Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Studying the relationship between seed yield and soybean physiological traits under the influence of brown seaweed extract and accelerated aging

Safiyeh Arab[*1], Mehdi Baradaran Firouzabadi[2], Ahmad Gholami[3], Mostafa Haydari[4]

1. Corresponding Author, Ph.D. Graduate of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: s.arab.agri@gmail.com
2. Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: m.baradaran.f@gmail.com
3. Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: ahgholami273@gmail.com
4. Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: hayadri2005@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 02.21.2023
Revised: 06.18.2023
Accepted: 07.04.2023

Keywords:
Accelerated aging,
Causality analysis,
Correlation analysis

ABSTRACT

Background and Objectives: Soybean is considered one of the most important oil and protein plants in Iran and the world. Considering the importance of soybean yield and identifying traits effective in increasing it, this research was conducted with the aim of investigating the relationship between seed yield and agronomic and physiological traits of soybean and determining the traits that have a greater effect on seed yield under normal and accelerated aging conditions.

Materials and Methods: The present experiment was conducted in the research farm of the Faculty of Agriculture of Shahrood University of Technology during 2017-2018 and 2019-2020, in a factorial experiment in the form of randomized complete blocks in three replications on Katol variety. The treatments included accelerated aging in two levels (normal seeds and aged seeds) and seaweed extract in three levels (control, pre-treatment and foliar spraying). The seeds used were obtained from the research center for agriculture and natural resources of Mazandaran and the seeds were harvested in the same year and until the time of testing, they were kept in a controlled warehouse with a cooling system at a temperature range of 14 to 17 °C and a relative humidity of 30 to 40%. In order to apply aging, the seeds were placed for 72 hours at a temperature of 41 °C and a relative humidity of 95%.

Results: The results showed that in plants obtained from normal seeds, 84.81% of the changes in seed yield are justified by the number of pod per plant, the number of seed per pod and the 100 seed weight. In these plants, the 100 seed weight and then the number of pods per plant had the most direct and positive effect. The most direct and positive effect was attributed to the 100 seed weight, followed by the number of pods per plant. The trait of the number of seed per pod affected the seed yield both directly and indirectly through the effect on the 100 seed weight. Causality analysis in the plants obtained from aged seeds showed that the characteristics of final emergence percentage, membrane stability index, leaf area index, anthocyanin, hydrogen peroxide, superoxide radical, number of pods per

plant and 100 seed weight were entered into the model as main variables and 91.33% of the changes are explained by these eight traits. Seed pre-treatment with seaweed extract increased seed yield by increasing the percentage of final emergence of the field, the 100 seed weight and the amount of glutathione in the leaves of the plant. Foliar spraying of seaweed extract caused a significant increase in seed yield through increasing the weight of 100 seed weight and membrane stability index.

Conclusion: The characteristics of 100 seed weight and number of pods per plant in plants obtained from normal and aged soybean seeds can be considered as selection criteria for improving and improving yield due to their direct and increasing effect on seed yield.

Cite this article: Arab, Safiyeh, Baradaran Firouzabadi, Mehdi, Gholami, Ahmad, Haydari, Mostafa. 2024. Studying the relationship between seed yield and soybean physiological traits under the influence of brown seaweed extract and accelerated aging. *Journal of Plant Production Research*, 30 (4), 79-101.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21096.3019
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

مطالعه روابط عملکرد دانه با صفات فیزیولوژیکی سویا تحت‌تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) و پیری تسریع شده

صفیه عرب*[۱]، مهدی برادران فیروزآبادی[۲]، احمد غلامی[۳]، مصطفی حیدری[٤]

۱. نویسنده مسئول، دانش آموخته دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: s.arab.agri@gmail.com
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: m.baradaran.f@gmail.com
۳. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: ahgholami273@gmail.com
٤. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. رایانامه: haydari2005@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۱۲/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٤/۱۳

واژه‌های کلیدی:
پیری تسریع شده،
تجزیه علیت،
تجزیه همبستگی

چکیده

سابقه و هدف: سویا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی و پروتئینی در ایران و جهان محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت عملکرد دانه سویا و شناسایی صفات مؤثر در افزایش آن، این پژوهش با هدف بررسی روابط بین عملکرد دانه با صفات زراعی و فیزیولوژیکی سویا و تعیین صفاتی که در شرایط نرمال و پیری تسریع شده اثر بیش‌تری بر عملکرد دانه دارند، صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش حاضر طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی رقم کتول اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیری تسریع شده در دو سطح (بذور نرمال و بذور فرسوده) و عصاره جلبک دریایی در سه سطح (شاهد، پیش‌تیمار و محلول‌پاشی) بودند. بذرهای مورد استفاده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد که بذرهای برداشت شده همان سال بودند و تا زمان آزمایش در انبار کنترل شده دارای سیستم خنک‌کننده و در محدوده دمایی ١٤ تا ١٧ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ٤۰ درصد نگهداری شده بودند. جهت اعمال فرسودگی، بذور به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ٤١ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند.

یافته‌ها: در گیاهان حاصل از بذور نرمال، ۸۱/۸٤ درصد از تغییرات عملکرد دانه توسط تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه توجیه شد. بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را وزن صد دانه و بعد از آن تعداد غلاف در بوته به خود اختصاص دادند. صفت تعداد دانه در غلاف هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر وزن صد دانه بر عملکرد دانه

تأثیرگذار بود. در گیاهان حاصل از بذور فرسوده، صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه، شاخص پایداری غشاء، شاخص سطح برگ، آنتوسیانین، هیدروژن پراکسید، رادیکال سوپراکسید، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند و ۹۱/۳۳ درصد از تغییرات توسط این هشت صفت توجیه شد. گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید و رادیکال سوپر اکسید به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر وزن صد دانه موجب کاهش عملکرد دانه شدند. پیش‌تیمار بذور با عصاره جلبک از طریق افزایش درصد سبز شدن نهایی مزرعه، وزن صد دانه و میزان گلوتاتیون موجود در برگ گیاه موجب افزایش عملکرد دانه شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک از طریق افزایش وزن صد دانه و شاخص پایداری غشاء موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید.

نتیجه‌گیری: صفات وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته در گیاهان حاصل از بذور نرمال و فرسوده سویا به‌دلیل اثر مستقیم و افزایشی بر عملکرد دانه می‌توانند به‌عنوان معیار گزینش جهت اصلاح و بهبود عملکرد در نظر گرفته شوند.

استناد: عرب، صفیه، برادران فیروزآبادی، مهدی، غلامی، احمد، حیدری، مصطفی (۱۴۰۲). مطالعه روابط عملکرد دانه با صفات فیزیولوژیکی سویا تحت‌تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) و پیری تسریع شده. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۴)، ۱۰۱-۷۹.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21096.3019

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

سویا با نام علمی *Glycin max* L. Merr یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی و پروتئینی در ایران و جهان محسوب می‌شود. 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 (۱). فرسودگی موجب کاهش شاخص پایداری غشاء، کلروفیل، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف درصد پروتئین و افزایش آمینواسیدهای آزاد می‌گردد (۲، ۳، ٤، ٥، ٦).

