



Investigating the Process of Leaf Senescence and Growth Indices of Soybean Under Ellagic Acid and Seed Quality

Safiyeh Arab¹ | Mehdi Baradaran Firouzabadi² | Ahmad Gholami³ |
Mostafa Haydari⁴

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: s.arab@shahroodut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: mbaradaran@shahroodut.ac.ir
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: ahgholami273@shahroodut.ac.ir
4. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: m_haydari@shahroodut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 13 September 2022
Received in revised form
30 August 2023
Accepted 1 September 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:

Antioxidant
Ellagitannin
Oil percentage
Priming
Seed deterioration

ABSTRACT

Objective: To investigate the effect of ellagic acid on the growth indices and leaf aging process in soybean, an experiment was conducted during the two years of 2018 and 2019 in the research farm of Shahrood University of Technology's Faculty of Agriculture.

Method: The experiment was carried out factorial in the form of a randomized complete block design in three replications. The experimental treatments include the initial seed quality at two levels (normal seeds and aged seeds) and the application of ellagic acid at four levels (control, priming, foliar spraying and combined application of priming and foliar spraying with a concentration of 50 mg/L).

Results: Accelerated aging caused a reduction of 37.93 and 39.93 percent of emergence. Ellagic acid as priming in aging conditions caused an increase of 11.33 and 8.33 percent of this trait. Aging decreased the amount of chlorophyll, carotenoid, plant height, and leaf and stem dry weight, oil percentage and seed yield. The use of ellagic acid in the form of priming, foliar spraying and their combination in this study increased the percentage of oil by 0.23, 0.24 and 0.29%, respectively, compared to the control. Priming, foliar spraying and the combined application of priming and foliar spraying with ellagic acid improved the grain yield by 23.59, 23.23 and 55.48%, respectively.

Conclusion: The use of ellagic acid as seed priming and foliar spraying better than other levels. Finally, it is recommended to use this material as a priming to increase the percentage of oil and yield of soybean.

Cite this article: Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2023). Investigating the Process of Leaf Senescence and Growth Indices of Soybean Under Ellagic Acid and Seed Quality. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 927-942. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.348675.2745>





بررسی روند پیری برگ و شاخص‌های رشدی سویا تحت تأثیر اسیدالائیک و کیفیت بذر

صفیه عرب^۱ | مهدی برادران فیروزآبادی^۲ | احمد غلامی^۳ | مصطفی حیدری^۴

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: s.arab@shahroodut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: mbaradaran@shahroodut.ac.ir
۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: ahgholami273@shahroodut.ac.ir
۴. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: m_haydari@shahroodut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: به منظور بررسی اثر اسید الائیک بر شاخص‌های رشدی و روند پیری برگ در گیاه سویا، آزمایشی طی دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا گردید.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲	روش پژوهش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کیفیت اولیه بذر در دو سطح (بذور نرمال و بذور فرسوده) و کاربرد اسیدالائیک در چهار سطح (شاهد، پرایمینگ، محلول‌پاشی برگ‌گی و کاربرد هم‌زمان پرایمینگ و محلول‌پاشی برگ‌گی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۸	یافته‌ها: در سال اول و دوم، اعمال فرسودگی سبب کاهش ۳۷/۹۳ و ۳۹/۹۳ درصدی سبزشدن گیاهچه شد. کاربرد اسیدالائیک به صورت پرایمینگ در شرایط فرسودگی در سال اول و دوم آزمایش موجب افزایش ۱۱/۳۳ و ۸/۳۳ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. پیری تسریع شده موجب کاهش میزان کلروفیل، کاروتنوئید، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و ساقه، درصد روغن و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. استفاده از اسید الائیک به صورت پرایمینگ، محلول‌پاشی برگ‌گی و ترکیب هم‌زمان آن‌ها، درصد روغن را به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۴ و ۰/۲۹ درصد نسبت به شاهد ارتقا داد. پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد هم‌زمان پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الائیک به ترتیب عملکرد دانه را ۲۳/۵۹، ۲۳/۲۳ و ۵۵/۴۸ درصد نسبت به شاهد ارتقا دادند.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰	نتیجه‌گیری: کاربرد هم‌زمان پرایمینگ بذری و محلول‌پاشی برگ‌گی اسید الائیک، بهتر از سایر سطوح عمل کرد. در نهایت استفاده از این ماده به صورت پرایمینگ جهت افزایش درصد روغن و عملکرد دانه سویا توصیه می‌شود.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲	
کلیدواژه‌ها: آنتی‌اکسیدان الائیتانین پرایمینگ درصد روغن زوال بذر	

استناد: عرب، صفیه؛ برادران فیروزآبادی، مهدی؛ غلامی، احمد و حیدری، مصطفی (۱۴۰۲). بررسی روند پیری برگ و شاخص‌های رشدی سویا تحت تأثیر

اسید الائیک و کیفیت بذر. به زراعی کشاورزی، ۲۵ (۴)، ۹۴۲-۹۲۷. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.348675.2745>



۱. مقدمه

سویا به‌عنوان یک گیاه صنعتی با پروتئین و روغن بالا مورد توجه کشاورزان سراسر دنیا است. در سال‌های اخیر، سویا به دلیل کشت آسان، نسبت فایده به هزینه بالا و نیاز کم به نیتروژن، به نام‌های محصول شگفت‌انگیز و طلای قرن نام‌گذاری شده است (Misal & Deshmukh, 2020). بذر سویا دارای لیپید و پروتئین بالا می‌باشد و قابلیت جوانه‌زنی خود را فقط تا چند ماه در شرایط معمولی حفظ می‌کند، نگهداری و 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 گردد و فرسودگی بذر تشدید شود (Noli *et al.*, 2021). زمانی که بذور، کیفیت فیزیولوژیکی بالاتری دارند استقرار آن‌ها در مزرعه بهتر خواهد بود و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Ebone *et al.*, 2020). بذور برخی گیاهان از جمله سویا به دلیل وجود روغن، فسادپذیرتر هستند که موجب می‌شود محصول نسبت به انبارداری طولانی مدت آسیب‌پذیر باشد (Koskosidis *et al.*, 2022). طول دوره انبارداری بذر تحت تأثیر ژنوتیپ و شرایط نگهداری (دما و رطوبت) قرار می‌گیرد (Wang *et al.*, 2022). زمانی که دو عامل دما و رطوبت در انبار افزایش می‌یابند منجر به فرسودگی یا زوال بذرها می‌شوند.

اگرچه با روش‌های انبارداری مناسب می‌توان سرعت فرسودگی را کاهش داد، اعمال برخی تیمارها نیز روی بذر فرسوده و یا محلول‌پاشی برخی مواد روی گیاهان حاصل از این بذور می‌تواند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (Arab *et al.*, 2022). پرایمینگ می‌تواند یکی از راه‌کارهای کاهش اثرات تنش‌ها از جمله فرسودگی باشد. پرایمینگ بذر یک روش پرکاربرد برای بهبود جوانه‌زنی بذر و رشد و نمو بیش‌تر گیاهان است. اسموپرایمینگ یکی از متداول‌ترین انواع پرایمینگ است که در آن بذور با موادی که پتانسیل اسمزی پایینی دارند، پیش‌تیمار می‌شوند (Waqas *et al.*, 2019). از جمله موادی که می‌توان برای پرایمینگ بذر استفاده کرد مواد آنتی‌اکسیدان مانند ترکیبات فنولی می‌باشند. اسید الازیک یک ترکیب پلی‌فنول طبیعی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد و موجب کاهش اثرات انواع تنش‌ها در گیاهان می‌شود.

پژوهش‌ها حاکی از این است که سویا یکی از گیاهان مهم صنعتی و روغنی است که بذر آن به میزان زیادی در معرض فرسودگی قرار می‌گیرد، 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 الازیک یک ماده با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی با خاصیت ضدپیری است، در این پژوهش به بررسی اثر این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی روی بذر و گیاه سویا پرداخته شد.

