

## Evaluation of phenology, canopy temperature, and physiological traits related to soybean yield under influence of priming, foliar application of elements and weeds

Ali Sepehri<sup>1\*</sup>, Hamid Bagheri<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Corresponding author, Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: a\_sepehri@basu.ac.ir

<sup>2</sup> Ph.D Graduate in Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, Email: Mjhamid62@yahoo.com

### Article Info

Article type:  
Research Full Paper

### Article history:

2025-08-28  
2025-12-15

### Keywords:

Kowsar cultivar  
Leaf area index  
Micronutrients  
Salicylic acid  
Weeding

### ABSTRACT

**Background and objectives:** Although soybean cultivation is increasing in Iran, weed infestation is a persistent and complex limitation in many production areas of this plant, which affects soybean growth and development through competition for nutrients, water, and light. Therefore, strategies to prevent weed stress are a key factor in successful soybean production and improving soybean competitive ability against weeds by nutritional management and seed priming technique are considered as the safest and most sustainable strategies in weed management approach. Therefore, the effect of seed priming and foliar application of micronutrients was investigated on phenology, some physiological traits, and soybean grain and protein yield in the presence of weeds conditions.

**Materials and methods:** In this study, the effect of seed priming and foliar application of micronutrients on phenological traits, air-canopy temperature difference, leaf area index (LAI), and grain and protein yield of soybean cv. Kowsar with and without weeds was investigated as a factorial experiment based on a completely randomized block design during 2020-2021 and 2021-2022 growing season at Qorveh (Kurdistan province) in three replications. Seed priming in three level (no-priming, hydropriming and salicylic acid (SA) with a concentration of 0.5 mM), hand weeding in three levels (no-weeding, once weeding and twice weeding) and foliar application of micronutrients in four levels (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 tested.

**Results:** The results showed that seeds primed with SA required less time to emerge among the treatments studied. Plants under weed stress (no-priming and no-weeding) had more days from emerge to flowering than plants from seed priming with and without weeding conditions, and the lowest number of days from emerge to flowering was observed in the SA priming and twice weeding treatment. Applying SA and Hydropriming reduced the number of days from flowering to beginning pod in both years studied, and weeding reduced the number of days from flowering to beginning pod in soybean compared to the no-weeding treatment. The LAI of plants grown in the no-weeding conditions was

---

---

significantly lower than other studied treatments. Twice weeding under no-prime and water foliar application conditions increased soybean LAI by 20.12 and 24.76%, respectively, compared to once weeding and no-weeding treatments. Hydropriming and SA priming under no-weeding and water foliar application conditions increased LAI by 54.02 and 74.87%, respectively. Under prime and no-prime conditions, weeding increased soybean protein yield, and Fe foliar application improved these conditions. In most of the traits studied, SA priming was able to create more favorable conditions in the presence and absence of weeds than hydropriming, so that by applying SA priming with once weeding and Fe foliar application, soybean yield improved to the same extent as the SA priming with Mn and Zn foliar application with twice weeding.

**Conclusion:** Weeds caused prolonged all phenological traits studied except the number of days to emerge and the length of flowering period and SA priming and Fe foliar application was able to accelerate the emerge of phenological stages and increase the LAI and grain yield in with/without weeding conditions. Therefore, it can be suggested no weeding at least once, without reducing grain yield and other studied traits, by using SA priming and foliar spraying with studied micronutrients, especially iron chelate, which result will be less use of chemical pesticides and reduction of environmental problems, as well as saving time and cost for weeds control in the field.

---

---

**Cite this article:** Sepehri, A., Bagheri, H. 2026. Evaluation of phenology, canopy temperature, and physiological traits related to soybean yield under influence of priming, foliar application of elements and weeds. *Crop Production Journal*, 18 (4), 71-102.