علاوه بر روش‌های انبارداری برخی تیمارها مانند پیش‌تیمار بذور می‌توانند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (۷). از جمله موادی که جهت کاهش فرسودگی بذور می‌توان استفاده کرد، عصاره جلبک‌های دریایی است. استفاده از جلبک‌های دریایی به عنوان محرک‌های زیستی گیاهی در حال حاضر یکی از امیدوارکننده‌ترین برنامه‌های بخش کشاورزی است (۸). جلبک‌ها حاوی موادی از جمله اسید ایندول استیک (IAA)، اسید جیبرلیک (GA)، اسید آبسیزیک (ABA)، سیتوکینین‌ها و پلی‌آمین‌ها، فنول‌ها و بتائین‌ها هستند و اثرات مفید خود را از طریق این مواد می‌گذارند (۹). پژوهش‌گران اعلام کردند که کاربرد عصاره جلبک دریایی سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در سویا گردید (۱۰، ۱۱، ۱۲). کاربرد عصاره جلبک دریایی می‌تواند درصد سبز شدن گیاهچه در مزرعه، سطح برگ و هدایت روزنه‌ای را افزایش دهد (۱۳، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧). پژوهش‌ها نیز نشان داد که کاربرد عصاره *A. nodosum* موجب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید و افزایش اسیدهای آمینه، گلوتاتیون و وزن صد دانه می‌گردد (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ٢٤، ٢٥) کاربرد عصاره جلبک سبب افزایش درصد روغن بذر نیز می‌گردد (٢٦).

یکی دیگر از روش‌های بهبود عملکرد بذر، استفاده از ارقام اصلاح شده می‌باشد. تنوع ژنتیکی و انتخاب ژنوتیپ‌های مؤثر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر میزان موفقیت در برنامه‌های به‌نژادی هستند. مهم‌ترین هدف اصلاح در گیاهان زراعی از جمله سویا، عملکرد دانه می‌باشد. تعداد ژن‌هایی که عملکرد دانه را کنترل می‌کنند، زیاد است به همین دلیل انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس عملکرد ممکن است بازدهی بالایی نداشته باشد (۲۷). بنابراین شناسایی صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار هستند برای اصلاح‌گران اهمیت دارد. شناخت کافی از نحوه ارتباط و میزان همبستگی صفات گیاه با عملکرد دانه بسیار مهم بوده و از کارهای پایه ژنتیکی و زراعی محسوب می‌شود که شناسایی این صفات در گیاهان مختلف جهت افزایش عملکرد دانه ضروری است (۲۸). زمانی که تعداد صفات مستقلی که بر صفت وابسته تأثیرگذار هستند، زیاد می‌شود؛ همبستگی به تنهایی نمی‌تواند روابط بین متغیرها را توجیه کند. در این زمان از تجزیه علیت استفاده می‌شود. در تجزیه علیت، همبستگی بین صفات بر پایه یک مدل علت و معلولی انجام می‌شود. با تعیین همبستگی بین صفات و تعیین سهم هر یک از آن‌ها به عنوان علتی از عملکرد می‌توان در زمان کوتاه و با دقت بیش‌تر ارقامی که دارای عملکرد بالاتری هستند را انتخاب کرد و برای یک منطقه توصیه نمود (۲۹). پژوهش‌گران دریافتند که ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته سویا بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه سویا داشته است (۳۰). در پژوهش دیگری که روی ۱۸ ژنوتیپ سویا انجام شد مشخص

گردید که تعداد شاخه فرعی بیش‌ترین همبستگی مثبت و مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (۳۱). با توجه به اهمیت عملکرد دانه سویا و شناسایی صفات مؤثر در افزایش آن، این پژوهش با هدف بررسی روابط بین صفات زراعی و فیزیولوژیکی سویا و تعیین صفاتی که در شرایط نرمال و پیری تسریع شده اثر بیش‌تری بر عملکرد دانه دارند، صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود روی گیاه سویا رقم کتول انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد و تیمارهای آزمایش شامل کیفیت اولیه بذر در دو سطح (بذور نرمال، بذور فرسوده) و عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در سه سطح (شاهد، پیش‌تیمار و محلول‌پاشی) بودند. عملیات کاشت در سال اول و دوم به‌ترتیب در ٢٦ خرداد ماه ۱۳۹۸ و ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۹ انجام شد. تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در این آزمایش از رقم کتول استفاده شد که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذرهای مورد استفاده، بذرهای برداشت شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل‌شده دارای سیستم خنک‌کننده و در محدوده دمایی ١٤ تا ١٧ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ٤٠ درصد نگهداری شده بودند. بذور به‌مدت ٦٠ ثانیه با هیپوکلریت سدیم یک درصد ضدعفونی و سپس سه بار با آب مقطر شست‌شو شدند.

فرسوده کردن بذور: جهت اعمال فرسودگی، بذور به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ٤١ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند (۳۲).

پرایمینگ بذور: پرایمینگ بذور با غلظت ۰/۳ درصد عصاره جلبک دریایی با رعایت اصول هوادهی بذر به‌مدت شش ساعت انجام شد (۳۳). برای انجام پرایمینگ، در هر ظرف ۵۰ عدد بذر سویا قرار گرفت و با ۱۰ میلی‌لیتر محلول مورد نظر (عصاره جلبک با غلظت ۰/۳ درصد) خیسانده شدند به‌طوری که یک سوم سطح بذرها در محلول قرار گرفته و دو سوم سطح بذرها جهت انجام هوادهی بیرون از محلول قرار داشتند (٣٤). پس از آن بذرها در سایه خشک شدند و جهت ادامه آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند.

اعمال محلول‌پاشی: تیمار محلول‌پاشی صبح زود و هنگام آغاز گلدهی (R1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد. غلظت عصاره جلبک مورد استفاده برای محلول‌پاشی نیز ۰/۳ درصد بود. عصاره جلبک مورد استفاده با نام تجاری آکادین ساخت کشور کانادا و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود.

صفات اندازه‌گیری شده: صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل درصد سبز شدن نهایی مزرعه[1] (FEP) در مزرعه طبق رابطه ۱ اندازه‌گیری شد (۳۲).

$$FEP=(\frac{n}{N})\times 100 \qquad (1)$$

در این رابطه، n تعداد بذر سبز شده و N تعداد بذر کشت شده بود.

صفات محتوای نسبی آب برگ (۳۵)، شاخص پایداری غشاء (٣٦)، کلروفیل کل (۳۷)، فلاونوئید (۳۸)، آنتوسیانین (۳۹)، آمینواسیدهای آزاد (٤٠)، مالون‌دی‌آلدهید (٤١)، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل سوپراکسیددیسموتاز (٤٢)، کاتالاز (٤٣)، آسکوربات پراکسیداز (٤٤)، گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید (٤٥) و رادیکال سوپراکسید (٤٦)،

1- Final Emergence Percentage

فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز (٤٧)، فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (٤٨) و گلوتاتیون کل (٤٩) در دو هفته پس از محلول‌پاشی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر مدل Neterland ساخت کشور هلند در ۹۰ روز پس از کاشت انجام شد. برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای، پنج برگ از بوته‌های علامت‌گذاری شده از هر کرت انتخاب و پس از قرار گرفتن هر برگ در بین سنسورهای حساس پرومتر، هدایت روزنه‌ای بر حسب میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. شاخص سطح برگ در پنج بوته با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل A3 Light box ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد گیاه شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در ۱۰ بوته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها گزارش شد. عملکرد دانه با برداشت ۲۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد. درصد روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک (Soxtherm 2000 automatic Gerhardt) اندازه‌گیری شد (۵۰) و درصد پروتئین با دستگاه NIR[1] مدل KJT-270 ساخت کشور ژاپن تعیین گردید (۵۱).