۲. پیشینه پژوهش

فرسودگی بذر در طی انبارداری تا حد زیادی به پراکسیداسیون لیپیدها مربوط می‌شود (Kameswara Rao *et al.*, 2017). فرسودگی بذر در سطح سلولی بر ذخایر موجود در بذر تأثیر می‌گذارد و در نتیجه به تخریب غشای سلولی، تغییر در ساختار پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش استفاده از ذخیره بذر، تجزیه در لیپیدها و کربوهیدرات‌ها و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و ترکیبات سمی منجر می‌شود (Onder *et al.*, 2020). پژوهش‌گران دریافته‌اند که فرسودگی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه در مزرعه و در نهایت در اثر کاهش تراکم موجب کاهش عملکرد دانه سویا می‌شود (نظری و همکاران، ۱۳۹۹؛ Santos *et al.*, 2021). پژوهش‌گران دریافته‌اند که اسید الازیک یکی از بهترین جاروب‌کننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان است (Evtyugin *et al.*, 2020). این ماده به دلیل خاصیت

کلاته‌کنندگی از تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن جلوگیری می‌کند (Liu et al., 2018). پژوهش‌گران اثرات مثبت کاربرد این ماده را در سویا (عرب، ۱۴۰۱)، نخود (Abu El soud et al., 2013) و کلزا (Khan et al., 2017) در شرایط تنش گزارش کرده‌اند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهشی در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کیفیت اولیه بذر در دو سطح (بذور نرمال و بذور فرسوده) و اسید الازیک در چهار سطح (صفر، پرایمینگ، محلول‌پاشی برگ‌گی و کاربرد هم‌زمان پرایمینگ و محلول‌پاشی برگ‌گی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.

عملیات کاشت سال اول در تاریخ ۲۶ خردادماه و سال دوم ۲۰ خردادماه به‌صورت دستی و در عمق دو سانتی‌متری انجام شد. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر بود. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. آبیاری برای همه تیمارها یکسان بود و به‌طور مرتب هر پنج روز یک‌بار به‌صورت تیپ انجام گرفت. سه بار وجین کامل علف‌های هرز توسط دست انجام شد. در هیچ مرحله‌ای از سم و کود نیز استفاده نشد. تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذر سویا مورد استفاده در این آزمایش رقم کتول بود و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذرهاي مورد استفاده، بذرهاي 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. جهت ضدعفونی کردن بذور از هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت ۶۰ ثانیه استفاده شد و سپس بذور، سه بار با آب مقطر شست‌وشو شدند. جهت اعمال فرسودگی، بذور به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند (ISTA, 2019). پرایمینگ با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید الازیک با رعایت اصول هوادهی بذر به‌مدت شش ساعت انجام شد (Arab et al., 2022). نتایج تجزیه فیزیکی-شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و داده‌های هواشناسی منطقه در طی فصل رشد به‌ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	اسیدیته	پتانسیم قابل دسترس فسفر قابل دسترس نیترژن کل کربن آلی هدایت الکتریکی			
		(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(درصد)	(درصد)	(دسی‌زیمنس بر متر)
لوم سیلتی	۷/۳۶	۵/۵۴	۰/۰۶۶	۰/۶۰	۰/۷۱

جدول ۲. داده‌های هواشناسی منطقه در دو سال مورد آزمایش (اداره هواشناسی استان سمنان)

ماه	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)		رطوبت نسبی (درصد)		بارندگی (میلی‌متر)	
	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹
فروردین	۱۱	۹/۴	۵۷	۶۷	۷۵/۸	۴۱/۴
اردیبهشت	۱۶/۲	۱۶/۳	۴۷	۶۰	۶/۸	۴۹/۵
خرداد	۲۲	۲۴/۹	۴۶	۴۱	۱۰/۷	۰/۰
تیر	۲۷/۵	۲۴/۰	۴۲	۴۱	۰/۰	۴/۲
مرداد	۲۵/۱	۲۵/۵	۴۲	۳۸	۰/۰	۱۶/۲
شهریور	۲۱/۳	۲۰/۳	۴۲	۴۵	۰/۰	۰/۰
مهر	۱۴/۳	۱۳/۸	۴۳	۴۷	۳/۳	۱۰/۷
آبان	۱۰/۱	۹/۴	۴۸	۵۱	۵/۸	۴/۸

در دو هفته اول پس از کاشت اقدام به اندازه‌گیری صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه، سرعت سبز شدن و شاخص جوانه‌زنی گردید.

درصد سبز شدن نهایی گیاهچه در مزرعه طبق رابطه (۱) اندازه‌گیری شد (ISTA, 2019):

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

در این رابطه n: تعداد بذر سبز شده و N: تعداد بذر کشت شده بود. در مزرعه، بلافاصله پس از مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها، شمارش گیاهچه‌های ظاهر شده به صورت روزانه در هر کرت آغاز و تا زمانی که تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده ثابت گردیدند، شمارش ادامه داشت.

تیمار محلول‌پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گلدهی (R1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد. اسید الازیک مورد استفاده از شرکت آمریکایی سیگماآلدریج تهیه شد و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود. دو هفته پس از اعمال محلول‌پاشی اقدام به اندازه‌گیری وزن خشک ساقه و برگ با ترازوی دیجیتال ثبت شد. قطر ساقه اصلی در دو هفته پس از محلول‌پاشی از فاصله پنج سانتی‌متری از سطح زمین، با استفاده از کولیس دیجیتال (Insize P-150، چین) روی ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید. ارتفاع ساقه اصلی نیز در هر ۱۰ بوته اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۹۰ روز پس از کاشت (مرحله دانه‌بندی) به طور تصادفی از پنج گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن و جوان موجود در قسمت یک سوم بالایی بوته‌ها نمونه‌برداری انجام شد. اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از دی‌متیل سولفوکسید و اسپکتروفتومتر (UV-4802 Double beam، چین) صورت گرفت (Nikolopoulos *et al.*, 2008). جهت اندازه‌گیری روند پیری برگ، کلروفیل برگ‌ها از ۸۰ روز پس از کاشت با فاصله‌های زمانی ده روزه شروع شد و تا ۱۳۰ روز پس از کاشت ادامه پیدا کرد. در هر کرت تعداد پنج بوته به عنوان معیار انتخاب و علامت‌گذاری شدند. در هر اندازه‌گیری تعداد ۱۵ برگ (پنج برگ بالا، پنج برگ وسط و پنج برگ پایین) از هر بوته انتخاب شدند و شاخص سبزی‌نگی آن‌ها توسط دستگاه اسپد (SPAD 502، ژاپن) تعیین و میانگین آن‌ها محاسبه شد. میانگین کلروفیل پنج بوته در هر کرت شامل پنج عدد (برگ‌های بالا، وسط و پایین) بر حسب واحد SPAD برای محاسبات استفاده شد (Nikolopoulos *et al.*, 2008). درصد روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک (Soxtherm 2000 automatic Gerhardt، آلمان) اندازه‌گیری شد (Oomah *et al.*, 1995). برای اندازه‌گیری عملکرد نهایی تعداد ۲۰ بوته برداشت گردید. برای داده‌های دو سال زراعی، ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و برای صفات کلروفیل b، کاروتنوئید و قطر ساقه، آزمون بارتلت معنی‌دار بود و این سه صفت تجزیه ساده شدند. آزمون بارتلت برای سایر صفات معنی‌دار نبود و همگنی اشتباه آزمایشی تأیید گردید و تجزیه مرکب شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD₁ در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. درصد سبز شدن نهایی مزرعه

بررسی جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که درصد سبز شدن نهایی گیاهچه در مزرعه تحت تأثیر کیفیت بذر و اسید الازیک و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. برهم‌کنش سه‌جانبه سال، کیفیت بذر و اسید الازیک نیز در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت تأثیرگذار بود (جدول ۳).

