University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Investigating the Protein Percentage, Yield and Yield Components of Soybean Using Ellagic Acid

Safiyeh Arab[1] | Mehdi Baradaran Firouzabadi[2]✉ | Ahmad Gholami[3] | Mostafa Haydari[4]

1: Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: s.arab@shahroodut.ac.ir
2: Corresponding author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: m.baradaran@shahroodut.ac.ir
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: gholami@shahroodut.ac.ir
4. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: m.haydari@ shahroodut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: August 27, 2022
Received in revised form: November 20, 2022
Accepted: December 18, 2022
Published online: April 28, 2023

Keywords:
Antioxidant,
phenolic compounds,
priming,
protein,
seed deterioration.

ABSTRACT

Ellagic acid is a natural polyphenol compound that has strong antioxidant properties and reduces the effects of various stresses in plants. In order to investigate the effect of ellagic acid on protein percentage and soybean yield, an experiment was conducted in the two crop years of 2018 and 2019 in the research farm of Shahrood University of Technology. Treatments include accelerated aging on two levels of normal seed and aged seed and the application of ellagic acid on four levels (control, seed pre-treatment, foliar spraying and the combination of seed pre-treatment and foliar spraying with ellagic acid with a concentration of 50 mg/L) in the form of a factorial experiment with a basic design of randomized complete blocks in three replications. The number of pods per plant, the number of seeds per pod and the 100 seed weight per plant obtained from aged seeds decreased by 11.64, 4.16, and 13.13%, respectively, compared to the control. The combined use of seed pretreatment and foliar spraying of ellagic acid in normal and aging conditions caused a significant increase of 10.00 and 11.30% in the number of seeds in the pod compared to the non-application of this substance in these conditions. The combined use of seed pretreatment and foliar spraying of ellagic acid caused an increase of 20.89 and 51.93% in the weight of 100 seed and seed yield, respectively, compared to the control. The application of ellagic acid in normal conditions did not show any effect on the protein percentage, while the use of this substance in aging conditions by the form of seed pretreatment, foliar spraying and the combined use of seed pretreatment and foliar spraying, led to an increase of 0.88, 0.40, and 0.86 percent of protein, respectively. It is possible to suggest the combined use of pretreatment and foliar spraying with ellagic acid to increase seed yield and protein percentage in plants obtained from normal and aged soybean seeds.

Cite this article: Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Heidari, M. (2023). Investigating the protein percentage, yield and yield components of soybeans using ellagic acid. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(2), 73-84. DOI: 10.22059/ijfcs.2022.347601.654934.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2022.347601.654934

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۸۲

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

بررسی درصد پروتئین، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا با کاربرد اسید الاژیک

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:m.baradaran@shahroodut.ac.ir

۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: gholami@shahroodut.ac.ir

۴. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: m.haydari@ shahroodut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸

کلیدواژه‌ها:
آنتی‌اکسیدان،
پرایمینگ،
پروتئین،
ترکیبات فنولیک،
زوال بذر.

چکیده

اسید الاژیک یک ترکیب پلی‌فنول طبیعی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد و موجب کاهش اثرات انواع تنش‌ها در گیاهان می‌شود. جهت بررسی اثر اسید الاژیک بر درصد پروتئین و عملکرد دانه سویا، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیری تسریع‌شده در دو سطح، بذر نرمال و بذر فرسوده و کاربرد اسید الاژیک در چهار سطح (شاهد، پیش‌تیمار بذر، محلول‌پاشی برگی و ترکیب توأم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی برگی با اسید الاژیک با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بودند. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در گیاهان حاصل از بذر فرسوده به‌ترتیب ۱۱/۶۴، ۴/۱۶ و ۱۳/۱۳ درصد نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار یافت. استفاده توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی اسید الاژیک در شرایط نرمال و فرسودگی به‌ترتیب موجب افزایش معنی‌دار ۱۰ و ۱۱/۳ درصدی تعداد دانه در غلاف نسبت به عدم کابرد این ماده در این شرایط شد. کاربرد توام پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی اسید الاژیک به‌ترتیب موجب افزایش ۲۰/۸۹ و ۵۱/۹۳ درصدی در وزن صددانه و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید الاژیک در شرایط نرمال تأثیری بر درصد پروتئین نشان نداد و این در حالی است که استفاده از این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در شرایط فرسودگی به‌ترتیب منجر به افزایش ۰/۸۸، ۰/۴۰ و ۰/۸۶ درصدی پروتئین شد. می‌توان کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با اسید الاژیک را جهت افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین در گیاهان حاصل از بذر نرمال و فرسوده سویا پیشنهاد کرد.

استناد: عرب، ص.، برادران فیروزآبادی، م.، غلامی، ا.، و حیدری، م. (۱۴۰۲). بررسی درصد پروتئین، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا با کاربرد اسیدالاژیک. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴(۲)، ۸۴-۷۳. DOI: 10.22059/ijfcs.2022.347601.654934

