

مقاله پژوهشی

تأثیر پیش‌تیمار و محلول‌پاشی کود جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) بر بهبود رنگدانه‌ها، صفات کیفی و عملکرد دانه سویا حاصل از بذور فرسوده

صفیه عرب، مهدی برادران فیروزآبادی*، احمد غلامی و مصطفی حیدری

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شهرورد، شهرورد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴)

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر کود جلبک دریایی بر بهبود صفات فیزیولوژیکی سویا در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شهرورد طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوك‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیری تسریع شده در دو سطح (بذور شاهد و فرسوده) و کود جلبک در سه سطح (شاهد: بدون اعمال تیمار، پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی با غلظت $0/3$ درصد کود جلبک) بودند. نتایج نشان داد که پیری تسریع شده در سال اول و دوم آزمایش موجب کاهش $15/11$ و $13/23$ درصدی میزان کلروفیل a در برگ گیاهان حاصل از این بذور شد. در هر دو سال آزمایش محلول‌پاشی کود جلبک در شرایط عادی و فرسودگی موجب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a تا سطح معنی‌دار شد. اعمال پیری تسریع شده در بذور، به ترتیب موجب افزایش $13/35$ ، $12/46$ و $12/22$ درصدی کاروتونئید، فلاونوئید و آنتوسیانین در برگ گیاهان حاصل از این بذور شد. اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش $0/86$ ، $0/90$ و $33/18$ درصدی روغن دانه، پروتئین دانه و عملکرد دانه شد. حداقل درصد روغن و پروتئین دانه نیز به ترتیب $19/74$ و $38/31$ درصد بود که به تیمارهای محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذری تعلق داشت. استفاده از کود جلبک به صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی به ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه به میزان $21/67$ و $21/47$ درصد نسبت به شاهد شد. در نهایت می‌توان پیش‌تیمار بذور با کود جلبک دریایی را جهت بهبود اثرات فرسودگی بذر و افزایش عملکرد دانه در گیاه سویا پیشنهاد نمود.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پیری تسریع شده، درصد روغن

مؤثر هستند (Ali *et al.*, 2017). فرضیه‌های زیادی در مورد دلایل فرسودگی بذور مانند پراکسیداسیون لیپیدی به واسطه تولید گونه‌های فعال اکسیژن، غیرفعال شدن آنزیم‌ها یا کاهش پروتئین‌ها، از هم‌پاشیدگی غشا سلولی و آسیب ژنتیکی مطرح شده است. ترکیبات درون یک بذر نیز روی سرعت فرسودگی آن اثرگذار است. هر چقدر مواد اکسیدشونده مانند روغن در

مقدمه

بذر همه گیاهان در طی انبارداری طولانی‌مدت دچار فرسودگی می‌شوند که در نهایت منجر به کاهش کیفیت بذر می‌گردد (Koskosidis *et al.*, 2022). عوامل ژنتیکی، خسارت‌های مکانیکی، رطوبت نسبی و دمای محیط نگهداری بذرها، میزان آب موجود در بذر و وجود میکروب‌فلورها در فرسودگی بذر

فتوصیتی، ترکیبات فنولی و فعالیت آنتیاکسیدانی در گیاهان موجب افزایش تحمل گیاهان به تنفس‌ها می‌شود (Ali *et al.*, 2022). استفاده از کود جلبک قهقهه‌ای موجب افزایش وزن خشک، فتوستتر و میزان کلروفیل در سویا شد (Joshi-Paneri *et al.*, 2020). محققان دریافتند که این ترکیبات طبیعی می‌توانند به عنوان محرک رشد عمل کنند و باید از ظرفیت آن‌ها برای بهبود رشد و عملکرد استفاده کرد (Joshi-Paneri *et al.*, 2020). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کود جلبک Arab *et al.*, 2022 موجب افزایش عملکرد سویا (*Ascophyllum nodosum*) می‌شود. پیش‌تیمار بذرها با کود جلبک دریابی و همچنین محلول‌پاشی برگی با این ماده سبب افزایش عملکرد دانه در سویا شد (Guerreiro *et al.*, 2017).

پژوهش‌ها نشان داده است که سویا یکی از گیاهان مهم صنعتی است که بذر آن به میزان زیادی در معرض فرسودگی قرار می‌گیرد، لذا یافتن راهکاری کارآمد برای کاهش آثار منفی ناشی از بذوری که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد. با توجه به این که کود جلبک دریابی خاصیت آنتیاکسیدانی و ضدپیری دارد، در این تحقیق به بررسی اثر این ماده به صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی روی برگ در راستای بهبود بذرها فرسوده سویا و تقویت گیاهان حاصل از آن‌ها پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیری تسریع شده در دو سطح (بذور عادی و بذور فرسوده) و کود جلبک قهقهه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) در سه سطح (صفر، پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی برگی با غلظت $0/3$ درصد) بود. پیش‌تیمار بذور با غلظت $0/3$ درصد کود جلبک دریابی با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد. برای پیش‌تیمار کردن بذور، در هر ظرف ۵۰ عدد بذر سویا

بذور بیشتر باشد، بیشتر در معرض فرسودگی هستند و شیوه‌های انبارداری و رفتار خاص را نیاز دارند (Matera *et al.*, 2019). بنابراین بذور روغنی از جمله سویا (*Glycine max*) (Soltani *et al.*, 2009) حساسیت بیشتری دارند (L. Merril, 2009). در بذور فرسوده جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و گیاهان حاصل از این بذور نیز ضعیف هستند و قادر به زندگاندن نخواهند بود. اگرچه با روش‌های انبارداری مناسب می‌توان سرعت فرسودگی را کاهش داد، اعمال برخی تیمارها نیز روی بذور فرسوده و یا محلول‌پاشی برخی مواد روی گیاهان حاصل از این بذور می‌توانند بر بهبود عملکرد بذر مؤثر باشند (Arab *et al.*, 2022). پیش‌تیمار می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش اثرات تنفس‌ها از جمله فرسودگی باشد (سیادت و همکاران، ۱۳۹۰). پیش‌تیمار بذر روشی پرکاربرد برای بهبود جوانه‌زنی بذور و رشد نمود بیشتر گیاهان است. اسموپرایمینگ یکی از متداول‌ترین ا نوع پیش‌تیمار است که در آن بذور با موادی که پتانسیل اسمزی پایینی دارند، پیش‌تیمار می‌شوند (Waqas *et al.*, 2019). مواد دارای خاصیت آنتیاکسیدانی از جمله موادی هستند که می‌توان برای پیش‌تیمار بذور از آن‌ها استفاده کرد. یکی از این مواد کود جلبک‌های دریابی است. کود جلبک دریابی به عنوان یک راهکار بالقوه برای کشاورزی ارگانیک و پایدار در نظر گرفته شده است (Ashour *et al.*, 2021; De Saeger *et al.*, 2020). استفاده از جلبک‌های دریابی به عنوان محرک‌های زیستی گیاهی در حال حاضر از امیدوارکننده‌ترین برنامه‌های بخش کشاورزی است (Hamouda *et al.*, 2022).