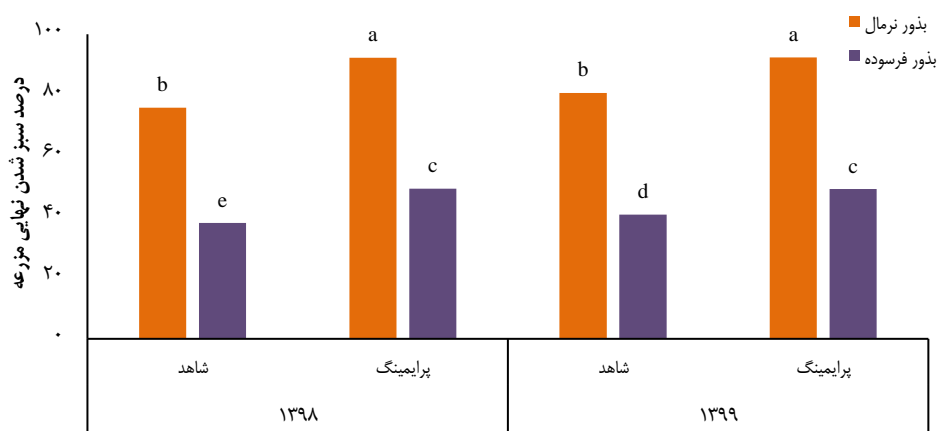
جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده سویا تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد سبزشدن نهایی مزرعه	کلروفیل a	ارتفاع ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	درصد روغن	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۱۳۰/۶۶	۱/۱۴	۲۶۷/۷۸	۲۸۴۵۷/۳۵	۱۲۹۹۱/۲۲	۰/۱۰	۹۷۷۶۶۸/۲۲
کیفیت اولیه (A)	۱	۱۱۴۹۳/۱۲**	۰/۱۹**	۲۷۴۴/۴۳**	۱۰۹۳۴/۸۱**	۹۵۸۶/۶۴**	۹/۵۴**	۱۲۲۹۷۴۷۲/۹۵
اسید الازیک (B)	۳	۵۶۰/۶۶**	۰/۱۶**	۱۴۳/۱۰	۶۶۶۸/۹۰**	۲۳۴۷۰/۳۳**	۰/۱۹*	۱۷۴۲۳۵۵/۷۰**
A*B	۳	۱۴۰/۱۶**	۰/۰۱	۱۶۰/۱۰	۲۱۰۳/۴۰*	۴۲۶۷/۹۹*	۰/۰۷	۴۳۸۱۷۵/۷۳
Y*A	۱	۱۶/۶۶	۰/۱۸**	۱/۰۳	۴/۳۶	۲۷۶۳/۲۱	۰/۰۰۸	۱۴۴۰۶۴۸/۰۷*
Y*B	۳	۴/۱۶	۰/۰۳	۴۹/۲۳	۱۸۶۹/۹۰	۳۴۹/۷۲	۰/۰۲	۷۱۰۶۹/۸۳
Y*A*B	۳	۴۲/۶۶*	۰/۱۱**	۴۱/۷۵	۲۵۹/۵۴	۱۸۴/۹۴	۰/۰۵	۱۲۱۵۱۰/۱۸
Error	۲۸	۷/۹۷	۰/۰۱	۸۴/۱۲	۵۵۹/۲۵	۹۸۸/۴۴	۰/۰۷	۱۵۴۴۴۰/۵۱
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۷۹	۴/۶۲	۱۱/۲۵	۱۲/۱۲	۱۲/۴۹	۱/۳۵	۱۸/۲۲

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات اصلی کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر صفات مورد ارزیابی (تجزیه مرکب)

تیمارها	ارتفاع ساقه	روغن	عملکرد دانه
کیفیت اولیه بذر <td>سانتی‌متر <td>درصد <td>کیلوگرم در هکتار </td></td></td>	سانتی‌متر <td>درصد <td>کیلوگرم در هکتار </td></td>	درصد <td>کیلوگرم در هکتار </td>	کیلوگرم در هکتار
بذور نرمال	۸۹/۰۴ a	۲۰/۰۰ a	-
بذور فرسوده	۷۳/۹۱ b	۱۹/۱۱ b	-
LSD 5%	۵/۴۲۳	۰/۱۵۷	-
اسید الازیک			
شاهد	۷۸/۶۴ a	۱۹/۳۷ b	۱۶۷۲/۱ c
پرایمینگ	۸۱/۶۴ a	۱۹/۶۰ a	۲۰۶۶/۶ b
محلول پاشی	۸۴/۶۶ a	۱۹/۶۱ a	۲۰۶۰/۶ b
پرایمینگ+محلول پاشی	۸۲/۹۵ a	۱۹/۶۶ a	۲۵۹۹/۹ a
LSD 5%	۷/۶۷۰	۰/۲۲۲	۳۲۸/۸۵

بررسی برهم‌کنش سه‌جانبه عامل‌ها در شکل (۱) نشان داد که در سال اول و دوم، اعمال فرسودگی در گیاهان شاهد به‌ترتیب سبب کاهش ۳۷/۹۳ و ۳۹/۹۳ درصدی سبزشدن گیاهچه شد. پرایمینگ بذور نرمال با اسید الازیک در سال اول و دوم توانست به‌میزان ۱۶/۳۳ و ۱۱/۶۷ درصد این صفت را افزایش دهد. این در حالی است که کاربرد اسید الازیک به‌صورت پرایمینگ در شرایط فرسودگی در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب موجب افزایش ۱۱/۳۳ و ۸/۳۳ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر درصد سبزشدن نهایی مزرعه (منبع: یافته‌های تحقیق)

۲.۴. قطر و ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد ارتفاع ساقه تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر ($P < 0.01$) قرار گرفت (جدول ۳). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۱۶/۹۹ درصدی ارتفاع ساقه سویا شد (جدول ۴). قطر ساقه در سال اول و دوم آزمایش تنها کیفیت اولیه بذر در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۵). اعمال فرسودگی در سال اول آزمایش موجب کاهش قطر ساقه به میزان ۹/۱۰ درصد نسبت به شاهد شد و در سال دوم این کاهش به ۴/۵۷ درصد رسید (جدول ۶).

جدول ۵. تجزیه واریانس ساده صفات کلروفیل b، کاروتنوئید و قطر ساقه تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه	کلروفیل b	کاروتنوئید	قطر ساقه	کلروفیل b	کاروتنوئید
			۱۳۹۸		۱۳۹۹		
تکرار	۲	۰/۹۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۰۸
کیفیت اولیه بذر (A)	۱	۳/۰۶*	۰/۱۳	۰/۱۱**	۰/۶۶**	۰/۵۳*	۰/۱۳**
اسید الازیک (B)	۳	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۴	۱/۴۹**	۰/۲۰**
A*B	۳	۰/۲۴	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۰۳
خطا	۱۴	۰/۶۱	۰/۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۹۷	۹/۲۲	۱۷/۲۴	۳/۵۵	۹/۵۴	۱۶/۸۰

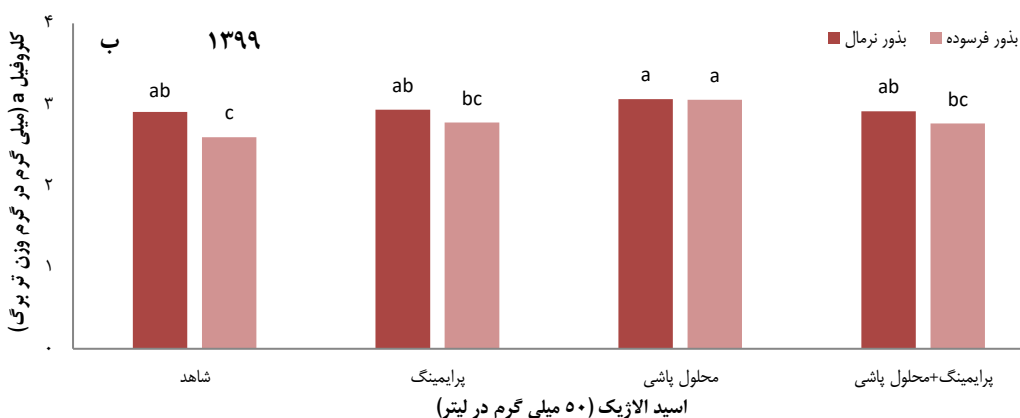
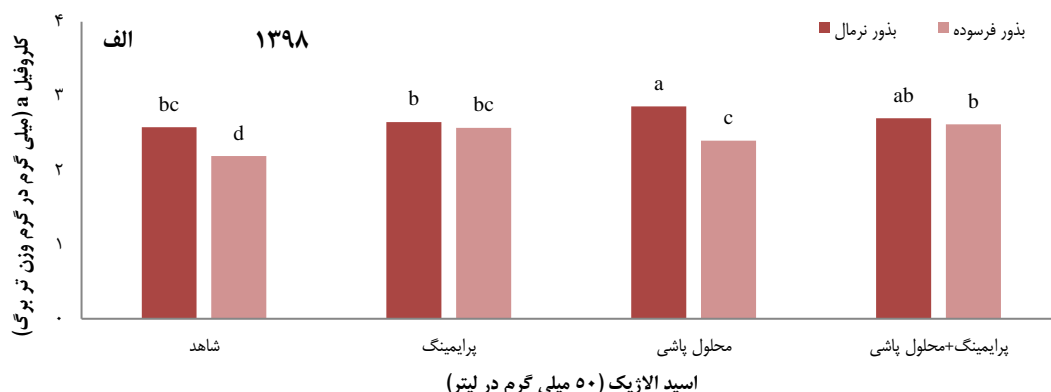
جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر کلروفیل b، کاروتنوئید و قطر ساقه (تجزیه ساده)