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

رطوبت نسبی و دما دو عامل مهم در ایجاد فرسودگی بذر هستند. افزایش رطوبت نسبی منجر به افزایش میزان رطوبت بذر شده و در نهایت تسریع فرسودگی را به‌دنبال دارد (Kameswara *et al*., 2017). به‌طور معمول رطوبت موجود در بذر در انبار باید پنج تا ۱۰ درصد باشد و زمانی که این میزان رطوبت بیش از ۱۴ درصد شود، تنفس در بذر افزایش و بنیه آن با سرعت بیشتری کاهش یافته و دچار فرسودگی می‌شود (Li *et al*., 2020). حتی زمانی‌که بذور در رطوبت کم در انبار ذخیره می‌شوند، چنان‌چه دمای محیط بالا باشد، بنیه آن‌ها به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. پیری تسریع‌شده موجب کاهش قوه نامیه و بنیه بذر می‌شود و به دنبال آن درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و شاخص بنیه کاهش یافته و بذر به شرایط تنش حساس‌تر می‌شود (Wang *et al*., 2022). ترکیبات درون بذر نیز روی سرعت فرسودگی آن اثرگذار است. هر چقدر مواد اکسیدشونده مانند روغن در بذر بیشتر باشد، بیشتر در معرض فرسودگی بوده و به شیوه‌های انبارداری و رفتار خاص نیاز دارند (Matera *et al*., 2019). بنابراین بذرهای روغنی حساسیت بیشتری دارند. غالباً این گیاهان از اهمیت بالایی نیز برخوردار هستند؛ به‌عنوان مثال سویا *Glycine max* (L.) Merril. از مهم‌ترین گیاهان روغنی در جهان است و بذرهای این گیاه از لحاظ ساختاری ضعیف هستند و به‌راحتی در معرض فرسودگی قرار می‌گیرند (Koskosidis *et al*., 2022). نتایج تحقیقات نشان داد که پیری تسریع‌شده موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر و هم‌چنین افزایش پراکسیداسیون لیپید در بذر سویا می‌شود (Ebone *et al*., 2020; Santos *et al*., 2021; Maesaroh *et al*., 2021).

به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که فرسودگی بذر یک فرآیند غیرقابل انعطاف و برگشت‌ناپذیر است و در نهایت بذر نیز مانند هر موجود زنده دیگری می‌میرد، ولی بررسی‌ها حاکی از آن است که با روش‌های انبارداری مناسب می‌توان سرعت فرسودگی را کاهش داد. علاوه‌بر روش‌های انبارداری برخی تیمارها می‌توانند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (Arab *et al*., 2022a).

از جمله موادی که در کاهش اثرات تنش‌ها از جمله فرسودگی در بذر نقش دارند، ترکیبات فنولیک هستند (Nazari *et al*., 2020). اسیدالاژیک یک ترکیب فنولیک است که کاربردهای دارویی و صنعتی بسیاری داشته و دارای خواص متنوعی از جمله خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Sharifi Rad *et al*., 2022). اسیدالاژیک پلی‌فنولی طبیعی است که در میوه‌ها از جمله انار، توت‌فرنگی، تمشک و انگور یافت می‌شود و یکی از بهترین جاروب‌کننده‌های گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان است (Evtyugin *et al*., 2020). این ماده در گیاهان در چرخه اسیدشیکیمیک نقش ایفا می‌کند. مسیر متابولیکی اسیدشیکیمیک در بسیاری از گیاهان به‌منظور بیوسنتز اسیدهای‌آمینه آروماتیک (فنیل‌آلانین، تیروزین و تریپتوفان) انجام می‌شود (Sepulveda *et al*., 2011). محققان نشان دادند که کاربرد اسیدالاژیک در گیاهان موجب کاهش اثرات تنش‌های خشکی، شوری و فرسودگی می‌شود (Abuelsoud *et al*., 2013; Arab *et al*., 2022a; Khan *et al*., 2017). اسیدالاژیک به‌دلیل خاصیت کلاته-کنندگی که دارد از تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان جلوگیری می‌کند (Liu *et al*., 2018). تحقیقات نشان داده است که کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدالاژیک موجب افزایش عملکرد دانه در سویا (Arab *et al*., 2022a)، نخود (Abuelsoud *et al*., 2013) و کلزا (Khan *et al*., 2017) می‌شود.

از آنجایی که سویا یکی از گیاهان مهم صنعتی است و طبق تحقیقات انجام‌شده، بذر آن به میزان زیادی در معرض فرسودگی قرار می‌گیرد، لذا یافتن راهکاری کارآمد برای کاهش آثار منفی ناشی از بذرهایی که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد. باتوجه‌به این‌که اسیدالاژیک یک ماده با خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی با خاصیت ضدپیری است و تا به حال در تحقیقی به بررسی اسیدالاژیک روی بذر فرسوده و گیاهان حاصل از این بذر پرداخته نشده و سندی در این مورد یافت نشد، لذا در این تحقیق اثر این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی بررسی شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. در این پژوهش تیمارها شامل پیری تسریع‌شده در دو سطح (بذر نرمال و

بذر فرسوده) و اسیدالاژیک در چهار سطح (صفر، پیش‌تیمار بذر، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی برگی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر (Arab *et al*., 2022a) و سه تکرار بود. 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. این رقم سویا دیررس بوده و مقاوم به خوابیدگی بوته و ریزش دانه می‌باشد و از لحاظ تیپ رشدی، رشد نامحدود می‌باشد. 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 شدند. جهت ضدعفونی‌کردن بذرها از هیپوکلریت سدیم یک‌درصد به‌مدت ۶۰ ثانیه استفاده شد و سپس بذرها سه بار با آب مقطر شستشو شدند. جهت اعمال تیمار پیری تسریع‌شده، بذرهای مورد آزمایش به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند (ISTA, 2009). پیش‌تیمار بذر با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدالاژیک با رعایت اصول هوادهی بذر به‌مدت شش ساعت انجام شد. در هر دو سال زراعی عملیات کاشت در خردادماه و توسط دست انجام شد. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر بود. طول هر خط کاشت شش متر بود. تراکم بوته ۲۰ عدد در متر مربع در نظر گرفته شد. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش استفاده شدند. سطح زیر کشت معادل ۵۰۰ متر مربع بود و در هیچ مرحله‌ای کود شیمیایی استفاده نشد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ گزارش شده است. در مرحله آغاز گلدهی (R1) و در شرایط مساعد محیطی محلول‌پاشی‌ها انجام شد. اسیدالاژیک مورد استفاده از شرکت سیگماآلدریچ آمریکا و بقیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه

