

(OPEN ACCESS)

Improving yield, yield components and some qualitative traits of soybeans with priming and foliar application of micronutrients under weed stress

Hamid Bagheri¹, Ali Sepehri^{*2}

1. Ph.D. Student in Agrotechnology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: h.bagheri@agr.basu.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: a_sepehri@basu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 03.27.2024
Revised: 05.13.2024
Accepted: 05.25.2024

Keywords:
Harvest index,
Pretreatment,
Protein percentage and yield,
Oil percentage and yield,
Salicylic acid

ABSTRACT

Background and Objectives: Weed competition for resources and food is one of the most important limiting factors in soybean production, and weed interference can significantly reduce soybean yield. Today, one of the solutions to deal with these unwanted plants on farms is the use of stress alleviator and micronutrient fertilizers, which have a significant effect on the ability of crops to compete with weeds, for this purpose, the effect of seed priming and foliar application of micronutrients was investigated on yield, yield attributes and some qualitative traits of soybean under weed stress.

Materials and Methods: In this research, seed priming and foliar application of micronutrients were investigated on yield, yield attributes and some qualitative traits of soybean cv. Kowsar under weed stress as a factorial experiment based on a completely randomized block design during 2020-2021 at Qorveh (Kurdistan province) in three replications. salicylic acid priming with a concentration of 0.5 mM, hydropriming and no-priming, hand weeding in three levels no-weeding, once weeding and twice weeding and foliar application of micronutrients in four levels include foliar application with water (control), zinc sulfate with a concentration of 0.03%, manganese sulfate with a concentration of 0.03% and 9% iron chelate were the treatments of this experiment.

Results: Based on the results, the parameters of the yield attributes such as the number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant and the harvest index showed improvement of yield in the pretreatment of seeds with salicylic acid under stress/non-stress conditions. Plant height, seed yield, biological yield, percentage and yield of protein and percentage and yield of oil were affected by the interaction of seed pretreatment, weeding and foliar application, so that with the application of seed pretreatment, with and without weeding conditions and foliar application with micronutrient elements, plant height, seed and biological yield, oil percentage and oil yield showed a significant increase than foliar application with water. The research findings show that the highest number

of pods per plant was obtained in the twice-weeding and foliar application with iron so the number of pods per plant increased by 39.77% compared to the treatment of no-weeding and foliar spraying with water. Unlike seed oil, seed protein decreased under the pretreatment of seeds with salicylic acid and foliar application of micronutrients but yield protein in seed pretreatment with salicylic acid and foliar application of iron with once weeding had its highest value in soybean. Pretreatment of seeds and foliar application of micronutrient elements at all levels of weeding increased the percentage of soybean oil compared to the control treatment so that in the treatment non-prime and foliar application with water, weeding increased 10.17% of soybean oil than the control treatment. In most of the studied traits, the pretreatment of seeds with salicylic acid compared to the pretreatment of seeds with water, was able to create more favourable conditions in the presence of weeds and without weeds, so that salicylic acid priming and iron foliar application, only with once weeding, had the same grain yield as salicylic acid priming and manganese and zinc foliar application in twice weeding conditions.

Conclusion: Based on the findings of this research, salicylic acid priming and iron foliar application, can reduce at least one-time hand weeding of the field, which can save the time and cost of hand weeding or lack of chemical herbicides application to conserve soil resources and avoid contamination of the environment.

Cite this article: Bagheri, Hamid, Sepehri, Ali. 2026. Improving yield, yield components and some qualitative traits of soybeans with priming and foliar application of micronutrients under weed stress. *Journal of Plant Production Research*, 33 (1), 27-62.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2024.22317.3135

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی دانه سویا با پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها تحت تنش علف‌های هرز

حمید باقری^۱، علی سپهری^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.
رایانامه: h.bagheri@agr.basu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران.
رایانامه: a_sepehri@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: رقابت علف‌های هرز برای منابع و مواد غذایی، یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید سویا است که می‌تواند عملکرد آن را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش دهد. امروزه یکی از راه‌کارهای مقابله با گیاهان ناخواسته در زمین زراعی، استفاده از تخفیف‌دهنده‌های تنش و هم‌چنین کودهای ریزمغذی است که تأثیر به‌سزایی بر توانایی رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز دارند. بدین منظور در این پژوهش تأثیر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی سویا تحت تنش علف‌های هرز مورد بررسی قرار گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵	مواد و روش‌ها: اثر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی سویا رقم کوثر تحت تنش علف‌های هرز به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در قروه (کردستان) در سه تکرار بررسی شد. پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، پیش‌تیمار با آب و بدون پیش‌تیمار، و جین دستی علف‌های هرز در سه سطح بدون و جین، یک‌بار و جین و دوبار و جین و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در چهار سطح محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات روی با غلظت ۰/۰۳ درصد، سولفات منگنز با غلظت ۰/۰۳ درصد و کلات آهن ۹ درصد تیمارهای پژوهش حاضر بودند.
واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پیش‌تیمار، درصد و عملکرد پروتئین، درصد و عملکرد روغن، شاخص برداشت	یافته‌ها: براساس نتایج به دست آمده، پارامترهای اجزای عملکرد مانند تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت، بهبود عملکرد را در پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند. ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد

بیولوژیک، درصد و عملکرد پروتئین و درصد و عملکرد روغن تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پیش تیمار بذر، وجین و محلول پاشی قرار گرفتند به طوری که با اعمال پیش تیمار بذر، در شرایط با و بدون وجین علف های هرز و محلول پاشی با عناصر ریزمغذی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک و درصد روغن و عملکرد روغن افزایش معنی داری نسبت به محلول پاشی با آب نشان داد. یافته های پژوهش نشان داد که بیش ترین تعداد نیام در بوته در تیمار دو بار وجین و محلول پاشی با آهن حاصل شد به طوری که موجب افزایش ۳۹/۷۷ درصدی تعداد نیام در بوته نسبت به تیمار بدون وجین و محلول پاشی با آب گردید. پروتئین دانه برخلاف روغن دانه، تحت شرایط پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول پاشی عناصر ریزمغذی، کاهش یافت ولی عملکرد پروتئین دانه در پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول پاشی آهن با یک بار وجین دارای بیش ترین مقدار خود بود. پیش تیمار بذر و محلول پاشی عناصر ریزمغذی در تمامی سطوح وجین علف های هرز موجب افزایش درصد روغن دانه سویا نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که در تیمار بدون پیش تیمار و محلول پاشی با آب، وجین علف های هرز موجب افزایش ۱۰/۱۷ درصدی روغن دانه سویا نسبت به تیمار شاهد شد. در اکثر صفات مورد بررسی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نسبت به پیش تیمار بذر با آب، توانست در حضور و عدم حضور علف های هرز، شرایط مطلوب تری را ایجاد کند به طوری که پیش تیمار اسید سالیسیلیک و محلول پاشی آهن، تنها با یک بار وجین، عملکرد دانه مشابه با پیش تیمار اسید سالیسیلیک و محلول پاشی با منگنز و روی در شرایط دوبار وجین داشت.

نتیجه گیری: براساس یافته های این پژوهش، می توان با به کارگیری پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول پاشی آهن، حداقل به میزان یک بار وجین مزرعه را کاهش داد که نتیجه آن می توان صرفه جویی در وقت و هزینه انجام وجین دستی و یا عدم به کارگیری علف کش های شیمیایی در جهت حفظ منابع خاک و عدم آلودگی محیط زیست باشد.

استناد: باقری، حمید، سپهری، علی (۱۴۰۵). بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی دانه سویا با پیش تیمار بذر و محلول پاشی ریزمغذی ها تحت تنش علف های هرز. نشریه پژوهش های تولید گیاهی، ۳۳ (۱)، ۶۲-۲۷.

DOI: 10.22069/jopp.2024.22317.3135



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) یکی از گیاهان زراعی مهم روغنی و پروتئینی بوده که کشت آن در ایران به سرعت در حال افزایش می‌باشد (۱) ولی رقابت علف‌های هرز برای منابع و مواد غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در سیستم‌های تولید سویا است، به طوری که تداخل آن بسته به نوع علف‌های هرز، تراکم و مدت زمان تداخل، می‌تواند عملکرد سویا را به ۹۳ درصد کاهش دهد (۲). آلودگی سویا به علف‌های هرز، محدودیتی مداوم و پیچیده در بسیاری از مناطق تولید این گیاه بوده که از طریق رقابت برای مواد مغذی، آب و نور، بر رشد و نمو سویا تأثیر می‌گذارد. بنابراین راه‌کارهای جلوگیری از ایجاد تنش علف‌های هرز، عاملی کلیدی در تولید موفقیت‌آمیز این گیاه بوده و سیستم‌های مختلف مدیریتی در این خصوص توسعه یافته است (۳).

بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که گیاه سویا با تغییر شرایط رشدی از مطلوب به سمت بحرانی و تنش، خطر بیشتری در کاهش عملکرد دارد (۴). بنابراین یک استراتژی نوآورانه در مدیریت محصول یکپارچه، استفاده از ترکیبات شیمیایی و همچنین محلول‌پاشی عناصر مغذی روی برگ‌ها است که موجب کنترل تنش‌های زنده مانند علف‌های هرز (۵) و غیرزنده مانند نور (۶)، اشعه ماوراء بنفش (۷)، شوری (۸) و خشکی (۹) می‌شوند. در این میان، عناصر ریزمغذی از طریق فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی گیاهان، برای محافظت از آنها در شرایط تنش، پیشنهاد شده است (۱۰). براین اساس یکی از مؤلفه‌های مهم کاهش تنش‌های وارد شده از سوی علف‌های هرز به گیاهان زراعی، به کارگیری و استفاده از ترکیبات و عناصر غذایی است (۵). استفاده از ریزمغذی‌ها، ابزاری نویدبخش برای کاهش تداخل علف‌های هرز با گیاهان زراعی است به طوری که

جذب عناصر غذایی توسط گیاهان می‌تواند از طریق محلول‌پاشی به حداکثر برسد. این نوع روش‌های زراعی از طرفی باعث کاهش پتانسیل رشد علف‌های هرز شده و از طرفی دیگر، موجب افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی گیاهان زراعی می‌شوند (۱۱). بنابراین، تغذیه کودی یکی از عوامل اصلی در تعامل گیاه- علف‌های هرز است و قابلیت رقابت محصولات را در برابر علف‌های هرز بر سر منابعی مانند آب و مواد غذایی افزایش می‌دهد (۱۲). از سوی دیگر، کاربرد صحیح عناصر غذایی، موجب بهبود خصوصیات تحمل به تنش در گیاهان شده و بدین وسیله، رشد محصول را از طریق به حداقل رساندن تنش علف‌های هرز، بهبود می‌بخشد. بنابراین، پژوهش در مورد شرایط تنش رطوبتی و غذایی که توسط علف‌های هرز حاصل می‌شود، نقش مهمی در احیای شیوه‌های زراعی برای کشت گیاه سویا دارد. به طوری که علف‌های هرز می‌توانند زیر سطح آستانه اقتصادی نگه داشته شوند که نتیجه آن، بهبود بهره‌وری محصول (۱۳) و همچنین کاهش مصرف علف‌کش‌ها، هزینه‌ها و خطرات زیست‌محیطی خواهد بود (۱).

از طرفی، جوانه‌زنی ضعیف در مراحل اولیه رشدی گیاه، امکان رشد بیشتر علف‌های هرز را از طریق عدم حصول تراکم مطلوب در مزرعه را موجب می‌شود و توانایی رقابت گیاه در برابر علف‌های هرز را کاهش می‌دهد (۱۴). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که صفات مرتبط و نزدیک با رقابت‌پذیری علف‌های هرز با گیاهان زراعی شامل قدرت جوانه‌زنی اولیه بذری، رشد سریع گیاهچه و رسیدن زودهنگام به زیست‌توده مطلوب است که می‌تواند از طریق جوانه‌زنی سریع توسط بذرهای پیش‌تیمارشده امکان‌پذیر گردد (۱۵). همچنین جوانه‌زنی بیش‌تر و هماهنگ بذرهای پیش‌تیمار شده می‌تواند استقرار قوی و بهتر گیاه زراعی را در مزرعه تضمین کند (۱۶). چرا که با

موجود است. هدف از این مطالعه بررسی چگونگی تأثیر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی عناصر غذایی تحت تنش علف‌های هرز، بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی سویا بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، طی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی شرکت آرمان توسعه غرب واقع در ۵ کیلومتری جاده قروه- سنندج به اجرا درآمد. این منطقه در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی واقع شده و دارای ارتفاعی معادل ۱۸۹۸ متر از سطح دریا می‌باشد. داده‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

در این آزمایش، اثر پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کیفی سویا رقم کوثر تحت تنش علف‌های هرز به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد که در آن پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (۲۶) به مدت ۶ ساعت، پیش‌تیمار با آب (هیدروپرایم) به مدت ۶ ساعت به صورت غوطه‌ور در آب (۲۶) و بدون پیش‌تیمار، و جین دستی علف‌های هرز در سه سطح بدون وجین، یکبار وجین و دوبار وجین قبل از محلول‌پاشی و در نهایت محلول‌پاشی شامل عناصر ریزمغذی در چهار سطح محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات روی با غلظت ۰/۰۳ درصد (۲۸ و ۲۹)، سولفات منگنز با غلظت ۰/۰۳ درصد (۲۹) و آهن به میزان ۳/۶۴ کیلوگرم در هکتار از منبع کلات آهن (FeEDTA) با آهن ۹ درصد (۳۰) در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. هر بلوک شامل ۳۶ کرت و هر کرت به طول سه متر و عرض ۳/۲ متر شامل ۸ ردیف کاشت بود. فاصله ردیف‌ها ۴۰

توسعه سریع کانوبی گیاه زراعی، موجبات برتری اولیه گیاه زراعی نسبت به علف‌های هرز و همچنین افزایش رقابت‌پذیری با علف‌های هرز فراهم می‌شود (۱۷). هریس و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که به دلیل پیش‌تیمار بذر، نهال برنج می‌تواند با علف‌های هرز با موفقیت بیشتری رقابت کند (۱۸). داجی و آیشتار (۲۰۲۰) عقیده دارند که پیش‌تیمار بذر توانایی رقابتی گیاه زراعی را در برابر علف‌های هرز بهبود می‌بخشد و سبز شدن سریع‌تر همراه با افزایش قدرت جوانه‌زنی بذر پیش‌تیمار شده، از عوامل کلیدی برای مقاومت به تنش علف‌های هرز است (۱۹). دو و توونگ (۲۰۰۲) تأثیر مثبت پیش‌تیمار بذر را بر سرکوب علف‌های هرز در روش کشت مستقیم برنج در شرایطی که میزان بذر کم استفاده شده بود، مشاهده کردند (۲۰). همچنین تأثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش توان رقابتی گیاه ذرت در برابر علف‌های هرز توسط تاگور و مساعد (۲۰۱۷) گزارش شده است (۲۱). از سوی دیگر، ژائو و همکاران (۲۰۰۷)، هیچ تأثیری مثبتی بر افزایش توان رقابتی گیاه با علف‌های هرز در اثر پیش‌تیمار بذر مشاهده نکرده‌اند (۲۲). با توجه به نتایج اکثر مطالعات این فرضیه تقویت شد که پیش‌تیمار بذر ممکن است با افزایش توان رقابتی گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز، موجب سرکوب علف‌های هرز شود. بنابراین، بر اساس توانایی رقابتی زیادتر بسیاری از علف‌های هرز نسبت به سویا (۲۳) و توانایی ضعیف سویا در تثبیت نیتروژن در شرایط تنش (۲۴)، ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی به‌عنوان منابع غذایی مکمل و همچنین پیش‌تیمار بذر، برای بهبود و حتی افزایش رشد سویا در شرایط تنش علف‌های هرز را بیش از پیش کرده است (۲۵). با این حال، اطلاعات بسیار اندکی در مورد اثر عناصر مهم ریزمغذی و همچنین پیش‌تیمار بذر بر رشد و نمو سویا در شرایط تنش حاصل از علف‌های هرز،

فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل (۴۸-۴۴ درصد فسفر) قبل از کاشت و مقدار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن توصیه شده از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در هنگام کاشت مصرف شد.