جلبک‌ها حاوی موادی از جمله اسید ایندول استیک (IAA)، اسید جیرلیک (GA)، اسید آبسیزیک (ABA)، سیتوکینین‌ها و پلی‌آمین‌ها، فنول‌ها و بتائین‌ها هستند و اثرات مفید خود را از طریق این مواد می‌گذارند (Shukla *et al.*, 2018).

کود جلبک قهقهه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) غنی از انواع مختلف منابع غذایی مورد نیاز گیاهان از جمله عناصر کمیاب (آهن، مس، روی، کбалت، منگنز و غیره)، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و هورمون‌های رشد گیاهی است (Patil *et al.*, 2019). کاربرد کود جلبک قهقهه‌ای از طریق افزایش رنگدانه‌های

جدول ۱- برخی ویژگی‌های کود جلبک آکادین (*A. nodosum*). داده‌ها توسط شرکت تولیدکننده (Acadian Seaplants, Canada) گزارش شده است.

| ویژگی‌ها | مقادیر |
|---|-------------------------|
| ظاهر | بلورهای سیاه-قهوه‌ای |
| حالت در آب | ۱۰۰ درصد |
| pH | ۱۰-۱۰/۵۰ |
| حداکثر رطوبت | ۶/۵ درصد |
| مواد آلی | ۵۵-۴۵ درصد |
| خاصکتر (مواد معدنی) | ۵۵-۴۵ درصد |
| نیتروژن کل | ۰/۸-۱/۵۰ درصد |
| اسید فسفریک قابل دسترس (P ₂ O ₅) | ۲-۱ درصد |
| پتاسیم قابل دسترس (K ₂ O) | ۲۲-۱۷ درصد |
| آهن | ۲۵۰-۷۵ میلی‌گرم در لیتر |
| منگنز | ۲۰-۵ میلی‌گرم در لیتر |
| اسیدهای آمینه | ۴/۴۰ درصد |

ساعت انجام شد. تیمار محلول‌پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گلدنه (R1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد. کود جلبک مورد استفاده (جدول ۱) با نام تجاری آکادین ساخت کشور کانادا و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود. به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۹۰ روز پس از کاشت (مرحله دانه‌بندی) به طور تصادفی از پنج گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن و جوان موجود در قسمت یک سوم بالایی بوته‌ها نمونه‌برداری انجام شد. اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتینوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی و با استفاده از دی‌متیل سولفوکسید و طبق روابط ۱ تا ۴ بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ صورت گرفت (Hiscox and Israelstom, 1979).

$$\text{Chl}_a = (12.25A_{663}) - (2.55A_{645}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{Chl}_b = (20.31A_{645}) - (4.91A_{663}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{Chl}_t = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{Carotenoeid} = \frac{1000A_{470} - 1.90\text{Chl}_a - 63.14\text{Chl}_b}{214} \quad \text{رابطه (۴)}$$

جهت اندازه‌گیری غلظت نسبی کلروفیل برگ، کلروفیل برگ‌ها از ۸۰ روز پس از کاشت با فاصله‌های زمانی ده روزه

قرار گرفت و با ۱۰ میلی‌لیتر محلول جلبک دریایی خیسانده شدند. پس از آن بذور در سایه خشک شدند و جهت ادامه آزمایش و اندازه‌گیری صفات استفاده گردیدند.

کاشت در هر دو سال در خرداد ماه، به صورت دستی و در عمق دو سانتی‌متری خاک انجام شد. تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. بذر سویا مورد استفاده در این آزمایش رقم DPX (کتول) بود و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذرهای مورد استفاده، بذرهای برداشت شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل شده دارای سیستم خنک‌کننده و در محدوده دمایی ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۴۰ درصد نگهداری شده بودند. جهت ضد عفونی کردن بذور از هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۶۰ ثانیه استفاده شد و سپس بذور، سه بار با آب مقطر شستشو شدند. جهت اعمال فرسودگی، بذور به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند (ISTA, 2009). پیش‌تیمار بذور با غلظت ۰/۳ درصد کود جلبک دریایی با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش

درجه سانتی گراد قرار داده شدند. به طور مشابه یکسری دیگر نمونه در فالکون تیوب قرار گرفتند و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از آون و اتوکلاو خارج و در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا دمای آن به ۲۵ درجه سانتی گراد برسد. بعد با استفاده از دستگاه EC متر، EC مربوط به هر فالکون تیوب اندازه گیری و درنهایت با استفاده از رابطه ۵ شاخص پایداری غشا محاسبه گردید (Sairam and Srivastava, 2001). MSI: شاخص پایداری غشا، EC_1 و EC_2 به ترتیب مقدار EC در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد است.

$$MSI = 1 - \frac{(EC_1)}{(EC_2)} * 100 \quad (5)$$

درصد روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک (Soxtherm 2000 automatic Gerhardt) (Oomah *et al.*, 1995). مقدار نیتروژن موجود اندازه گیری شد (Radiation Model KJT-270) ساخت کشور ژاپن تعیین گردید. مقدار یک گرم نمونه آسیاب شده در محل مخصوص قرار گیری نمونه‌ها در دستگاه قرار داده شد و درصد نیتروژن نمونه با دستگاه اندازه گیری شد. عدد مربوط به نیتروژن در ضریب تبدیل پروتئین (۵/۷۵) ضرب شد و درصد پروتئین نمونه‌ها محاسبه شد (AOAC, 1990). همزمان با رسیدگی کامل (۱۵۵) روز پس از کاشت) تعداد ۲۰ بوته از هر کرت برداشت شد و ماده خشک کل و عملکرد دانه در ۲۰ بوته اندازه گیری و ثبت شد. درنهایت ماده خشک کل و عملکرد دانه بر حسب گرم در متربع گزارش شد. برای داده‌های دو سال زراعی، ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و برای صفات اندازه گیری شده در این پژوهش، آزمون بارتلت معنی دار نبود و همگنی اشتباه آزمایشی تأیید گردید و سپس تجزیه مرکب انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اندازه گیری شد و تا ۱۳۰ روز پس از کاشت ادامه پیدا کرد. در هر کرت تعداد پنج بوته به عنوان معیار انتخاب و علامت گذاری شدند. در هر اندازه گیری تعداد ۱۵ برگ از قسمت یک سوم بالایی بوته‌ها انتخاب شدند و شاخص سبزینگی آن‌ها توسط دستگاه SPAD 502 تعیین و میانگین آنها محاسبه شد. میانگین کلروفیل بر حسب واحد SPAD برای محاسبات استفاده شد (Hiscox and Israelstom, 1979).