Soil texture	pH	Electrical conductivity (EC) ($dS.m^{-1}$)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (N) (%)	Phosphorus (P) ($mg.kg^{-1}$)	Potassium (K) ($mg.kg^{-1}$)
Silty Loam	7.36	0.71	0.60	0.066	5.54	240

جهت محاسبه صفت میانگین جوانه‌زنی روزانه از رابطه (۱) استفاده شد (Ranal & De Santana, 2006).

رابطه (۱)
$$MDG = \frac{\sum GR\%}{D}$$

در این رابطه MDG میانگین جوانه‌زنی روزانه، GR% درصد جوانه‌زنی و D طول دوره آزمایش است.

شاخص جوانه‌زنی طبق رابطه (۲)، از مجموع نسبت تعداد کل بذرهای جوانه‌زده (N) به تعداد روزهای پس از کاشت (t) محاسبه شد (Ruan, 2002).

رابطه (۲)
$$GI = \frac{N}{t}$$

مقدار نیتروژن موجود در دانه با دستگاه NIR [1] مدل KJT-270 ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد. برای این کار مقدار یک گرم نمونه آسیاب‌شده بذر سویا، در محل مخصوص قرارگیری نمونه‌ها در دستگاه قرار داده شد و درصد نیتروژن نمونه با دستگاه اندازه‌گیری شد. برای به‌دست‌آوردن درصد پروتئین، عدد مربوط به درصد نیتروژن در ضریب تبدیل پروتئین سویا (۵/۷۵) ضرب شد (AOAC, 1990).

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه روی ۱۰ بوته در ۱۵۵ روز پس از کاشت (رسیدگی کامل) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد نهایی تعداد ۲۰ بوته توسط دست برداشت شد. ابتدا غلاف‌های هر بوته و سپس دانه‌های موجود در هر غلاف جداسازی و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در نهایت عملکرد بر حسب تن در هکتار گزارش شد.

برای داده‌های دو سال زراعی، ابتدا آزمون بارتلت انجام شد. برای صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش، آزمون بارتلت معنی‌دار نبود و همگنی اشتباه آزمایشی تأیید و سپس تجزیه واریانس مرکب انجام شد. برای صفاتی که آزمون بارتلت معنی‌دار شد،

1. Near Infrared Radiation

داده‌های هر سال به‌طور جداگانه تجزیه شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به‌روش LSD در سطح احتمال پنج‌درصد انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳-۱. میانگین سبزشدن روزانه در مزرعه

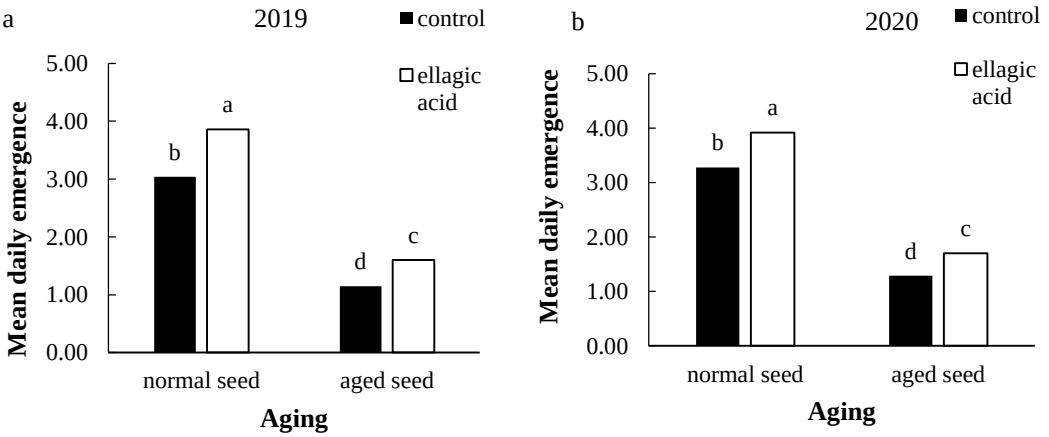
میانگین سبزشدن روزانه تحت تأثیر پیری تسریع‌شده، اسیدالاژیک و برهم‌کنش سه‌جانبه سال، پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسات میانگین اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و پیش‌تیمار در سال اول آزمایش نشان داد که اعمال پیری تسریع‌شده موجب کاهش ۶۲/۱۶ درصدی این صفت شد. پیش‌تیمار بذر نرمال و فرسوده با اسیدالاژیک به‌ترتیب موجب افزایش ۲۶/۹۷ و ۳۹/۱۳ درصدی میانگین سبزشدن روزانه شد (شکل ۱a). همان‌طور که در شکل ۲a مشاهده می‌شود پیری تسریع‌شده در سال دوم آزمایش این صفت را به‌میزان ۶۰/۶۷ درصد کاهش داد و زمانی‌که بذر نرمال و فرسوده، اسیدالاژیک را به‌صورت پیش‌تیمار بذری دریافت کردند، ۱۹/۵۱ و ۳۱/۷۸ درصد بهبود در این صفت مشاهده شد. بذرهای پیرشده سویا به‌دلیل کاهش در فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب در دیواه سلولی در جذب آب مشکل دارند و ازاین‌رو درصد و سرعت جوانه‌زنی آن‌ها کاهش می‌یابد (Arab *et al*., 2022a). می‌توان چنین بیان کرد که اثر پیری تسریع‌شده، بیشتر روی بنیه بذر است و ممکن است بذر درصد جوانه‌زنی مطلوبی داشته باشد، ولی از بنیه ضعیفی برخوردار باشد. در این صورت پس از قرارگرفتن در شرایط مزرعه‌ای ممکن است استقرار گیاهچه مناسب نباشد و در نهایت منجر به بدسبزی شود. نتایج تحقیقات دیگر نیز نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند (Matera *et al*., 2019). پیری تسریع‌شده درصد سبزشدن نهایی و میانگین سبزشدن روزانه را کاهش داده و سبب افزایش احتمال تولید گیاهچه‌های غیر طبیعی، کاهش درصد استقرار بوته در مزرعه و در نهایت در مواردی موجب کاهش عملکرد می‌شود (Weerasekara *et al*., 2021). پیری تسریع‌شده در سویا موجب کاهش درصد سبزشدن در مزرعه می‌شود (Koskosidis *et al*., 2022). محققان علت کاهش درصد جوانه‌زنی را تأثیر پیری تسریع‌شده بر نفوذپذیری غشا، افزایش تنفس بذر و کاهش انرژی اولیه مورد نیاز بذر برای جوانه‌زنی دانسته‌اند.

