اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی به‌ترتیب موجب افزایش ۲۳/۵۹ و ۲۳/۲۳ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد و این در حالی است که کاربرد توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با افزایش ۵۵/۴۸ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد بهتر از سایر

راستای نتایج این تحقیق سایر محققان دریافتند که اسید الازیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارد منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا گردیده است (۹).

حاکی از آن است که پرایمینگ بذر منجر به افزایش قدرت و سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها می‌شود و در نهایت منجر به وقوع سریع‌تر مراحل فنولوژیک و سودمندی‌های مرتبط با عملکرد می‌شود (۲۳). در



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه در مزرعه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش سال و کیفیت بذر (میانگین‌ها، در هر ستون دارای حروف مشابه بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند).

Figure 8- Mean comparison of grain yield in soybean field under the interaction of year and seed quality (Means by the same letter in each column are not significantly different according to LSD range tests ($P < 0.05$)).

جدول ۵- تجزیه علیت عملکرد دانه تحت تأثیر صفات درصد سبز شدن گیاهچه (FEP)، تعداد روز از کاشت تا گلدهی (R1)، تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی فیزیولوژیک (R7) و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل (R8) (عملکرد دانه صفت وابسته است)

Table 5- Causality analysis of seed yield under final emergence percentage (FEP), days from sowing until flowering initiation (R1), days from sowing until physiological maturity (R7) and days from sowing until full maturity (R8) (grain yield is dependent)

	درصد سبز شدن گیاهچه FEP	تعداد روز از کاشت تا گلدهی Days from sowing until flowering initiation (R1)	تعداد روز از کاشت تا شروع رسیدگی فیزیولوژیک Days from sowing until physiological maturity (R7)	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی کامل Days from sowing until full maturity (R8)	اثرات کل Total effect
FEP	0.54	0.19	-0.08	-0.03	0.62
R1	-0.24	-0.44	0.12	0.04	-0.52
R7	-0.34	-0.39	0.13	0.04	-0.56
R8	-0.38	-0.38	0.12	0.04	-0.60
R- Square	0.5674				

روز تا رسیدگی کامل (۰/۶۰-) به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند. با توجه به میزان ضریب تبیین ۵۶/۷۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه توسط این چهار صفت توجیه می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که صفت درصد سبز شدن گیاهچه بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۵۴) را بر عملکرد دانه داشت و صفت تعداد روز از کاشت تا

تجزیه علیت: جهت تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر عملکرد دانه از تجزیه علیت استفاده شد. نتایج بررسی جدول ۵ نشان می‌دهد زمانی که عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد صفات درصد سبز شدن گیاهچه (۰/۶۲)، تعداد روز از کاشت تا شروع گلدهی (۰/۵۲-)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۰/۵۶-) و

افزایش عملکرد دانه سویا شد و بالاترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد توأم این ماده بود. می‌توان گفت در منطقه شاهرود با توجه به تنش سرما در انتهای فصل رشد، ورود زودهنگام ارقام دیررس سویا به مرحله گلدهی سبب بهبود گرده‌افشانی و لقاح شده و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده می‌توان توصیه کرد که استفاده از اسید الازیک به صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی برگ‌ی سبب بهبود اثرات فرسودگی بذر در گیاه سویا می‌گردد و در این پژوهش کاربرد این ماده به صورت پرایمینگ بذر بهتر از حالت محلول‌پاشی برگ‌ی عمل کرد. هم‌چنین می‌توان پرایمینگ و ترکیب توأم پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الازیک را جهت تسریع وقوع صفات فنولوژیکی در گیاه سویا پیشنهاد کرد.

References

1. Sheikh, F. & Jafernadeh, S. (2019). Investigating the phenological development and performance of different genotypes of beans in gorgan. *Crop prod J.* 12: 4. 57-76. (In Persian)
2. Kapoor, N., Arya, A., Siddiqui, M.A., Amir, M.A. & Kumar, H. (2010). Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated aging. *Asian J. Plant Sci.* 9: 158-162.
3. Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A. & Haydari, M. (2022). Physiological responses of soybean plants to pretreatment and foliar spraying with ellagic acid and seaweed extract under accelerated aging. *South African J. Bot.* 148: 510-518.
4. Pedram, M., Hatami, A., Moradi Telavat, M.R. & Tahmasebi, Z. (2020). Effect of seed treatment on physiological traits of two safflower cultivars under defoliation. *Plant Product.* 43:4.507-516.
5. Feghhenabi, F., Hadi, H., Khodaverdiloo, H. & Van Genuchten, M.T. (2020). Seed priming alleviated salinity stress during germination and