---

---



© The author(s)



[10.22069/ejcp.2026.24103.2711](https://doi.org/10.22069/ejcp.2026.24103.2711)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---



## تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۸  
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



### ارزیابی فنولوژی، دمای کانوپی و صفات فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد سویا تحت تاثیر پرایمینگ، محلول پاشی عناصر و علفهای هرز

علی سپهری<sup>۱\*</sup>، حمید باقری<sup>۲</sup>

<sup>۱\*</sup> نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: a\_sepohri@basu.ac.ir  
<sup>۲</sup> دانش آموخته دکتری آگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، رایانامه: Mjhamid62@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	<b>سابقه و هدف:</b> اگرچه کشت سویا در ایران در حال افزایش می باشد؛ ولی در بسیاری از مناطق تولید این گیاه، آلودگی به علفهای هرز محدودیتی مداوم و پیچیده بوده که از طریق رقابت برای مواد مغذی، آب و نور بر رشد و نمو سویا تاثیر می گذارد. از این رو راهکارهای کاهش تنش علفهای هرز یک عامل کلیدی در تولید موفقیت آمیز این محصول می باشد. بهبود توانایی رقابتی سویا در مقابل علفهای هرز با مدیریت صحیح تغذیه و پرایمینگ بذر، به عنوان ایمن ترین و پایدارترین راهبردها در رویکرد مدیریت علفهای هرز در نظر گرفته شده است. لذا در این پژوهش تاثیر پرایمینگ بذر و محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر فنولوژی، برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه و پروتئین سویا در حضور علفهای هرز مورد بررسی قرار گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۷	<b>مواد و روش ها:</b> اثر پرایمینگ بذر و محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر صفات فنولوژیکی، اختلاف دمای کانوپی با محیط، شاخص سطح برگ و عملکرد دانه و پروتئین سویا رقم کوثر با حضور و بدون حضور علفهای هرز به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوکهای کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در سه قروه (کردستان) در سه تکرار بررسی شد. پرایمینگ بذر در سه سطح (شاهد، پرایم با آب و پرایم با سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار)، و جین دستی علفهای هرز در سه سطح (بدون و جین، یک بار و جین، دو بار و جین) و محلول پاشی عناصر ریزمغذی در چهار سطح (محلول پاشی با آب (شاهد)، سولفات روی با غلظت ۰/۰۳ درصد، سولفات منگنز با غلظت ۰/۰۳ درصد و کلات آهن ۹ درصد) مورد آزمایش قرار گرفت.
واژه های کلیدی: سالیسیلیک اسید وجین شاخص سطح برگ رقم کوثر ریز مغذی	<b>یافته ها:</b> نتایج نشان داد که بذرهای پرایم شده با سالیسیلیک اسید در بین تیمارهای مورد بررسی، به زمان کمتری جهت سبز شدن نیاز داشتند. گیاهان تحت تنش علفهای هرز (بدون پرایم و بدون وجین) نسبت به گیاهان حاصل از پرایم بذرها در شرایط وجین و عدم وجین، تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی بیش تری داشتند و کمترین تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی در تیمار پرایم بذر با سالیسیلیک اسید و دو بار وجین مشاهده شد. اعمال پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید موجب کاهش تعداد روز از گلدهی تا نیامدهی در هر دو سال مورد مطالعه شد و وجین علفهای هرز،

تعداد روز از گلدهی تا نيام‌دهی سویا را نسبت به تیمار بدون وجین کاهش داد. شاخص سطح برگ گیاهان رشد یافته در شرایط بدون وجین، به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی کم‌تر بود. دوبرار وجین علف‌های هرز در شرایط بدون پرایم و محلول‌پاشی با آب، موجب افزایش ۲۰/۱۲ و ۲۴/۷۶ درصدی شاخص سطح برگ سویا به‌ترتیب نسبت به تیمار یکبار وجین و بدون وجین شد. پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک‌اسید در شرایط بدون وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی با آب، به‌ترتیب موجب افزایش ۵۴/۰۲ و ۷۴/۸۷ درصدی شاخص سطح برگ سویا شد. در شرایط پرایم و همچنین بدون پرایم، وجین علف‌های هرز موجب افزایش عملکرد پروتئین سویا شد و محلول‌پاشی با آهن این شرایط را بهبود بخشید. در اکثر صفات مورد بررسی، پرایم بذر با سالیسیلیک‌اسید نسبت به پرایم بذر با آب، توانست در حضور علف‌های هرز و بدون حضور علف‌های هرز، شرایط مطلوب‌تری را ایجاد کند؛ به‌طوری‌که با اعمال پرایم سالیسیلیک‌اسید با یک بار وجین و محلول‌پاشی آهن، عملکرد دانه سویا به اندازه‌ی عملکرد تیمار پرایم با سالیسیلیک‌اسید همراه با محلول‌پاشی با منگنز و روی با دوبرار وجین، بهبود یافت.