محققان اسیدالاژیک را به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاه دانسته و بیان کردند که این ماده موجب افزایش درصد سبزشدن در مزرعه می‌شود (Arab *et al*., 2022a). این محققان دریافتند که پیش‌تیمار با اسیدالاژیک علاوه‌بر افزایش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در بذر، میزان گونه‌های فعال اکسیژن را نیز از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاهش داده، در نتیجه منجر به افزایش درصد سبزشدن بذرها می‌شود. پیش‌تیمار بذر سویا با ترکیبات فنولی درصد سبزشدن بذر نرمال و فرسوده سویا در مزرعه را تا سطح معنی‌داری ارتقا می‌دهد (Nazari *et al*., 2020).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات میانگین سبزشدن روزانه و شاخص جوانه‌زنی تحت تأثیر پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک (تجزیه مرکب)

S.O.V	df	Mean daily emergence	Germination index
year	1	0.32	3.96
error	4	0.08	6.42
accelerated aging (A)	1	28.73*	240.98
ellagic acid (B)	1	1.40*	6.98
A*B	1	0.35	1.10**
Y*A	1	0.04	4.20**
Y*B	1	0.01	6.25**
Y*A*B	1	0.10*	0.99
error	12	0.019	1.40
C.V (%)	-	5.79	13.73
Slicing of A*B in Y			
Y1	3	5.49**	-
Y2	3	4.71**	-

*و** به‌ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

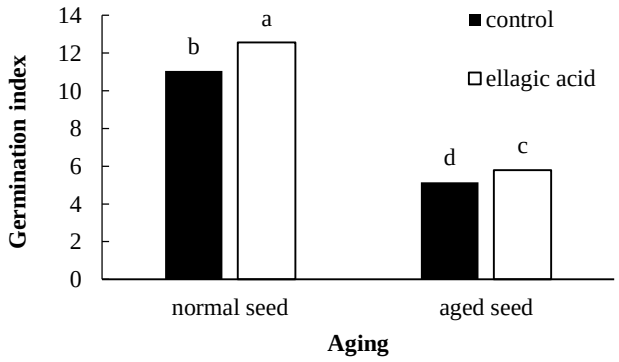


شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک بر میانگین سبزشدن روزانه سویا در سال اول (۱۳۹۸)(a) و سال دوم (۱۳۹۹) (b). ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

۲-۳. شاخص جوانه‌زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که شاخص جوانه‌زنی از اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک، سال و پیری تسریع‌شده، سال و اسیدالاژیک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). بررسی اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک نشان داد که شاخص جوانه‌زنی در شرایط پیری تسریع‌شده ۵۳/۳۹ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش یافت (شکل ۲a). استفاده از اسیدالاژیک در شرایط نرمال موجب افزایش ۱۳/۶۶ درصدی شاخص جوانه‌زنی شد و در بذر فرسوده افزایش ۱۱/۲۰ درصدی با کاربرد این ماده به ثبت رسید (شکل ۲).

دلیل کاهش شاخص جوانه‌زنی با کاهش سرعت جوانه‌زنی در ارتباط است. تیمار پیری تسریع‌شده موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. کاهش در سرعت جوانه‌زنی به دلیل وقفه‌ای است که در شروع جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده رخ می‌دهد. دلیل وقفه ایجادشده نیز می‌تواند خسارت‌های واردشده به غشای سلول‌های بافت جنینی باشد. بنابراین مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی در بذرهای فرسوده افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش شاخص جوانه‌زنی خواهد بود (Goodarzian Ghahfarokhi *et al*., 2019). به نظر می‌رسد استفاده از اسیدالاژیک به‌دلیل افزایش کارایی استفاده از ذخایر بذر، کاهش هدایت الکتریکی غشا و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن توانسته است با فرسودگی مقابله کند و شاخص جوانه‌زنی تحت شرایط فرسودگی را ارتقا دهد (Arab *et al*., 2022b). در راستای این تحقیق، سایر محققان گزارش کردند که ترکیبات فنولی منجر به کاهش اثرات پیری تسریع‌شده و در نتیجه بهبود شاخص جوانه‌زنی در گیاهان می‌شوند (Moori & Eisvand, 2019).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک بر شاخص جوانه‌زنی سویا. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