اندازه گیری فلاونوئید برگ با استفاده از روش آلومینیوم کلرايد کالریمتری انجام شد (Chang *et al.*, 2002). ۰/۱ گرم از نمونه‌های گیاهی در ۱۰ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد به خوبی ساییده و کود حاصل سانتریفیوژ گردید. محلول رویی برای آزمایش‌های بعدی استفاده شد. ۵۰۰ میکرو لیتر کود برداشته با ۱/۵ میلی لیتر متانول ۹۵ درصد، ۰/۱ میلی لیتر آلومینیوم کلرايد ۲/۸ درصد، ۰/۱ میلی لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۰/۱ میلی لیتر آب مقطّر مخلوط گردید. بعد از نگهداری نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه، جذب مخلوط در ۵۱۰ نانومتر خوانده شد. از کوئرستین جهت رسم منحنی استاندارد استفاده شد. مقادیر فلاونوئید در نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

جهت اندازه گیری آنتوسیانین، مقدار ۰/۲ گرم بافت تازه گیاهی با ۴ میلی لیتر محلول یک درصد اسید کلریدریک در متانول هموژن و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال قرار داده شد (Mita *et al.*, 1997). مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. جذب نور در فاز رویی با استفاده از روش اسپکترو فوتومتری در طول موج‌های ۶۵۷ و ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. درنهایت میزان آنتوسیانین بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

جهت اندازه گیری شاخص پایداری غشاء برگ در ۸۰ روز پس از کاشت به طور تصادفی پنج گیاه از هر کرت انتخاب و از قسمت یک سوم بالایی کانوپی برگ‌های همسن برداشت شدند از نمونه‌ها دیسک برگی تهیه و مقدار ۰/۱ گرم از آن در فالکون تیوب قرار گرفت و ۱۰ میلی لیتر آب مقطّر روی آنها ریخته شد. فالکون تیوب‌ها به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو در دمای ۱۰۰

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربuat صفات اندازه‌گیری شده سویا تحت تأثیر پیری تسریع شده و کود جلبک دریابی

| منابع تغییر | آزادی | درجه | کاروتونئید | کلروفیل b | a | عملکرد دانه | درصد پروتئین |
|--------------------|-------|-------|------------|-----------|------------|-------------|--------------|
| تکرار | ۲ | ۰/۰۴ | ۰/۰۹ | ۰/۰۰۶ | ۷۱۱۸/۳۲ | ۶/۲۴ | |
| سال (A) | ۱ | ۰/۰۰۱ | ۵/۳۲ | ۰/۷۵ | ۸۴۱۷/۶۹ | ۰/۰۴ | |
| خطا | ۲ | ۰/۰۱ | ۰/۲۰ | ۰/۰۲۸ | ۱۲۳۴/۴۱ | ۰/۲۹ | |
| پیری تسریع شده (B) | ۱ | ۰/۱۴* | ۰/۰۰۹ | ۰/۱۳ | ۱۰۱۳۶۸/۱۵* | ۱۰/۹۱* | |
| کود جلبک (C) | ۲ | ۰/۱۰ | ۲/۱۶ | ۰/۴۱* | ۲۶۴۳۴/۰۳* | ۰/۹۸* | |
| (C)×(B) | ۲ | ۰/۰۱ | ۰/۲۸* | ۰/۰۶ | ۵۸۶/۵۰ | ۰/۶۰ | |
| (B)×(A) | ۱ | ۰/۰۰۳ | ۰/۲۳ | ۰/۳۳ | ۲۳۶۸/۸۶ | ۰/۰۱ | |
| (C)×(A) | ۲ | ۰/۰۳ | ۱/۵۴ | ۰/۰۱ | ۱۰۵۲/۲۶ | ۰/۱۱ | |
| (C)×(B)×(A) | ۲ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۶* | ۲۴۹۶/۱۸ | ۰/۱۱ | |
| خطا | ۲۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۱۳ | ۰/۰۱۷ | ۱۶۰۸/۸۷ | ۰/۴۱ | |
| ضریب تغییرات | - | ۱۴/۴۳ | ۱۱/۰۳ | ۴/۹۱ | ۹/۴۴ | ۱/۷۰ | |

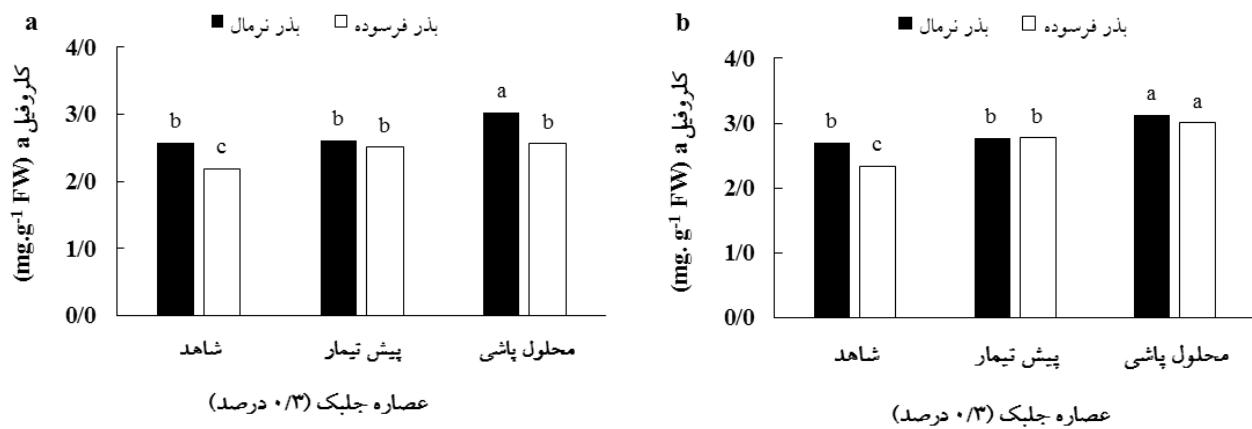
ادامه جدول ۲-

| منابع تغییر | آزادی | درجه | روغن دانه | ماده خشک کل | شاخص پایداری غشا برگ | آنتوسیانین | فلاؤنونئید |
|--------------------|-------|-------|------------|-------------|----------------------|------------|------------|
| تکرار | ۲ | ۰/۱۳ | ۷۲۶۵/۵۶ | ۸/۲۶ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۷/۶۲ | |
| سال (A) | ۱ | ۰/۰۱ | ۶۱۷۸۸/۵۹ | ۴/۳۳ | ۰/۰۰۵ | ۱۲/۷۳ | |
| خطا | ۲ | ۰/۰۰۸ | ۴۰۶۶/۴۲ | ۳/۷۷ | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۴ | |
| پیری تسریع شده (B) | ۱ | ۵/۶۰* | ۲۰۱۸۹۶/۲۵* | ۲۶۱/۱۸* | ۰/۰۱۲* | ۳۴/۶۳* | |
| کود جلبک (C) | ۲ | ۰/۴۱* | ۹۰۸۹۸/۹۰* | ۶۸/۰۱* | ۰/۰۰۴ | ۹/۳۰ | |
| (C)×(B) | ۲ | ۰/۰۶ | ۵۲/۳۸ | ۱۳/۷۶ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۳ | |
| (B)×(A) | ۱ | ۰/۰۰۵ | ۳۴۸۸/۷۹ | ۷/۱۳ | ۰/۰۰۱ | ۱/۳۳ | |
| (C)×(A) | ۲ | ۰/۰۶ | ۱۲۱۳/۷۲ | ۱۵/۶۷ | ۰/۰۰۱ | ۴/۲۵ | |
| (C)×(B)×(A) | ۲ | ۰/۰۳ | ۸۱۹/۰۷ | ۷/۱۹ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۸ | |
| خطا | ۲۰ | ۰/۰۹ | ۴۴۸۱/۹۵ | ۴/۲۹ | ۰/۰۰۰۲ | ۱/۷۲ | |
| ضریب تغییرات | - | ۱/۰۹ | ۱۰/۹۳ | ۸/۴۴ | ۱۲/۴۳ | ۷/۸۷ | |

(جدول ۲). تیمار پیری تسریع شده در سطح احتمال پنج درصد بر کاروتونئید اثر معنی دار داشت (جدول ۲).