سانتی متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی متر در نظر گرفته شد (۳۱). خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری، در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج حاصل از آزمون خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متر، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود

جدول ۱- داده‌های هواشناسی شهرستان قروه در طول دوره رشد سویا.

Table 1. Meteorological data for Qorveh county during the growing season.

سرعت باد (متر بر ثانیه) Speed (m/s)	ساعات آفتابی Hours of sunshine	تبخیر (میلی متر) Monthly evaporation (mm)	بارندگی (میلی متر) Precipitation (mm)	رطوبت نسبی (درصد) Relative Humidity (%)		دما (درجه سلسیوس) Temperature (°C)	میانگین Average
				حداقل Min.	حداکثر Max.		
16.83	290.2	298.7	17.81	36.4	70	21.75	

جدول ۲- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table 2. Physical and chemical properties of the experimental field soil.

پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) K (mg.Kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg.Kg ⁻¹)	نیتروژن کل (درصد) T.N (%)	اسیدیته گل اشباع (۱ به ۲/۵) pH (1:2.5)	جرم ظاهری خاک (میلی گرم بر متر مکعب) Soil Bulk Density (mg.m ⁻³)	آب در دسترس (درصد) Available Water (%)	نقطه پژمردگی دائمی خاک (درصد) Permanent Wilting Point (%)	ظرفیت مزرعه (درصد) Field Capacity (%)	بافت خاک Soil Texture	عمق خاک (سانتی متر) Soil Depth (cm)
541.6	12.89	0.083	7.63	1.24	21.6	23.1	44.1	رسی-لومی Clay-loam	0-30

بذرهای سویا رقم کوثر قبل از اعمال تیمارهای پیش‌تیمار، با محلول دو درصد هیپوکلریت سدیم به مدت دو دقیقه ضدعفونی، سپس کاملاً با آب مقطر شسته شده و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) به مدت ۶ ساعت و غلظت موردنظر در آزمایشگاه پیش‌تیمار شدند. از پمپ آکواریوم و سنگ هوا به منظور تأمین اکسیژن طی فرایند پیش‌تیمار استفاده شد. بذرهای پس از خارج شدن از محلول‌های پیش‌تیمار، در دمای ۲۵-۲۲ درجه سلسیوس (کنترل

بذرهای سویا رقم کوثر قبل از اعمال تیمارهای پیش‌تیمار، با محلول دو درصد هیپوکلریت سدیم به مدت دو دقیقه ضدعفونی، سپس کاملاً با آب مقطر شسته شده و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) به مدت ۶ ساعت و غلظت موردنظر در آزمایشگاه پیش‌تیمار شدند. از پمپ آکواریوم و سنگ هوا به منظور تأمین اکسیژن طی فرایند پیش‌تیمار استفاده شد. بذرهای پس از خارج شدن از محلول‌های پیش‌تیمار، در دمای ۲۵-۲۲ درجه سلسیوس (کنترل

محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، در هنگام غروب آفتاب انجام گرفت. محلول‌پاشی به نحوی صورت گرفت که تمام سطح برگ (سطح بالا و پایین برگ) خیس شد و قطرات محلول جاری شد. برای جلوگیری از باد بردگی، محلول‌پاشی در زمانی انجام شد که هوا در منطقه تقریباً به صورت ساکن بود.

در پایان فصل رشد، با رعایت حاشیه تعداد ۱۵ بوته از هر واحد آزمایش به تصادف انتخاب شد و برای اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته مورد استفاده قرار گرفت. سپس در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، یک ردیف از دو طرف و نیم متر از بالا و پایین کرت‌ها به عنوان اثر حاشیه حذف و برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک استفاده شد. عملکرد بیولوژیک پس از خشک شدن گیاهان در آون ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۹۶ ساعت توزین شد (۲۶). به منظور سنجش وزن صد دانه، از هر کرت پنج نمونه صدتایی از بذر به‌طور تصادفی انتخاب و شمارش شد. پس از شمارش، بذرها با استفاده از ترازوی دیجیتال، وزن و میانگین بر حسب گرم ثبت شد.

شاخص برداشت از طریق نسبت عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد برای هر کرت به دست آمد (۲۶ و ۳۶).

$$HI = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100 \quad (1)$$

درصد پروتئین دانه با استفاده از نسخه اصلاح‌شده روش کج‌دال^۱ با استفاده از دستگاه (Kjeldtec™ 2300 Analyzer Unit, Foss Tecator Co, Sweden) روی یک گرم دانه برای هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه زیر، میزان نیتروژن کل

1- Kjeldahl

جهت کنترل آفات زراعی از روش بیولوژیکی (کارت زرد) استفاده شد. آبیاری به صورت معمول انجام و میزان آب مورد نیاز نیز با روش پیشنهادی علیزاده (۲۰۱۰) برآورد و توسط کنتور حجمی کنترل شد (۳۳).

وجین علف‌های هرز به صورت مکانیکی و با دست انجام شد. با توجه به این که عامل وجین در سه سطح بدون وجین، یک‌بار وجین و دوبار وجین بود، بنابراین انجام یک‌بار و دو بار وجین قبل از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی صورت پذیرفت. محلول‌پاشی در مرحله رشدی V4-V5 (مرحله چهار تا پنج گرهی روی ساقه اصلی با برگ‌های توسعه یافته) (۳۰) بر اساس مدل فهر و کاوینس (۱۹۷۷) شروع و محلول‌پاشی بعدی دو هفته بعد از اولین محلول‌پاشی انجام شد (۳۴). سولفات روی و سولفات منگنز از شرکت تهران تجارت ایرانیان آيسا (تتاكو) و کلات آهن خضراء (FeEDTA با آهن ۹ درصد) از شرکت صدور احراق شرق تهیه گردید.

در مرحله فنولوژیکی مورد نظر برای محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با سمپاش لانس‌دار ECHO، مدل SHP-2110 ساخت کشور ژاپن انجام پذیرفت. این سمپاش دارای پمپ پلانجر (جهت پودر کردن و پاشش محلول)، ظرفیت ۲۵ لیتر و حداکثر فشار پمپ (Kg/cm²) ۲۳/۵ و حداکثر حجم پاشش، ۷/۱ لیتر در دقیقه می‌باشد. لانس سمپاش نیز به یک شلنگ با قطر ۱۷ میلی‌متر به پمپ متصل شده بود. با توجه به این که عوامل محیطی شامل زمان روز، رطوبت، دما و سرعت باد بر جنبه‌های فیزیکی و بیولوژیکی محلول‌پاشی تأثیر گذاشته و نفوذپذیری بافت گیاه یک عامل مهم در جذب مواد ریزمغذی توسط گیاه است، بنابراین شرایط مرطوب و آرام به نفع بالاترین نفوذپذیری در بافت گیاهی بوده که اغلب در ساعات پایانی عصر مشاهده می‌شود (۳۵)، از این‌رو

شده با اسید سالیسیلیک، اختلاف معنی داری با بذور پیش تیمار نشده در تمامی شرایط با و بدون وجین علف‌های هرز، داشتند. بذور پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک و نیز آب (هیدروپرایم) در شرایط یکبار وجین و بدون محلول پاشی، توانست ارتفاع بوته سویا را تا سطح تیمار بدون پیش تیمار با دوبار وجین رساند که با انجام وجین و محلول پاشی عناصر ریزمغذی، ارتفاع بوته نسبت به شرایط دوبار وجین و محلول پاشی با عناصر ریزمغذی، افزایش یافت ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. بیشترین ارتفاع بوته در شرایط بذور پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک، دوبار وجین و محلول پاشی با کلات آهن مشاهده شد (۸۹/۸۳ سانتی متر) که موجب افزایش ۲۰/۵۸ درصدی ارتفاع بوته سویا نسبت به تیمار شاهد (بدون پیش تیمار و بدون وجین و محلول پاشی شده با آب) شد. از سویی دیگر، محلول پاشی عناصر غذایی نتوانست در شرایط بدون پیش تیمار و بدون وجین، ارتفاع بوته را افزایش دهد ولی در سایر تیمارهای پیش تیمار شده و وجین، تنها محلول پاشی با کلات آهن توانست اختلاف معنی داری را از نظر ارتفاع بوته در سویا نسبت به محلول پاشی با آب ایجاد کند (جدول ۴).

در شرایط رقابت گیاه زراعی با علف هرز برای کسب نور، هر دو گیاه برای کسب حداکثر تشعشع جهت داشتن سرعت فتوسنتزی بالا در رقابت هستند. بنابراین در شرایطی که دو گونه در کنار یکدیگر هستند، سایه اندازی متقابل موجب کاهش شدت جریان فوتون فتوسنتزی می شود که نتیجه آن، کاهش سرعت رشد خواهد بود. ولی با توجه به سرعت رشد اولیه علف‌های هرز نسبت به گیاه زراعی، این علف هرز است که در رقابت برای کسب نور از گیاه زراعی پیشی می گیرد و شرایط را به نفع خود تغییر می دهد (۴۰). بنابراین کاهش ارتفاع بوته سویا در اثر تنش علف‌های هرز می تواند در نتیجه رقابت

موجود در دانه محاسبه و از حاصل ضرب نیتروژن کل در ۶/۲۵، درصد پروتئین خام به دست آمد (۳۷). عملکرد پروتئین با ضرب عملکرد دانه با درصد پروتئین اندازه گیری شده برای هر تیمار، محاسبه شد (۳۸).

(۲)

$$100 \times \frac{\text{حجم اسید مصرفی} \times \text{نرمالیتت اسید} \times 14}{1000 \times \text{وزن نمونه}} = \text{درصد نیتروژن کل}$$

درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله (8407A, OSK Co, Japan) اندازه گیری گردید (۳۹). عملکرد روغن با ضرب عملکرد دانه با درصد روغن اندازه گیری شده برای هر تیمار، محاسبه شد (۳۸). تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی حاصل از اندازه گیری صفات مختلف با نرم افزارهای SAS (Ver. 9.4) و MSTAT C (Ver. 2.10) انجام شد. در صورت معنی دار بودن اثر تیمار آزمایشی بر صفات اندازه گیری شده، میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفت. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Microsoft Excel (ver. 2010) بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته سویا، تحت تأثیر برهمکنش پیش تیمار، وجین و محلول پاشی عناصر ریزمغذی قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفات (جدول ۴)، دوبار وجین علف‌های هرز موجب افزایش ارتفاع بوته سویا در تیمارهای محلول پاشی شده با آب و عناصر ریزمغذی شد. از طرفی، پیش تیمار بذور و هم چنین محلول پاشی عناصر ریزمغذی، به طور قابل ملاحظه‌ای موجب بیش تر شدن ارتفاع بوته سویا شد به طوری که بذور پیش تیمار

سقط مریستم‌های جانبی و همچنین فتواکسیداسیون اکسین‌ها جلوگیری می‌کند (۴۳). نشان داده شده است که اسید سالیسیلیک تعداد سلول‌های بیان‌کننده نشانگر تقسیم سلولی *Cyclin B1;1* را در مریستم افزایش می‌دهد. بنابراین اسید سالیسیلیک منجر به بزرگ‌شدن سلول‌های مریستم رأسی^۱ می‌شود (۴۴). نتایج پژوهش لارگو- ساودرا و مارتین- مکس (۲۰۰۷) نیز بیانگر افزایش طول بوته در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک است (۴۵). بنابراین به نظر می‌رسد مجموعه این شرایط به وجود آمده از طریق اسید سالیسیلیک، موجب افزایش ارتفاع بوته در بذور پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک، دوبار وجین و محلول‌پاشی با کلات آهن شده است.

علف‌های هرز برای عناصر غذایی، نور، آب و فضا باشد و وجین علف‌های هرز موجب کاهش این رقابت می‌گردد، همان‌طور که توسط اودلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است (۴۱).

از طرفی افزایش ارتفاع بوته در گیاهان پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی شده با آهن را می‌توان به نقش آهن در واکنش‌های مرتبط با انتقال الکترون در فتوسنتز و تنفس، جذب گوگرد و نیتروژن، سنتز هورمون‌ها و کوآنزیم‌های گیاهی، ترمیم DNA، ترجمه پروتئین، تقسیم سلولی و رشد دانست (۴۲).

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که اسید سالیسیلیک دارای اثر بهبوددهنده روی فتوسنتز بوده و موجب تغذیه مناسب‌تر پریموردیها می‌شود که از

جدول ۳- میانگین مربعات اثر پیش‌تیمار، وجین و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر اجزای عملکرد سویا رقم کوثر.

Table 3. Mean square values of priming, weeding and foliar application of micronutrient elements effect on yield attributes of soybean cv. Kausar.

میانگین مربعات (MS)							
وزن	تعداد دانه	تعداد دانه	تعداد نیام	تعداد ساقه	ارتفاع	درجه	منابع تغییرات
صد دانه	در بوته	در نیام	در بوته	فرعی	بوته	آزادی	Source of variation
100-grain weight	Number of grains per plant	Number of grains per pod	Number of pods per plant	Number of branches	Plant height	(df)	
25.69 ^{ns}	247.88 ^{**}	0.41 [*]	12.29 ^{ns}	1.39 ^{ns}	4.33 ^{ns}	2	بلوک Replication
1.99 ^{ns}	2320.81 ^{**}	2.05 ^{**}	354.98 ^{**}	0.43 ^{ns}	3.69 ^{ns}	2	پیش‌تیمار بذر (P) Seed Priming
62.34 ^{**}	2110.33 ^{**}	3.35 ^{**}	81.01 ^{**}	7.31 ^{**}	78.85 ^{**}	2	وجین (W) Weeding
23.29 ^{ns}	353.48 ^{**}	0.60 ^{**}	35.71 [*]	8.15 ^{**}	116.66 ^{**}	3	محلول‌پاشی (F) Foliar application
5.53 ^{ns}	122.81 [*]	0.12 ^{ns}	7.45 ^{ns}	4.04 ^{**}	5.37 ^{ns}	4	P*W
21.76 ^{ns}	3.62 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2.84 ^{ns}	2.39 ^{**}	115.97 ^{**}	6	P*F
14.37 ^{ns}	7.16 ^{ns}	0.59 ^{**}	25.20 [*]	0.09 ^{ns}	4.99 ^{ns}	6	W*F
11.50 ^{ns}	11.22 ^{ns}	0.11 ^{ns}	5.40 ^{ns}	0.08 ^{ns}	45.68 ^{**}	12	P*W*F
11.74	44.59	0.12	11.20	0.64	15.84	70	اشتباه آزمایشی Error
9.79	13.98	2.49	8.68	9.38	4.84		ضرب تغییرات (درصد) CV (%)

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

**، * and ^{ns} are significant at $P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$ and non-significant respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش پیش تیمار، وجین و محلول پاشی عناصر ریزمغذی از نظر ارتفاع بوته و عملکرد دانه سویا رقم کوثر.
Table 4. Means comparison of interaction between priming, weeding and foliar application on plant height and seed yield of soybean cv. Kausar.