تیمارها	قطر ساقه (میلی‌متر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	قطر ساقه (میلی‌متر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)
بذور نرمال	۷/۴۸ a	۳/۵۴ a	۰/۳۸ b	۷/۴۳ a	۲/۹۷ a	۰/۵۲ b
بذور فرسوده	۶/۷۷ b	۳/۶۹ a	۰/۵۳ a	۷/۰۹ b	۲/۶۷ b	۰/۶۷ a
LSD 5%	۰/۶۸۸	۰/۳۹۲	۰/۰۶۹	۰/۲۲۶	۰/۲۳۶	۰/۰۸۸
اسید الازیک						
شاهد	۷/۲۰ a	۲/۴۵ a	۰/۴۸ a	۷/۳۵ a	۲/۳۳ b	۰/۸۰ a
پرایمینگ	۷/۰۸ a	۳/۷۶ a	۰/۴۳ a	۷/۱۵ a	۳/۱۵ a	۰/۴۸ b
محلول پاشی	۷/۱۵ a	۳/۶۵ a	۰/۵۱ a	۷/۲۳ a	۲/۴۶ b	۰/۶۹ a
پرایمینگ+محلول پاشی	۷/۰۸ a	۳/۶۱ a	۰/۴۳ a	۷/۳۱ a	۳/۳۵ a	۰/۴۰ b
LSD 5%	۰/۹۶۹	۰/۴۱۳	۰/۰۹۸	۰/۳۲۰	۰/۳۳۴	۰/۱۲۴

۳.۴. رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید)

نتایج تجزیه مرکب دو سال نشان داد که کلروفیل a تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر، اسید الازیک، اثر متقابل سال و کیفیت اولیه بذر و برهم‌کنش سه‌جانبه سال، کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). در شرایط نرمال در سال اول آزمایش تنها محلول‌پاشی با اسید الازیک موجب افزایش ۱۰/۸۵ درصدی کلروفیل a در گیاهان شد و سایر تیمارها اختلافی با شاهد نداشتند. این در حالی است که در گیاهان حاصل از بذور فرسوده، کاربرد تمامی سطوح اسید الازیک توانست میزان این صفت را تا سطح معنی‌داری نسبت به عدم دریافت این ماده در این شرایط افزایش دهد (شکل ۲- الف). در سال دوم آزمایش، کاربرد اسید الازیک در گیاهان حاصل از بذور نرمال اختلافی با شاهد نداشت و در شرایط فرسودگی، تنها کاربرد این ماده به‌صورت محلول‌پاشی توانست میزان این صفت را ۱۷/۶۹ درصد

نسبت به شاهد ارتقا دهد و با گیاهان حاصل از بذور نرمال از لحاظ آماری هم‌گروه گردید (شکل ۲-ب).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر میزان کلروفیل a در سال اول (a) و سال دوم (b) آزمایش (منبع: یافته‌های تحقیق)

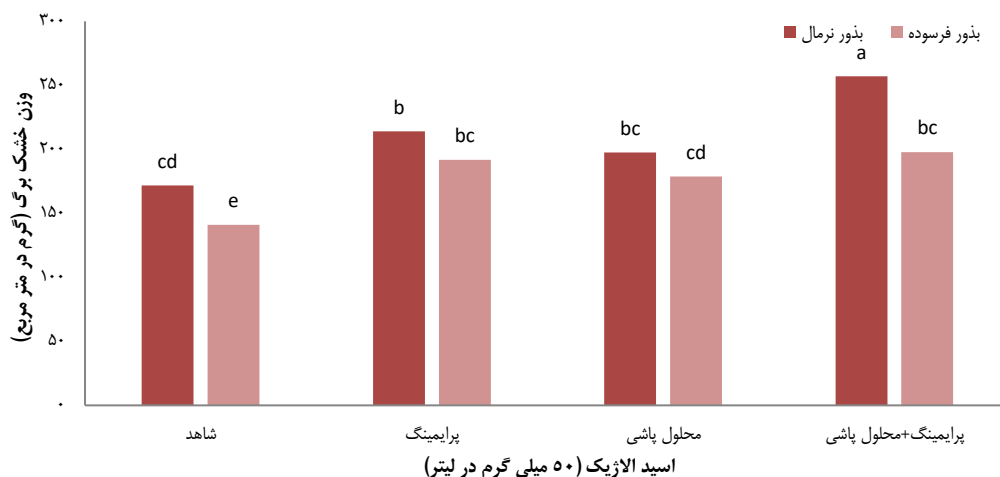
کلروفیل b در سال اول آزمایش از هیچ یک از تیمارها تأثیر نپذیرفت و این در حالی بود که این صفت در سال دوم آزمایش تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر ($P < 0.05$) و اسید الازیک ($P < 0.01$) قرار گرفت (جدول ۵). پیرشدن بذر موجب شد که میزان کلروفیل b در بر گیاهان حاصل از این بذر ۱۰/۱۰ درصد کاهش یابد (جدول ۶). استفاده از اسید الازیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و ترکیب هم‌زمان پیش‌تیمار و محلول‌پاشی برگی موجب افزایش ۴۱/۲۵ و ۴۳/۷۷ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۶).

میزان کاروتنوئید موجود در برگ سویا در این پژوهش در هر دو سال از کیفیت اولیه بذر در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۵). در سال دوم آزمایش کاربرد اسید الازیک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کاروتنوئید اثرگذار بود (جدول ۵). فرسودگی در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب موجب افزایش ۳۹/۴۷ و ۲۸/۸۴ درصدی کاروتنوئید موجود در برگ سویا گردید (جدول ۶). این در حالی است که پیش‌تیمار و ترکیب هم‌زمان پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در سال دوم آزمایش موجب کاهش معنی‌دار کاروتنوئید گردید (جدول ۶).