آنالیز داده‌ها: برای تمامی صفات، آزمون بارتلت انجام شد و برای صفات اندازه‌گیری‌شده 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

صفات زراعی

درصد سبز شدن نهایی مزرعه: نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر آن است که درصد سبز شدن نهایی مزرعه از پیری تسریع شده، عصاره جلبک، برهم‌کنش این دو عامل، برهم‌کنش سال و پیری تسریع شده و برهم‌کنش سه جانبه سال، پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). افزایش درصد سبز شدن مزرعه با کاربرد عصاره جلبک دریایی به دلیل وجود جیبرلین و سیتوکینین، اکسین و پلی‌ساکاریدها در این ماده می‌باشد (۱۳).

شاخص سطح برگ: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش سال و عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص سطح برگ سویا معنی‌دار بودند (جدول ۱). احتمالاً تیمار فرسودگی در این پژوهش از طریق کاهش دادن درصد سبز شدن نهایی مزرعه موجب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید. کاهش سطح برگ منجر به کاهش سرعت فتوسنتز خالص می‌شود و در نتیجه مواد فتوسنتزی برای رشد گیاه کاهش می‌یابد. پژوهش‌گران در پژوهشی دریافتند که عصاره جلبک دریایی سبب افزایش سطح برگ در سویا می‌گردد (۱۲). پژوهش‌گران نشان دادند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با دارا بودن مواد غذایی مورد نیاز گیاه موجب افزایش رشد رویشی و افزایش سطح برگ می‌شود و در نتیجه شیب روند افزایش شاخص سطح برگ را تندتر می‌کند (١٤).

صفات فیزیولوژیک

محتوای نسبی آب برگ: نتایج بیانگر این بود که محتوای نسبی آب برگ از تیمارهای آزمایش تأثیر نپذیرفت (جدول ۱).

1- Near Infrared Radiation

شاخص پایداری غشاء: شاخص پایداری غشاء تحت تأثیر پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش سال و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). یکی از دلایل کاهش شاخص پایداری غشاء در شرایط فرسودگی احتمالاً افزایش پراکسیداسیون لیپیدها است که منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود و به غشاء خسارت وارد می‌کند. محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای موجب افزایش شاخص پایداری غشاء در لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) شد (۲).

کلروفیل: عصاره جلبک و برهم‌کنش سه‌جانبه سال، پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل تأثیرگذار بودند. برهم‌کنش دوجانبه سال و عصاره جلبک نیز در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت تأثیر گذاشت (جدول ۱). فرسودگی موجب کاهش کلروفیل شد که دلیل این کاهش می‌تواند تخریب کلروفیل به‌وسیله گونه‌های فعال اکسیژن باشد. کاربرد عصاره جلبک دریایی احتمالاً از طریق کاهش تولید این گونه‌های مخرب اکسیژن توانسته است از کاهش کلروفیل جلوگیری کند. در راستای این پژوهش در ذرت (*Zea mays* L.) نیز گزارش کردند که کاربرد عصاره جلبک موجب افزایش میزان کلروفیل گردید (۵).

فلاونوئید: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر میزان فلاونوئید موجود در برگ‌های سویا تأثیرگذار بودند (جدول ۱). افزایش فلاونوئید در شرایط فرسودگی در پژوهش حاضر با افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در این شرایط مرتبط است که می‌تواند ناشی از افزایش بیان ژن‌های درگیر در مسیر بیوسنتز فنیل‌پروپانوئیدها به‌ویژه بیان ژن مسئول سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز به‌عنوان اولین آنزیم در مسیر سنتز ترکیب‌های فنولی به‌ویژه فلاونوئیدها باشد.

آنتوسیانین: بررسی نتایج نشان داد که آنتوسیانین تحت‌تأثیر پیری تسریع شده، عصاره جلبک، برهم‌کنش این دو عامل و برهم‌کنش سال و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. برهم‌کنش سال و پیری تسریع شده در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت تأثیر گذاشتند (جدول ۱). حضور آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد فیتوشیمیایی مانند آنتوسیانین‌ها موجب جاروب کردن رادیکال‌های آزاد می‌شوند و از گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند.

هدایت روزنه‌ای: اثر سال، پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر میزان هدایت روزنه‌ای برگ‌ها تأثیرگذار بودند (جدول ۱). در پژوهش مشابهی مشخص شد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی موجب افزایش هدایت روزنه‌ای در گلرنگ شد (۱۵). پژوهش‌گران دیگری نیز نشان دادند که کاربرد عصاره جلبک قهوه‌ای موجب افزایش هدایت روزنه‌ای در آرابیدوپسیس (۱٦) و اسفناج (۱۷) گردید.

آمینواسیدهای آزاد: پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر میزان آمینواسیدهای آزاد موجود در برگ سویا تأثیرگذار بودند (جدول ۱). دلیل افزایش اسیدهای آمینه آزاد در گیاهان حاصل از بذور فرسوده را می‌توان ویژگی اسمولیتی این ترکیبات به‌منظور جاروب کردن رادیکال‌های آزاد حاصل از واکنش‌های فرسودگی دانست (٤). یکی از دلایل افزایش این صفت با کاربرد عصاره جلبک این است که عصاره جلبک حاوی اسیدهای آمینه است (۲۰).

مالون‌دی‌آلدهید: بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که میزان مالون‌دی‌آلدهید موجود در برگ سویا تحت‌تأثیر پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. برهم‌کنش پیری

تسریع شده و عصاره جلبک و برهم‌کنش سه جانبه سال، پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان مالون‌دی‌آلدهید تأثیرگذار بودند (جدول ۱). به نظر می‌رسد که استفاده از عصاره جلبک دریایی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می‌کند و مانع افزایش مالون‌دی‌آلدهید می‌شود. پژوهش‌گران در گوجه‌فرنگی (۱۸) و اسفناج (۱۹) به نتایج مشابهی دست یافتند و اعلام کردند که کاربرد عصاره *A. nodosum* سبب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید شد.

گلوتاتیون: گلوتاتیون موجود در برگ سویا تحت‌تأثیر پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. برهم‌کنش سال و عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان گلوتاتیون تأثیر گذاشتند (جدول ۱). برخی پژوهش‌گران اعلام کردند ترکیبات شبه سیتوکینین که در عصاره جلبک دریایی وجود دارد؛ سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های درونی از جمله گلوتاتیون می‌شود (۲۱). عصاره جلبک دریایی ممکن است با اثر از طریق سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی مانند آسکوربات، فنول‌ها و گلوتاتیون متابولیسم ثانویه را در گیاه تحمیل کند (۲۲). کاربرد عصاره جلبک دریایی سبب افزایش گلوتاتیون در اسفناج گردید (۲۳).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: پیری تسریع شده در سطح احتمال یک درصد، عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تأثیر گذاشتند (جدول ۱). همان‌طور که در نتایج مشاهده شد با افزایش غلظت رادیکال سوپراکسید در شرایط فرسودگی، فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نیز افزایش یافت که با توجه به نقش آن در تعدیل رادیکال سوپراکسید، این افزایش توجیه‌پذیر است.