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	محلول پاشی	وجین	پیش تیمار
Grain yield (kg/ha)	Plant height (cm)	Foliar application	Weeding	Priming
970.51±133 ^s	74.50±1.41 ⁱ	آب (Water)		
1085.42±163 ^t	80.77±2.74 ^{c-i}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
1052.49±101 ^t	77.13±2.09 ^{ghi}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
1186.61±210 ^q	82.20±2.14 ^{a-i}	آهن (Iron chelate)		
1190.27±202 ^{pq}	78.23±1.14 ^{f-i}	آب (Water)		
1610.86±135 ^{kl}	83.85±2.06 ^{a-g}	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	بدون پیش تیمار
1543.36±158 ^{lmn}	76.90±2.24 ^{ghi}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	No-priming
1788.17±128 ^{hij}	82.43±2.17 ^{a-h}	آهن (Iron chelate)		
1232.34±350 ^{pq}	82.97±2.02 ^{a-g}	آب (Water)		
1941.98±260 ^f	83.10±3.96 ^{a-g}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
1772.99±143 ^{ij}	87.70±2.38 ^{a-d}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
2110.01±252 ^d	85.83±2.33 ^{a-f}	آهن (Iron chelate)		
1262.81±149 ^{op}	76.63±2.44 ^{ghi}	آب (Water)		
1798.53±163 ^{hi}	81.73±2.04 ^{b-i}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
1716.51±93 ^j	80.27±3.83 ^{d-i}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
1937.43±222 ^f	85.95±3.15 ^{a-f}	آهن (Iron chelate)		
1331.43±174 ^q	78.20±1.47 ^{f-i}	آب (Water)		
1636.20±195 ^k	79.60±2.04 ^{e-i}	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	پیش تیمار با آب
1614.67±168 ^{kl}	84.40±2.03 ^{a-g}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	Hydropriming
2039.74±336 ^e	86.30±2.49 ^{a-e}	آهن (Iron chelate)		
1555.15±248 ^{lmn}	83.40±2.13 ^{a-g}	آب (Water)		
1856.12±248 ^{gh}	80.80±2.25 ^{c-i}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
1903.44±198 ^{fg}	80.53±2.75 ^{d-i}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
2223.30±303 ^c	88.97±3.11 ^{ab}	آهن (Iron chelate)		
1538.57±323 ^{lmn}	74.63±1.37 ^{hi}	آب (Water)		
1570.97±174 ^{klm}	79.90±1.61 ^{d-i}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
2121.49±98 ^d	83.13±2.41 ^{a-g}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
2330.46±127 ^b	83.00±2.16 ^{a-g}	آهن (Iron chelate)		
1518.49±136 ^{lmn}	76.80±1.78 ^{ghi}	آب (Water)		
1749.40±175 ^{ij}	83.03±2.01 ^{a-g}	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	پیش تیمار با اسید سالیسیلیک
1545.96±214 ^{lmn}	83.33±2.73 ^{a-g}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	Salicylic acid priming
2337.08±176 ^b	89.53±2.11 ^{ab}	آهن (Iron chelate)		
1485.64±103 ⁿ	80.93±2.27 ^{c-i}	آب (Water)		
2347.83±149 ^b	88.72±2.06 ^{abc}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
2403.15±257 ^b	87.57±2.82 ^{a-e}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
2509.74±266 ^a	89.83±2.95 ^a	آهن (Iron chelate)		

میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

Means with same letter in each column, are not different statistically significant at P<0.05

اعداد به صورت "میانگین ± اشتباه استاندارد" می‌باشند

The values are as the means±SE

تعداد ساقه فرعی: تعداد ساقه تحت‌تأثیر برهمکنش دو جانبه پیش‌تیمار بذر و وجین و هم‌چنین برهمکنش پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به شکل ۱ الف، وجین علف‌های هرز در تمامی حالات پیش‌تیمار بذر، موجب افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی شد. نتایج نشان داد اعمال پیش‌تیمار بذر با آب و هم‌چنین پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون وجین، موجب افزایش تعداد ساقه فرعی به مقدار دوبرار وجین در شرایط بدون پیش‌تیمار شده ولی همراه بودن پیش‌تیمار بذر با دوبرار وجین، موجب افزایش معنی‌دار در تعداد ساقه فرعی نسبت به تمامی حالات وجین در شرایط بدون پیش‌تیمار بذر شده است. بیش‌ترین تعداد ساقه فرعی مربوط به پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با دوبرار وجین بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی بود. پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در حالت یک‌بار وجین نیز در رتبه بعدی از نظر تعداد ساقه فرعی قرار داشت که با پیش‌تیمار بذر با آب با دوبرار وجین، اختلافی را از نظر آماری نداشت.

نتایج تجزیه و تحلیل صفات (جدول ۳) نشان داد که تعداد ساقه فرعی تحت‌تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی قرار گرفت ($P < 0/01$). محلول‌پاشی با آب، تعداد ساقه فرعی سویا را در پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک و پیش‌تیمار آب، نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار افزایش داد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (روی، منگنز و آهن) در تیمار بدون پرایم، هر چند موجب افزایش تعداد ساقه فرعی سویا شد ولی نتوانست نسبت به محلول‌پاشی با آب در همین تیمار، اختلاف معنی‌داری را ایجاد کند. ولی در پیش‌تیمار بذر با آب و هم‌چنین اسید سالیسیلیک، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی موجب افزایش معنی‌دار تعداد ساقه فرعی

سویا شد به طوری که بیش‌ترین تعداد ساقه فرعی در تیمار اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی آهن (۵/۰۲) ساقه فرعی) به دست آمد هر چند که با سایر تیمارهای محلول‌پاشی چه در شرایط پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و چه در شرایط پیش‌تیمار بذر با آب، دارای اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۱ ب).

جانینک و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که سویا در مراحل اولیه رشد رقیب قوی‌ای برای علف‌های هرز نیست و علف‌های هرز در غیاب مدیریت صحیح علف‌های هرز، رشد بیش‌تری نسبت به سویا خواهند داشت. چرا که رقابت برای نور و مواد غذایی شروع شده و زمانی که ارتفاع علف‌های هرز از سویا بیش‌تر شود موجب کاهش یا قطع تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) خواهد شد (۴۶). در این پژوهش نیز، کم‌ترین تعداد ساقه فرعی در تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون وجین به دست آمد به طوری که با تیمار یکبار وجین و دوبرار وجین در شرایط بدون پرایم، دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۱ الف).

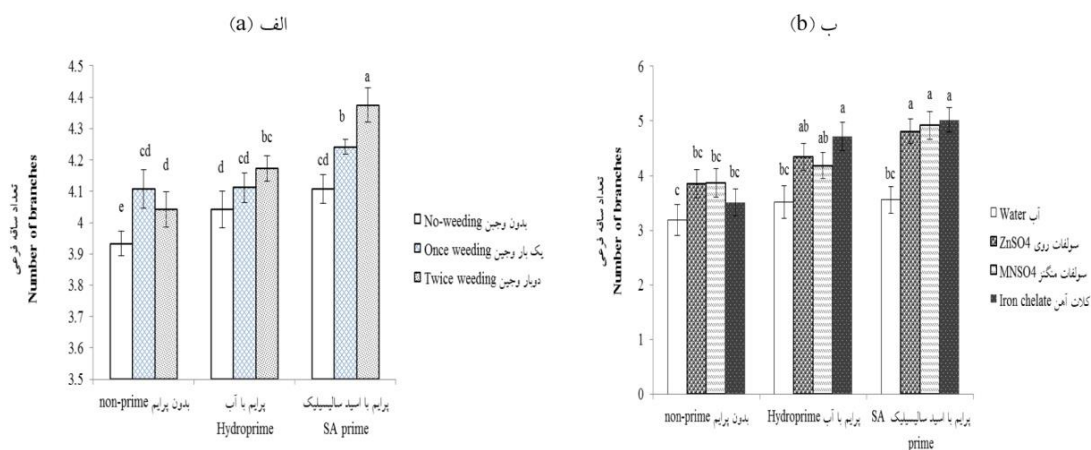
طبق گزارش دریس و مرعشی (۲۰۱۸) اسید سالیسیلیک می‌تواند بر مریستم‌های رویشی و هم‌چنین زایشی تأثیرگذار باشد به صورتی که موجب افزایش شاخه‌ها و نیز غلاف‌ها گردد. آن‌ها بیان نمودند که اسید سالیسیلیک با ایجاد مکانیسمی شبیه به اکسین، می‌تواند در طول شدن گیاه از طریق تقسیم سلولی دخالت مؤثر داشته باشد (۴۷) که نتایج این پژوهش با نتایج این پژوهش‌گران هم‌خوانی دارد. از طرفی، عنوان شده است که اسید سالیسیلیک موجب سنتز آنزیم‌های ویژه‌ای از کینازها به نام "پروتئین کیناز ناشی از اسید سالیسیلیک" (SIPK)^۱ می‌شوند که به استرس‌های زیستی و غیرزیستی، پاسخ می‌دهد. هم‌چنین پروتئین کیناز ناشی از اسید سالیسیلیک در تمایز و ریخت‌زایی سلول ایفای نقش می‌کند و از این

1- Salicylic acid-induced protein kinase (SIPK)

بر بهبود بیوستز تریپتوفان که مسئول سرعت رشد سریع است، می‌باشد (۵۰). این شواهد تأیید می‌کند که اسید سالیسیلیک نقش مهمی در افزایش رشد و تمایز گیاهان دارد که نتایج این پژوهش نیز با نتایج به دست آمده از پژوهش‌گران ذکر شده هم‌خوانی دارد.

نتایج گزارش شده از مطالعات قبلی بیانگر تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی، آهن و منگنز بر تعداد ساقه فرعی به ترتیب در گیاه ماش (۵۱)، تعداد شاخه در بوته گوجه‌فرنگی (۵۲) و نخود (۵۳) می‌باشد. در پژوهش حاضر، ساقه فرعی تحت تأثیر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی قرار گرفت که با نتایج پژوهش‌گران ذکر شده هم‌خوانی دارد و در بذور پیش‌تیمار شده نیز، این تأثیر به وضوح قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۱ ب).

طریق موجب القای تقسیم سلولی، رشد و تمایزایی می‌شود (۴۸). آبرئو و مونه-بوش (۲۰۲۰) نیز بر نقش تنظیم‌گری اسید سالیسیلیک در افزایش رشد با تغییر تقسیم و گسترش سلولی تأکید کرده‌اند. بررسی‌های این پژوهش‌گران نشان داده است که گیاهان در اثر اسید سالیسیلیک، بیان بالاتری از سایکلین D را در تنظیم انتقال مرحله G1/S چرخه سلولی (CYC3) و هم‌چنین افزایش همانندسازی داخلی^۱ را نشان می‌دهند که در نهایت منجر به رشد گیاه از طریق ایجاد سلول‌های بزرگ‌تر می‌شود (۴۹). هم‌چنین سایکلین‌های نوع D با تشکیل زیرواحد تنظیمی کمپلکس‌های کیناز وابسته به سیکلین، نقش مهمی را در پاسخ‌های چرخه سلولی به سیگنال‌های خارجی دارند. راه دیگر برای افزایش رشد گیاه تأثیر سالیسیلیک



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش پیش‌تیمار بذور و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (الف) و برهمکنش پیش‌تیمار بذور و سطوح مختلف محلول‌پاشی (ب) از نظر تعداد ساقه فرعی.

Fig. 1. Means comparison of interaction between seed priming and different levels of weeding (a) and interaction between seed priming and different levels of foliar application (b) on Number of branches.

(جدول ۳). با توجه به شکل ۲ الف، مشاهده می‌شود که بذور حاصل از پیش‌تیمار با آب و هم‌چنین پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک، نسبت به بذور پیش‌تیمار نشده، تعداد نیام در بوته بیشتری داشتند. اگرچه بذور پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک در بین

تعداد نیام در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد نیام در بوته تحت تأثیر پیش‌تیمار بذور، اثرات ساده و هم‌چنین برهمکنش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و وجین علف‌های هرز قرار گرفته است

1- Endoreduplication

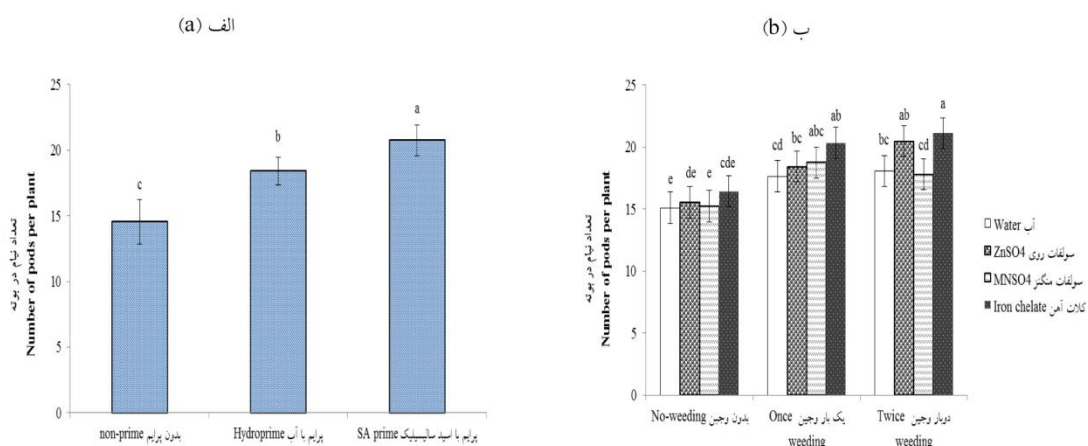
به دلیل مشارکت در مهم‌ترین فرآیندهای متابولیکی مانند ریپونوکلئوتیدها و کاهش نیتروژن مولکولی و واکنش‌های انتقال الکترون از طریق تنفس و فتوسنتز برای تولید انرژی لازم است (۳۰ و ۵۶). هری و یانگ (۲۰۲۰) اثر رقابت علف‌های هرز با سویا برای جذب عناصر غذایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که عنصر آهن یکی از عناصر غذایی است که سویا و علف‌های هرز به شدت برای جذب آن به رقابت می‌پردازند و در این بین علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری، مقدار آهن بیش‌تری را نسبت به سویا جذب می‌کند به طوری که گیاه سویا در مراحل رشدی خود، دچار کمبود این مواد غذایی می‌گردد (۵۷). بنابراین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با آهن و همچنین یکبار وجین، توانست شرایط رقابتی سویا با علف‌هرز را بهبود بخشد و موجب افزایش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش علف‌های هرز گردد.

در سویا، نیام‌ها در محل گره‌ها تشکیل می‌شود بنابراین هر چه تعداد گره در بوته بیش‌تر باشد، می‌تواند موجب افزایش تعداد نیام در بوته شود. دلیل بیش‌تر بودن تعداد نیام در بوته گیاهان محلول‌پاشی شده با عناصر ریز مغذی همراه با وجین علف‌های هرز، می‌تواند ناشی از بهبود فرایند فتوسنتز باشد که موجب افزایش ارتفاع بوته‌ها در این تیمارها شده و این موضوع نیز، سبب افزایش تعداد نیام در بوته شده است. افزایش تعداد نیام در بوته سویا با محلول‌پاشی ریزمغذی روی، توسط داس و همکاران (۲۰۲۲) گزارش شده است (۵۸) که نتایج این پژوهش با نتایج گزارش شده هم‌خوانی دارد. با توجه به این که کاهش تعداد نیام در بوته توسط علف‌های هرز در سویا توسط اودلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است (۴۱) ولی لاورنس و همکاران (۲۰۲۰) بیان نموده‌اند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و منگنز در شرایط با و بدون علف‌های هرز تأثیری بر این جزء از عملکرد نداشت (۵۹).