۳-۳. تعداد غلاف در بوته

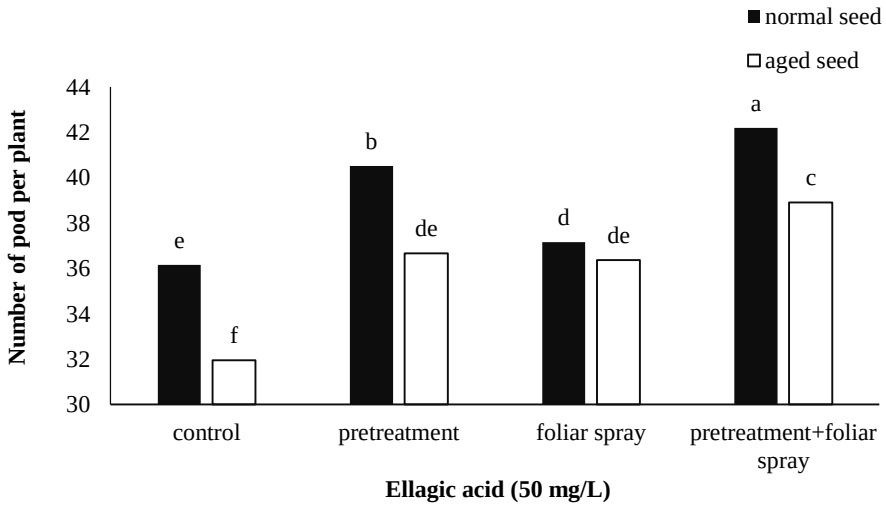
همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، تعداد غلاف در بوته سویا تحت تأثیر اسیدالاژیک و برهم‌کنش پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. تعداد غلاف در بوته در گیاهان حاصل از بذر فرسوده به طور معنی‌داری کمتر از شرایط نرمال بود (شکل ۳). استفاده از اسیدالاژیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری، محلول‌پاشی برگی و ترکیب توام آن‌ها موجب افزایش تعداد غلاف در بوته در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی شد (شکل ۳). در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی، کاربرد توأم اسید الاژیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی بالاترین تعداد غلاف در بوته را دارا بودند که به‌ترتیب معادل ۴۲/۲ و ۳۹/۹۱ عدد بود (شکل ۳).

سایر محققان نیز دریافتند که پیری تسریع‌شده موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاهان می‌شود (Eisvand *et al*., 2017; Mohammadzadeh *et al*., 2019). کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاهان حاصل از بذور فرسوده در این پژوهش را می‌توان ناشی از کاهش تعداد شاخه در گیاه دانست. محققان دیگر دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته را با ریزش و سقط گل‌ها مرتبط دانستند (Mohammadzadeh *et al*., 2019). به نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبات فنولی در گیاهان تا حدودی شرایط بهتری را برای تلقیح گل‌ها فراهم می‌کنند و در نتیجه تعداد گل و تعداد غلاف در گیاه، بیشتر می‌شود (Cheraghi *et al*., 2015).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در سویا تحت تأثیر پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک (تجزیه مرکب)

S.O.V	df	Numbers of pod per plant	Number of seeds per pod	100 seed weight	Protein percentage	Seed yield
year	1	2.02	3.95 E-33	150.35	0.072	0.978
error	4	1.73	0.001	57.05	2.15	1.94
accelerated aging (A)	1	14.79	0.013**	54.59**	9.34*	12.29*
ellagic acid (B)	3	91.67*	0.004**	24.40**	1.29*	1.74*
A*B	3	39.06*	0.093**	2.01	0.97*	0.43
Y*A	1	15.58	6.41 E-33	10.88	0.03	1.44
Y*B	3	3.92	4.97 E-33	3.41	0.08	0.07
Y*A*B	3	3.11	2.04 E-32	1.12	0.08	0.12
error	28	4.63	0.005	2.04 E-32	0.08	0.15
C.V (%)	-	5.74	2.97	13.92	1.81	18.72

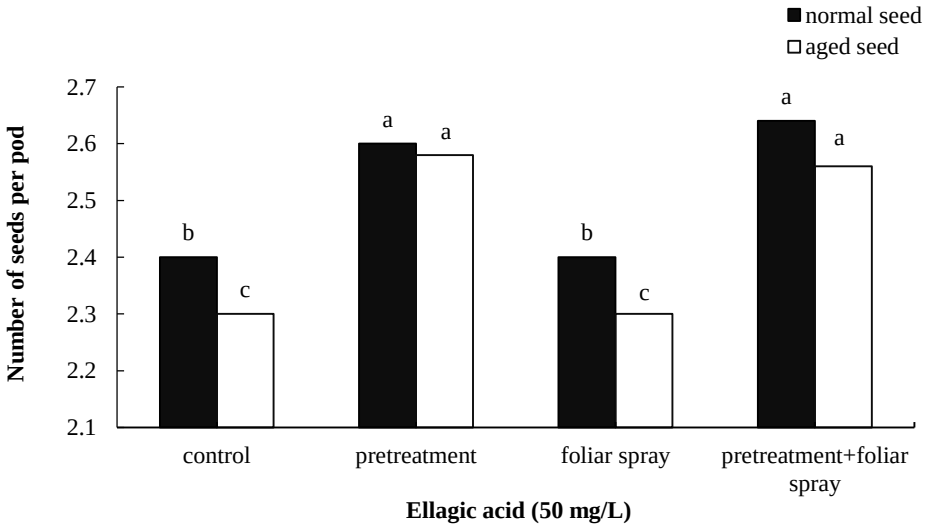
*و** به‌ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک بر تعداد غلاف در بوته سویا. ستون‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