۴.۴. وزن خشک برگ و ساقه

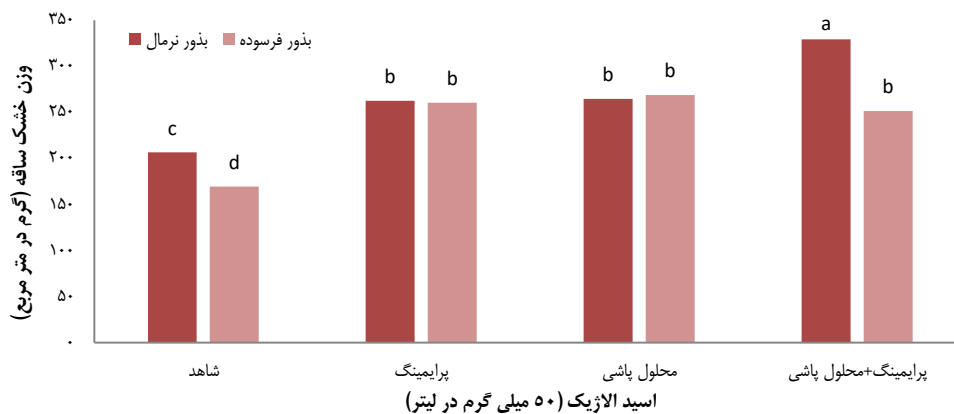
مطابق با جدول تجزیه واریانس، اثر کیفیت اولیه بذر ($P < 0.01$)، اسید الازیک ($P < 0.01$) و برهم‌کنش این دو عامل

($P < 0.05$) بر وزن خشک برگ و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن خشک برگ در گیاهان روییده از بذور فرسوده ۲۱/۸۵ درصد کاهش یافت. در شرایط نرمال کاربرد اسید الازیک به صورت پرایمینگ و ترکیب همزمان پرایمینگ و محلول پاشی موجب افزایش ۲۴/۵۲ و ۴۹/۵۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (شکل ۳). این در حالی است که در گیاهان حاصل از بذور فرسوده، کاربرد اسید الازیک به هر سه شکل پرایمینگ، محلول پاشی و ترکیب همزمان آن‌ها توانست به ترتیب ۳۶/۰۴، ۲۶/۸۱ و ۴۰/۲۲ درصد این صفت را بهبود دهد (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر وزن خشک برگ (منبع: یافته‌های تحقیق)

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، فرسودگی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه شد و کاربرد اسید الازیک به صورت پرایمینگ، محلول پاشی و ترکیب همزمان آن‌ها در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی توانست وزن خشک ساقه را تا سطح معنی‌داری ارتقا دهد.

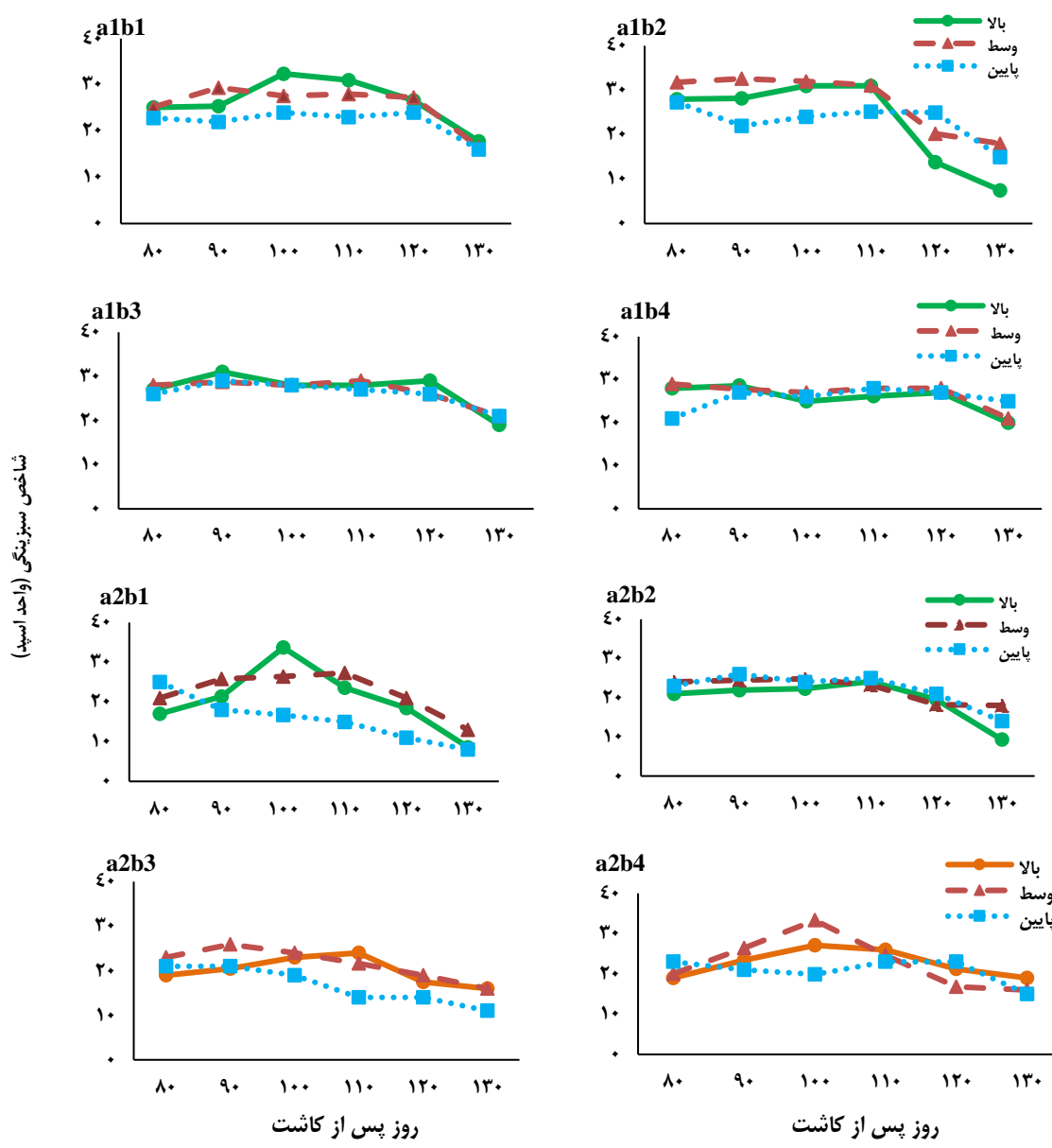


شکل ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت اولیه بذر و اسید الازیک بر وزن خشک ساقه (منبع: یافته‌های تحقیق)