فعالیت آنزیم کاتالاز: فعالیت آنزیم کاتالاز تحت‌تأثیر پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط فرسودگی احتمالاً به دلیل تجمع ماده سمی پراکسیدهیدروژن می‌باشد که تجمع این گونه فعال اکسیژن نیز با افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و تجزیه رادیکال سوپراکسید به پراکسیدهیدروژن در این شرایط مرتبط است. عصاره جلبک دریایی با افزایش دادن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل کاتالاز و پراکسیداز موجب جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن شده است.

فعالیت آسکوربات پراکسیداز: پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز تأثیر گذاشتند (جدول ۱). کاهش فعالیت آسکوربات‌پراکسیداز با اعمال فرسودگی در این پژوهش، احتمالاً با افزایش فعالیت کاتالاز در این شرایط مرتبط است. میل ترکیبی آسکوربات‌پراکسیداز و کاتالاز با پراکسیدهیدروژن نشان‌دهنده تفاوت در سطح واکنش این دو آنزیم پاک‌کننده است. به گونه‌ای که آسکوربات‌پراکسیداز در غلظت‌های پایین‌تر پراکسیدهیدروژن فعال شده و مسئول تنظیم میزان گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر به‌منظور پیام‌رسانی است و کاتالاز در غلظت‌های بالای گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر فعال می‌شود و مسئول بر طرف کردن ROS مازاد در طی تنش می‌باشد. این مطلب می‌تواند علت افزایش کاتالاز و کاهش آسکوربات‌پراکسیداز را توجیه کند. استفاده از عصاره جلبک دریایی در گیاهان حاصل از بذور نرمال

موجب کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز گردید و در گیاهان حاصل از بذور فرسوده، این صفت را افزایش داد. این نتیجه می‌تواند ناشی از ماهیت دوگانه عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش و عدم‌تنش باشد.

فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز تأثیر گذاشتند (جدول ۱). لیپواکسیژناز نیز یکی از آنزیم‌های دخیل در کاتابولیسم کلروفیل گزارش شده است. این آنزیم در هنگام فرسودگی یکی از آنزیم‌های دخیل در پراکسیداسیون لیپیدها است. کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌دلیل دارا بودن سیتوکینین موجب سرکوب آنزیم لیپواکسیژناز می‌گردد.

فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز: فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز تنها تحت‌تأثیر پیری تسریع شده در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط فرسودگی می‌تواند با افزایش گونه‌های فعال اکسیژن مرتبط باشد.

هیدروژن پراکسید: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش سال و پیری تسریع شده در سطح احتمال پنج درصد بر میزان این گونه فعال اکسیژن تأثیرگذار بودند (جدول ۱). افزایش این گونه فعال اکسیژن در شرایط فرسودگی می‌تواند با افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مرتبط باشد که این آنزیم از طریق تجزیه رادیکال سوپراکسید به هیدروژن‌پرکسید سبب افزایش میزان هیدروژن‌پراکسید می‌گردد. دلیل احتمالی دیگر برای افزایش هیدروژن‌پراکسید در شرایط فرسودگی می‌تواند مربوط به کاهش گلوتاتیون در برگ‌ها باشد. مخزن گلوتاتیون احیا شده در چرخه آسادا هالیول موجب خنثی کردن گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد. استفاده از عصاره جلبک دریایی احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز موجب کاهش میزان هیدروژن‌پراکسید شده است.

رادیکال سوپراکسید: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر میزان رادیکال سوپراکسید موجود در برگ‌ها سویا تأثیر گذاشتند (جدول ۱). احتمالاً کاربرد عصاره جلبک دریایی از طریق افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز موجب کاهش میزان این گونه فعال اکسیژن در برگ سویا شده است.

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

تعداد غلاف در بوته: در این پژوهش تعداد غلاف در بوته سویا از تیمارهای پیری تسریع شده، عصاره جلبک و برهم‌کنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱).

تعداد دانه در غلاف: تعداد دانه در غلاف تنها تحت‌تأثیر برهم‌کنش پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). پژوهش‌گران دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف را این‌طور بیان کرده‌اند که طی فرسودگی بذر، استقرار بوته در مزرعه کم‌تر می‌شود و گیاه قادر به تأمین نیاز کربن و نیتروژن گل و میوه‌های تولید شده 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 (٦).

وزن صد دانه: نتایج نشان داد که پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال پنج درصد بر وزن

صد دانه سویا تأثیرگذار بودند (جدول ۱). کاهش وزن صد دانه در این پژوهش بر اثر فرسودگی بذر ممکن است به‌دلیل کاهش رشد اندام‌های فتوسنتزکننده در اثر کیفیت پایین بذر باشد. بنابراین کاهش سطح برگ در شرایط فرسودگی از طریق کاهش سرعت فتوسنتز خالص در نهایت وزن صد دانه را تا سطح معنی‌دار کم کرده است. پژوهش‌گران بیان کردند که وزن صد دانه به مقدار ماده ساخته شده فتوسنتزی موجود و به ظرفیت دانه‌ها برای ذخیره‌سازی بستگی دارد و کاهش هر کدام از این دو مورد موجب کاهش وزن صد دانه می‌گردد (٦). استفاده از عصاره جلبک دریایی از طریق کاهش فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال موجب افزایش وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه شده است. اثرات مطلوب عصاره جلبک دریایی بر وزن صد دانه ذرت (٢٤) و در کلزا (٢٥) نیز اعلام شده است.

عملکرد دانه: پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه سویا تأثیر گذاشتند (جدول ۱). فرسودگی بذر سبب کاهش درصد سبز شدن نهایی مزرعه، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه گردید که همه این‌ها می‌توانند دلایلی برای کاهش عملکرد دانه در این شرایط باشند. کاهش عملکرد در گیاهان حاصل از بذور فرسوده هم‌چنین می‌تواند با افزایش میزان مالون‌دی‌آلدهید و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در گیاه در شرایط فرسودگی مرتبط باشد. استفاده از اسید الاژیک و عصاره جلبک دریایی ممکن است با افزایش وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته موجب افزایش عملکرد دانه شده باشند. کاربرد این دو ماده از طریق کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید و گونه‌های فعال اکسیژن در برگ نیز می‌تواند افزایش عملکرد را توجیه کند.

صفات کیفی

درصد روغن: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد روغن از پیری تسریع شده و عصاره جلبک در سطح احتمال یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). از دلایل کاهش میزان روغن در شرایط فرسودگی می‌توان به کاهش سطح برگ، کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی اشاره کرد. با توجه به این‌که کلروفیل گیاهان حاصل از بذور فرسوده نیز کاهش یافته است، احتمال می‌رود در ساختار کلروپلاست گیاهان حاصله اختلال به‌وجود آمده باشد و از آن‌جا که بیوسنتز اسیدهای چرب در کلروپلاست و پلاستیدها صورت می‌گیرد بنابراین کاهش معنی‌داری در عملکرد روغن مشاهده گردید. با توجه به این‌که عصاره جلبک دریایی حاوی مقادیر قابل‌توجهی از عناصر پتاسیم، فسفر، منیزیم و هورمون‌های گیاهی است، احتمالاً کاربرد جلبک دریایی سبب افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی مذکور به سمت دانه‌ها و در نتیجه افزایش میزان روغن شده است (٢٦).