در دو سال آزمایش، اعمال فرسودگی موجب کاهش ۱۵/۱۱ و ۱۳/۳۳ میزان کلروفیل a در برگ های سویا گردید (شکل ۱a و ۱b). در سال اول آزمایش، محلول‌پاشی کود

رنگدانه‌های فتوستتری: نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس نشان داد که کلروفیل a از کود جلبک و برهمکنش سه‌جانبه سال، فرسودگی و کود جلبک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). کلروفیل b تنها از برهمکنش پیری تسریع شده و کود جلبک (P < ۰/۰۵) تأثیر پذیرفت



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش پیری تسريع شده و کود جلبک در سال اول آزمایش (a) و سال دوم آزمایش (b)

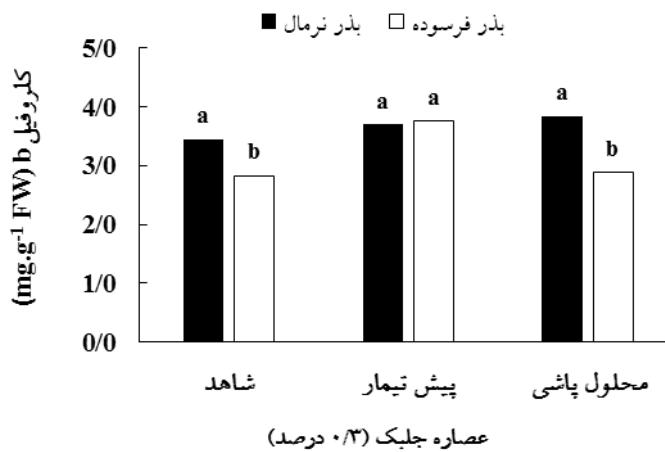
توجه به نقش آنها در سیستم دفاع آنتیاکسیدانی برای محافظت از رنگدانه‌های فتوستتری (کلروفیل) قابل انتظار است. کاروتنوئیدها در شرایط فرسودگی به منظور جلوگیری از تولید گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش می‌یابند، به علاوه این رنگدانه‌ها از روغن بذر در برابر اکسیداسیون محافظت می‌کنند (Onder *et al.*, 2020).

در اثر فرسودگی بذر، میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول باشد، زیرا این رادیکال‌ها سبب پراکسیداسیون و درنتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شوند (Sachdev *et al.*, 2021). محققان دیگری نیز دریافتند که پیری تسريع شده موجب کاهش میزان کلروفیل در برگ گیاهان حاصل از این بذور می‌شود (معیری و همکاران، ۱۴۰۱). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کود جلبک دریایی Ascophyllum nodosum به صورت پیش تیمار بذری و محلول پاشی برگی سبب افزایش میزان کلروفیل در سویا می‌شود (Joshi-Paneri *et al.*, 2020). دلیل افزایش رنگدانه‌های فتوستتری می‌تواند ناشی از حضور هورمون سیتوکینین در کود جلبک باشد. سیتوکینین‌ها نمو کلروپلاست را تسريع می‌کنند و درنهایت به افزایش تعداد و اندازه کلروپلاست و گسترش بهتر گرانا منجر می‌شوند. همچنین سیتوکینین‌ها تخریب کلروفیل و آنزیم‌های مؤثر در زنجیره‌های فتوستتری را به تأخیر می‌اندازند. افزایش میزان فتوستتر

جلبک روی گیاهان حاصل از بذور عادی موجب افزایش ۱۷/۰۵ درصدی کلروفیل a نسبت به شاهد شد. در شرایط فرسودگی پیش تیمار بذری و محلول پاشی برگی موجب افزایش ۱۴/۶۱ و ۱۶/۸۹ درصدی این صفت نسبت به عدم کاربرد این ماده در شرایط فرسودگی شدند (شکل ۱a). بررسی اثرات فرسودگی و کود جلبک در سال دوم آزمایش حاکی از آن بود که محلول پاشی کود جلبک در شرایط عادی و فرسودگی به ترتیب موجب افزایش ۱۵/۹۲ و ۲۸/۶۳ درصدی کلروفیل a نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. پیش تیمار بذرهاي عادي با کود جلبک، تأثیری بر میزان کلروفیل a در برگ گیاهان حاصل از این بذور نداشت و این در حالی بود که در شرایط فرسودگی موجب افزایش معنی‌دار ۱۸/۸۰ درصدی میزان کلروفیل a نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد (شکل ۱b).

پیری تسريع شده در این پژوهش موجب کاهش ۱۷/۹۷ درصدی کلروفیل b در برگ گیاهان سویا شد. نتایج برهمکنش دوچاره تیمارها نشان داد که در شرایط عادی کاربرد کود جلبک تأثیر معنی‌دار بر کلروفیل b نداشت و این در حالی بود که در شرایط فرسودگی، پیش تیمار بذر موجب افزایش معنی‌دار این صفت شد (شکل ۲).

در پژوهش حاضر، اعمال پیری تسريع شده در بذور سویا موجب افزایش ۳۵/۱۳ درصدی میزان کاروتوئید شد (جدول ۲). افزایش میزان کاروتوئیدها در شرایط فرسودگی بذر با



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پیری تسريع شده و کود جلبک بر میزان کلروفیل b

این رادیکال‌ها با یکدیگر ترکیب و درنهایت کلیه این تغییرات به اختلال در غشا، افزایش نفوذپذیری و نشت مواد از برگ و درنهایت کاهش پایداری غشا منجر می‌شوند (قادری‌فر و همکاران، ۱۳۹۲). احتمالاً کود جلبک دریایی نیز با کاهش دادن میزان گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش شاخص پایداری غشا گردیده است. در تحقیقی محلول‌پاشی کود جلبک قوهای ای افزایش شاخص پایداری *Ascophyllum nodosum* غشاء در لوبيا سفید (*Phaseolus lanatus L.*) شد (بیگزاده و همکاران، ۱۳۹۹).