تیمارهای مورد بررسی، تعداد نیام در بوته بیش‌تری داشت که از نظر آماری نیز با بذور پیش‌تیمار شده با آب و همچنین بذور بدون پیش‌تیمار دارای اختلاف معنی‌دار بود. بنابراین مشاهده می‌شود که پیش‌تیمار بذور توانسته موجب اثر مثبت بر تعداد نیام در بوته سویا شود.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و وجین علف‌های هرز (شکل ۲ ب)، نشان داد که وجین علف‌های هرز به طور معنی‌داری بر تعداد نیام در بوته سویا در مقایسه با شرایط بدون وجین تأثیر گذاشته است. به طوری که حتی با یکبار وجین، تعداد غلاف به طور معنی‌داری افزایش یافت. محلول‌پاشی در شرایط بدون وجین هر چند موجب افزایش تعداد نیام در بوته گردید ولی نتوانست اختلاف معنی‌داری را با تیمار محلول‌پاشی با آب ایجاد کند. بیش‌ترین تعداد نیام در بوته در تیمار دو بار وجین و محلول‌پاشی با آهن حاصل شد به طوری که موجب افزایش ۳۹/۷۷ درصدی تعداد نیام در بوته نسبت به تیمار بدون وجین و محلول‌پاشی با آب گردید. در تیمار دوبار وجین علف‌های هرز، تنها محلول‌پاشی با آهن در مقایسه با محلول‌پاشی سایر عناصر ریزمغذی و همچنین آب، اختلاف معنی‌داری در تعداد نیام در بوته داشت (به جز محلول‌پاشی با سولفات روی) و در سایر تیمارهای وجین، اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. در شرایط یکبار وجین، تعداد نیام در بوته نسبت به شرایط بدون وجین، افزایش معنی‌داری را در همه سطوح محلول‌پاشی نشان داد ولی با تیمار دوبار وجین دارای اختلاف معنی‌داری نبود.

عنصر آهن برای رشد طبیعی برخی گیاهان از جمله سویا، بسیار مهم و حیاتی است (۵۴). چرا که نقش مهمی در تشکیل پروتئین‌هایی مانند نیتروژناز و لگاموگلوبین دارد (۳۰ و ۵۵). آهن برای رشد گیاه



شکل ۲- مقایسه میانگین تیمارهای پیش تیمار بذور (الف) و برهمکنش وجین علف‌های هرز و سطوح مختلف محلول‌پاشی (ب) از نظر تعداد نیام در بوته.

Fig. 2. Means comparison of different treatment of seed priming (a) and interaction between weeding and different levels of foliar application (b) on number of pods per plant.

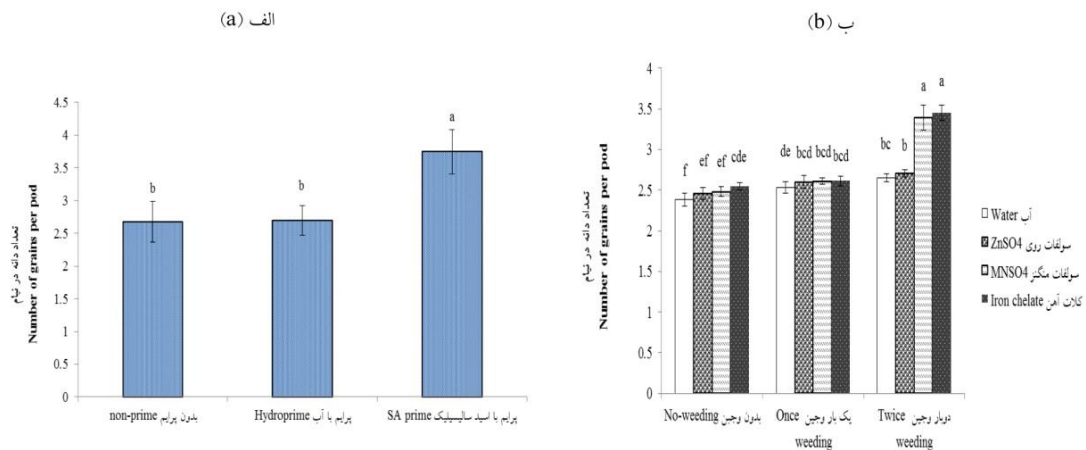
وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی تأثیر متفاوتی را بر تعداد دانه در نیام در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد دانه در نیام (۳/۷۵ دانه) در تیمار دوبار وجین و محلول‌پاشی با آهن و کم‌ترین مقدار آن (۲/۶۷ دانه) در تیمار بدون وجین و محلول‌پاشی با آب به دست آمد. محلول‌پاشی عناصر غذایی در شرایط وجین علف‌های هرز (یک و دوبار وجین)، موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در نیام سویا نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) شد. در شرایط بدون وجین، محلول‌پاشی با آهن در مقایسه با سایر عناصر ریزمغذی، تعداد دانه بیش‌تری نسبت به تیمار شاهد داشت ولی سایر منابع محلول‌پاشی (روی و مگنزی) با این‌که تعداد دانه در نیام بیش‌تری را نسبت به شاهد داشتند ولی از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری نبودند. در شرایط یک‌بار وجین، اختلافی از نظر تعداد دانه در نیام بین منابع مختلف محلول‌پاشی نسبت به هم و نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. محلول‌پاشی با روی در تیمار دوبار وجین، نتوانست اختلاف معنی‌داری را با تیمار محلول‌پاشی با آب از نظر تعداد

تعداد دانه در نیام: کاربرد پیش‌تیمار بذور، تعداد دانه در نیام سویا را تحت‌تأثیر قرار داد ($P < 0.01$). به طوری که پیش‌تیمار بذور موجب افزایش میانگین تعداد دانه در نیام نسبت به تیمار شاهد (بدون پرایم) شد ولی این افزایش در تیمار پیش‌تیمار با آب اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. پیش‌تیمار بذور با اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد دانه در نیام به میزان ۴۰/۲ درصدی تعداد دانه در نیام نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار شد (شکل ۳ الف). عنوان شده است که فیتوهورمون‌های درون‌زا مانند سیتوکینین، اکسین و زآتین در اثر اسید سالیسیلیک افزایش و از طرفی موجب کاهش آبسزیک‌اسید می‌گردد. این اثر تحریکی اسید سالیسیلیک به بسیاری فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاه نسبت داده می‌شود که موجب بهبود رشد رویشی و انتقال فعال فرآورده‌های فتوسنتزی به سمت اجزای عملکرد می‌گردد (۶۰). افزایش تعداد دانه در نیام با پیش‌تیمار بذور با اسید سالیسیلیک در گیاهان سویا (۲۶)، لوبیا (۶۱) و ماش (۶۲) نیز گزارش شده است که نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از این پژوهش‌گران مطابقت دارد.

ایجاد شرایط مطلوب نسبت به تیمار محلول‌پاشی با آب به دلیل نقش آن در واکنش‌های انتقال الکترون از طریق فتوستتیز برای تولید انرژی و تشکیل پروتئین‌های لگ‌هموگلوبین و نیتروژناز (۳۰، ۵۵ و ۵۶)، موجب افزایش تعداد دانه در نیام شده باشد.

با توجه به شکل ۳ ب، در تیمار دوبار وجین، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی موجب بهبود تعداد دانه در نیام نسبت به شرایط بدون وجین و هم‌چنین یک‌بار وجین شده است. چندین مطالعه اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر افزایش تعداد دانه در غوزه/ طبق/ غوزه و نیام را به ترتیب در گیاه گلرنگ (۶۵)، آفتابگردان (۶۶)، کلزا (۶۷) و سویا (۶۸) را گزارش کرده‌اند. کاربرد عناصر ریزمغذی مانند آهن، گوگرد، منگنز و روی نقش مؤثری در بهبود فعالیت‌های فتوستتیزی دارند و موجب افزایش تولید فراورده‌های فتوستتیزی در گیاه می‌شوند. بنابراین افزایش فتوستتیز و انتقال مواد فتوستتیزی به اندام‌های گیاهی در مرحله گلدهی باعث افزایش تعداد دانه در گیاه می‌شود (۶۹ و ۷۰).

دانه در نیام ایجاد کند ولی محلول‌پاشی با منبع آهن و منگنز، موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در نیام نسبت به تیمار محلول‌پاشی با آب شد (شکل ۳ ب). کاهش تعداد دانه در نیام در سویا توسط علف‌های هرز توسط کالداس و همکاران (۲۰۲۳) و ریچارد و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش شده است (۲۳ و ۶۳). آن‌ها بیان نمودند که کاهش دسترسی سویا به آب و عناصر غذایی در اثر فشار رقابتی زیاد از سوی علف‌های هرز، موجب کاهش تعداد دانه در نیام سویا می‌گردد. در پژوهش حاضر تنها محلول‌پاشی آهن در شرایط بدون وجین، موجب شد تا تعداد دانه در نیام بیش‌تری از نظر آماری با تیمار شاهد حاصل شود. نتایج مطالعه سینکلر و همکاران (۲۰۱۰) نشان داده است که میزان فتوستتیز در مراحل گلدهی و هم‌چنین غلاف‌دهی در سویا بر تعداد دانه در نیام نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و عواملی که در طی این دوره، محدودکننده فتوستتیز باشد می‌تواند بر تعداد دانه در نیام تأثیر گذاشته و موجب کاهش آن شوند (۶۴). بنابراین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با آهن در شرایط تنش علف‌های هرز، با افزایش سرعت فتوستتیز و



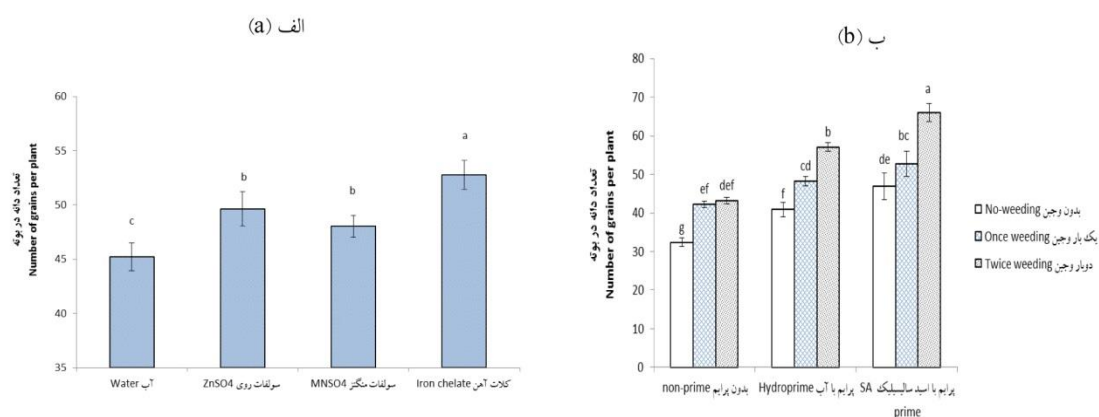
شکل ۳- مقایسه میانگین تیمارهای پیش تیمار بذور (الف) و برهمکنش وجین علف‌های هرز و سطوح مختلف محلول‌پاشی (ب) از نظر تعداد دانه در نیام.

Fig. 3. Means comparison of different treatment of seed priming (a) and interaction between weeding and different levels of foliar application (b) on number of grains per pod.

نشان داد اعمال پیش‌تیمار بذر با آب و هم‌چنین پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون وجین، موجب افزایش تعداد دانه در بوته به مقدار دوبار وجین در شرایط بدون پیش‌تیمار شده است ولی همراه بودن پیش‌تیمار بذور با دوبار وجین، موجب افزایش معنی‌دار در تعداد دانه در بوته نسبت به تمامی حالات وجین در شرایط بدون پیش‌تیمار بذر می‌شود. بیش‌ترین تعداد دانه در بوته مربوط به پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی بود. پیش‌تیمار بذر با آب در حالت دوبار وجین نیز در رتبه بعضی از نظر تعداد دانه در بوته قرار داشت که با پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با یکبار وجین، اختلافی را از نظر آماری نداشت (شکل ۴ ب). نتایج حاصل از پژوهش شارما و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده است که پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک موجب افزایش قابل‌توجه تعداد دانه در بوته سویا نسبت به حالت بدون پیش‌تیمار در شرایط تنش و بدون تنش شده است. آن‌ها بیان نموده‌اند که بوته‌های سویای پیش‌تیمار شده با اسید سالیسیلیک، حتی تحت تنش آبی که عملکرد را محدود می‌کند، شرایط بهتری را از نظر تعداد دانه در بوته نشان دادند که نتایج این پژوهش با نتایج شارما و همکاران (۲۰۱۸) هم‌خوانی دارد (۲۶).

تعداد دانه در بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی مختلف، تأثیر متفاوتی بر تعداد دانه در بوته دارد ($P < 0.01$). با توجه به شکل ۴ الف، مشاهده می‌شود که محلول‌پاشی عناصر ریزی مغذی روی، منگنز و آهن، موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته شد. بیش‌ترین تعداد دانه در بوته با محلول‌پاشی آهن با ۵۲/۷۸ دانه و کم‌ترین تعداد دانه در بوته در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) با ۴۵/۲۱ دانه به‌دست آمد. بین محلول‌پاشی روی و منگنز نیز در تعداد دانه در بوته از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بهبود اجزای عملکرد سویا مانند دانه در بوته در اثر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی مانند آهن و روی توسط بنکس (۲۰۰۴)، قاسمیان و همکاران (۲۰۱۰) و هم‌چنین در گیاه لوبیا (نصری و همکاران، ۲۰۱۱) گزارش شده است (۷۱، ۷۲ و ۷۳). از طرفی، افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته نخود (*Cajanus cajan* L.) با محلول‌پاشی منگنز توسط هندینگانور و همکاران (۲۰۱۸) اعلام شده است (۵۳).

تعداد دانه در بوته تحت تأثیر برهمکنش دو جانبه پیش‌تیمار بذر و وجین در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳). با توجه به شکل ۴ ب، وجین علف‌های هرز در تمامی حالات پیش‌تیمار بذر، موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته شد. نتایج

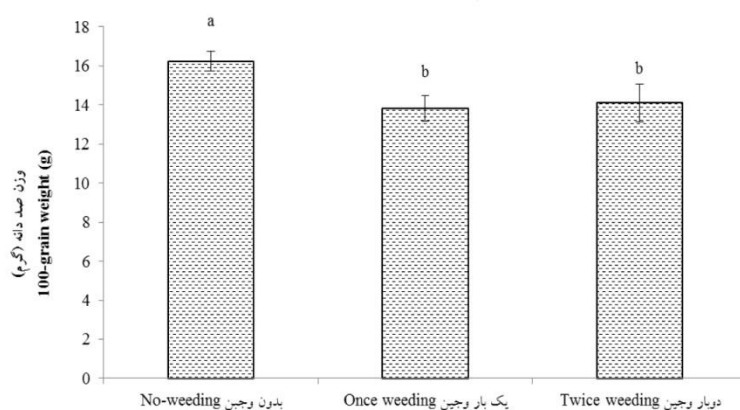


شکل ۴- مقایسه میانگین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (الف) و برهمکنش پیش تیمار بذور با سطوح وجین علف‌های هرز (ب) از نظر تعداد دانه در بوته.

Fig. 4. Means comparison of Foliar application micronutrients (a) and interaction between seed priming and different levels of weeding (b) on number of grains per plant.