درصد پروتئین دانه: درصد پروتئین تنها از پیری تسریع شده در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۱). مشابه نتایج این پژوهش، پژوهش‌گران دیگر نیز بیان کردند که فرسودگی موجب کاهش درصد پروتئین در گلرنگ گردید (۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سویا تحت‌تأثیر پیری تسریع شده و عصاره جلبک.

Table 1. Variance analysis of measured traits in soybean under the seed quality and seaweed extract.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Final emergence percentage	شاخص سطح برگ Leaf area index	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	کلروفیل Chlorophyll	فلاونوئید Flavonoid	هدایت روزنه‌ای Stomatal conduction	آمینواسیدهای آزاد Free amino acids	آنتوسیانین Anthocyanin	مالون دی آلدهید Malondialdehyde	گلوتاتیون Glutathione
سال (Y) Year (Y)	1	332.06	0.004	9.15	1.34	2.30	7.69	4302.29**	12423.76	0.009	6.84	0.005
خطا Error	4	11.28	0.81	20.94	6.37	0.07	0.76	198.41	850.88	0.0001	0.73	0.01
پیری تسریع‌شده (A) Accelerated aging (A)	1	14461.22**	9.53**	36.86	350.64**	0.90	44.19**	2907.32**	14574.16**	0.011**	420.62**	1.11**
عصاره جلبک (B) Seaweed (B)	3	338.59**	1.67**	18.91	56.34**	2.08**	21.65**	2564.46**	4424.72**	0.008**	33.06**	0.09**
A*B	3	169.73**	0.32	18.14	9.18	0.80	0.04	326.45	1281.82**	0.001**	6.69*	0.12**
Y*A	1	181.15**	0.31	11.93	9.42	1.04	0.14	173.91	637.03	0.0007*	2.16	0.007
Y*B	3	14.55	0.64*	3.55	23.14**	0.89*	4.65	156.39	866.28	0.001**	3.38	0.02*
Y*A*B	3	150.28**	0.25	24.13	4.79	1.36**	0.96	106.07	140.38	0.0001	5.98*	0.009
خطا Error	28	11.62	0.17	24.78	4.44	0.27	2.68	179.51	464.19	0.0001	1.66	0.006
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		6.99	16.32	11.21	8.42	8.68	9.49	8.72	10.16	12.15	15.20	6.62

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سوپراکسیددیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	لیپواکسیژناز Lipoxygenase	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenyl allanin amonialiaze	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage
سال (Y) Year (Y)	1	0.44	0.0001	0.0003	0.000002	0.0006	0.17	0.14	0.88	0.00001	113.31	10413.46	0.0002	0.007
خطا Error	4	0.17	0.01	0.19	0.0004	0.003	0.02	0.02	8.41	0.01	21.58	11438.94	0.04	2.43
پیری تسریع شده (A) Accelerated aging (A)	1	12.87**	0.06**	0.98**	0.002**	0.05**	14.85**	2.90**	41.25**	0.01	43.39*	99706.06**	8.92**	3.77*
عصاره جلبک (B) Seaweed (B)	3	0.49*	0.11**	0.60**	0.003**	0.0002	0.19**	0.10**	334.17**	0.01	30.90*	52425.19**	0.37**	0.65
A*B	3	0.92**	0.06**	2.68**	0.001*	0.0002	0.05	0.02	56.50**	0.04**	6.27	3082.03	0.10	1.35
Y*A	1	0.07	0.0002	0.0001	0.0004	0.0003	0.13*	0.003	3.79	0.001	0.10	5306.62	0.10	0.00007
Y*B	3	0.14	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.01	0.01	4.18	0.01	12.65	716.67	0.06	0.01
Y*A*B	3	0.19	0.0002	0.001	0.0001	0.0001	0.02	0.007	5.73	0.001	4.83	1941.22	0.05	0.01
خطا Error	28	0.14	0.004	0.11	0.0003	0.0006	0.02	0.01	4.22	0.007	6.81	2729.54	0.07	0.52
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		5.60	11.70	14.22	7.91	7.74	4.53	6.93	5.22	3.56	16.50	12.39	1.41	1.93

بررسی نتایج جدول همبستگی صفات در گیاهان حاصل از بذور نرمال، بیانگر آن بود که صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده سویا با عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور نرمال.

Table 2. Correlation between measured traits of soybean with seed yield in plants obtained from normal seeds.

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	شاخص سطح برگ Leaf area index	کلروفیل Chlorophyll	فلاونوئید Flavonoid	هدایت روزنه‌ای Stomatal conduction	آمینواسیدهای آزاد Free amino acids	آنتوسیانین Anthocyanin	مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase
عملکرد Yield	-0.31	0.05	-0.14	0.20	-0.32	0.13	0.34	0.10	-0.21	-0.26	0.16	0.24

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

صفات Traits	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage	لیپواکسیژناز Lipoxygenase	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine amonialyase	گلوتاتیون Glutathione
عملکرد Yield	-0.19	-0.004	-0.35	0.55**	0.58**	0.76**	0.10	0.16	-0.22	-0.29	-0.13

برای تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرها از تجزیه علیت استفاده شد. زمانی که در گیاهان حاصل از بذور نرمال، صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، تعداد غلاف در بوته (۰/۵۵۱۵)، تعداد دانه در غلاف (۰/۵۸۸۹) و وزن صد دانه (۰/۷٦۸۵) به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند. با توجه به مقدار ضریب تبیین، ۸۱/۸٤ درصد از تغییرات عملکرد دانه در این شرایط توسط سه صفت یادشده توجیه می‌شود. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را وزن صد دانه و بعد از آن تعداد غلاف در بوته به خود اختصاص دادند. صفت تعداد دانه در غلاف هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر وزن صد دانه بر عملکرد دانه تأثیرگذار بود (جدول ۳). پژوهش‌گران گزارش کردند که تعداد غلاف در گیاه تحت‌تأثیر تعداد گل‌های تشکیل شده، درصد گل‌ها و غلاف‌های کوچکی است که سقط می‌شوند و در ارقام جدید سویا تعداد غلاف در بوته

بیش‌ترین رابطه را با عملکرد دانه دارد (۵۲). پژوهش‌گران دیگری نیز در تأیید نتایج این پژوهش دریافتند که تعداد غلاف در بوته در سویا بیش‌ترین اثر را در عملکرد دانه دارد (۳۱، ۵۳). در راستای پژوهش حاضر پژوهش‌گران دریافتند که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه با عملکرد دانه سویا همبستگی مثبت دارند (۳۰).

جدول ۳- تجزیه علیت صفات در گیاهان حاصل از بذور نرمال (عملکرد دانه صفت وابسته است).

Table 3. Analysis of the causality of traits in plants obtained from normal seeds (seed yield is dependent trait).

اثرات کل Total effect	وزن صد دانه 100 seed weight	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	صفات Traits
0.5515	0.0860	0.1163	**0.3490**	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant
0.5889	0.2212	**0.1835**	0.1840	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod
0.7685	**0.6737**	0.0501	0.0446	وزن صد دانه 100 seed weight
			0.8184	R-Square

در گیاهان حاصل از بذور فرسوده صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه، شاخص پایداری غشاء، شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال پنج درصد با عملکرد دانه همبستگی مثبت و مستقیم داشتند (جدول ٤). صفات آنتوسیانین، میزان پراکسید هیدروژن و رادیکال سوپر اکسید و فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ٤).