شاخص سبزینگی: بررسی روند شاخص سبزینگی برگ‌های سویا تحت تأثیر تیمارهای مختلف در بذور نرمال و بذور فرسوده به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است. روند تغییرات شاخص سبزینگی برگ تقریباً تا ۱۲۰ روز پس از کاشت، به صورت افزایشی یا ثابت بوده است و پس از آن روند کاهشی مشاهده می‌شود. اعمال تیمار فرسودگی موجب کاهش در شاخص سبزینگی برگ‌ها نسبت به شرایط عادی گردیده است. در شرایط عادی، استفاده از کود جلبک به صورت پیش‌تیمار بذری موجب افزایش غلظت نسبی کلروفیل برگ نسبت به عدم کاربرد این ماده و کاربرد محلول‌پاشی شد. روند غلظت نسبی کلروفیل در گیاهان حاصل از بذور نرمال نشان داد که پیش‌تیمار با کود جلبک ($Y = -0.86x + 33.79$) نسبت به دو سطح عدم کاربرد ($Y = -1.52X + 32.76$) و محلول‌پاشی ($Y = -1.78X + 32.18$) با شیب کمتری، کاهش یافت (شکل ۳).

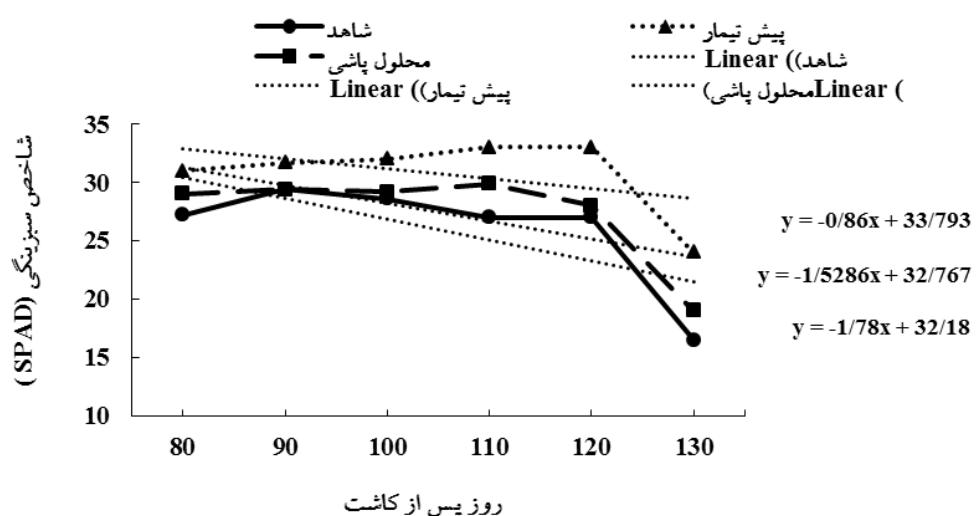
فراوانی عنصر منیزیم موجود در کود جلبکی که نقش حیاتی در سازماندهی کلروفیل دارد، می‌تواند ارتباط داشته باشد (Vijayanand *et al.*, 2014; Ramarajan *et al.*, 2012).

رنگدانه‌های غیرفتوستنتزی: فلاونوئید و آنتوسیانین موجود در برگ‌های گیاه سویا در این پژوهش تنها از تیمار پیری تسريع شده در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). اعمال پیری تسريع شده در بذور، موجب افزایش ۱۲/۴۶ و ۲۲/۲۲ درصدی فلاونوئید و آنتوسیانین در برگ گیاهان حاصل از این بذور شد (جدول ۳). پژوهشگران مشاهده کردند که پیری تسريع شده موجب افزایش میزان فلاونوئید و آنتوسیانین در برگ گلرنگ گردید و با افزایش مدت زمان فرسودگی، کاهش این صفت را گزارش کردند (Onder *et al.*, 2020).

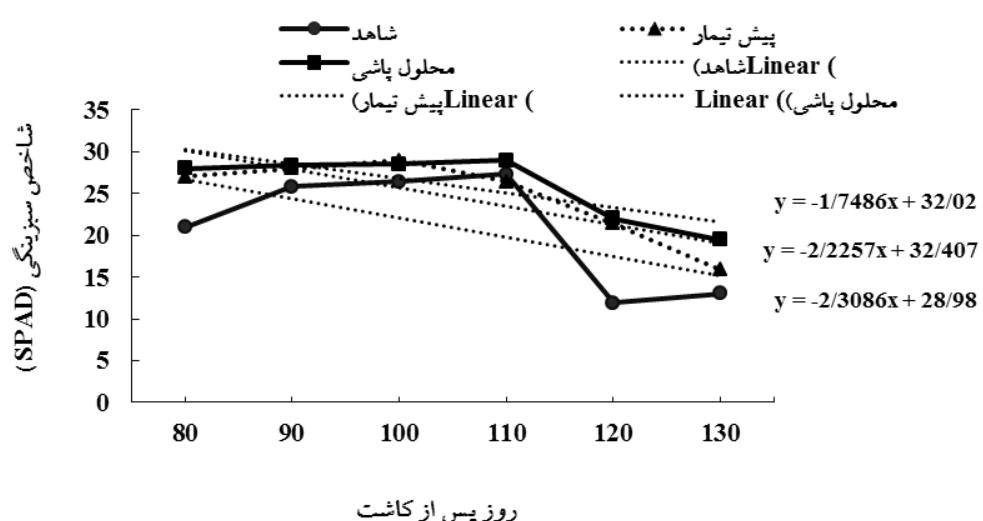
شاخص پایداری غشا برگ: شاخص پایداری غشا از پیری تسريع شده و کود جلبک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). فرسودگی موجب کاهش ۱۹/۷۹ درصدی شاخص پایداری غشا شد و پیش‌تیمار و محلول‌پاشی با کود جلبک به ترتیب این صفت را ۱۹/۲۲ و ۱۸/۵۸ درصد ارتقا داد (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش شاخص پایداری غشا در شرایط پیری تسريع شده احتمالاً افزایش پراکسیداسیون لیپیدها است که منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد می‌شود و به غشا خسارت وارد می‌کند. تولید و انباستگی رادیکال‌های آزاد موجب خسارت به اسیدهای چرب غیراشباع غشاهای سلولی می‌شود، در ادامه رادیکال‌های آزاد دیگری تولید می‌شوند که

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات پیری تسریع شده بر کاروتونوئید، فلاونوئید، آنتوسیانین، شاخص پایداری غشا، ماده خشک کل، درصد روغن و پروتئین و عملکرد دانه سویا

| عملکرد دانه | ماده خشک کل | پروتئین | روغن | شاخص پایداری غشا | آنتوسیانین | فلاونوئید | کاروتونوئید | تیمارها |
|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|------------|
| (گرم در متر مربع) | | (درصد) | | | (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) | | | |
| ۲۲۹/۳۶ ^a | ۶۸۷/۲۸ ^a | ۳۸/۰۴ ^a | ۱۹/۹۷ ^a | ۲۷/۲۳ ^a | ۰/۰۹ ^b | ۱۵/۷۲ ^b | ۰/۳۷ ^b | بذر عادی |
| ۱۵۳/۲۴ ^b | ۵۳۷/۵۰ ^b | ۳۷/۱۴ ^b | ۱۹/۱۸ ^b | ۲۱/۸۴ ^b | ۰/۱۱ ^a | ۱۷/۶۸ ^a | ۰/۵۰ ^a | بذر فرسوده |