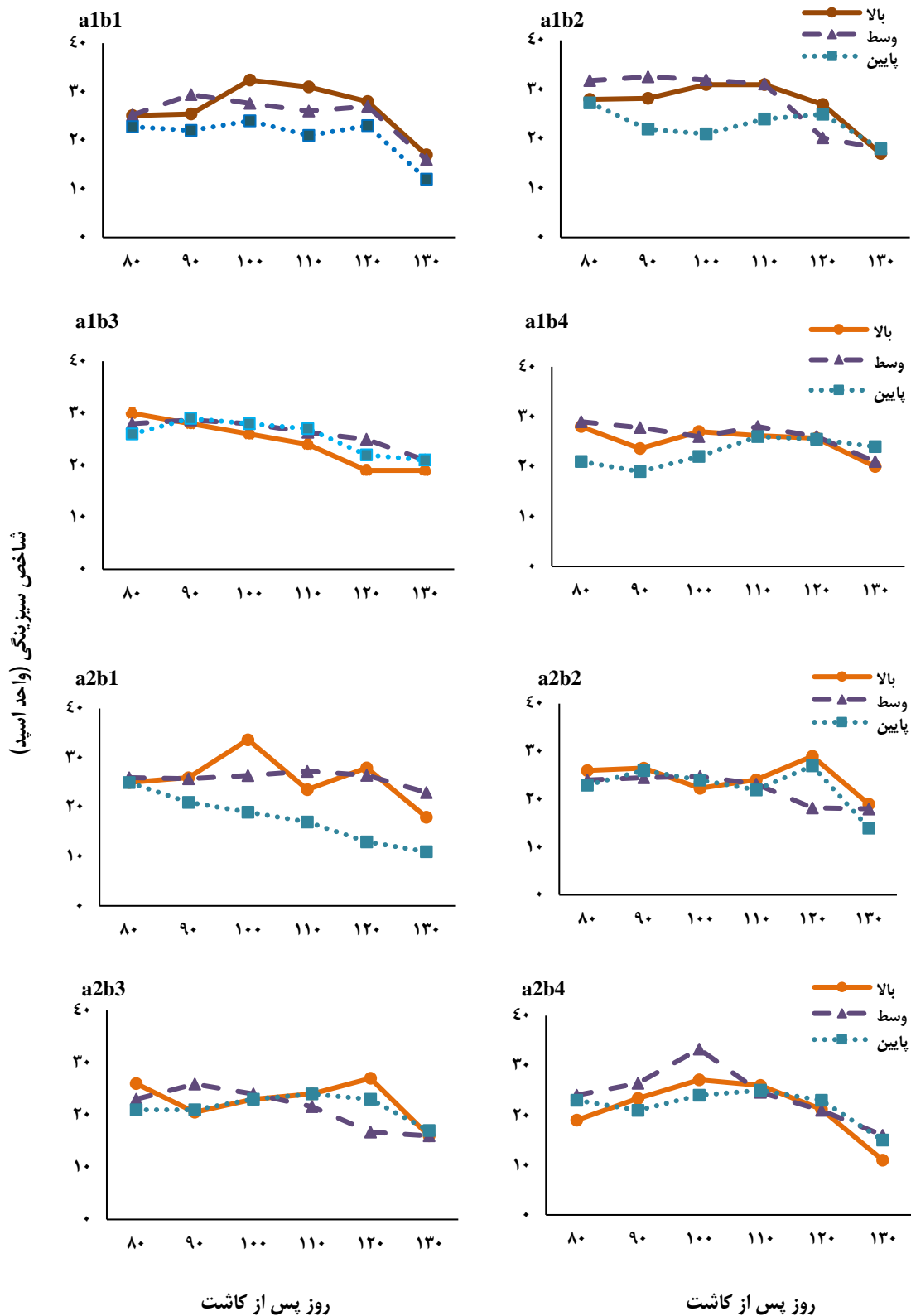
۵.۴. روند پیری برگ

بررسی روند پیری برگ‌های سویا در برگ‌های بالا، وسط و پایین تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سال اول و دوم

آزمایش به‌ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) آورده شده است. نتایج بررسی این شکل‌ها نشان می‌دهد که روند تغییرات شاخص سبزی‌نگی برگ تقریباً از ۱۱۰ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت، به‌صورت افزایشی یا ثابت بوده است و پس از آن روند کاهشی مشاهده می‌شود. اعمال تیمار فرسودگی در هر دو سال موجب کاهش در شاخص سبزی‌نگی برگ‌ها نسبت به شرایط نرمال گردیده است. استفاده از اسید الایژیک در هر سه سطح پرایمینگ بذری، محلول‌پاشی برگ‌ها و کاربرد هم‌زمان آن‌ها در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی از روند سریع کاهش سبزی‌نگی برگ‌ها جلوگیری کرد. درحالی‌که در گیاهان شاهد، روند کاهشی شاخص سبزی‌نگی با سرعت بیشتری اتفاق افتاد. همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود کاربرد اسید الایژیک موجب شد در آخرین اندازه‌گیری، مقدار شاخص سبزی‌نگی در برگ گیاهان سویا در سطح بالاتری نسبت به عدم کاربرد این ماده قرار بگیرد (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۵. روند پیری برگ‌های مختلف سویا در ترکیبات تیماری حاصل از پیری تسریع شده و اسید الازیک در سال اول آزمایش. a1: بذور نرمال، a2: بذور فرسوده، b1: عدم کاربرد اسید الازیک، b2: پرایمینگ، b3: محلول‌پاشی برگ، b4: پرایمینگ + محلول‌پاشی برگ (منبع: یافته‌های تحقیق)



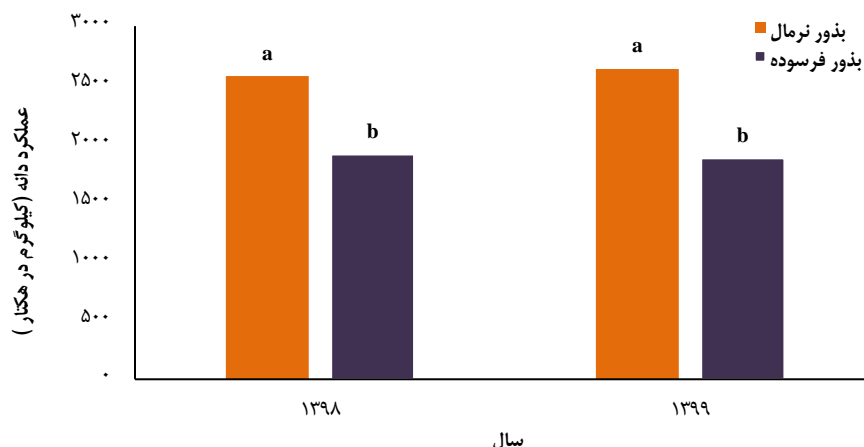
شکل ۶. روند پیری برگ‌های مختلف سویا در ترکیبات تیماری حاصل از پیری تسریع شده و اسید الازیک در سال اول آزمایش. a1: بذور نرمال، a2: بذور فرسوده، b1: عدم کاربرد اسید الازیک، b2: پرایمینگ، b3: محلول‌پاشی برگ، b4: پرایمینگ + محلول‌پاشی برگ. (منبع: یافته‌های تحقیق)

۶.۴ درصد روغن

همان‌طور که در نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود، درصد روغن سویا در این پژوهش تحت تأثیر کیفیت اولیه بذر ($P < 0.01$) و اسید الازیک ($P < 0.05$) قرار گرفت (جدول ۳). درصد روغن بذر در گیاهان حاصل از بذور فرسوده تا سطح معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد هم‌زمان پرایمینگ و محلول‌پاشی با اسید الازیک موجب افزایش این صفت از ۱۹/۳۷ درصد در گیاهان شاهد به ۱۹/۶۰، ۱۹/۶۱ و ۱۹/۶۶ درصد شد (جدول ۴).

۷.۴ عملکرد دانه

آنالیز آماری داده‌های مربوط به عملکرد دانه نشان داد که اثر اسید الازیک و برهم‌کنش سال و کیفیت اولیه بذر در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). فرسودگی در سال اول و دوم آزمایش موجب کاهش عملکرد دانه به‌ترتیب به میزان ۲۵/۸۰ و ۲۸/۷۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد همان سال شد (شکل ۷).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل کیفیت اولیه بذر و سال بر عملکرد دانه (منبع: یافته‌های تحقیق)

۸.۴ تجزیه همبستگی و تجزیه علیت

همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در سویا و عملکرد دانه در جدول (۷) گزارش شده است. نتایج بیان‌گر این است که صفات درصد و سبز شدن نهایی مزرعه، کلروفیل b، ارتفاع ساقه، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک برگ و ساقه و درصد روغن با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. کاروتنوئید نیز با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۷).

از تجزیه علیت جهت تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر عملکرد دانه استفاده شد. زمانی که عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه، کاروتنوئید، ارتفاع ساقه و وزن خشک برگ به میزان ۶۰/۶۳ درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۸). در این بین صفت درصد سبز شدن نهایی مزرعه بالاترین همبستگی مثبت و مستقیم را دارا بود که معادل ۰/۳۶۴۴ بود و بعد از آن صفت ارتفاع ساقه (۰/۲۸۰۳) اثر

مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه نشان داد. کاروتنوئید بالاترین همبستگی منفی و مستقیم (-0.3263) را بر عملکرد دانه داشت.