**نتیجه‌گیری:** حضور علف‌های هرز موجب طولانی شدن تمامی صفات فنولوژیکی مورد مطالعه به جز تعداد روز تا سبز شدن و طول دوره گلدهی شد و پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و محلول‌پاشی آهن توانست موجب تسریع در ظهور مراحل فنولوژیکی و افزایش شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در شرایط وجین و بدون وجین علف‌های هرز شود. لذا می‌توان عدم انجام وجین علف‌های هرز را حداقل به میزان یک‌بار، بدون کاهش در عملکرد دانه با به‌کارگیری پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و محلول‌پاشی با عناصر به‌خصوص کلات آهن پیشنهاد داد که ماحصل آن به کارگیری کم‌تر سموم شیمیایی و کاهش مشکلات زیست محیطی و همچنین صرفه‌جویی در وقت و هزینه جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه خواهد بود.

**استناد:** سپهری، علی؛ باقری، حمید. (۱۴۰۴). ارزیابی فنولوژی، دمای کانوبی و صفات فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد سویا تحت تاثیر پرایمینگ، محلول‌پاشی عناصر و علف‌های هرز. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (۴)، ۷۱-۱۰۲.



[10.22069/ejcp.2026.24103.2711](https://doi.org/10.22069/ejcp.2026.24103.2711)

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## مقدمه

بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که گیاه سویا با تغییر شرایط رشدی از مطلوب به سمت بحرانی، خطر بالاتری در از دست دادن عملکرد دارد (۱). یک استراتژی نوآورانه در مدیریت محصول یکپارچه، استفاده از ترکیبات شیمیایی و همچنین محلول‌پاشی عناصر غذایی روی برگ‌ها است که موجب کنترل تنش‌های زنده مانند علف‌های هرز (۲) و غیرزنده مانند نور (۳)، اشعه ماوراء بنفش (۴)، شوری (۵) و خشک‌سالی (۶ و ۷) می‌شوند. در میان این ترکیبات کلسیم، فسفر، پتاسیم (۴) و عناصر ریز مغذی مانند سولفات روی و آهن (۸) برای محافظت از گیاهان با فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی ذاتی آن‌ها در معرض تنش‌ها، پیشنهاد شده است. بنابراین یکی از مولفه‌های مهم برنامه‌های کاهش تنش‌های وارد شده از طرف علف‌های هرز به گیاهان زراعی، به کارگیری و استفاده از ترکیبات و عناصر غذایی است (۲).

هر چند که استفاده از ریزمغذی‌ها، از ابزار نویدبخش برای کاهش تداخل علف‌های هرز با گیاهان زراعی است ولی برای جذب حداکثری این عناصر توسط گیاهان، روش محلول‌پاشی پیشنهاد شده است چرا که از طرفی باعث کاهش پتانسیل رشد علف‌های هرز شده و از طرفی دیگر، موجب افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی گیاهان زراعی می‌شوند (۹). بنابراین، تغذیه کودی یکی از عوامل اصلی در تعامل گیاه با علف‌های هرز است و قابلیت رقابت محصولات را در برابر علف‌های هرز برای منابعی همچون آب و مواد غذایی افزایش می‌دهد (۱۰). 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، بررسی فعل و انفعالات گیاهان زراعی، در

شرایط تنش رطوبتی و غذایی که توسط علف‌های هرز حاصل می‌شود، نقش مهمی در احیای شیوه‌های زراعی برای کشت محصولات دارد به طوری که علف‌های هرز می‌توانند زیر سطح آستانه اقتصادی نگه داشته شوند، که نتیجه‌ی آن بهبود بهره‌وری محصول و کاهش هزینه‌ها خواهد بود (۱۱).