بوته شده است بنابراین می‌توان عنوان کرد که دلیل بیش‌تر بودن وزن صد دانه در تیمار بدون وجین، تعداد مخزن کم‌تر در این تیمار می‌باشد که حاصل آن، تجمع مواد حاصل از آسمیلاسیون در شمار کم دانه و نهایتاً افزایش وزن صد دانه بوده است. وجود همبستگی منفی بین تعداد دانه تولید شده و وزن هزاردانه توسط سدراس (۲۰۰۷) تأیید شده است (۷۵). عدم تأثیر محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی بر وزن صد دانه توسط کبرایی و شمسی (۲۰۱۳) در سویا (۷۶) و دیویاشری و همکاران (۲۰۱۸) در ماش (۷۷) و همچنین پیش‌تیمار بذور توسط کوچلان و کوچلان (۲۰۲۳) در سویا (۷۸) نیز گزارش شده است که نتایج این پژوهش مبنی بر عدم تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و پیش‌تیمار بذور بر وزن صد دانه، با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش‌گران هم‌خوانی دارد.

وزن صد دانه: وزن صد دانه سویا تحت تأثیر سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت ولی اثر سایر منابع تغییر (پیش‌تیمار، محلول‌پاشی و برهمکنش دو جانبه و سه‌جانبه) بر وزن صد دانه دارای اثر معنی‌داری نبود (جدول ۳). وزن دانه یک ویژگی کیفی مهم در سویا است که این ویژگی از نظر ژنتیکی کنترل می‌شود، هر چند که شرایط رشدی گیاه هم می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر آن داشته باشد (۷۴). با توجه به شکل ۵، بیش‌ترین میانگین وزن صد دانه در تیمار بدون وجین با ۱۶/۲۴ گرم به دست آمد که با تیمارهای یک‌بار وجین و دو بار وجین دارای اختلاف معنی‌دار بود. بین تیمارهای یک‌بار و دو بار وجین علف‌های هرز اختلاف آماری از نظر وزن صد دانه (به ترتیب ۱۳/۸۳ گرم و ۱۴/۱۱ گرم) مشاهده نشد. با توجه به این که وجین علف‌های هرز موجب افزایش تعداد دانه در



شکل ۵- مقایسه میانگین سطوح مختلف وجین علف‌های هرز از نظر وزن صد دانه.

Fig. 5. Means comparison of different levels of weeding on 100- grain weight.

اختلاف معنی‌داری بین محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی مشاهده نشد.

از سویی دیگر، در پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و بدون وجین، محلول‌پاشی با سولفات روی و سولفات منگنز توانست عملکرد دانه را تا مقدار به دست آمده از یک‌بار وجین در شرایط پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک، ارتقاء دهد. پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در تمامی حالات وجین و محلول‌پاشی، نسبت به شرایط بدون پیش‌تیمار و پیش‌تیمار با آب، عملکرد دانه بالاتری داشت به طوری که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، دو بار وجین و محلول‌پاشی با آهن با ۲۵۰۹/۷۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در همین شرایط محلول‌پاشی با سولفات روی و سولفات منگنز رتبه‌های بعدی را از نظر عملکرد داشتند هر چند که با محلول‌پاشی آهن در پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و یکبار وجین اختلافی را از نظر آماری نداشتند (جدول ۴).

محلول‌پاشی، این توانایی را دارد که کارایی و سرعت استفاده از یک ماده مغذی مورد نیاز گیاه را، برای حداکثر رشد و عملکرد، بهبود بخشد (۷۹). هم‌چنین می‌تواند باعث استفاده سریع‌تر از مواد مغذی

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه جانبه پرایم، وجین و محلول‌پاشی، عملکرد دانه سویا را در سطح احتمال پنج درصد، تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۵). مطابق با جدول ۴، مشاهده می‌شود که در شرایط بدون پیش‌تیمار بذر و با پیش‌تیمار بذر و در تمامی سطوح وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی موجب افزایش عملکرد دانه سویا نسبت به محلول‌پاشی با آب شده است (به جز پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک با دو بار وجین). عملکرد دانه در شرایط بدون وجین (در تمامی حالات پیش‌تیمار و بدون محلول‌پاشی)، کم‌ترین مقدار را داشته و با وجین علف‌های هرز عملکرد دانه نیز بهبود پیدا کرده است. پیش‌تیمار بذر با آب و اسید سالیسیلیک موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه نسبت به حالت بدون پیش‌تیمار شد. در پیش‌تیمار بذر با آب و سالیسیلیک، عملکرد دانه با محلول‌پاشی آب در شرایط بدون وجین و یک‌بار وجین، از نظر آماری یکسان بود ولی با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی این اختلاف افزایش و از نظر آماری نیز معنی‌دار شد. در همین شرایط، دو بار وجین اختلاف آماری نسبت به شرایط بدون وجین و یک‌بار وجین داشت هر چند

با توجه به نتایج این پژوهش، و نقش عناصر ریزمغذی مورد مطالعه در این تحقیق در فتوستتز، می‌توان گفت که عناصر ریزمغذی با افزایش ظرفیت و سرعت فتوستتزی گیاهان، باعث افزایش عملکرد در سویا شده است. اسید سالیسیلیک یک ترکیب فعال بیولوژیکی شناخته شده است (۸۳) که با القای مکانیسم‌های سازگاری در بهبود تحمل گیاهچه در برابر تنش‌های محیطی نقش دارد (۸۴). نشان داده شده است که اسید سالیسیلیک به تنظیم پتانسیل اسمزی (۲۶ و ۸۵)، فعال کردن دفاع آنتی‌اکسیدانی (۸۶ و ۸۷)، تنظیم متابولیسم گونه‌های اکسیژن فعال (۸۸) و افزایش کارایی فتوستتزی (۸۹) کمک می‌کند. همچنین اسید سالیسیلیک یک ترکیب طبیعی است که نقش مرکزی در فرآیندهای فیزیولوژیکی خاص و پاسخ‌های دفاعی در گیاهان دارد (۹۰). بنابراین می‌تواند جوانه‌زنی بذر، رشد سلولی، بازشدن روزنه، بیان ژن‌های مرتبط با پیری و تولید دانه را تحت تأثیر قرار دهد (۹۱). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر مثبت پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر عملکرد گیاه روغنی خردل هندی (*Brassica juncea*) را گزارش کرده‌اند (۹۲). همچنین نقش بهبود پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر کاهش عملکرد ناشی از تنش آب، توسط شرفی‌زاد و همکاران (۲۰۱۲) و شارما و همکاران (۲۰۱۷) در گندم نیز تأیید شده است (۹۳ و ۹۴). در این پژوهش، پیش‌تیمار بذر با آب و اسید سالیسیلیک توانست موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش و یا بدون تنش علف‌هرز گردد که این نتیجه با نتایج ذکر شده مطابقت دارد.

شود و امکان اصلاح کمبودهای مشاهده شده را در زمان کم‌تری نسبت به کاربردهای خاکی فراهم کند. از طرفی، عنوان شده است حفظ رنگدانه‌ها و افزایش غلظت کلروفیل برگ تحت پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی نه تنها فتوستتز را بهبود می‌بخشید بلکه موجب بهبود رشد محصول و عملکرد دانه می‌شود (۸۰ و ۸۱).

از طرفی، تنش‌های زیستی و غیرزیستی باعث کاهش ماده خشک و عملکرد دانه در گیاهان می‌شود، زیرا باعث کاهش سطح برگ شده و در عین حال انتقال ماده فتوستتزی خاص به ریشه را نسبت به اندام هوایی گیاه افزایش می‌دهد. به طور معمول در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن در گیاهان به راحتی انجام می‌شود و طبیعی است که در شرایط بدون تنش، اثر محلول‌پاشی این عناصر بر عملکرد بیش‌تر باشد. افزایش عملکرد با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی می‌تواند دلایل مختلفی از جمله افزایش بیوستتز اکسین در حضور روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فسفوئینول پیرووات کربوکسیلاز و فسفات فسفاتاز ریبوز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور ریزمغذی‌ها، داشته باشد. همچنین آهن نقش حیاتی در تولید کلروفیل و انتقال الکترون در فتوستتز دارد، چرا که فروکسین یک پروتئین حامل آهن است که در انتقال الکترون نقش مهمی را ایفا می‌کند (۸۲). بنابراین طبیعی است که با افزایش آهن برگ، میزان کلروفیل برگ نیز افزایش می‌یابد که همه این عوامل موجب افزایش فتوستتز و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود. به طور کلی

جدول ۵- میانگین مربعات اثر پیش تیمار، وجین و محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و برخی صفات کیفی سویا رقم کوثر.

Table 5. Mean square values of priming, weeding and foliar application of micronutrient elements effect on grain yield, biological yield and some qualitative traits of soybean cv. Kausar.

میانگین مربعات (MS)								
عملکرد روغن Oil yield	روغن دانه Grain oil	عملکرد پروتئین Protein yield	پروتئین دانه Grain protein	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات Source of variation
79754.93**	57.36**	368724.57**	246.21**	710.45*	1085983.02*	1206870.12*	2	بلوک Replication
9767.75 ^{ns}	2.49**	57368.40 ^{ns}	25.47**	4.03 ^{ns}	294944.41 ^{ns}	306548.49 ^{ns}	2	پیش تیمار بذر (P) Seed Priming
88456.94**	143.93**	414991.31**	683.37**	1168.23**	452081.72 ^{ns}	470567.69 ^{ns}	2	وجین (W) Weeding
5935.85 ^{ns}	24.49**	27462.89 ^{ns}	113.94**	181.75 ^{ns}	137632.75 ^{ns}	182265.93 ^{ns}	3	محلول پاشی (F) Foliar application
38626.52**	2.73**	39410.63 ^{ns}	16.64**	704.90*	678896.58*	472262.93 ^{ns}	4	P*W
27550.09**	0.53**	128035.39**	2.37**	651.33**	1224477.68**	1129302.66**	6	P*F
27433.36**	46.02**	126999.84**	214.28**	82.26 ^{ns}	155129.78 ^{ns}	194905.38 ^{ns}	6	W*F
11132.49**	2.38**	52091.68*	11.95**	258.59 ^{ns}	514448.50*	483414.11*	12	P*W*F
5129.46	0.06	23268.39	0.04	156.74	269770.06	246133.11	70	اشتباه آزمایشی Error
8.25	3.67	7.90	6.26	7.92	12.33	14.89		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی دار

**، * and ^{ns} are significant at P≤0.01, P≤0.05 and non-significant respectively

پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک نسبت به پیش تیمار بذور با آب و هم چنین بدون پیش تیمار، دارای عملکرد بیولوژیک بیش تری بود که این اختلاف از لحاظ آماری نیز معنی دار می باشد. کمترین عملکرد بیولوژیک، در تیمار بدون پیش تیمار، بدون وجین و محلول پاشی با آب (۳۳۱۸/۷۶) کیلوگرم در هکتار) و بیشترین آن در پیش تیمار با اسید سالیسیلیک، دو بار وجین و محلول پاشی با آهن (۵۰۲۶/۴۱) کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد هر چند که با محلول پاشی با روی اختلافی از نظر آماری در پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. نتایج حاصل نشان داد پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون وجین و محلول پاشی با آب، موجب تولید عملکرد

عملکرد بیولوژیک: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس مربوط به عملکرد بیولوژیک، نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذور، وجین و محلول پاشی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین صفات (جدول ۶)، مشاهده می شود که در تمامی تیمارهای پیش تیمار، عملکرد بیولوژیک تیمار یک بار و دوبار وجین دارای اختلاف معنی داری با شرایط بدون وجین می باشد و محلول پاشی در شرایط بدون وجین/با وجین (به جز محلول پاشی با منگنز در پیش تیمار با آب و دوبار وجین) توانست موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردد. هر چند که مقایسه تیمارهای پیش تیمار شده در شرایط وجین و محلول پاشی، نشان می دهد که بذور

توانسته تنش حاصل از علف‌های هرز را کاهش دهد و بدون وجین علف‌های هرز، بتواند عملکردی مشابه با عملکرد تیمار دوبار وجین شده شود. نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از این محقق هم‌خوانی دارد. در پژوهش حاضر، ترکیب پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی‌هایی مانند روی و آهن در شرایط بدون وجین، علاوه بر کاهش اثر تنش حاصل از علف‌های هرز، باعث بهبود رشد سویا در شرایط رقابت با علف‌های هرز شده است. با وجین علف‌های هرز و افزایش توان رقابتی سویا با علف‌های هرز، پیش‌تیمار بذور و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی نیز به نوبه خود منجر به افزایش تولید و جابجایی فتوسنتتات (مواد فتوسنتزی) و مواد مغذی شده و در نهایت موجبات افزایش عملکرد بیولوژیک سویا را فراهم آورده‌اند. بنابراین عرضه مواد مغذی، که به نوبه خود باعث افزایش سطح برگ و تولید ماده خشک و در نتیجه، حداکثر بازده بخش هوایی گیاه می‌شود، ممکن است دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک ناشی از تیمارهای مختلف باشد. نتایج مشابهی در پژوهش روی ماش (۹۸)، گندم (۹۹)، سویا (۱۰۰) و یونجه (۱۰۱) با محلول‌پاشی عنصر ریزمغذی یافت شد. نشان داده شده است که سولفات روی، باعث افزایش چشمگیر عملکرد بیولوژیک در ماش می‌شود (۱۰۲). بانرجی و همکاران (۲۰۲۳) تاکید کردند که کوددهی ریزمغذی‌ها تحمل سویا را در برابر استرس‌های مهم زیستی و غیرزیستی افزایش می‌دهد (۱۰۳)، موضوعی که در نتایج پژوهش حاضر نیز مشهود بود.

بیولوژیک به میزان تیمار بدون پرایم، دو بار وجین و محلول‌پاشی با آب از لحاظ آماری گردید به طوری با محلول‌پاشی عناصر غذایی در همین تیمار موجب معنی‌دار عملکرد بیولوژیک سویا شد. در حالی‌که پیش‌تیمار بذور با آب در شرایط بدون وجین و محلول‌پاشی با آب، موجب شد تا افزایش عملکرد بیولوژیک به مقدار عملکرد بیولوژیک به‌دست آمده در تیمار بدون پرایم، یک‌بار وجین و محلول‌پاشی با آب برسد. در اکثر تیمارهای مورد بررسی، محلول‌پاشی با روی و آهن، افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی داشت هر چند که محلول‌پاشی با آهن عملکرد بیولوژیک بیشتری را در شرایط پیش‌تیمار و بدون پیش‌تیمار نشان داد (جدول ۶).

علف‌های هرز علاوه بر جذب عناصر غذایی، گیاه را با کمبود آب قابل‌دسترس نیز مواجه می‌کنند. کمبود آب در سویا بر هدایت روزنه‌ای تأثیر گذاشته و میزان کلروفیل را کاهش داده که هر دوی این موارد مستقیماً بر میزان فتوسنتز تأثیرگذار است (۹۵). علاوه بر این، تنش رطوبتی موجب افزایش گونه‌های اکسیژن فعال در سویا شده و اکسیداسیون پروتئین و غشای سلولی را به همراه دارد (۹۶). این اختلالات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی منجر به کاهش زیست توده، کیفیت دانه و در نتیجه، عملکرد دانه سویا در شرایط تنش می‌شود (۹۷). نتایج پژوهش شارما و همکاران (۲۰۱۸) بیانگر آن است که پیش‌تیمار بذور با اسید سالیسیلیک می‌تواند موجب افزایش فراوانی پروتئین‌های تئوردوکسین (یکی از مکانیسم‌های گیاه در مقابله شرایط تنش) گردد (۲۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پیش‌تیمار بذور،

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش پیش تیمار، وجین و محلول پاشی عناصر از نظر عملکرد بیولوژیک و پروتئین دانه سویا رقم کوثر.