۴-۳. تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف از تیمارهای پیری تسریع‌شده، اسیدالاژیک و برهم‌کنش این دو تیمار در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). پیری تسریع‌شده موجب کاهش معنی‌دار ۴/۱۶ درصدی تعداد دانه در غلاف نسبت به شرایط نرمال شد (شکل ۴). استفاده از اسیدالاژیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و ترکیب توام پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی منجر به افزایش معنی‌دار این صفت در هر دو شرایط نرمال و فرسودگی شد (شکل ۴). کاربرد این ماده به‌صورت محلول‌پاشی تأثیری بر تعداد دانه در غلاف نشان نداد (شکل ۴). سایر پژوهشگران نیز دریافتند که پیری تسریع‌شده موجب کاهش تعداد دانه در غلاف در لوبیا شد (Mohammadzadeh *et al*., 2019). محققان دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف را این‌طور بیان کرده‌اند که طی پیری بذر، استقرار بوته در مزرعه کمتر می‌شود و گیاه قادر به تأمین نیاز کربن و نیتروژن گل و میوه‌های تولیدشده نیست و از طرفی با گذشت زمان این نیازها بیشتر می‌شود و انتقال مواد فتوسنتزی از بخش‌های رویشی به زایشی تداوم می‌یابد. این پدیده موجب می‌شود که بافت‌های رویشی دچار پیری شوند و به دنبال آن تعداد دانه در غلاف تا سطح معنی‌داری کاهش یابد (Eisvand *et al*., 2017). دلیل افزایش تعداد دانه در غلاف با کاربرد اسیدالاژیک را می‌توان این‌طور بیان کرد که با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد، تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد بنابراین می‌توان افزایش تعداد دانه را نتیجه کاهش نسبت گلچه‌های عقیم قبل از گرده‌افشانی دانست (Sedaghat & Emam, 2016).



شکل ٤. مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک بر تعداد دانه در غلاف سویا. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

۵-۳. وزن صد دانه

در این آزمایش وزن صد دانه از پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). وزن صد دانه در گیاهان حاصل از بذر فرسوده ۱۳/۱۳ درصد کمتر از گیاهان حاصل از بذر نرمال بود (جدول ۴). استفاده از اسیدالاژیک به‌صورت ترکیب توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی توانست وزن صد دانه را ۲۰/۸۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد و این در حالی است که کاربرد سایر سطوح این ماده اختلافی با شاهد از لحاظ وزن صد دانه نداشت (جدول ۴). کاهش وزن صد دانه در این تحقیق بر اثر پیری تسریع‌شده ممکن است به‌دلیل کاهش رشد اندام‌های فتوسنتزکننده در اثر کیفیت پایین بذر باشد. لذا کاهش سطح برگ در شرایط فرسودگی از طریق کاهش سرعت فتوسنتز خالص در نهایت وزن صد دانه را تا سطح معنی‌دار کم کرده است. محققان بیان کردند که وزن صد دانه به مقدار ماده ساخته‌شده فتوسنتزی موجود و به ظرفیت دانه‌ها برای ذخیره‌سازی بستگی دارد و کاهش هر کدام از این دو مورد موجب کاهش وزن صد دانه می‌شود (Eisvand *et al*., 2017). کاربرد اسیدالاژیک در این تحقیق

احتمالاً از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب افزایش وزن صد دانه سویا شده است. مشابه این نتایج سایر محققان دریافتند که کاربرد ترکیبات فنولی موجب افزایش وزن صد دانه گندم می‌شود (Yousefi Rad & Safa, 2021).

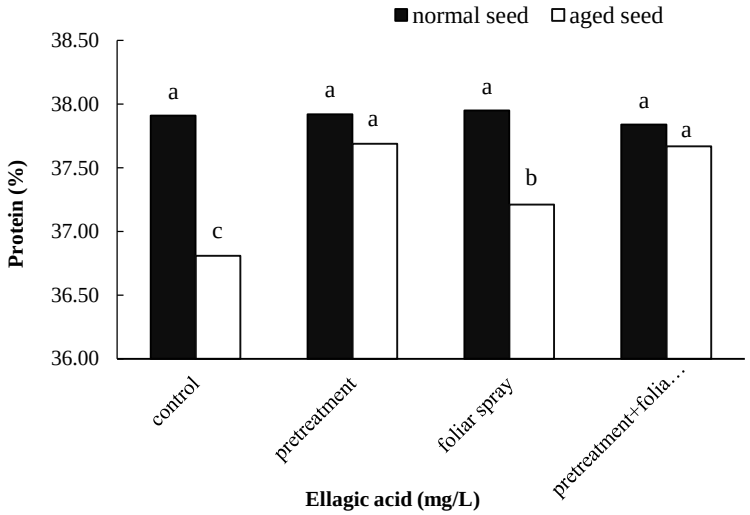
جدول ٤. مقایسه میانگین اثرات اصلی پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک در صفات اندازه‌گیری‌شده در گیاه سویا

Treatments	100 seed weight (g)	Seed yield (ton/ha)
accelerated aging		
normal seed	16.22 a	2.60 a
aged seed	14.09 b	1.89 b
LSD 5%	1.248	0.197
ellagic acid		
control	14.26 b	1.81 c
pretretment	14.30 b	2.22 b
foliar spray	14.94 b	2.21 b
pretretment+foliar spray	17.24 a	2.75 a
LSD 5%	1.765	0.279