شکل ۳- روند شاخص سبزینگی در برگ‌های سویا در گیاهان حاصل از بذر نرمال تحت تأثیر کود جلبک دریابی



شکل ۴- روند شاخص سبزینگی در برگ‌های سویا در گیاهان حاصل از بذر فرسوده تحت تأثیر کود جلبک دریابی

در گیاهان شاهد، روند کاهشی شاخص سبزینگی با سرعت بیشتری اتفاق افتاد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کاربرد کود

استفاده از کود جلبک در بذر فرسوده، از روند سریع کاهش سبزینگی برگ‌ها جلوگیری کرد (شکل ۴). در حالی که

گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش کلروفیل در شرایط فرسودگی می‌تواند نقش مهمی در کاهش معنی‌دار درصد روغن در این شرایط داشته باشد. انرژی لازم برای ساختن روغن بسیار بیشتر از انرژی لازم برای ساختن کربوهیدرات‌ها است، بنابراین گیاه در هنگام کاهش مواد فتوستتری میزان کمتری از این مواد را به ساختن روغن اختصاص می‌دهد که موجب کاهش درصد روغن در بذر می‌شود (Verma *et al.*, 2005). پژوهشگران گزارش کردند که اعمال تیمار فرسودگی روی کلزا سبب کاهش درصد روغن در بذر گیاهان حاصل می‌شود (Verma *et al.*, 2005) در سویا (رحمی و همکاران, ۱۳۹۴) و گلنگ (Onder *et al.*, 2020) مشاهده شد که اعمال فرسودگی موجب کاهش درصد روغن در بذر گیاهان حاصل از آنها شد. با توجه به اینکه کود جلبک دریایی حاوی مقادیر قابل توجهی 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 درنتیجه افزایش درصد روغن شده است (Shahbazi *et al.*, 2015). کاربرد کود جلبک دریایی در کلزا نیز درصد روغن را تا سطح معنی‌داری افزایش داد (آذرمهر و همکاران, ۱۳۹۶).

درصد پروتئین دانه: درصد پروتئین دانه از تیمار پیری تسریع شده و کود جلبک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۰/۹۰ درصدی پروتئین دانه شد (جدول ۳). پیش‌تیمار بذر با کود جلبک موجب افزایش ۰/۴۳ درصدی پروتئین دانه نسبت به عدم کاربرد این ماده شد و این در حالی بود که محلول‌پاشی با کود جلبک اختلافی از لحاظ درصد پروتئین دانه با شاهد نشان نداد (جدول ۴). مشابه نتایج این تحقیق، محققان دیگر نیز بیان کردند که فرسودگی موجب کاهش درصد پروتئین در گلنگ گردید (Onder *et al.*, 2020).

ماده خشک کل: ماده خشک کل از تیمارهای فرسودگی و کود جلبک به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد تأثیر پذیرفت (جدول ۲). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۱۸/۱۲ درصدی ماده خشک کل در گیاهان حاصل از بذر

جلبک به صورت محلول‌پاشی برگی بهتر از دو سطح دیگر عمل کرد و موجب شد در آخرین اندازه‌گیری، مقدار شاخص سبزینگی در برگ گیاهان سویا در سطح بالاتری نسبت به عدم کاربرد این ماده قرار بگیرد (شکل ۳).

شاخص سبزینگی یکی از عوامل مهم در تعیین سرعت فتوستتر و تولید ماده خشک است. کاهش شاخص سبزینگی با اعمال فرسودگی به دلیل کاهش عوامل لازم جهت سنتز گلروفیل و تخریب ساختمان آن است (عیسوند و همکاران، ۱۳۹۳). شاخص سبزینگی در مرحله پرشدن دانه با افزایش سن گیاه در تمام تیمارها روند کاهشی داشت که با توجه به کاهش محتوای کلروفیل در اوآخر چرخه زندگی گیاه به واسطه تسریع در پیری برگ قابل انتظار بود. افزایش شاخص سبزینگی با کود جلبک را می‌توان با نیتروژن موجود در این کود مرتبط دانست. با توجه به نقش ساختاری نیتروژن در حلقه‌های تترایپرولی کلروفیل، چنین افزایشی توجیه‌پذیر است. در راستای این تحقیق محققان دریافتند که اثر کودهای بیولوژیک با افزایش محتوای سبزینگی برگ، از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ امکان‌پذیر است، که از یکسو موجب فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر موجب افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست می‌شود (Ali *et al.*, 2022).

درصد روغن دانه: اثرات فرسودگی و کود جلبک در سطح احتمال پنج درصد بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۰/۸۶ درصدی روغن دانه شد (جدول ۳). استفاده از کود جلبک به صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه نسبت به عدم کاربرد این ماده شد (جدول ۴). از دلایل کاهش میزان روغن دانه در شرایط فرسودگی

می‌توان به کاهش سطح برگ، کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوستتری اشاره کرد. از آنجا که بیوسنتز اسیدهای چرب در کلروپلاست و پلاستیدها صورت می‌گیرد، بنابراین تخریب ساختار کلروپلاست در اثر فعالیت

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات کود جلبک بر کاروتونئید، فلاونوئید، آنتوسیانین، شاخص پایداری غشا، ماده خشک کل، درصد روغن و پروتئین و عملکرد دانه

| تیمارها | کاروتونئید | فلاونوئید | آنتوسیانین | شاخص پایداری غشا | روغن | پروتئین | ماده خشک کل | عملکرد دانه |
|------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | (درصد) | (درصد) | | (گرم در متر مربع) | |
| شاهد | ۰/۵۰ ^a | ۱۵/۷۵ ^a | ۰/۱۲ ^a | ۲۱/۷۹ ^b | ۱۹/۳۷ ^b | ۳۷/۸۸ ^b | ۵۲۱/۷۹ ^c | ۱۶۷/۲۱ ^b |
| پیش تیمار | ۰/۴۸ ^a | ۱۶/۲۷ ^a | ۰/۱۱ ^a | ۲۵/۹۸ ^a | ۱۹/۶۱ ^{ab} | ۳۸/۳۱ ^a | ۶۹۵/۳۵ ^a | ۲۲۸/۲۳ ^a |
| محلول پاشی | ۰/۴۵ ^a | ۱۶/۹۸ ^a | ۰/۱۱ ^a | ۲۵/۸۴ ^a | ۱۹/۷۴ ^a | ۳۷/۵۸ ^b | ۶۲۰/۰۳ ^b | ۲۰۳/۴۶ ^a |

عملکرد دانه سویا گردیده است. افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با کود جلبک دریایی به حضور عناصر ضروری و هورمون‌ها در کود جلبک دریایی به خصوص سیتوکینین‌ها می‌تواند مرتبط باشد. این افزایش در میزان سیتوکینین در دسترس گیاه موجب شروع گلدهی و افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Vijayanand *et al.*, 2014). در پژوهش‌های دیگری استفاده از کود جلبک دریایی سبب افزایش عملکرد در سویا گردید (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Patil *et al.*, 2019؛ Kocira *et al.*, 2019؛ Rahgoshahi *et al.*, 2022). پژوهشگران دریافتند که در شرایط استفاده از بذور عادی سویا، سرعت جوانه‌زنی گیاهان بالاتر بود و درنتیجه در رقابت موفق‌تر عمل کردند و عملکرد بیشتری را نسبت به شرایط فرسودگی نشان دادند (Caverzan *et al.*, 2018). در سایر تحقیقات، فرسودگی بذر سویا موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Caverzan *et al.*, 2018).