جدول ۷. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در سویا (X1): درصد سبزشدن نهایی، X2: کلروفیل a، X3: کلروفیل b، X4: کاروتنوئید، X5: ارتفاع ساقه، X6: ارتفاع اولین شاخه، X7: قطر ساقه، X8: تعداد شاخه فرعی، X9: وزن خشک برگ، X10: وزن خشک ساقه، X11: درصد روغن، X12: عملکرد دانه

صفات	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	۱										
X2	۰/۳۷*	۱									
X3	۰/۲۳	-۰/۳۰*	۱								
X4	-۰/۴۸**	۰/۰۷	-۰/۷۷**	۱							
X5	۰/۵۷**	۰/۰۹	۰/۲۴	-۰/۳۴*	۱						
X6	۰/۳۵*	۰/۲۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۲۱	۱					
X7	۰/۳۹**	۰/۱۷	-۰/۱۲	-۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۲۳	۱				
X8	۰/۵۷**	۰/۰۷	۰/۰۸	-۰/۲۷	۰/۴۳**	۰/۱۴	۰/۲۳	۱			
X9	۰/۳۴*	-۰/۱۷	۰/۵۸**	-۰/۵۲**	۰/۴۳**	۰/۱۱	-۰/۰۱	۰/۳۹**	۱		
X10	۰/۳۲*	۰/۰۴	۰/۳۸**	-۰/۴۲**	۰/۴۱**	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۴۱**	۰/۶۴**	۱	
X11	۰/۸۳**	۰/۳۵*	۰/۲۱	-۰/۳۱*	۰/۵۷**	۰/۴۷**	۰/۳۵*	۰/۵۳**	۰/۳۶*	۰/۳۰*	۱
X12	۰/۶۳**	۰/۱۱	۰/۴۳**	-۰/۶۲**	۰/۶۰**	-۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۴۴**	۰/۵۲**	۰/۴۲**	۰/۴۴**

جدول ۸. تجزیه علیت عملکرد دانه تحت تأثیر صفات کلروفیل b، کاروتنوئید، ارتفاع ساقه، وزن خشک برگ و ساقه (عملکرد دانه صفت وابسته است)

صفات	درصد سبزشدن نهایی مزرعه	کاروتنوئید	ارتفاع ساقه	وزن خشک برگ	اثرات کل
درصد سبزشدن نهایی مزرعه	۰/۳۶۴۴	۰/۱۵۹۲	۰/۱۶۱۷	۰/۰۴۹۳	۰/۶۲۵۲
کاروتنوئید	-۰/۱۷۷۸	-۰/۳۲۶۳	-۰/۰۹۷۴	-۰/۰۷۴۶	-۰/۶۲۲۹
ارتفاع ساقه	۰/۲۱۰۲	۰/۱۱۳۴	۰/۲۸۰۳	۰/۰۶۱۷	۰/۶۰۰۸
وزن خشک برگ	۰/۱۲۶۸	۰/۱۷۱۵	۰/۱۲۱۹	۰/۱۴۱۹	۰/۵۲۹۰
R-Square	۰/۶۰۶۳				

اعداد موجود در قطر نشان دهنده اثرات مستقیم و خارج از قطر نشان دهنده اثرات غیرمستقیم صفات بر روی عملکرد دانه می‌باشند.

۵. بحث

می‌توان این‌طور بیان کرد که بذره‌های فرسوده‌شده در این پژوهش، به دلیل کاهش در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب در دیواره سلولی در جذب آب دچار مشکل شده و از این‌رو درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته است. پژوهش‌های دیگر نیز نشان می‌دهد که فرسودگی بذر منجر به کاهش درصد سبزشدن نهایی و میانگین ظهور گیاهچه در سویا می‌شود (Weerasekara et al., 2021; Mangena et al., 2021; Oliveira et al., 2021). در شرایط فرسودگی، احتمالاً کاهش کارایی مصرف مواد ذخیره‌ای بذر و در نتیجه کاهش در انتقال مواد غذایی به محور جنینی و کاهش در رشد سلولی محور جنینی موجب کاهش جوانه‌زنی شده است و پرایمینگ می‌تواند تا حدودی سبب افزایش در مصرف مواد غذایی شده و از این طریق درصد سبزشدن گیاهچه را افزایش دهد. پژوهش‌گران اسید الازیک را به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاه دانسته و اعلام کردند که این ماده موجب افزایش درصد ظهور گیاهچه در مزرعه می‌گردد (Arab et al., 2022).

در نتایج دیده شد که در مجموع فرسودگی موجب کاهش میزان کلروفیل a در برگ گیاهان سویا گردید که دلیل آن می‌تواند تخریب کلروفیل توسط گونه‌های فعال اکسیژن باشد. نتایج پژوهشی نشان داد که اسید الازیک از طریق کاهش فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز در گیاهان از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند (عرب، ۱۴۰۱). پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کردند که اسید الازیک موجب افزایش میزان کلروفیل a در کلزا می‌گردد (Khan et al., 2017). افزایش

رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان حاصل از پرایمینگ نتیجه پویایی و اثر محافظتی آن بر فتوسنتز، شاخص کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی است (El-Tayeb, 2005).

دلیل احتمالی کاهش کلروفیل b در شرایط فرسودگی با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن در این شرایط مرتبط است و احتمالاً اسید الاژیک نیز از طریق کاهش این گونه‌های فعال اکسیژن از کاهش کلروفیل b جلوگیری کرده است (عرب، ۱۴۰۱).

کاروتنوئیدها به‌عنوان اجزای اصلی کلروپلاست شناخته شده‌اند که در غیرفعال‌نمودن گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارند. افزایش میزان کاروتنوئیدها در شرایط فرسودگی بذر با توجه به نقش آن‌ها در سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی برای محافظت از کلروفیل قابل انتظار است. پژوهش‌گران دریافته‌اند که کاروتنوئیدها در شرایط فرسودگی جهت جلوگیری از تولید گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش می‌یابند (Onder *et al.*, 2020).

در این پژوهش می‌توان این‌طور بیان کرد که پیری تسریع‌شده از طریق کاهش میزان کلروفیل موجب کاهش سطح برگ و در نهایت وزن خشک برگ گردیده است. نتایج این پژوهش نشان داد که اسید الاژیک سبب بهبود میزان کلروفیل شده است. بهبود عملکرد دستگاه فتوسنتزی ممکن است افزایش وزن خشک برگ با اسید الاژیک را توجیه کند. کاهش قطر و ارتفاع ساقه در شرایط پیری تسریع‌شده موجب شده است تا وزن خشک ساقه کاهش یابد. پژوهش‌گران دیگر نیز مشابه این نتایج را در سویای زوال یافته گزارش کردند (Ebene *et al.*, 2020).

در پژوهش حاضر پیری موجب کاهش ارتفاع و قطر ساقه شد. پژوهش‌گران اعلام کردند که در شرایط استفاده از بذور فرسوده، سرعت جوانه‌زنی گیاهان کم‌تر بود و در نتیجه در رقابت موفق عمل نکرده و ارتفاع کم‌تری را نسبت به شرایط نرمال نشان می‌دهند (Caverzan *et al.*, 2018). مشابه این نتایج را پژوهش‌گران دیگر نیز در سویا گزارش کردند (Sipple Dorr *et al.*, 2018). نتایج نشان داده است هرچه قطر ساقه بیش‌تر باشد، گیاهان از لحاظ جثه بزرگ‌تر و قوی‌تر خواهند بود. در راستای نتایج این پژوهش سایر پژوهش‌گران نیز دریافته‌اند که فرسودگی موجب کاهش قطر ساقه در سویا می‌گردد (Ebene *et al.*, 2020).

کاهش سطح برگ، کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی در شرایط فرسودگی در این پژوهش منجر به کاهش درصد روغن شده است. از آنجاکه بیوسنتز اسیدهای چرب در کلروپلاست و پلاستیدها صورت می‌گیرد، بنابراین تخریب ساختار کلروپلاست در اثر فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش کلروفیل در شرایط فرسودگی می‌تواند نقش مهمی در کاهش معنی‌دار درصد روغن در این شرایط داشته باشد. در راستای این پژوهش، سایر پژوهش‌گران در سویا (رحیمی، ۱۳۹۴) و گلرنگ (Onder *et al.*, 2020) مشاهده کردند که اعمال فرسودگی موجب کاهش درصد روغن در بذر گیاهان حاصل از آن‌ها شد.