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

۶-۳. درصد پروتئین

پیری تسریع‌شده، اسیدالاژیک و برهم‌کنش این دو تیمار در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت تأثیر داشتند (جدول ۳). بررسی مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که کاربرد اسیدالاژیک در شرایط نرمال تأثیری بر درصد پروتئین نشان نداد و این در حالی است که استفاده از این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در شرایط فرسودگی به‌ترتیب منجر به افزایش ۰/۸۸، ۰/۴۰ و ۰/۸۶ درصدی پروتئین شد (شکل ۵). نکته قابل توجه این بود که کاربرد اسیدالاژیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و کاربرد توام پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی در شرایط فرسودگی منجر به افزایش درصد پروتئین تا سطح گیاهان روییده از بذر نرمال شدند (شکل ۵). مشابه نتایج این تحقیق، پژوهشگران بیان کردند که پیری تسریع‌شده موجب کاهش درصد پروتئین در گلرنگ شد (Onder *et al*., 2020).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل پیری تسریع شده و اسید الاژیک بر درصد پروتئین سویا. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

اسیدالاژیک ویژگی آنتی‌اکسیدانی دارد و باتوجه‌به بروز تنش اکسیداتیو بذر در شرایط پیری تسریع‌شده، پرایمینگ بذر با اسیدالاژیک ممکن است در کاهش آسیب ناشی از تنش اکسیداتیو و به‌ویژه پراکسیداسیون لیپیدها مؤثر بوده باشد (Abu El Soud *et al*., 2013). به نظر می‌رسد استفاده از اسیدالاژیک موجب قوی‌ترشدن بذر فرسوده شد و در نتیجه گیاهان قوی‌تری رشد کرده است و مواد فتوسنتزی بیشتر و در نهایت پروتئین دانه بیشتر شده است.

۳-۷. عملکرد دانه

عملکرد دانه از پیری تسریع‌شده و اسیدالاژیک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۳). تیمار پیری تسریع‌شده موجب شد که عملکرد دانه ۲۷/۳۰ درصد (معادل ۰/۷۰ تن در هکتار) نسبت به شرایط نرمال کاهش یابد (جدول ۴). استفاده از تمامی سطوح اسیدالاژیک منجر به بهبود این صفت شد. به‌طوری‌که کاربرد توأم پیش‌تیمار و محلول‌پاشی بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که ۵۱/۹۳ درصد نسبت به شاهد بالاتر بود. گیاهان حاصل از بذر پیش‌تیمارشده با اسیدالاژیک نسبت به شاهد افزایش ۲۲/۶۵ درصدی عملکرد دانه را نشان دادند. زمانی که اسیدالاژیک تنها به‌صورت محلول‌پاشی برگی مورد استفاده قرار گرفت عملکرد دانه ۲۲/۰۹ درصد ارتقا یافت (جدول ۴).

پیری تسریع‌شده سبب کاهش درصد سبزشدن نهایی مزرعه، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه شد که همه این‌ها می‌توانند دلایلی برای کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشند. در مقابل استفاده از اسیدالاژیک ممکن است با افزایش وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته موجب افزایش عملکرد دانه شده باشد. مشابه این نتایج محققان دیگر دریافتند که استفاده از ترکیبات فنولی موجب افزایش عملکرد دانه سویا می‌شود (Sharma *et al*., 2018; Khan *et al*., 2017).

۳-۸. تجزیه علیت

از تجزیه علیت جهت تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیر مستقیم متغیرها بر عملکرد دانه استفاده شد. زمانی که عملکرد دانه به عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، صفات میانگین سبزشدن روزانه در مزرعه، شاخص جوانه‌زنی، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه به‌میزان ۷۵/۶۹ درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۵). در این بین صفت وزن صد دانه بالاترین همبستگی مثبت و مستقیم را دارا بود که معادل ۰/۵۸ بود و بعد از آن به‌ترتیب صفات شاخص جوانه‌زنی (۰/۲۹) و تعداد غلاف در بوته (۰/۲۵) اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه نشان دادند. میانگین سبزشدن روزانه از طریق تأثیر بر شاخص جوانه‌زنی بر عملکرد دانه تأثیرگذار بود (جدول ۵).

جدول ۵. تجزیه علیت عملکرد دانه تحت تأثیر صفات میانگین سبزشدن روزانه،شاخص جوانه‌زنی، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه (عملکرد دانه صفت وابسته است).

Traits	Mean daily emergence	Germination index	Number of pods per plant	100 seed weight	Total effects
Mean daily emergence	**0.08**	0.26	0.06	0.13	0.5451
Germination index	0.07	**0.29**	0.04	0.11	0.5270
Number of pods per plant	0.01	0.05	**0.25**	0.17	0.5036
100 seed weight	0.01	0.05	0.07	**0.58**	0.7362
R- Square	0.7569				

اعداد موجود در قطر نشان‌دهنده اثرات مستقیم و خارج از قطر نشان‌دهنده اثرات غیر مستقیم صفات روی عملکرد دانه می‌باشند.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که پیری تسریع‌شده موجب کاهش تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه تا سطح قابل توجهی می‌شود. باتوجه‌به اینکه صفات ذکرشده از اجزای مهم عملکرد هستند، کاهش هر کدام تأثیر زیادی بر عملکرد نهایی می‌گذارد. نتایج حاکی از آن است که این صفات با کاربرد اسیدالاژیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی تا سطح قابل توجهی افزایش نشان دادند. در محدوده پژوهش حاضر کاربرد اسیدالاژیک به‌صورت توام پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی بهتر از سایر سطوح عمل کرد و بالاترین عملکرد دانه در گیاهان سویا در شرایط نرمال و پیری تسریع‌شده را دارا بود. در این پژوهش کاربرد این ماده به‌صورت پیش‌تیمار بذری بهتر از حالت محلول‌پاشی برگی عمل کرد. به‌دلیل گران‌قیمت‌بودن اسیدالاژیک و مقرون به‌صرفه‌تر بودن، کاربرد این ماده برای کشاورزان به‌صورت پیش‌تیمار بذری جهت افزایش عملکرد و پروتئین سویا توصیه می‌شود.