از طرفی، نتایج برخی مطالعات نشان داده است که صفات مرتبط و نزدیک با رقابت‌پذیری علف‌های هرز با گیاهان زراعی شامل قدرت جوانه‌زنی اولیه‌ی بذر، رشد سریع گیاهچه و رسیدن زودهنگام به زیست توده مطلوب است که می‌تواند از طریق جوانه‌زنی سریع توسط بذرهای پرایم شده امکان‌پذیر گردد (۱۲ و ۱۳). جوانه‌زنی و سبز شدن ضعیف در مراحل اولیه‌ی رشدی گیاه، امکان رشد بیش‌تر علف‌های هرز را از طریق عدم رشد سریع و حصول تراکم مطلوب در مزرعه را موجب می‌شود و توانایی رقابت گیاه در برابر علف‌های هرز را کاهش می‌دهد (۱۴ و ۱۵). همچنین جوانه‌زنی سریع‌تر و هماهنگ بذرهای پرایم شده می‌تواند یک استقرار قوی و بهتر گیاه زراعی را در مزرعه تضمین کند (۱۶). چرا که با توسعه سریع کانوپی گیاه زراعی، موجبات برتری اولیه‌ی گیاه زراعی نسبت به علف‌های هرز و همچنین افزایش رقابت‌پذیری با علف‌های هرز فراهم می‌شود (۱۷). نتایج تحقیق شامباوی (۲۰۲۳) نشان داد تنش علف‌های هرز موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گیاه نخود نسبت به شرایط بدون تنش علف‌های هرز می‌شود (۱۸) و پرایمینگ بذر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد گیاه نخود را تحت شرایط تنش افزایش می‌دهد (۱۹). راج و راج (۲۰۱۹) اظهار کردند پرایمینگ بذر رشد گیاه را افزایش داده و موجب بهبود توان سرکوب علف‌های هرز توسط گیاه می‌شود (۲۰). بنابراین، نتایج مطالعات موجب تقویت این فرضیه که آیا ممکن است

پرایمینگ بذر بر توانایی سرکوب علف‌های هرز در سویا نیز تأثیرگذار باشد، شده است.

لذا، بر اساس توانایی رقابتی بالاتر بسیاری از علف‌های هرز نسبت به سویا (۲۱) و توانایی کم سویا در تثبیت نیتروژن در خاک نسبت به سایر گیاهان خانواده‌ی لگوم (۲۲)، ضرورت استفاده از عناصر ریزمغذی و همچنین پرایمینگ بذر، برای بهبود و حتی افزایش رشد سویا در شرایط حضور علف‌های هرز را موجب شده است (۲۳ و ۲۴). با این حال، اطلاعات کمی در مورد اثر عناصر مهم ریزمغذی و همچنین پرایمینگ بذر بر رشد و نمو سویا در شرایط تنش حاصل از علف‌های هرز، موجود است. هدف از این مطالعه بررسی چگونگی تأثیر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در حضور علف‌های هرز بر خصوصیات فنولوژیکی، برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه و عملکرد پروتئین سویا بود.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی شرکت آرمان توسعه غرب واقع در پنج کیلومتری جاده قروه-سنندج به اجرا در آمد. 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 طی دوره رشد سویا در جدول ۱ آمده است. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با رقم کوثر در سه تکرار انجام شد. پرایمینگ بذر در سه سطح (سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار (۲۵) و پرایم با آب (هیدروپرایم) به مدت ۶ ساعت به صورت غوطه‌ور در آب (۲۵ و ۲۶) و بدون پرایم، و جین

دستی علف‌های هرز در سه سطح (بدون و جین، یک-بار و جین و دوبار و جین قبل از محلول‌پاشی) و در نهایت محلول‌پاشی شامل عناصر ریزمغذی در چهار سطح (محلول‌پاشی با آب (شاهد)، سولفات روی با غلظت ۰/۰۳ درصد (۲۷ و ۲۸)، سولفات منگنز با غلظت ۰/۰۳ درصد (۲۸) و آهن به میزان ۳/۶۴ کیلوگرم در هکتار از منبع کلات آهن (FeEDTA) با آهن ۹ درصد (۲۹)) 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 سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (۳۰). خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری، در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج حاصل از آزمون خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل (۴۸-۴۴ درصد فسفر) قبل از کاشت و مقدار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن توصیه شده از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن) در هنگام کاشت در هر دو سال تحقیق، مصرف شد.