بررسی همبستگی صفات با عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با عصاره جلبک بیانگر آن است که عملکرد دانه در این گیاهان با درصد سبز شدن نهایی مزرعه، وزن صد دانه و گلوتاتیون همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در واقع، پیش‌تیمار بذور با عصاره جلبک از طریق افزایش درصد سبز شدن نهایی مزرعه، وزن صد دانه و میزان گلوتاتیون موجود در برگ گیاه موجب افزایش عملکرد دانه شده است. عملکرد دانه در این گیاهان با میزان فلاونوئید، مالون‌دی‌آلدهید، گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید و رادیکال سوپر اکسید همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.

نتایج همبستگی صفات با عملکرد دانه در گیاهانی که عصاره جلبک را به‌صورت محلول‌پاشی دریافت کرده بودند، نشان داد که صفاتی مانند درصد سبز شدن نهایی مزرعه، شاخص پایداری غشاء، شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، وزن صد دانه، درصد روغن و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند.

فلاونوئید، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز و گونه‌های فعال اکسیژن همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۸). بررسی نتایج جدول همبستگی در گیاهانی که عصاره جلبک را به‌صورت محلول‌پاشی دریافت کرده بودند نشان داد که عملکرد دانه در این گیاهان با صفات درصد سبز

شدن نهایی مزرعه، شاخص پایداری غشاء، شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، وزن صد دانه و درصد روغن همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. صفات میزان فلاونوئید، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید و رادیکال سوپر اکسید با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند (جدول ۸).

جدول ٤- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده سویا با عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور فرسوده.

Table 4. Correlation between measured traits of soybean with seed yield in plants obtained from aged seeds.

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	شاخص سطح برگ Leaf area index	کلروفیل Chlorophyll	فلاونوئید Flavonoid	هدایت روزنه‌ای Stomatal conduction	آمینواسیدهای آزاد acids Free amino	آنتوسیانین Anthocyanin	مالوندی‌آلدهید Malondialdehyde	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase
عملکرد Yield	0.64**	0.14	0.51**	0.59**	0.38	0.37	0.42*	0.10	-0.79**	-0.39	-0.17	0.22

ادامه جدول ٤-

Continue Table 4.

صفات Traits	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage	لیپواکسیژناز Lipoxygenase	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine amonialyase	گلوتاتیون Glutathione
عملکرد Yield	-0.06	-0.65**	-0.80**	0.74**	0.22	0.78**	0.04	-0.23	-0.49*	-0.05	0.37

تجزیه علیت در گیاهان حاصل از بذور فرسوده نشان داد که صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه (۰/٦٤۷۱)، شاخص پایداری غشاء (۰/۵۱۸۸)، شاخص سطح برگ (۰/۵۹۵٤)، آنتوسیانین (۰/۷۹۷٦-)، هیدروژن پراکسید (۹/٦۵۳۷-)، رادیکال سوپراکسید (۰/۸۰۹۸)، تعداد غلاف در بوته (۰/۷٤۳۱) و وزن صد دانه (۰/۷۸٤۱) به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند. ضریب تبیین نشان داد که ۹۱/۳۳ درصد از تغییرات توسط این هشت صفت توجیه می‌شود. در بین صفات مورد بررسی، درصد سبز شدن نهایی بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۵٦۲٦) را دارا بود و بعد از آن صفات شاخص سطح برگ (۰/٤۱٦۱) و وزن صد دانه (۰/۳٦۲٦) قرار گرفتند. گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید و رادیکال سوپر اکسید به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر وزن صد دانه موجب کاهش عملکرد دانه شدند (جدول ۵). پژوهش‌گران نشان دادند که انتخاب فنوتیپی سویا بر اساس سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و وزن

صد دانه قابل انجام است؛ زیرا بین عملکرد دانه با این صفات همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (۵۴، ۵۵).

تجزیه علیت صفات در گیاهان حاصل از محلول‌پاشی با عصاره جلبک نشان داد که ۸٤/۷٦ درصد از تغییرات عملکرد دانه توسط پنج صفت شاخص پایداری غشاء، فعالیت آنزیم کاتالاز، گونه‌های فعال اکسیژن شامل هیدروژن پراکسید و رادیکال سوپر اکسید و وزن صد دانه توجیه می‌شود. می‌توان این‌طور بیان کرد که محلول‌پاشی عصاره جلبک از طریق افزایش وزن صد دانه و شاخص پایداری غشاء موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شده است. در این گیاهان، میزان رادیکال سوپراکسید نیز بیش‌ترین اثر مستقیم و منفی را بر عملکرد دانه داشت. میزان هیدروژن پراکسید نیز هم به‌طور مستقیم و هم‌به‌طور غیرمستقیم از طریق اثر بر وزن صد دانه موجب کاهش عملکرد دانه شده است (جدول ۹).

جدول ۵- تجزیه علیت صفات در گیاهان حاصل از بذور فرسوده (عملکرد دانه صفت وابسته است).

Table 5. Analysis of the causality of traits in plants obtained from aged seeds (seed yield is dependent trait).

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	شاخص سطح برگ Leaf area index	آنتوسیانین Anthocyanin	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	اثرات کل Total effect
درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	**0.5626**	0.0486	0.0214	-0.0312	0.0490	0.1334	-0.2245	0.0875	0.6471
شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	0.1908	**0.1435**	0.1622	-0.0447	0.0746	0.1038	-0.2673	0.1556	0.5188
شاخص سطح برگ Leaf area index	0.0289	0.0559	**0.4161**	-0.0404	0.0762	0.0741	-0.2247	0.2092	0.5954
آنتوسیانین Anthocyanin	-0.2631	-0.0961	-0.2519	**0.0668**	-0.1004	-0.1729	0.2890	-0.2684	-0.7976
هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	-0.2041	0.0792	0.2348	0.0496	**-0.1351**	-0.1382	0.2876	-0.1992	0.6537
رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	-0.3340	0.0662	-0.1372	0.0513	-0.0830	**-0.2248**	0.2550	-0.2706	-0.8098
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	0.3420	0.1038	0.2532	-0.0522	-0.3693	0.1552	**0.1052**	0.2048	0.7431
وزن صد دانه 100 seed weight	0.1358	0.0615	0.2399	-0.0494	0.0742	0.1677	-0.2086	**0.3626**	0.7841
R-Square	0.9133								

جدول ٦- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده سویا با عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با عصاره جلبک.

Table 6. Correlation between measured traits of soybean with seed yield in plants obtained from seeds pretreated with seaweed extract.

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	شاخص سطح برگ Leaf area index	کلروفیل Chlorophyll	فلاونوئید Flavonoid	هدایت روزنه‌ای Stomatal conduction	آمینواسیدهای آزاد acids Free amino	آنتوسیانین Anthocyanin	مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase
عملکرد Yield	0.79**	-0.08	0.50	0.42	-0.20	-0.84**	0.23	0.50	-0.42	-0.84*	-0.40	-0.21

ادامه جدول ٦-

Continue Table 6.