Table 6. Means comparison of interaction between priming, weeding and foliar application on biological yield and seed protein of soybean cv. Kausar.

پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	محلول پاشی Foliar application	وجین Weeding	پیش تیمار Priming
31.78±1.27 ^j	3318.76±225 ^p	آب (Water)		
30.20±0.99 ^m	4100.86±271 ^{jk}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
30.93±1.09 ^k	3821.43±319 ^l	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
32.18±1.15 ⁱ	3779.48±184 ^{lm}	آهن (Iron chelate)		
33.68±1.10 ^g	3502.49±254 ^o	آب (Water)		
32.97±0.99 ^h	4062.63±400 ^{jk}	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	بدون پیش تیمار
33.38±0.98 ^g	4304.83±230 ^h	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	No-priming
33.68±0.98 ^g	4326.69±289 ^h	آهن (Iron chelate)		
34.32±1.07 ^f	3676.61±401 ^{mn}	آب (Water)		
26.33±1.06 ^o	4458.64±366 ^{fg}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
23.68±1.08 ^q	4055.24±374 ^{jk}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
23.68±1.00 ^q	4313.00±341 ^h	آهن (Iron chelate)		
30.18±1.04 ^m	3420.51±458 ^{op}	آب (Water)		
30.93±1.04 ^k	4248.53±264 ^{hi}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
30.58±1.03 ^l	4166.51±351 ^{ij}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
34.78±1.00 ^e	4037.63±304 ^{jk}	آهن (Iron chelate)		
32.89±2.47 ^h	3640.27±260 ⁿ	آب (Water)		
36.19±2.24 ^d	4730.46±475 ^c	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	پیش تیمار با آب
36.18±1.08 ^d	4521.49±367 ^{ef}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	Hydropriming
36.94±2.07 ^c	4337.43±493 ^{gh}	آهن (Iron chelate)		
39.48±2.83 ^a	4326.12±354 ^h	آب (Water)		
24.33±3.25 ^p	4693.30±408 ^{cd}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
22.93±2.47 ^r	4373.44±335 ^{gh}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
20.78±3.13 ^t	4626.68±583 ^{cde}	آهن (Iron chelate)		
32.28±2.07 ⁱ	3749.00±475 ^{lmn}	آب (Water)		
29.66±3.31 ⁿ	4071.82±319 ^{jk}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
30.08±3.01 ^m	4131.34±299 ^{ijk}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
37.13±1.11 ^c	4152.87±327 ^{ij}	آهن (Iron chelate)		
34.91±1.08 ^e	4002.30±229 ^k	آب (Water)		
38.48±1.07 ^a	4296.07±280 ^h	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	پیش تیمار با
38.22±2.61 ^b	4864.50±410 ^b	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	اسید سالیسیلیک
38.28±2.53 ^b	4853.75±474 ^b	آهن (Iron chelate)		Salicylic acid priming
39.78±1.07 ^a	4035.16±176 ^{jk}	آب (Water)		
23.24±3.04 ^f	4919.82±473 ^{ab}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
21.89±3.82 ^s	4586.41±352 ^{de}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
22.03±2.95 ^s	5026.41±623 ^a	آهن (Iron chelate)		

میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

Means with same letter in each column, are not different statistically significant at P<0.05

اعداد به صورت "میانگین ± اشتباه استاندارد" می‌باشند

The values are as the means±SE

مهم عملکرد دانه در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین تأثیر هر عامل بر اجزای عملکرد، در عملکرد دانه نمود پیدا می‌کند (۹۹). با توجه به این که گیاه زراعی و علف‌های هرز، منابع آبی و غذایی یکسان را دارند و بر سر این منابع با همدیگر رقابت می‌کنند (۱۳)، بنابراین رقابت علف‌های هرز با گیاهان بر این منابع محدود، باعث تغییر در فرآیند رشدی گیاهان زراعی و همچنین موجب فعل و انفعالات پیچیده‌ای بین گیاهان می‌گردد. بنابراین علف‌های هرز که نسبت به محصولات زراعی، تهاجمی‌تر و سازگارتر هستند، تهدیدی جدی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند زیرا در شرایط یکسان، توانایی زنده‌ماندن و استخراج آب و مواد مغذی بیش‌تری از خاک را دارند که این کمبود آب قابل دسترس و مواد مغذی، کاهش میزان کلروفیل و تأثیر بر فتوسنتز گیاه زراعی (۹۵)، افزایش اکسیداسیون پروتئین و غشای سلولی از طریق افزایش گونه‌های اکسیژن فعال در سویا را به همراه دارد (۹۶) که نتیجه آن کاهش عملکرد سویا در شرایط تنش می‌باشد. در این پژوهش عملکرد دانه و عملکرد زیست توده، تحت تنش علف‌های هرز دچار کاهش شدند ولی کاهش شاخص برداشت نشان می‌دهد که گیاه برای مقابله با تنش علف‌های هرز، سرمایه‌گذاری بیش‌تری در بخش رویشی داشته که نتیجه آن کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در این تیمار بوده است.

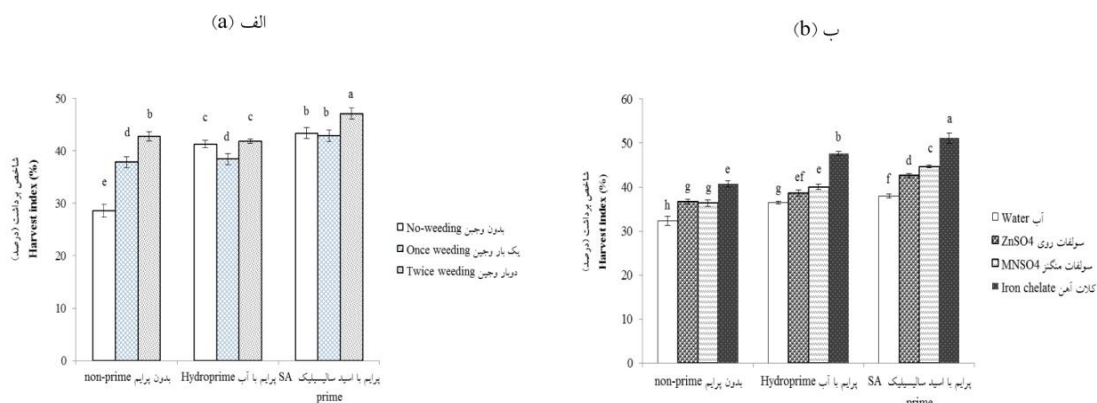
با توجه به این که مقدار مواد فتوسنتزی که به قسمت‌های اقتصادی گیاه منتقل می‌شوند با شاخص برداشت تعیین می‌شود. به نظر می‌رسد با حفظ/ بهبود تعادل غذایی و رطوبتی سویا در اثر پیش‌تیمار بذر و همچنین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، گیاه توانسته از پیری زودرس برگ‌ها جلوگیری کند و با بهبود سرعت فتوسنتز، موجبات افزایش عملکرد دانه را در شرایط تنش/ بدون تنش علف‌های هرز، فراهم آورد. بنابراین به دلیل تحرک بیش‌تر مواد فتوسنتزی به اجزای عملکرد دانه با استفاده از محلول‌پاشی

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و وجین ($P < 0/01$) و همچنین برهمکنش پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی ($P < 0/01$) قرار گرفت. با توجه به شکل ۶ الف، کم‌ترین شاخص برداشت (۲۸/۵۹ درصد) در شرایط حضور علف‌های هرز (بدون وجین) و بدون پیش‌تیمار حاصل شد و بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۷/۱۱ درصد) مربوط به پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و دو بار وجین به دست آمد. وجین علف‌های هرز موجب افزایش شاخص برداشت سویا در تیمار بدون پیش‌تیمار و پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک شد به طوری که این افزایش در تیمار دو بار وجین نسبت به شرایط حضور علف‌های هرز (بدون وجین) از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. از طرفی تیمار پیش‌تیمار با آب، نتوانست شاخص برداشت را به میزان تیمار دو بار وجین علف‌های هرز در تیمار بدون پرایم، بهبود بخشد.

نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت نشان داد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی علاوه بر این که در شرایط بدون پیش‌تیمار موجب بهبود شاخص برداشت سویا شد، در تیمارهای پیش‌تیمار شده (با اسید سالیسیلیک و آب)، موجبات افزایش چشم‌گیری در شاخص برداشت می‌شود. به طوری که بیش‌ترین شاخص برداشت در شرایط پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی آهن و کم‌ترین شاخص برداشت در تیمار بدون پیش‌تیمار و حضور علف‌های هرز حاصل شد (به ترتیب با ۵۱/۱۴ درصد و ۳۲/۳۳ درصد). در بین عناصر غذایی مورد مطالعه، عناصر روی و منگنز اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای بدون پیش‌تیمار و پیش‌تیمار با آب از نظر شاخص برداشت نشان ندادند ولی در پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک این اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۶ ب). عملکرد دانه که به بخش اقتصادی نیز معروف است، در واقع محصول نهایی تعداد نیام در بوته، دانه در نیام و میانگین وزن دانه می‌باشد و در سویا جزء

فراهم شده است. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط شارما و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد (۲۶).

ریزمغذی‌ها و هم‌چنین به‌کارگیری پیش‌تیمار بذور، که حاصل آن افزایش تعداد نیام و دانه در بوته در این پژوهش بوده، موجبات افزایش شاخص برداشت



شکل ۶- مقایسه میانگین برهمکنش پیش‌تیمار بذور با سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (الف) و برهمکنش پیش‌تیمار بذور با سطوح مختلف محلول‌پاشی (ب) از نظر شاخص برداشت.

Fig. 6. Means comparison of interaction between seed priming and different levels of weeding (a) and interaction between seed priming and different levels of foliar application (b) on harvest index.

عملکرد پروتئین سویا، که حاصل برآیند عملکرد و درصد پروتئین دانه می‌باشد در پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول‌پاشی آهن با یک‌بار وجین دارای بیش‌ترین عملکرد پروتئین (۸۹۴/۶۳ کیلوگرم در هکتار) بود و کم‌ترین عملکرد پروتئین (۳۰۸/۴۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بدون پیش‌تیمار، بدون محلول‌پاشی و بدون وجین حاصل شد. در شرایط پیش‌تیمار/ بدون پیش‌تیمار، وجین علف‌های هرز موجب افزایش عملکرد پروتئین سویا شد و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی این شرایط را بهبود بخشید (به جز تیمار پیش‌تیمار با آب با دوبار وجین) (جدول ۷). نتایج پژوهش‌های مختلف مشخص کرده است که بین میزان پروتئین دانه و عملکرد دانه، یک معاوضه به رسمیت شناخته شده وجود دارد که در مطالعات ژنتیکی از یک طرف (۱۰۴) و در مطالعات شیوه‌های مدیریتی گزارش شده است (۱۰۵ و ۱۰۶). وجود این رابطه منفی بین پروتئین دانه با عملکرد دانه، با برهمکنش بین آلل‌های پروتئین- بالا و عملکرد- پایین^۱، در سطح مکان‌های

درصد و عملکرد پروتئین دانه: درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین دانه تحت‌تأثیر برهمکنش سه جانبه تیمارهای مورد بررسی قرار گرفتند (به‌ترتیب $P < 0.01$ و $P < 0.05$). پروتئین دانه واکنش متفاوتی را در سطوح مختلف پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی داشت. در شرایط بدون پیش‌تیمار، تیمار یک‌بار وجین علف‌های هرز با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، توانست پروتئین دانه سویا را نسبت به تیمار بدون وجین افزایش دهد ولی در تیمار دوبار وجین این شرایط معکوس بود به طوری که درصد پروتئین دانه کاهش معنی‌داری را در محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی داشت (به‌ترتیب کاهش ۲۱/۳۴ درصد، ۲۵/۰۲ درصد و ۴۰/۲۵ درصدی در محلول‌پاشی روی، منگنز و آهن نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار و بدون وجین). همین شرایط در پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید و با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مشاهده شد. در پیش‌تیمار بذر با آب و هم‌چنین اسید سالیسیلیک، بیش‌ترین پروتئین دانه در تیمار یک‌بار وجین به دست آمد (جدول ۶).

صفت کمی (QTL) توضیح داده شده است (۱۰۷). کاهش درصد پروتئین دانه در اثر شیوه‌های مدیریت بهبود عملکرد، به "اثر رقیق‌سازی" نسبت داده شده است (۱۰۵ و ۱۰۸). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز، در اثر افزایش عملکرد دانه ناشی از کاربرد پیش‌تیمار و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، پروتئین دانه در این تیمارها کاهش یافته است.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش پیش‌تیمار، وجین و محلول‌پاشی عناصر از نظر عملکرد پروتئین، درصد و عملکرد روغن دانه سویا رقم کوثر.

Table 7. Means comparison of interaction between priming, weeding and foliar application on protein yield, seed oil and oil yield of soybean cv. Kausar.

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg/ha)	روغن دانه (درصد) Grain oil (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg/ha)	محلول‌پاشی Foliar application	وجین Weeding	پیش‌تیمار Priming
141.29±27 ^t	14.56±0.65 ^t	308.43±46 ^d	آب (Water)		
171.61±29 ^{rs}	15.81±0.91 ^{qr}	327.80±48 ^{pq}	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
159.80±36 ^s	15.18±0.77 ^s	325.53±61 ^{pq}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
180.93±24 ^f	15.25±0.81 ^s	341.85±48 ^p	آهن (Iron chelate)		
185.04±21 ^{qr}	15.55±0.57 ^{rs}	400.88±52 ⁿ	آب (Water)		
260.80±27 ^{mp}	16.19±0.47 ^q	531.10±64 ^j	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	بدون پیش‌تیمار
248.48±28 ^p	16.10±0.79 ^q	515.17±41 ^{jk}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	No-priming
354.45±38 ^{ij}	19.82±0.52 ^{kl}	602.26±42 ^s	آهن (Iron chelate)		
197.63±23 ^q	16.04±0.25 ^q	422.94±38 ^{mn}	آب (Water)		
336.78±52 ^k	17.34±0.55 ^p	511.32±56 ^{jk}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
345.45±38 ^{jk}	19.47±1.45 ^{klm}	419.85±27 ^{mn}	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
423.25±58 ^f	20.06±1.24 ^{ij}	499.65±34 ^k	آهن (Iron chelate)		
248.76±33 ^p	19.07±0.53 ^{mn}	394.12±28 ⁿ	آب (Water)		
349.17±20 ^k	19.41±0.69 ^{lm}	556.29±39 ⁱ	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
330.87±17 ^k	19.28±0.66 ^m	524.91±61 ^j	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
411.41±49 ^s	21.24±0.84 ^e	673.84±77 ^f	آهن (Iron chelate)		
270.99±19 ⁿ	20.35±0.69 ^{hi}	437.91±51 ^m	آب (Water)		
358.21±31 ^{ij}	21.89±1.23 ^d	592.14±48 ^{gh}	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	پیش‌تیمار با آب
353.44±29 ^j	21.89±0.79 ^d	584.19±31 ^h	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	Hydropriming
448.48±54 ^e	21.98±0.45 ^d	753.48±67 ^d	آهن (Iron chelate)		
297.53±19 ^{lm}	19.13±0.84 ^{mn}	613.97±63 ^s	آب (Water)		
391.40±41 ^h	21.09±0.72 ^{ef}	451.59±54 ^{lm}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
394.28±36 ⁿ	20.71±0.83 ^{gh}	436.46±56 ^m	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
489.89±53 ^d	22.48±1.04 ^c	462.00±38 ^l	آهن (Iron chelate)		

ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yeild (kg/ha)	روغن دانه (درصد) Grain oil (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg/ha)	محلول پاشی Foliar application	وجین Weeding	پیش تیمار Priming
286.79±27 ^{mn}	18.64±0.78 ^o	496.65±41 ^k	آب (Water)		
311.74±4 ^l	19.84±0.71 ^{jk}	465.95±48 ^l	سولفات روی (ZnSO ₄)	بدون وجین	
291.15±27 ^m	18.83±0.69 ^{no}	465.03±53 ^l	سولفات منگنز (MnSO ₄)	No-weeding	
511.75±61 ^c	21.96±0.98 ^d	865.30±67 ^b	آهن (Iron chelate)		
310.61±33 ^l	20.46±0.91 ^{hi}	530.11±53 ^l	آب (Water)		پیش تیمار با
363.19±29 ⁱ	20.76±0.68 ^{gh}	690.66±58 ^e	سولفات روی (ZnSO ₄)	یک بار وجین	اسید سالیسیلیک
438.02±37 ^e	20.65±0.80 ^{gh}	810.83±71 ^c	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Once weeding	Salicylic acid priming
541.13±40 ^b	23.15±1.15 ^{ab}	894.63±83 ^a	آهن (Iron chelate)		
311.17±32 ^l	20.95±0.63 ^{efg}	590.99±43 ^{gh}	آب (Water)		
540.75±57 ^b	23.03±1.76 ^b	545.64±45 ^{hi}	سولفات روی (ZnSO ₄)	دو بار وجین	
539.68±44 ^b	22.46±1.02 ^c	526.05±56 ^l	سولفات منگنز (MnSO ₄)	Twice weeding	
589.89±61 ^a	23.50±1.84 ^a	552.90±49 ⁱ	آهن (Iron chelate)		

میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند

Means with same letter in each column, are not different statistically significant at P<0.05

اعداد به صورت "میانگین ± اشتباه استاندارد" می‌باشند

The values are as the means±SE

روغن در تمامی سطوح وجین و پیش تیمار بذر به صورت آهن < روی < منگنز < آب مشاهده شد (به جز تیمار بدون پیش تیمار و دوبار وجین که در آن درصد روغن دانه سویا به صورت آهن < منگنز < روی < آب بود) (جدول ۷).