نتیجه‌گیری

برطبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، عوامل پیری تسریع شده موجب کاهش رنگدانه‌های فتوستتری و غیرفوستتری و عملکرد دانه سویا می‌گردد و استفاده از کود جلبک دریایی به صورت پیش‌تیمار بذری، محلول‌پاشی برگی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی، تأثیر مطلوبی در بهبود رنگدانه‌های گیاهان حاصل از بذور عادی و فرسوده سویا نشان داد. در این بین کاربرد پیش‌تیمار بذری بهتر از محلول‌پاشی برگی عمل کرد. با کاربرد کود جلبک، روند

فرسوده شد (جدول ۳). استفاده از کود جلبک به صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی به ترتیب موجب افزایش ۳۳/۲۶ و ۱۸/۸۲ درصدی ماده خشک کل نسبت به عدم کاربرد این ماده شد (جدول ۴). احتمالاً پیری تسریع شده با تأثیر بر کیفیت بذر موجب کاهش استقرار، رشد و کاهش وزن خشک تک بوته‌ها و درنهایت کاهش ماده خشک کل گردیده است. در راستای تحقیق حاضر محققان دیگری نیز دریافتند که پیری تسریع شده موجب کاهش ماده خشک کل در لوبیا گردید (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش رشد در گیاه تحت تأثیر کاربرد کود جلبک به دلیل وجود مقدار قابل توجهی از عناصر مورد نیاز گیاه و همچنین وجود هورمون‌های گیاهی Shahbazi *et al.*, (2015). اثرات مطلوب کود جلبک دریایی بر ماده خشک کل در گیاهان اعلام شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹؛ آذرمهر و همکاران، ۱۳۹۶).

عملکرد دانه: عملکرد دانه سویا تحت تأثیر پیری تسریع شده و کود جلبک (P<۰/۰۵) قرار گرفت (جدول ۲). اعمال پیری تسریع شده موجب کاهش ۳۳/۱۸ درصدی عملکرد دانه شد (جدول ۳). استفاده از کود جلبک به صورت پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی به ترتیب موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۶/۴۹ و ۲۱/۶۷ درصد نسبت به شاهد شد. (جدول ۴). می‌توان این طور بیان کرد که اعمال پیری تسریع شده از طریق کاهش میزان کلروفیل b و وزن خشک اندام‌های هوایی موجب کاهش عملکرد دانه شده است. کاربرد کود جلبک با افزایش دادن میزان کلروفیل موجب افزایش

گلدهی سبب تخفیف اثرات فرسودگی بذر و افزایش عملکرد دانه در گیاه سویا می‌گردد.

پیری در برگ گیاهان سویا با سرعت کمتری ادامه پیدا کرد. درنهایت در محدوده پژوهش انجام شده می‌توان پیشنهاد نمود که کاربرد کود جلبک دریایی به صورت کاربرد توأم پیش‌تیمار بذری و محلول‌پاشی برگی با غلظت 0.3% درصد در مرحله آغاز

منابع

- آذرمهر، علی‌رضا، باقی، مهدی، و ضیایی‌نسب، مهدی (۱۳۹۶). بررسی کاربرد کود جلبک دریایی و کود گوگرد سولفاته بر عملکرد و برخی اجزای عملکرد کلزا پاییزه رقم ناتالی. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر، ۳، ۱۶۵-۱۵۵.
- احمدی، فرید، پاساری، بابک، و جواهری، محسن (۱۳۹۹). بررسی واکنش ذرت دانه‌ای تحت تأثیر کاربرد کودهای مختلف شیمیایی، نانو، نانوبیولوژیک و کود ارگانیک جلبک دریایی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱۲، ۲۰۳-۱۸۸.
- بیگ‌زاده، سارا، ملکی، عباس، میرزایی‌حیدری، محمد، رنگین، علی‌رضا، و خورگامی، علی (۱۳۹۹). اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات فیزیولوژیکی لوبيا سفید در شرایط تنفس خشکی. نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۴، ۴۴-۲۱. DOI:10.30495/JCEP.2020.671639.
- رحیمی، گلاله، برادران فیروزآبادی، مهدی، مکاریان، حسن، غلامی، احمد، و قلی‌پور، منوچهر (۱۳۹۴). تأثیر پیری بذر و پیش‌تیمار با پیریدوکسین بر رشد و عملکرد سویا در رقابت با علف‌های هرز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شهرورد، شهرورد، ایران.
- سیادت، سید عطاء‌الله، شرفی‌زاده، مهران و موسوی، امیر (۱۳۹۰). اثر هورمون پرایمینگ بر کاهش فرسودگی بذر ذرت. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳، ۶۷-۳۸.
- عیسوند، حمید رضا، گنجبخش صنعتی، علی رضا (۱۳۹۳). بررسی اثر اسید جیبرلیک و نحوه استفاده از آن بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه بذرهای زوال‌یافته باونه زرد اروپایی. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۳، ۱۵-۱.
- قادری‌فر، فرشید، سلطانی، افشین، و صادقی‌پور، حمید رضا (۱۳۹۲). تغییرات بیوشیمیایی طی زوال بذرهای کدوی تخم کاغذی: پراکسیداسیون لیپید و صدمات غشا. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران، ۶، ۹۶-۱۱۲.
- محمدزاده، آرش، اسدی، صادق، مجnoon حسینی، ناصر، مقدم، حسین و جمالی، محسن (۱۳۹۷). اثر پیری مصنوعی بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، استقرار گیاه‌چه و عملکرد دو رقم لوبيا قرمز. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۷، ۹۴-۷۵.
- معیری، سعید، برادران فیروزآبادی، مهدی، قلی‌پور، منوچهر، و حیدری، مصطفی (۱۴۰۱). تأثیر پیش‌تیمار بذر با ویتامین‌های گروه ب بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک کلزا در شرایط فرسودگی بذر. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱۱، ۱۰۷-۹۵.
- Ali, I. M., Nulit, R., & Ibrahim, M. H. (2017). Deterioration of quality soybean seeds (*Glycine max L.*) at harvest stages, seed moisture content and storage temperature in Malaysia. *International Journal Bioscience*, 10, 372-381. DOI: 10.12692/ijb/10.5.372-381.
- Ali, J., Jan, I., Ullah, H., Ahmed, N., Alam, M., Ullah, R., El-Sharnouby, M., Kesba, H., Shukry, M., Sayed, S., & Nawaz, T. (2022). Influence of *Ascophyllum* extract foliar spray on the physiological and biochemical attributes of okra under drought stress. *Plants*, 11(6), 790. <https://doi.org/10.3390/plants11060790>.
- 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. (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. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.005>.
- Ashour, M., Hassan, S. M., Elshobary, M. E., Ammar, G. A. G., Gaber, A., Alsanie, W. F., Mansour, A. T., & El-Shenody, R. (2021). Impact of Commercial Seaweed Liquid Extract (TAM®) Biostimulant and its bioactive molecules on growth and antioxidant activities of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Plants*, 10, 1045. <https://doi.org/10.3390/plants10061045>.