۵. منابع

Abuelsoud, 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.

AOAC (Association Official Methods of Analysis). (1990). Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. Washington.

Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2022a). Physiological responses of soybean plants to pretreatment and foliar spraying with ellagic acid and eeaweed extract under accelerated aging. *South African Journal of Botany*, *148*, 510-518.

Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Haydari, M. (2022b). 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. Ph.D. Thesis in Agronomy. Shahrood University of Technology. pp:224. (In Persian)

Cheraghi, A.M., Sajedi, N., & Gomarian, M. (2015). Response of agronomic, physiological and quality characteristics of rainfed chickpea to salicylic acid and selenium. *Iranian Journal of Pulses Research*, *5*(2), 31-42. (In Persian)

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.

Eisvand, H.R., Dousti, A., Hosseini, N.M., & Babaie, A.P. (2017). Effects of PGPR bacteria and seed ageing on improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *45*(2), 33-42. (In Persian)

Evtyugin, D.D., Magina, S., & Evtuguin, D.V. (2020). Recent advances in the production and applications of ellagic acid and its derivatives. A review. *Molecules*, *25*(12), 27-45.

Goodarzian Ghahfarokhi, M., Darvishi, B., & Abdoli, M. (2019). Responses of germination characteristics and antioxidant enzymes activity to different levels of hydro-priming and seed ageing in three maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, *9*(1), 17-32. (In Persian)

ISTA (International Seed Testing Association). (2009). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, *49*, 86-41.

Kameswara Rao, 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*, 1061–1074.

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 and Food*, *7*(2), 387-402.

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 of Plant Interaction*, *12*(1), 520-525.

Li, X.Z., Simpson, W.R., Song, M.L., Bao, G.S., Niu, X.L., Zhang, Z.H., Xu, H.F., Liu, X., Li, Y.L., & Li, C.J. (2020). Effects of seed moisture content and epichloe endophyte on germination and physiology of *Achnatherum inebrians*. *South African Journal of Botany*, *134*, 407–414.

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*, 244-254.

Maesaroh, S., Wahyu, Y., & Widajati, E. (2021). Seed storability and enetic parameters estimation on accelerated aging seed of argomulyo soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) mutant lines. *The Journal of Agriculture Science*, *31*(3), 763-775.

Matera, T.C., Pereira, L.C., Braccini, A.L., Krzyzanowski, F.C., Scapim, C.A., Piana, S.C., Marteli, D.C.V., Pereira, R.C., Ferri, G.C. & Suzukawa, A.K. (2019). Accelerated aging test and its relationship to physiological potential of soybean seeds. *Journal of Seed Science*, *41*, 301-308.

Mohammadzadeh, A., Majnon Hoseini, N., Asadi, S., Moghadam, H., & Jamali, M. (2019). Effects of artificial seed ageing on germination indices, seedling establishment and yield of two red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *7*(2), 75-94. (In Persian)

Moori, S., & 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)

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. *Journal of Crop Improvement*, *34*(2), 218-237.

Onder, S., Tonguc, M., Guvercin, D., & Karakurt, Y. (2020). Biochemical changes stimulated by accelerated aging in safflower seeds (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Seed Science*, *42*, 1-12.

Ranal, M.A., & De Santana, D.G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brazil, Botanicue*, *29*(1), 1-11.

Ruan, S. (2002). The influence of priming on germination of rice seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Science and Technology*, *30*, 61-67.

Santos, R.F., Placido, H.F., Bosche, L.L., Net, H.Z., Ferando, H., & Alessandro, B. (2021). Accelerated aging methodologies for evaluating physiological potential of treated soybean seeds. *Journal of Seed Science*, *43*, 1-10.

Sedaghat, M.E., & Emam, Y. (2016). Effect of three growth regulators on grain yield of wheat cultivars under different moisture regimes. *Journal of Crop Production and Processing*, *6*(21), 15-33. (In Persian)

Sepulveda, L., Ascacio, A., Rodriguez, R., Aguilera, A., & Aguilar, C. (2011). Ellagic acid: biological properties and biotechnological development for production processes. *African Journal Biotechnology*, *10*(22), 4518-4523.

Sharifi Rad, J., Quispe, C., Castillo, C.M.S., Caroca, R., Lazo-Vélez, M.A., Antonyak, H., Polishchuk, A., Lysiuk, R., Oliinyk, P., De Masi, L., & Bontempo, P. (2022). Ellagic acid: A review on its natural sources, chemical stability, and therapeutic potential. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*.

Sharma, M., Gupta, S.K., Majumder, B., Maurya, V.K., Deeba, F., Alam, A., & Pandey, V. (2018). Proteomics unravel the regulating role of salicylic acid in soybean under yield limiting drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry, 130*, 529-541.

Yousefi Rad, M., & Safa, H. (2021). Effect of foliar application of salicylic acid and selenium on yield and yield components of dry land wheat. *Cereal Research*, *11*(1), 31-41. (In Persian)

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.

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.