همانند درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه نیز با توجه به بیش تر بودن عملکرد دانه در اثر کاربرد محلول پاشی عناصر ریزمغذی و هم چنین پیش تیمار بذر در شرایط وجین علف‌های هرز افزایش معنی داری را نسبت به تیمار شاهد (بدون پیش تیمار، بدون وجین و محلول پاشی با آب) نشان داد. پیش تیمار بذر با آب و هم چنین اسید سالیسیلیک توانست در شرایط یکبار وجین، عملکرد روغن بیش تری را نسبت به تیمار بدون پیش تیمار با دو بار وجین حاصل کند. در اکثر تیمارهای مورد مطالعه، بین محلول پاشی با روی و منگنز از نظر عملکرد روغن اختلافی از نظر

درصد و عملکرد روغن دانه: درصد و عملکرد روغن دانه سویا تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پیش تیمار بذر، محلول پاشی عناصر ریزمغذی و وجین علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۵). برخلاف پروتئین دانه، پیش تیمار بذر و محلول پاشی عناصر ریزمغذی در تمامی سطوح وجین علف‌های هرز موجب افزایش درصد روغن دانه سویا نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که در شرایط بدون وجین و محلول پاشی با آب، پیش تیمار با سالیسیلیک اسید موجب افزایش ۲۸/۰۲ درصدی روغن دانه سویا نسبت به تیمار بدون پیش تیمار شد. روغن دانه سویا در پژوهش حاضر در محدوده ۱۴/۵۶-۲۳/۵۰ درصد متغیر بود. پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در تمامی شرایط از نظر میزان روغن دانه نسبت به پیش تیمار بذر با آب برتری داشت. در میان عناصر ریزمغذی نیز، درصد

نشان داد. پروتئین دانه برخلاف روغن دانه، تحت تأثیر پیش‌ تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول‌ پاشی عناصر ریزمغذی کاهش یافت. در شرایط پیش‌ تیمار/ بدون پیش‌ تیمار، وجین علف‌ های هرز موجب افزایش عملکرد پروتئین دانه شد و محلول‌ پاشی عناصر ریزمغذی این شرایط را بهبود بخشید. در اکثر صفات مورد بررسی، پیش‌ تیمار بذر با اسید سالیسیلیک نسبت به پیش‌ تیمار بذر با آب، توانست در حضور علف‌ های هرز و بدون حضور علف‌ های هرز، شرایط مطلوب‌ تری را ایجاد کند. از طرفی پیش‌ تیمار اسید سالیسیلیک و محلول‌ پاشی با آهن، تنها با یک بار وجین، عملکرد دانه مشابه‌ ای با پیش‌ تیمار اسید سالیسیلیک و محلول‌ پاشی با منگنز و روی در شرایط دو بار وجین داشت. بنابراین براساس یافته‌ های این پژوهش، می‌ توان با به کارگیری پیش‌ تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و محلول‌ پاشی با آهن، حداقل به میزان یک‌ بار وجین مزرعه را کاهش داد که نتیجه آن صرفه‌ جویی در وقت و هزینه انجام وجین دستی و یا عدم به کارگیری علف‌ کش‌ های شیمیایی در جهت حفظ منابع خاک و عدم آلودگی محیط زیست باشد. در پایان باید عنوان کرد مجموعه‌ ای از فرآیندهای موازی از جمله واکنش‌ های بیوشیمیایی، آناتومیکی و مورفولوژیکی مؤثر در رشد بوته‌ های سویا تحت برهمکنش اسید سالیسیلیک و محلول‌ پاشی در شرایط تنش علف‌ های هرز قرار می‌ گیرد و با توجه به این‌ که پژوهش حاضر مطالعه تلفیقی کاربرد پیش‌ تیمار بذر، وجین علف‌ های هرز و محلول‌ پاشی عناصر ریزمغذی در سویا بوده است؛ بنابراین مطالعه‌ های آتی باید بر نقش بهبود دهنده پیش‌ تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در تراکم‌ های مختلف علف‌ های هرز و سایر صفات مرتبط با رشد سویا، با هدف پایداری عملکرد معطوف باشد.

آماری مشاهده نشد. بیش‌ ترین عملکرد روغن (۵۸۹/۸۹ کیلوگرم در هکتار) در پیش‌ تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، محلول‌ پاشی با آهن و دوبار وجین به دست آمد که اختلاف معنی‌ داری با سایر سطوح محلول‌ پاشی داشت (جدول ۷).

مطالعات نشان داده است که میزان روغن دانه، به میزان فتوسنتز جاری در گیاه وابسته است. چرا که سنتز روغن دانه به تامین فتوسنتات (مواد فتوسنتزی) از اندام‌ های فتوسنتزی بستگی دارد (۱۰۹). ریزمغذی‌ هایی مانند منگنز، آهن و روی در بسیاری از واکنش‌ های بیوشیمیایی گیاهان مثل تولید هورمون‌ های رشدی (روی)، فتوسنتز (منگنز و روی) و تشکیل کلروفیل (آهن) دخالت دارند (۱۱۰). از طرفی، مطالعات نشان داده است که اسید سالیسیلیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ های آنتی‌ اکسیدان (۱۱۱)، کاهش سنتز اتیلن و هم‌ چنین بهبود حداکثر راندمان کوانتومی PSII (Fv/Fm) (۱۱۲)، آسیب‌ های ناشی از تنش را در گیاهان کاهش داده و موجب افزایش عملکرد روغن می‌ شود. بنابراین به نظر می‌ رسد پیش‌ تیمار بذر و محلول‌ پاشی عناصر ریزمغذی با فراهم‌ کردن شرایط مساعد نسبت به تنش علف‌ های هرز، موجبات افزایش فتوسنتز را فراهم آورده است که نتیجه آن افزایش میزان روغن و به تبع آن بهبود عملکرد روغن در سویا بوده است که با نتایج به دست آمده توسط قاسمی‌ گل‌ عدانی و فرهنگی‌ آبریز (۲۰۱۸) هم‌ خوانی دارد (۱۱۳).

نتیجه‌ گیری

براساس نتایج به دست آمده از اعمال پیش‌ تیمار بذر، در شرایط با و بدون وجین علف‌ های هرز و محلول‌ پاشی عناصر ریزمغذی، صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد و عملکرد روغن افزایش معنی‌ داری نسبت به محلول‌ پاشی با آب

منابع

1. Saberali, S. F., & Mohammadi, K. (2015). Organic amendments application downweight the negative effects of weed competition on the soybean yield. *Ecological Engineering*, 82, 451-458.
2. Conley, S. P., Stoltenberg, D. E., Boerboom, C. M., & Binning, L. K. (2003). Predicting soybean yield loss in giant foxtail (*Setaria faberi*) and common lambsquarters (*Chenopodium album*) communities. *Weed Science*, 51(3), 402-407.
3. Vollmann, J., Wagentristsl, H., & Hartl, W. (2010). The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*, 32(4), 243-248.
4. Leng, G., & Hall, J. (2019). Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. *Science of the Total Environment*, 654, 811-821.
5. Blackshaw, R. E., & Molnar, L. J. (2009). Phosphorus fertilizer application method affects weed growth and competition with wheat. *Weed Science*, 57(3), 311-318.
6. Hu, H., Liu, D., Li, P., & Shen, W. (2015). Hydrogen sulfide delays leaf yellowing of stored water spinach (*Ipomoea aquatica*) during dark-induced senescence by delaying chlorophyll breakdown, maintaining energy status and increasing antioxidative capacity. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 8-20.
7. Oyarburo, N. S., Machinandiarena, M. F., Feldman, M. L., Daleo, G. R., Andreu, A. B., & Olivieri, F. P. (2015). Potassium phosphite increases tolerance to UV-B in potato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 88, 1-8.
8. Mohammadi, P., & Khoshgoftarmanesh, A. H. (2014). The effectiveness of synthetic zinc (Zn)-amino chelates in supplying Zn and alleviating salt-induced damages on hydroponically grown lettuce. *Scientia Horticulturae*, 172, 117-123.
9. Li, H., Gao, M. Q., Xue, R. L., Wang, D., & Zhao, H. J. (2015). Effect of hydrogen sulfide on D1 protein in wheat under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37:225, 1-9.
10. Jeshni, M. G., Mousavinik, M., Khammari, I., & Rahimi, M. (2017). The changes of yield and essential oil components of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) under application of phosphorus and zinc fertilizers and drought stress conditions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 60-65.
11. Harbur, M. M., & Owen, M. D. (2004). Light and growth rate effects on crop and weed responses to nitrogen. *Weed Science*, 52(4), 578-583.
12. Blackshaw, R. E., Semach, G., & Janzen, H. H. (2002). Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science*, 50(5), 634-641.
13. Kaur, S., Kaur, R., & Chauhan, B. S. (2018). Understanding crop-weed-fertilizer- water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Protection*, 103, 65-72.
14. Arce, G. D., Pedersen, P., & Hartzler, R. G. (2009). Soybean seeding rate effects on weed management. *Weed Technology*, 23(1), 17-22.
15. Anwar, M. P., Juraimi, A. S., Man, A., Puteh, A., Selamat, A., & Begum, M. (2010). Weed suppressive ability of rice (*Oryza sativa* L.) germplasm under aerobic soil conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9), 706-717.
16. Basra, S. M. A., Farooq, M., Hafeez, K., & Ahmad, N. (2004). Osmohardening: a new technique for rice seed invigoration. *International Rice Research Notes*, 29, 80-81.
17. Clark, L. J., Whalley, W. R., Ellis-Jones, J., Dent, K., Rowse, H. R., Finch-Savage, W. E., Gatsai, T., Jasi, L., Kaseke, N. E., Murungu, F. S., Riches, C. R. (2001). On farm seed priming in maize: A physiological evaluation.

- In Proceedings of the seventh Eastern and Southern Africa regional maize conference Proceedings of the 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference, Nariobi, Kenya, 5–11 Feb. 2001, (pp, 268-273).
18. Harris, D., Tripathi, R. S. & Joshi, A. (2002). On-farm seed priming to improve crop establishment and yield in dry direct-seeded rice. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopes, K. & Hardy, B. (Eds.). Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities, pp: 231-240. International Research Institute, Manila, Philippines.
 19. Dhage, S. S., & Anishettar, S. (2020). Seed priming: An approach to enhance weed competitiveness and productivity in aerobic rice: A review. *Agricultural Reviews*, 41(2), 179-182.
 20. Du, L. V., & Tuong, T. P. (2002). Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopes, K. & Hardy, B. (Eds.). Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities, pp. 241-256. International Rice Research Institute, Manilla, Philippines.
 21. Tagour, R. M., & Mosaad, I. S. (2017). Effect of the foliar enrichment and herbicides on maize and associated weeds irrigated with drainage water. *Annals of Agricultural Sciences*, 62(2), 183-192.
 22. Zhao, D. L., Bastiaans, L., Atlin, G. N., & Spiertz, J. H. J. (2007). Interaction of genotype × management on vegetative growth and weed suppression of aerobic rice. *Field Crops Research*, 100(2-3), 327-340.
 23. Caldas, J. V. D. S., Silva, A. G. D., Braz, G. B. P., Procópio, S. D. O., Teixeira, I. R., Souza, M. D. F., & Reginaldo, L. T. R. T. (2023). Weed competition on soybean varieties from different relative maturity groups. *Agriculture*, 13(3), 725.
 24. Basal, O., & Szabo, A. (2020). Physiormorphology of soybean as affected by drought stress and nitrogen application. *Scientifica*, 2020, 6093836.
 25. McAndrews, G. M., Liebman, M., Cambardella, C. A., & Richard, T. L. (2006). Residual effects of composted and fresh solid swine (*Sus scrofa* L.) manure on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] growth and yield. *Agronomy Journal*, 98(4), 873-882.
 26. Sharma, M., Gupta, S. K., Majumder, B., Maurya, V. K., Deeba, F., Alam, A., & Pandey, V. (2018). Proteomics unravel the regulating role of salicylic acid in soybean under yield limiting drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 529-541.
 27. Miladinov, Z., Maksimović, I., Balešević, T. S., Đukić, V., Nikolić, Z., Milošević, B., & Katanski, S. (2020). Priming seeds-method for increasing the germination of soybean seeds under drought stress conditions. *Acta Agriculturae Serbica*, 25(50), 105-111.
 28. Aytaç, S., Çirak, C., & Özçelik, H. (2007). Foliar zinc application on yield and quality characters of soybean. *Asian Journal of Chemistry*, 19(3), 2410-2418.
 29. Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2009). Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products*, 30(1), 82-92.
 30. Roriz, M., Pereira, S. I., Castro, P. M., Carvalho, S. M., & Vasconcelos, M. W. (2021). Iron metabolism in soybean grown in calcareous soil is influenced by plant growth-promoting rhizobacteria—A functional analysis. *Rhizosphere*, 17, 100274.
 31. Babaei, H. R., Sabzi, H., Daneshian, J., Naseri, M., & Rahmanpour, S. (2019). Kousar, a New Soybean Cultivar Suitable for Spring Cultivation in Moderate Regions. *Research*

- Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(2), 127-138. [In Persian]
32. Kaur, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2005). Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(2), 81-87.
 33. Alizade, A. (2010). Plant, water and soil relationship. Mashhad, Razavi Qods Astan Press. [In Persian]
 34. Fehr, W. R., & Caviness, C. E. (1977). Stages of soybean development. Special Report 80, Iowa Agricultural Experiment Station, Iowa Cooperative External Series. Iowa State University. 13 p.
 35. Alshaal, T., & El-Ramady, H. (2017). Foliar application: from plant nutrition to biofortification. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 1, 71-83.
 36. Gajić, B., Kresović, B., Tapanarova, A., Životić, L., & Todorović, M. (2018). Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. *Agricultural Water Management*, 210, 224-231.
 37. Sáez-Plaza, P., Navas, M. J., Wybraniec, S., Michałowski, T., & Asuero, A. G. (2013). An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 43(4), 224-272.
 38. Assefa, Y., Bajjalieh, N., Archontoulis, S., Casteel, S., Davidson, D., Kovács, P., Naeve, S., & Ciampitti, I. A. (2018). Spatial characterization of soybean yield and quality (amino acids, oil, and protein) for United States. *Scientific Reports*, 8(1), 14653.
 39. Liu, J., Chen, M., Zhang, Y., & Zheng, B. (2022). Analyses of the oil content, fatty acid composition, and antioxidant activity in seeds of *Thlaspi arvense* L. from different provenances and correlations with environmental factors. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 11.
 40. Liu, J. G., Mahoney, K. J., Sikkema, P. H., & Swanton, C. J. (2009). The importance of light quality in crop-weed competition. *Weed Research*, 49(2), 217-224.
 41. Odeleye, F. O., Odeleye, O. M. O., & DADA, O. A. (2007). The performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) under varying weeding regimes in south western Nigeria. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35(1), 27.
 42. Balk, J., & Pilon, M. (2011). Ancient and essential: the assembly of iron-sulfur clusters in plants. *Trends in Plant Science*, 16(4), 218-226.
 43. Abdolahi, M., Shekari, F., Saba, J., & Zangani, E. (2018). Seed priming with salicylic acid enhanced gas exchanges parameters and biological yield of wheat under late sowing date. *Agriculture & Forestry*, 64(1), 145-157.
 44. Pasternak, T., Groot, E. P., Kazantsev, F. V., Teale, W., Omelyanchuk, N., Kovrizhnykh, V., Palme, K., & Mironova, V. V. (2019). Salicylic acid affects root meristem patterning via auxin distribution in a concentration-dependent manner. *Plant Physiology*, 180(3), 1725-1739.
 45. Larqué-Saavedra, A., & Martin-Mex, R. (2007). Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. In: Hayat, S. and Ahmad, A. (Eds). *Salicylic acid: a plant hormone*. pp: 15-23. Springer, Dordrecht.
 46. Jannink, J. L., Orf, J. H., Jordan, N. R., & Shaw, R. G. (2000). Index selection for weed suppressive ability in soybean. *Crop Science*, 40(4), 1087-1094.
 47. Driss, H., & Marashi, S. K. (2018). Effect of different methods of application of salicylic acid on reducing the effects of salinity stress on wheat lands without drainage system. *Crop Physiology Journal*, 10(39), 145-31. [In Persian]
 48. Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J., & Zangani, E. (2017). Effects of priming

- with salicylic acid on safflower seedlings photosynthesis and related physiological parameters. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 7(1), 1-13. [In Persian]
49. Abreu, M. E., & Munne-Bosch, S. (2009). Salicylic acid deficiency in NahG transgenic lines and sid2 mutants increases seed yield in the annual plant *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 60(4), 1261-1271.
50. Meijer, M., & Murray, J. A. (2000). The role and regulation of D-type cyclins in the plant cell cycle. *Plant Molecular Biology*, 43, 621-633.
51. Behera, S., Rout, R. K., Sinha, B., Padhiary, A., Nayak, A., Behera, D., & Das, T. K. (2017). Effect of zinc and boron on growth and yield of green gram at Bhawanipatna, Kalahandi, Odisha. *E-Planet*, 15(2), 102-106.
52. Sivaiah, K. N., Swain, S. K., Varma, S. V., & Raju, B. (2013). Effect of foliar application of micronutrients on growth parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 1(10), 146-151.
53. Handiganoor, M. G., Patil, S. B., & Vasudevan, S. N. (2018). Effectiveness of micronutrients and seed coating polymer application on seed yield and yield attributing parameters of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 25(4), 1-8.
54. Fageria, N. K. (2007). Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. *Journal of Plant Nutrition*, 30(2), 203-223.
55. Moran, J. F., Klucas, R. V., Grayer, R. J., Abian, J., & Becana, M. (1997). Complexes of iron with phenolic compounds from soybean nodules and other legume tissues: prooxidant and antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine*, 22(5), 861-870.
56. Guerinot, M. L., & Yi, Y. (1994). Iron: nutritious, noxious, and not readily available. *Plant Physiology*, 104(3), 815-820.
57. Harre, N. T., & Young, B. G. (2020). Early-season nutrient competition between weeds and soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 43(12), 1887-1906.
58. Dass, A., Rajanna, G. A., Babu, S., Lal, S. K., Choudhary, A. K., Singh, R., Rathore, S. S., Kaur, R., Dhar, S., Singh, T., Raj, R., Shekhawat, K., Singh, C., & Kumar, B. (2022). Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate. *Sustainability*, 14(10), 5825.
59. Lawrence, B. H., Hydrick, H. T., Bond, J. A., Golden, B. R., Allen, T. W., & Sanders, T. (2020). Weed control and soybean (*Glycine max* (L.) Merr) response to mixtures of a blended foliar fertilizer and postemergence herbicides. *Agronomy*, 10(11), 1719.
60. Dawood, M.G., Sadak, M.S., & Hozayen, M. (2012). Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(4), 82-89.
61. Osman, H. S., & Salim, B. B. (2016). Influence of exogenous application of some phytoprotectants on growth, yield and pod quality of snap bean under NaCl salinity. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(1), 1-13.
62. Singh, G., & Kaur, M. (1980). Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Indian Journal of Plant Physiology*, 23, 366-370.
63. Richard, D., Leimbrock-Rosch, L., Keßler, S., Stoll, E., & Zimmer, S. (2023). Soybean yield response to different mechanical weed control methods in organic agriculture in Luxembourg. *European Journal of Agronomy*, 147, 126842.

64. Sinclair, T. R., Messina, C. D., Beatty, A., & Samples, M. (2010). Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. *Agronomy Journal*, 102(2), 475-482.
65. Kohnavard, P., Jalilian, J., and Pirzad, A. (2012). Effect of foliar application of micro-nutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. *International Research Journal of Applied and Basic*. 3, 1460-1469.
66. Mirzakhani, M., & Sajedi, A. (2015). Evaluation of biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and yield components of sunflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 25, 139-153. [In Persian]
67. Habibi, M., Majidian, M., & Rabiei, M. (2014). Effect of boron, zinc and sulfur elements on grain yield and fatty acid composition of rapeseed. *Journal of Crops Improvement*, 16(1), 69-84. [In Persian]
68. Dimkpa, C. O., Bindraban, P. S., Fugice, J., Agyin-Birikorang, S., Singh, U., & Hellums, D. (2017). Composite micronutrient nanoparticles and salts decrease drought stress in soybean. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 1-13.
69. Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R. B. (2002). Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77, 185-268.
70. Therby-Vale, R., Lacombe, B., Rhee, S. Y., Nussaume, L., & Rouached, H. (2022). Mineral nutrient signaling controls photosynthesis: focus on iron deficiency-induced chlorosis. *Trends in Plant Science*, 27(5), 502-509.
71. Banks, L. W. (1982). Effects of timing of foliar zinc fertilizer on yield components of soybeans. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 22(116): 226-231.
72. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Zadeh, A. S., & Pirzad, A. (2010). The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology*, 2(11), 73-79.
73. Nasri, M., Khalatbari, M., & Farahani, H. A. (2011). Zn-foliar application influence on quality and quantity features in phaseolous vulgaris under different levels of N and K fertilizers. *Advances in Environmental Biology*. 5(5), 839-847.
74. Xu, M., Kong, K., Miao, L., He, J., Liu, T., Zhang, K., Yue, X., Jin, T., Gai, J., & Li, Y. (2023). Identification of major quantitative trait loci and candidate genes for seed weight in soybean. *Theoretical and Applied Genetics*, 136(1), 22.
75. Sadras, V. O. (2007). Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. *Field Crops Research*, 100(2-3), 125-138.
76. Kobraee, S., & Shamsi, K. (2013). Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(2), 39-45.
77. Divyashree, K. S., Prakash, S. S., & Yogananda, S. B. (2018). Effect of different methods of micronutrients mixture application on growth and yield of mungbean in Cauvery command area. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 3578-3582.
78. Kuchlan, P., & Kuchlan, M. K. (2023). Effect of salicylic acid on plant physiological and yield traits of soybean. *Legume Research-An International Journal*, 46(1), 56-61.
79. Oosterhuis, D. M. (1995). Potassium nutrition of cotton in the USA, with particular reference to foliar fertilization. In: Constable, G.A. & Forrester, N.W. (Eds.). *Challenging the Future: Proc. World Cotton Conference*. pp. 133-146. Brisbane Australia. CSIRO, Melbourne.
80. Anwar, Z., Basharat, Z., Bilal Hafeez, M., Zahra, N., Rafique, Z., & Maqsood, M. (2021). Biofortification of maize with zinc and iron not only enhances crop growth but also improves grain

- quality. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2022(2), 1-9.
81. Khan, S., Ibrar, D., Bashir, S., Rashid, N., Hasnain, Z., Nawaz, M., & Dvořáček, J. (2022). Application of moringa leaf extract as a seed priming agent enhances growth and physiological attributes of rice seedlings cultivated under water deficit regime. *Plants*, 11(3), 261.
82. Ahmadi, A., & Ceiocemardeh, A. (2005). Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(3), 753-763. [In Persian]
83. Szalai, G., Pál, M., Árendás, T., & Janda, T. (2016). Priming seed with salicylic acid increases grain yield and modifies polyamine levels in maize. *Cereal Research Communications*, 44(4), 537-548.
84. Khan, M. S., Akther, T., Ali, D. M., & Hemalatha, S. (2019). An investigation on the role of salicylic acid alleviate the saline stress in rice crop (*Oryza sativa* (L)). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101027.
85. Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., & Loutfi, K. (2018). Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1), 1-8.
86. Chavoushi, M., Najafi, F., Salimi, A., & Angaji, S. A. (2019). Improvement in drought stress tolerance of safflower during vegetative growth by exogenous application of salicylic acid and sodium nitroprusside. *Industrial Crops and Products*, 134, 168-176.
87. Zaid, A., Mohammad, F., Wani, S. H., & Siddique, K. M. (2019). Salicylic acid enhances nickel stress tolerance by up-regulating antioxidant defense and glyoxalase systems in mustard plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 575-587.
88. Yan, Y., Pan, C., Du, Y., Li, D., & Liu, W. (2018). Exogenous salicylic acid regulates reactive oxygen species metabolism and ascorbate–glutathione cycle in *Nitraria tangutorum* Bobr. under salinity stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(4), 577-589.
89. Jahan, M. S., Wang, Y., Shu, S., Zhong, M., Chen, Z., Wu, J., Sun, J., & Guo, S. (2019). Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species. *Scientia Horticulturae*, 247, 421-429.
90. Shi, Q., & Zhu, Z. (2008). Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3), 317-326.
91. Vlot, A. C., Dempsey, D. M. A., & Klessig, D. F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*, 47, 177-206.
92. Fariduddin, Q., Hayat, S., & Ahmad, A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41, 281-284.
93. Sharafizad, M., Naderi, A., Siadat, S. A., Sakinejad, T., & Lak, S. (2012). Effect of salicylic acid pretreatment on yield, its components and remobilization of stored material of wheat under drought stress. *Journal of Agricultural Science*, 4(10), 115-125.
94. Sharma, M., Gupta, S. K., Majumder, B., Maurya, V. K., Deeba, F., Alam, A., & Pandey, V. (2017). Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. *Journal of Proteomics*, 163, 28-51.

95. Ohashi, Y. H. U. J., Nakayama, N. H. U. J., Saneoka, H. H. U. J., & Fujita, K. H. U. J. (2006). Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. *Biologia Plantarum*, 50, 138-141.
96. Wang, X., & Komatsu, S. (2018). Proteomic approaches to uncover the flooding and drought stress response mechanisms in soybean. *Journal of proteomics*, 172, 201-215.
97. He, J., Du, Y. L., Wang, T., Turner, N. C., Yang, R. P., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T., Fang, X. W., & Li, F. M. (2017). Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agricultural Water Management*, 179, 236-245.
98. Kachlam, S., Banjara, G. P., & Tigga, B. (2019). Effect of basal and foliar nutrient on growth parameters and yield of summer greengram. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 931-933.
99. Manna, A., Hembram, A. K., & Mandel, A. B. (2013). Effect of foliar application of boron on seed yield in wheat. In: 12th National seed seminar held at University of Agricultural Sciences (UAS) Bengaluru (Vol. 30). India, 8-10 June 2013.
100. Bhagwat, G. J., Waghmare, P. K., Gokhale, D. N., & Bhalerao, G. A. (2018). Study on Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L.) Crop as Influenced by Micronutrient Application. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1852-1859.
101. Kumar, V., Sridhar, K., & Karthigeyan, S. (2013). Influence of Micronutrients and Growth Regulator on Seed Yield and Quality in Different Cultivars of Lucerne. In: 12th National seed seminar held at University of Agricultural Sciences (UAS) Bengaluru (Vol. 30). India, 8-10 June 2013.
102. Usman, M., Tahir, M., & Majeed, M. A. (2014). Effect of zinc sulphate as soil application and seed treatment on green gram (*Vigna radiata* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 12(2), 87-91.
103. Banerjee, S., Roy, P., Nandi, S., & Roy, S. (2023). Advanced biotechnological strategies towards the development of crops with enhanced micronutrient content. *Plant Growth Regulation*, 100(2), 355-371.
104. de Felipe, M., Gerde, J. A., & Rotundo, J. L. (2016). Soybean genetic gain in maturity groups III to V in Argentina from 1980 to 2015. *Crop Science*, 56(6), 3066-3077.
105. Andrade, J. F., Mourtzinis, S., Edreira, J. I. R., Conley, S. P., Gaska, J., Kandel, H. J., & Grassini, P. (2022). Field validation of a farmer supplied data approach to close soybean yield gaps in the US North Central region. *Agricultural Systems*, 200, 103434.
106. Bosaz, L. B., Gerde, J. A., Borrás, L., Cipriotti, P. A., Ascheri, L., Campos, M., & Rotundo, J. L. (2019). Management and environmental factors explaining soybean seed protein variability in central Argentina. *Field Crops Research*, 240, 34-43.
107. Chung, J., Babka, H. L., Graef, G. L., Staswick, P. E., Lee, D. J., Cregan, P. B., & Specht, J. E. (2003). The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. *Crop Science*, 43(3), 1053-1067.
108. Mourtzinis, S., Gaspar, A. P., Naeve, S. L., & Conley, S. P. (2017). Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal*, 109(5), 2040-2049.
109. Hu, Y., Zhang, Y., Yu, W., Hänninen, H., Song, L., Du, X., Zhang, R., & Wu, J. (2018). Novel insights into the influence of seed sarcotesta photosynthesis on accumulation of seed dry matter and oil content in *Torreya grandis* cv. "Merrillii". *Frontiers in Plant Science*, 8, 317135.

110. Ravi, S., Channal, H. T., & Ananda, N. (2008). Response of sulphur, zinc and iron nutrition on yield components and economics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *An Asian Journal of Soil Science*, 3(1), 21-23.
111. Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., & Qian, Q. (2006). Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation*, 48, 127-135.
112. Ghassemi-Golezani, K., & Lotfi, R. (2015). The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62, 611-616.
113. Ghassemi-Golezani, K., & Farhangi-Abriz, S. (2018). Changes in oil accumulation and fatty acid composition of soybean seeds under salt stress in response to salicylic acid and jasmonic acid. *Russian Journal of Plant Physiology*, 65, 229-236.