صفات Traits	اسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage	لیپواکسیژناز Lipoxygenase	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine amonialyase	گلوتاتیون Glutathione
عملکرد Yield	0.29	-0.78**	-0.87**	0.35	0.41	0.82**	0.56	-0.07	0.13	0.16	0.78**

جدول ۷- تجزیه علیت صفات در گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با عصاره جلبک (عملکرد دانه صفت وابسته است).

Table 7. Causality analysis of traits in plants obtained from seeds pre-treated with seaweed extract (seed yield is dependent trait).

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	فلاونوئید Flavonoid	مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	وزن صد دانه 100 seed weight	گلوتاتیون Glutathione	اثرات کل Total effect
درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	**0.2946**	0.1959	0.2073	-0.1061	0.2339	0.1386	-0.1746	0.79
فلاونوئید Flavonoid	-0.1817	**-0.3175**	-0.1278	0.0637	-0.1750	-0.2057	0.0980	-0.84
مالون دی آلدهید Malondialdehyde	-0.2428	-0.1614	**-0.2515**	0.1060	-0.2304	-0.2234	0.1602	-0.84
هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	-0.1745	0.1160	-0.2298	**-0.2696**	-0.2347	-0.1595	0.1632	-0.78
رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	-0.2646	-0.2133	-0.2225	0.145	**-0.2604**	-0.1834	0.1663	-0.87
وزن صد دانه 100 seed weight	0.1188	0.1880	0.1617	-0.5320	0.1375	**0.3473**	-0.0802	0.82
گلوتاتیون Glutathione	0.2846	0.1722	0.2230	-0.1047	0.2397	0.1542	**-0.1807**	0.78
R-Square	0.9925							

جدول ۸- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده سویا با عملکرد دانه در گیاهان محلول‌پاشی شده با عصاره جلبک.

Table 8. Correlation between measured traits of soybean with seed yield in plants sprayed with seaweed extract.

صفات Traits	درصد سبز شدن نهایی مزرعه Finale emergence percentage	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	شاخص سطح برگ Leaf area index	کلروفیل Chlorophyll	فلاونوئید Flavonoid	هدایت روزنه‌ای Stomatal conduction	آمینواسیدهای آزاد acids Free amino	آنتوسیانین Anthocyanin	مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde	سوپر اکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase
عملکرد Yield	0.63*	0.48	0.85**	0.67*	0.37	-0.66*	0.58*	0.25	-0.57	-0.56	-0.66*	-0.72**

ادامه جدول ۸-

Continue Table 8.

صفات Traits	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage	لیپواکسیژناز Lipoxygenase	فنیل آلانین آمونیالیاز Phenylalanine amonialyase	گلوتاتیون Glutathione
عملکرد Yield	-0.59*	-0.70*	-0.81**	-0.25	-0.43	0.67*	0.61*	-0.48	-0.29	0.25	0.42

جدول ۹- تجزیه علیت صفات در گیاهان حاصل از محلول‌پاشی با عصاره جلبک (عملکرد دانه صفت وابسته است).

Table 9. Causality analysis of traits in plants resulting from foliar spraying with seaweed extract (seed yield is dependent trait).

صفات	شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	کاتالاز Catalase	هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	وزن صد دانه 100 seed weight	اثرات کل
شاخص پایداری غشاء Electrical conductivity	**0.3335**	0.0762	-0.1967	0.4544	0.1864	0.8546
کاتالاز Catalase	-0.2569	**-0.0990**	0.2149	-0.4667	-0.1154	-0.7235
هیدروژن پراکسید Hydrogen peroxide	-0.1165	-0.0805	**-0.2641**	-0.0972	-0.1493	-0.7076
رادیکال سوپر اکسید Superoxide radical	-0.2764	-0.0841	0.2373	**-0.5488**	-0.1470	-0.8193
وزن صد دانه 100 seed weight	0.1848	0.0339	-0.1172	0.2398	**0.3364**	0.6779
R-Square	0.8476					

نتیجه‌گیری کلی

تجزیه علیت صفات نشان داد که صفات وزن صد دانه و تعداد غلاف در بوته در گیاهان حاصل از بذور نرمال و صفات درصد سبز شدن نهایی مزرعه، شاخص سطح برگ و وزن صد دانه در گیاهان حاصل از بذور فرسوده بیش‌ترین اثرات مستقیم و افزایشی را بر عملکرد دانه داشتند و می‌توان این صفات را به‌عنوان بهترین و مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه سویا معرفی کرد. پیش‌تیمار با عصاره جلبک از طریق افزایش درصد سبز شدن نهایی مزرعه، کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید و گونه‌های فعال اکسیژن منجر به افزایش عملکرد دانه شد.

منابع

1. 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.
2. Beigzadeh, S., Maleki, A., Mirzaee Heydari, M., Rangin, A. & Khorgami, A. (2020). Effects of salicylic acid and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extracts application on some physiological traits of white bean (*Phaseolus lanatus* L.) under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 14 (53), 21-44. [In Persian]
3. Onder, S., Tonguç, 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.
4. Akbari, M., Baradaran Firouzabadi, M., Amerian, M. R. & Farrokhi, N. (2019). The effect of foliar application and seed pretreatment with cinnamic acid on physiological characteristics of Cowpea (*Vigna unguiculata*) aged seeds and resulting plants. Ph.D. Thesis in Crop Physiology. Shahrood University of Technology. 188 p. [In Persian]
5. Hussein, M. H., Eltanahy, E., Al Bakry, A. F., Elsafty, N. & Elshamy, M. M. (2021). Seaweed extracts as prospective plant growth bio-stimulant and salinity stress alleviator for *Vigna sinensis* and *Zea mays*. *Journal of Applied Phycology*, 33, 1273-1291.
6. Eisvand, H. R., Dousti, A., Hosseini, N. M. & Babaie, A. P. (2014). 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). [In Persian]
7. Miljakovic, D., Marinkovic, J., Tamindzic, G., Dordevic, V., Tintor, B., Milosevic, D. & Nikolic, Z. (2022). Bio-priming of soybean with Bradyrhizobium japonicum and Bacillus megaterium: Strategy to improve seed germination and the initial seedling growth. *Plants*, 11 (15), 19-27.
8. Hamouda, M. M., Saad-Allah, K. M. & Gad, D. (2022). Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22 (2), 1818-1831.
9. Shukla, P. S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A. T. & Prithiviraj, B. (2018). Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AoB plants*, 10 (1), 1-8.
10. Arab, S., 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, 510-518.
11. Joshi-Paneri, J., Chamberland, G. & Donnelly, D. (2020). Effects of Chelidonium majus and Ascophyllum nodosum extracts on growth and photosynthesis of soybean. *Acta Agrobotanica*, 73 (1).