شروع گلدهی بیشترین اثر مستقیم منفی (۰/۴۴-) را بر عملکرد دانه نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش درصد سبز شدن، کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در تمامی صفات فنولوژیکی سویا شد و پرایمینگ بذرها با اسید الازیک موجب افزایش درصد و سرعت سبز شدن و تسریع در صفات فنولوژیکی شد. محلول‌پاشی اسید الازیک به‌تنهایی تأثیری بر صفات فنولوژیکی نشان نداد. برهم‌کنش پرایمینگ و محلول‌پاشی نیز موجب تسریع صفات فنولوژیکی سویا در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید الازیک در هر سه سطح پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد توأم آن‌ها موجب

- emergence of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agric Water Manag.* 231: 106-122.
6. Turk, G., Ceribas, A. O., Sahna, E., & Atessahin, A. (2011). Lycopene and ellagic acid prevent testicular apoptosis induced by cisplatin. *Phytomedicine.* 18: 5. 356-361
 7. Evtuyugin, D., Magina, S. & Evtuguin, D. 2020. Recent advances in the production and applications of ellagic acid and Its derivatives. *A Review. Molecules.* 25: 27-45.
 8. Abu El Soud, W., Hegab, M. M., Abdelgavad, H., Zinta, G., & Asard, H. (2013). Ability of ellagic acid to alleviate osmotic stress on chickpea seedlings. *J. Plant Physiol Biochem.* 71: 1. 173-183.
 9. Khan, A., Nazar, S., Lang, I., Nawaz, H., & Hussain, M. A. (2017). Effect of ellagic acid on growth and physiology of canola (*Brassica napus* L.) under saline conditions. *J. Plant Interact.* 12: 1. 520-525.
 10. Rhaman, M.S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C.C., Murat, Y. & Hasanuzzaman, M. (2020). Seed priming with phytohormones: an

- effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants (Basel)*. 10. 1-17.
11. ISTA (International Seed Testing Association). (2009). International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 49. 86-41.
 12. Weerasekara, I., Sinniah, U.R., Namasivayam, P., Nazli, M.H., Abdurahman, S.A. & Ghazali, M. N. (2021). Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.] seeds. *Agric.* 11: 966.1-18.
 13. Fehr, W.R. & Shibles, R. (1980). Stages of soybean development. Iowa state uni crop ext. ser. Specific. Rep. 80. Ames, IA. USA.
 14. Weerasekara, I., Sinniah, U.R., Namasivayam, P., Nazli, M.H., Abdurahman, S.A. & Ghazali, M. N. (2021). Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.] seeds. *Agric.* 11:966. 1-18.
 15. Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A. & Haydari, M. (2022). Physiological responses of soybean plant (DPX) to pretreatment and foliar application of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and seed primary quality. *Iranian J. Field Crops Res.* 20:1).105-119. (In Persian)
 16. Nazari, R., Parsa, S., Tavakkol Afshari, R., Mahmoodi, S. & Seyyedi, S. M. (2020). Salicylic acid priming before and after accelerated aging process increases seedling vigor in aged soybean seed. *J. Crop Improv.* 34: 2. 218-237.
 17. Zeinivand, M. & Nasr Esfahani, M. (2021). The effect of priming with sodium hydrosulfide and salicylic acid on early stages of growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salt stress. *Iranian J. Plant Biol.* 13: 3. 43-64.
 18. Asadi-Danalo, A., Ghassemi-Golezani, K., Shafagh-Kalvanagh, J. & Bakhshy, J. (2014). Effects of seed quality and water deficit on performance of Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *J. Agric Sci Product.* 24: 1. 83-94. (In Persian)
 19. Abdolrahmani, B. (2016). The effect of water priming on growth traits and grain yield of different wheat cultivars and genotypes under dry conditions. *J. Appl Res Plant Ecophysiol.* 1: 4. 91-104. (In Persian)
 20. Shafeiepoor, H., Saedisar, S., Nadali, F. & Mohammadi, A. (2010). Effect of planting date and seed pretreatment on phenological stages, morphological characteristics and yield of sunflower seeds. *J. Agric Res.* 3: 1. 103-131. (In Persian)
 21. Mirshekari, B. (2017). Effect of physical priming on phenology, some of physiological traits and yield components of wheat under delayed cropping. *Crop Product J.* 9:4. 85-101. (In Persian)
 22. Hashemi, S.A., Emam, Y. & Pirasteh Anoshe, H. (2018). Responses of germination, early growth and phenology of barley to salicylic acid under salinity stress conditions. 7: 4. 579-590. (In Persian)
 23. Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H. & Saleem, B.A. (2017). Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling tolerance. *J. Agron Crop Sci.* 194: 1. 55-60.