دلیل کاهش عملکرد دانه با اعمال فرسودگی را می‌توان با کاهش درصد سبز شدن در این شرایط مرتبط دانست. استفاده از هر سه سطح اسید الاژیک منجر به بهبود عملکرد دانه شد. به‌طوری‌که پرایمینگ، محلول‌پاشی و کاربرد هم‌زمان آن‌ها به‌ترتیب عملکرد دانه را ۲۳/۵۹، ۲۳/۲۳ و ۵۵/۴۸ درصد نسبت به شاهد ارتقا دادند (جدول ۲). پیش از این مشاهده شد که فرسودگی موجب کاهش کلروفیل، ارتفاع و قطر ساقه، وزن خشک برگ و ساقه شد که همه این‌ها می‌توانند دلایلی برای کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشند. استفاده از اسید الاژیک ممکن است با افزایش کلروفیل و وزن خشک برگ و ساقه موجب افزایش عملکرد دانه شده باشد. در راستای نتایج این مطالعه، سایر پژوهش‌گران دریافته‌اند که اسید الاژیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارد منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا گردیده است (Khan *et al.*, 2017).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که فرسودگی بر شاخص‌های رشدی، درصد روغن و عملکرد دانه سویا اثر منفی دارد. کاربرد اسیدالازیک به صورت پرایمینگ بذری، محلول‌پاشی برگ‌گی و کاربرد هم‌زمان پرایمینگ و محلول‌پاشی تا حد زیادی اثرات ناشی از پیری تسریع شده را در گیاهان حاصل از بذور فرسوده سویا بهبود داد. کاربرد این ماده در شرایط نرمال نیز موجب افزایش صفاتی از جمله عملکرد دانه شد. با کاربرد اسید الازیک، روند پیری برگ‌ها در گیاهان سویا با سرعت کم‌تری ادامه یافت. در نهایت در محدوده این آزمایش، کاربرد اسید الازیک به صورت پرایمینگ بذری و محلول‌پاشی برگ‌گی بهتر از سایر سطوح عمل کرد و بالاترین عملکرد دانه را دارا بود. به دلیل گران‌قیمت بودن اسید الازیک و مقرون به صرفه‌تر بودن کاربرد این ماده به صورت پیش‌تیمار، کاربرد این ماده برای کشاورزان به صورت پیش‌تیمار بذری جهت افزایش درصد روغن و عملکرد دانه سویا توصیه می‌شود.

۷. تشکر و قدردانی

از خدمات استادان و کارکنان محترم مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود که در انجام این مهم یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

رحیمی، گلاره (۱۳۹۴). تأثیر پیری بذر و پیش‌تیمار با پیریدوکسین بر رشد و عملکرد سویا در رقابت با علف‌های هرز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. به راهنمایی مهدی برادران فیروزآبادی. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی.
عرب، صفیه (۱۴۰۱). تأثیر فرسودگی بذر، محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذر با اسید الازیک و عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر صفات زراعی و فیزیولوژیک سویا. رساله دکتری. به راهنمایی مهدی برادران فیروزآبادی. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی.
نظری، رکسانا؛ پارسا، سهیل؛ توکل افشاری، رضا و محمودی، سهراب (۱۳۹۹). بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و پراکسیداسیون چربی در بذور زوال‌یافته سویا. نشریه علوم و فناوری بذر ایران. (۹)، ۴۰-۵۷.

References

- 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. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 71(1), 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.07.007>.
- 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 Journal of Botany*, 148(1), 510-518. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.005>.
- Arab, S. (2022). *The effect of seed deterioration, foliar application and seed pretreatment with ellagic acid and seaweed extract (Ascophyllum nodosum) on agronomical and physiological traits of soybean*. Doctoral dissertation. under the supervision of Mehdi Baradaran Firouzabadi. Shahrood: Shahrood University of Technology. Faculty of Agriculture. (In persian).
- Caverzan, A., Giacomini, R., Muller, M., Biasuz, C., Langaro, N., & Chavarria, G. (2018). How does seed vigor affect soybean yield components. *Crop Ecology and Physiology*, 110(4), 1318-1327.

- <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0670>.
- Ebone, L. A., Caverzan, A. Tagliari, A., Chiomento, J., Silveira, D., & Chavarria, G. (2020). Soybean seed vigor: uniformity and growth as key factors to improve yield. *Agronomy*, 10(545), 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>.
- EL-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, 3(2), 215-225. <https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1>.
- Evtugin, D., Magina, S., & Evtugin, D. (2020). Recent advances in the production and applications of ellagic acid and its derivatives. A Review. *Journal of Molecules*, 25(1), 27-45. <https://doi.org/10.3390/molecules25122745>.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2019). Method Validation Reports on Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2019 Edition. *Seed Science and Technology*, 49(3), 86-41.
- KameswaraRao, N., Dulloo, M. E., & Engels, J. M. M. (2017). A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(1), 1061-1074. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0425-9>.
- 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. *Journal Plant Interaction*, 12(1), 520-525. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1400122>.
- Koskosidis, A., Khah, E. M., Pavli, O. I., & Vlachostergios, D. N. (2022). Effect of storage conditions on seed quality of soybean (*Glycine max* L.) germplasm. *AIMS Agriculture Food*, 7(2), 387-402. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022025>.
- Liu, Y., Liu, Y., Liu, H., & Shang, Y. (2018). Evaluating effects of ellagic acid on the quality of kumquat fruits during storage. *Scientia Horticulturae*, 227(1), 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.055>.
- Mangena, P. (2021). Analysis of correlation between seed vigor, germination and multiple shoot induction in soybean (*Glycine max* L. Merr.), *Heliyon*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07913>.
- Misal, V., & Deshmukh, S. (2020). To study the phenological stages of soybean crop for crop weather calendar. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(1), 3324-3333.
- Nazari, R., Parsa, S., Tavakol Afshari, R., & Mahmodi, S. (2020). The effect of seed priming with salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes and fat peroxidation in deteriorated seeds (*Glycine max* (L.) Merrill, William variety). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 1(9), 50-57. (In Persian). <https://10.22034/IJSST.2018.116566.1149>.
- Nikolopoulos, D., Korgiopoulou, C., & Mavropoulos K. (2008) Leaf anatomy affects the extraction of photosynthetic pigments by DMSO. *Talanta*, 76(1), 1265-1268. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.05.037>.
- Noli, Z. A., & Aliyyanti, P. (2021). Effect of liquid seaweed extracts as biostimulant on vegetative growth of soybean. *In IOP conference series, Earth and Environmental Science*, 759(1), 202-221. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/759/1/012029>.
- Oliveira, K. R., Sampaio, F. R., Siqueira, G. S., Galvao, I. M., Bennett, S. J., Gratao, P. L., & Barbosa, R. M. (2021). Physiological quality of soybean seeds grown under different low altitude field environments and storage time. *Plant, Soil and Environment*, 67(2), 92-98. <https://doi.org/10.17221/512/2020-PSE>.
- Onder, S., Tonguc, M., Güvercin, D., & Karakurt, Y. (2020). Biochemical changes stimulated by accelerated aging in safflower seeds (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Seed Science*, 42(1), 123-138. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42227873>.
- Oomah, B. D., Mazza, G., & Przybelski, R. (1995). Comparison of flaxseed meal lipids extracted with different solvent. *Journal of Food Science and Technology*, 29(1), 654-658. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.004>.
- Rahimi, G. (2016). *Effect of seed aging and pretreatment with pyridoxine on soybean growth and yield in competition with weeds*. Master Thesis. under the supervision of Mehdi Baradaran Firouzabadi. Shahrood: Shahrood University of Technology. Faculty of Agriculture. (In Persian).
- Santos, R. F., Placido, H. F., Bosche, L. L., Neto, H. Z., Ferando, H., & Alessandro, B. (2021). Accelerated aging methodologies for evaluating physiological potential of treated soybean seeds. *Journal of Seed Science*, 43(1), 41. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43250605>.
- Sipple Dorr, C., Lopes de Almedia, T., Panozzo, L., & Schuch, L. (2018). Treatment of soybean seeds of different levels of physiological quality with amino acids. *Journal of Seed Science*, 40(4), 407-414. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n4199311>.
- Waqas, M., Korres, N. E., Khan, M. D., Nizami, A., Deebea, F., Ali, I., & Hussain, H. (2019). Advances in the concept and methods of seed priming. In priming and pretreatment of seeds and seedlings. *Springer Nature: Singapore*, 1(1), 11-41.
- Wang, B., Yang, R., Ji, Z., Zhang, H., Zheng, W., Zhang, H., & Feng, F. (2022). Evaluation of biochemical and physiological changes in sweet corn seeds under natural aging and artificial

accelerated aging. *Agronomy*, 12(5), 10-28. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051028>.
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. *Agriculture*, 11(966), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100966>.