- Caverzan, A., Giacomin, R., Muller, M., Biazus, C., Langaro, N., & Chavarria, G. (2018). How does seed vigor affect soybean yield components. *Crop Ecology and Physiology*, 110, 1318-1327. DOI: 10.2134/agronj2017.11.0670.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal Food Drug Analls*, 10, 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>.
- De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T., & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal Applied of Phycology*, 32, 573-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01903-9>.
- Guerreiro, J. C., Blainski, E., Silva, D. L., Caramelo, J. P., Pascutti, T. M., Oliveira, N. C., & Ferreira-Filho, P. (2017). Effect of the seaweed extract applied on seeds and foliar sprays on soybean development and productivity. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 15(1), 18-21.
- 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 Soil Science and Plant*, 1-14. DOI: org/10.1007/s42729-022-00774-3.
- Hiscox, J. D., & Israelstom, G. F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, 57, 1332-1334.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2009). International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 49, 86-41.
- Joshi-Paneri, J., Chamberland, G., & Donnelly1, D. (2020). Effects of chelidonium majus and *Ascophyllum nodosum* extracts on growth and photosynthesis of soybean. *Acta Agrobotany*, 73, 1-6. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.7313>.
- Kocira, S., Szparaga, A., Kubo, M., Czerwinska, E., & Piskier, T. (2019). Morphological and biochemical responses of *Glycine max* (L.) Merr. to the use of seaweed extract. *Agronomy*, 9, 93. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020093>.
- Koskosidis, A., Khah, E. M., Pavli, O. I., & Vlachostergios, D. N. (2022) Effect of storage conditions on seed quality of soybean (*Glycine max* L.) germplasm. *AIMS Agriculture Food*, 7, 387-402. doi: 10.3934/agrfood.2022025.
- 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.
- Mita, S., Murano, N., Akaike, M., & Nakamura, K. (1997). Mutants of *Arabidopsis thaliana* with pleiotropic effects on the expression of the gene for beta amylase and on the accumulation of anthocyanin those are inducible by sugars. *Plant*, 11, 841-851. doi: 10.1046/j.1365-313x.1997.11040841.x.
- 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. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42227873>.
- Oomah, B. D., Mazza, G., & Przyblski, R. (1995). Comparison of flaxseed meal lipids extracted with different solvent. *Journal of Food Science and Technology*, 29, 654-658.
- Patil, S., Bhalerao, G. A., More, V. R., & Waghmare, P. K. (2019). Effect of combination of inorganic fertilizer and seaweed extract on growth and yield of soybean crop. *Journal of Chemistry*, 7, 2304-2306.
- Rahgoshahi, M., Panahi Kordlaghari, K. H., & Rahimi, M. M. (2022). Study on humic acid and algae effects on grain yield and agronomical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journnal Medic. Aromatic Plants Research*, 38, 287-300.
- Ramarajan, S., Henry Josef, L., & Saravana Ganthi, A. (2012). Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. *Journal of Crop Science and Technology*, 1, 1-5.
- Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, 10, 277. <https://doi.org/10.3390/antiox10020277>.
- Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. (2001). Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186, 63-70. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00461.x>.
- Shahbazi, F., Seyyed nejad, M., Salimi, A., & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *Journal of Agriculture Crop Science*, 8, 283-287.
- 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, 1-8.
- Soltani, A., Galeshi, S., Kamkar, B., & Akramghaderi, F. (2009). The effect of seed aging on the seedling growth as affected by environmental factors in wheat. *Research Journal. Environmental Science*, 3, 184-192. DOI: 10.3923/rjes.2009.184.192.
- Verma, S. K., Bjpai, G. C., Tewari, S. K., & Singh, J. (2005). Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. *Legume Resarch*, 28, 143-145.

Vijayanand, N., Ramya, S. S., & Rathinavel, S. (2014). Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. Asian Pacific. *Journal Reproduction*, 3, 150-155. DOI: 10.1016/S2305-0500(14)60019-1

Waqas, M., Korres, N. E., Khan, M. D., Nizami, A., Deeba, F., Ali, I., & Hussain, H. (2019). Advances in the concept and methods of seed priming. In priming and pretreatment of seeds and seedlings. *Springer Nature: Singapore*, 1, 11-41.

The effect of pretreatment and foliar spraying of seaweed fertilizer (*Ascophyllum nodosum*) on the improvement of pigments, qualitative traits and grain yield of soybeans obtained from aged seeds

Safiye Arab, Mehdi Baradaran Firouzabadi*, Ahmad Gholami, Mostafa Haydari

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood,
Iran

(Received: 12/12/2022, Accepted: 15/03/2023)

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effect of seaweed fertilizer on the improvement of physiological traits of soybeans in the research field of Shahrood University of Technology Faculty of Agriculture during two crop years, 2018–2019 and 2019–2020. The experiment was carried out factorially in the form of a randomized complete block design in three replications. The experimental factors included accelerated aging in two levels (control seeds and aged seeds) and seaweed fertilizer in three levels (control: no treatment, seed pretreatment and foliar spraying with a concentration of 0.3% seaweed fertilizer). Results showed that accelerated aging in the first and second years of the experiment caused a decrease of 15.11 and 13.33% in the amount of chlorophyll a in leaves of plants obtained from these seeds. In both years, the foliar application of seaweed fertilizer in normal and aging conditions caused a significant increase in the amount of chlorophyll a to a significant level. Accelerated aging in seeds caused an increase of 35.13, 12.46 and 22.22 percent of carotenoid, flavonoid and anthocyanin in the leaves of plants obtained from these seeds, respectively. Accelerated aging decreased by 0.86%, 0.90% and 33.18% of seed oil, protein and yield. The maximum levels of oil and protein were 19.74% and 38.31%, respectively, which belonged to foliar spraying and seed pretreatment treatments. Using seaweed fertilizer as seed pretreatment and foliar spraying increased yield by 36.49% and 21.67%, respectively, compared to the control. Finally, pre-treatment of seeds with seaweed fertilizer can be suggested to improve the effects of seed aging and increase yield in the soybeans.

Keywords: Antioxidant, Accelerated aging, Oil percentage

Corresponding author, Email: m.baradaran.f@gmail.com