12. Patil, S. D., More, V. R., Bhalerao, G. A. & Jagtap, M. P. (2019). Effect of combination of inorganic fertilizer and seaweed extract on yield, yield attributes and economics of soybean crop. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8 (6), 1741-1744.
13. Thambiraj, J., Lingakumar, K. & Paulsamy, S. (2012). Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from Sargassum wightii and Hypnea musciformis on the growth and biochemical constituents of the pulse, *Cyamopsis tetragonoloba* (L.). *Journal of Agricultural Research*, 1 (1), 65-70.
14. Basimfar, R., Nasri, M. & Zargari, K. (2015). Effect of seaweed extract and vermicompost on yield and yield components and phosphor and chlorophyll of Mung bean in Varamin region. *Agronomy Research Semi Desert Regions*, 1 (8), 55-71. [In Persian]
15. Sibi, M., Khazaie, H. R. & Nezami, A. (2016). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) root response to seaweed extract concentrations, time and method of application. *Journal Crop Ecophysiol*, 9 (31), 140-157. [In Persian]
16. Xu, M. Y., Zhang, L., Li, W. W., Hu, X. L., Wang, M. B., Fan, Y. L. & Wang, L. (2014). Stress-induced early flowering is mediated by miR169 in Arabidopsis thaliana. *Journal of experimental botany*, 65 (1), 89-101.
17. Xu, C. & Leskovar, D. I. (2015). Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 183, 39-47.
18. Goni, O., Quille, P. & Oconnell, S. (2018). Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 63-73.
19. Anjos Neto, A. P. D., Oliveira, G. R. F., Mello, S. D. C., Silva, M. S. D., Gomes-Junior, F. G., Novembre, A. D. D. L. C. & Azevedo, R. A. (2020). Seed priming with seaweed extract mitigate heat stress in spinach: effect on germination, seedling growth and antioxidant capacity. *Bragantia*, 79, 502-511.
20. Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E. & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in plant science*, 5, 448.
21. Zhang, X. & Ervin, E. H. (2008). Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Science*, 48 (1), 364-370.
22. Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccaro, S., Francioso, O. & Nardi, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (Zea mays L.). *Journal of chemical ecology*, 36, 662-669.
23. Fan, D., Hodges, D. M., Critchley, A. T. & Prithiviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communications in soil science and plant analysis*, 44 (12), 1873-1884.
24. Ahmadi, F., Pasari, B. & Javaheri, M. (2019). Study the corn (*Zea mays* L.) response to the application of various chemical, nano, nano-biological fertilizers and organic extract of seaweed. *Journal Plant Ecophysiology*, 41 (12), 188-203. [In Persian]
25. Azarmehr, A. R., Baghi, M. & Zeaei Nasab, M. (2017). Effect of seaweed extract (basfoliar Kelp sl) and sulphate (K-leaf) on yield and some yield components of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) var. Natalie. *Agronomy Research Semi Desert Regions*, 3 (14), 155-165. [In Persian]
26. Shahbazi, F., Nejad, M. S., Salimi, A. & Gilani, A. A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 8 (3), 283-287.
27. Salehi, M. & Saeidi, G. (2011). Genetic variation of some agronomic traits and yield component in breeding lines of sesame. *Journal of Crop Breeding*, 4 (9), 77-92. [In Persian]
28. Masoudi, B. (2019). An evaluation of the relationship between seed yield and

oil percentage with some important agronomic traits in sesame by using path analysis and principal component analysis. *Iranian Journal Field Crop Research*. 17 (1), 99-110. [In Persian]

29. Ghorbanzade Neghab, M. & Zarea, M. (2018). Correlation study of traits and causality analysis of seed yield of *Nigella sativa*. *Journal Plant product*. 25 (3), 1-12. [In Persian]
30. Kohkan, H., Mohammadi, A., Alishah, A. & Hezarjaribi, A. (2015). Soybean lines pure in analysis coefficient path using traits agronomic some and yield among relationships on study. *Journal Agronomy*, 106 (1), 29-36. [In Persian]
31. Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. & Mahdinezhad, N. (2019). Relationship between yield and its component in soybean genotypes (*Glycine Max* L.) using multivariate statistical methods. *Journal Crop Breeding*, 11 (29), 85-92. [In Persian]
32. ISTA (International Seed Testing Association). (2009). International rules for seed testing. *Seed Science Technology*, 49 (1), 86-41.
33. 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 (10), 966.
34. Abbasdokht, H. (2016). Seed ecology (priming). Publications of Shahrood University of Technology. 194. [In Persian]
35. Kramer, P. S. (1983). Water relation of plants. Academic Press. 342-415.
36. Sairam, R. K. & Srivastava, G. C. (2001). Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (1), 63-70.
37. Hiscox, J. D. & Israelstam, G. F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian journal of botany*, 57 (12), 1332-1334.
38. Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, 10 (3), 178-182.
39. Mita, S., Murano, N., Akaike, M. & Nakamura, K. (1997). Mutants of Arabidopsis thaliana with pleiotropic effects on the expression of the gene for β-amylase and on the accumulation of anthocyanin that are inducible by sugars. *The Plant Journal*, 11 (4), 841-851.
40. Xiong Zhi Ting, X. Z., Liu Chao, L. C. & Geng Bing, G. B. (2007). Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in Brassica pekinensis Rupr. *Ecotoxicol Environment*, 64 (1), 273-28.
41. Du, Z. & Bramlage, W. J. (1992). Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40 (9), 1566-1570.
42. Sairam, R. K., Rao, K. V. & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant science*, 163 (5), 1037-1046.
43. Cakmak, I. & Horst, W. J. (1991). Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine* max). *Physiologia plantarum*, 83 (3), 463-468.
44. Nakano, Y. & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and cell physiology*, 22 (5), 867-880.
45. Loreto, F. & Velikova, V. (2001). Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. *Plant Physiology*, 127 (4), 1781-1787.
46. Elstner, E. F. & Heupel, A. (1976). Inhibition of nitrite formation from

hydroxyl ammonium chloride: a simple assay for superoxide dismutase. *Analytical biochemistry*, 70 (2), 616-620.
47. Minguez-Mosquera, M. I., Jaren-Galan, M. & Garrido-Fernandez, J. (1993). Lipoxygenase activity during pepper ripening and processing of paprika. *Phytochemistry*, 32 (5), 1103-1108.
48. Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y. & Tan, R. X. (2006). Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and Taxol production induced by low-energy ultrasound in Taxus yunnanensis cell suspension cultures. *Nitric Oxide*, 15 (4), 351-358.
49. Griffith, O. W. (1980). Determination of glutathione and glutathione disulfide using glutathione reductase and 2-vinylpyridine. *Analytical biochemistry*, 106 (1), 207-212.
50. Oomah, B. D., Mazza, G. & Przybylski, R. (1996). Comparison of flaxseed meal lipids extracted with different solvents. *LWT-Food Science and Technology*, 29 (7), 654-658.
51. AOAC (Association Official Methods of Analysis). (1990). Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. Washington.
52. Razmi, N., Rameeh, V., Hezarjeribi, E. & Kalantar Ahmadi, A. (2019). Investigation of grain yield, number of pods and plant height of new soybean lines in Sari, Gorgan, Moghan and Dezful regions. *Journal Crop Breeding*, 12 (36), 21-29. [In Persian]
53. Teixeira, F. G., Hamawaki, O. T., Nogueira, A. P. O., Hamawaki, R. L., Jorge, G. L., Hamawaki, C. L. & Santana, A. J. O. (2017). Genetic parameters and selection of soybean lines based on selection indexes. *Genetics and Molecular Research*, 16 (3), 16-39.
54. Amaral, L. D. O., Bruzi, A. T., Resende, P. M. D. & Silva, K. B. (2019). Pure line selection in a heterogeneous soybean cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19, 277-284.
55. Jorge, G. L., Nogueira, A. P. O., Hamawaki, O. T., Machado, B. Q. V., Santana, A. J. O., Borges, B. A. M. & Hamawaki, C. D. L. (2019). Line selection and correlation between traits of soybean genotypes under high naturally occurring stink bug infestation. *Genetics and Molecular Research*, 18 (1).