بذرهای سویا رقم کوثر قبل از اعمال پرایمینگ، با محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم به مدت یک دقیقه ضدعفونی، سپس کاملاً با آب مقطر شسته شده و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) به مدت شش ساعت و غلظت مورد نظر در آزمایشگاه پرایم شدند. از پمپ آکوارיום و سنگ هوا به منظور تأمین اکسیژن طی فرایند پرایمینگ استفاده شد. بذرهای پس از خارج شدن از محلول‌های پرایم، در دمای ۲۵-۲۲ درجه سلسیوس (کنترل دما با استفاده از اسپلیت و دماسنج انجام شد) به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک شدند (۳۱). سالیسیلیک‌اسید مورد استفاده با وزن مولکولی ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول، از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

ارزیابی فنولوژی، دمای کانوپی و صفات فیزیولوژیکی مرتبط... / علی سپهری و حمید باقری

بذرهای پرایم شده پس از اتمام عملیات تهیه زمین و کوددهی براساس نتایج آزمون خاک، با قارچ‌کش‌های کاربندازیم+کاپتان به نسبت ۱:۱ و به میزان سه گرم برای هر کیلوگرم بذر جهت جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی از جمله رایزوکتینیا، فوزاریوم و فیتوفترا ضدعفونی شدند

(۳۰). 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 (۳۲).

جدول ۱- داده‌های هواشناسی شهر قروه در طول دوره رشد سویا  
Table 1- Meteorological data for Qorveh during the growing season

سال و ماه دوره رشد Month- Year	سرعت باد (متر بر ثانیه) Wind speed (m/s)	ساعات آفتابی Hours of sunshine	تبخیر (میلی متر) Evaporation (mm)	بارندگی (میلی متر) Precipitation (mm)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)		دما (درجه سلسیوس) Temperature (°C)	
					حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
					Min.	Max.	Min.	Max.
۱۳۹۹-۱۴۰۰								
2020-21								
خرداد May-Jun	23	383	315.5	9.32	11	31	15.2	31
تیر Jun-Jul	15	334.2	352.2	0.2	12	33	18.3	34.5
مرداد Jul-Aug	20	324.4	321.3	5.92	14	41	18.2	33.7
شهریور Aug-Sep	17	352.6	307.6	0.2	10	28	16.2	31.7
۱۴۰۰-۱۴۰۱								
2021-22								
خرداد May-Jun	19	363.8	303.6	2	14	36	14.6	29.4
تیر Jun-Jul	18	389.2	383.1	0	12	32	18.4	33.6
مرداد Jul-Aug	17	341.8	358.7	0.31	13	35	19.6	34.8
شهریور Aug-Sep	18	338.2	301	0.30	11	27	15.9	30.6

جدول ۲- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی  
Table 2- Physical and chemical properties of the experimental field soil

سال زراعی year	بافت خاک Soil texture	ظرفیت مزرعه (درصد) Field capacity (%)	چگم ظاهری خاک (میلی گرم بر متر مکعب) Soil bulk density (mg/m <sup>3</sup> )	اسیدیته کل اشباع (۱ به ۲/۵) pH (1:2.5)	نیترژن کل (درصد) T.N (%)	فسفر	پتاسیم	منگنز	روی	آهن
						(میلی گرم در کیلوگرم)				
						P	K	Mn	Zn	Fe
(mg.Kg <sup>-1</sup> )										
۱۴۰۰- ۱۳۹۹	رسی-لومی Clay- loam	44.1	1.24	7.63	0.083	12.89	541.6	2.8	0.64	1.24
۱۴۰۱- ۱۴۰۰	رسی-لومی Clay- loam	43.3	1.23	7.63	0.081	12.71	383.4	2.5	0.62	1.21
2021-22										

برای جلوگیری از باد بردگی، محلول‌پاشی در زمانی انجام شد که هوای منطقه تقریباً ساکن بود.

برای بررسی صفات فنولوژیکی براساس مدل فهر و کاوینس (۱۹۷۱)، گیاهان از زمان کاشت تا زمان رسیدگی کامل، هر سه روز، یک بار مورد بازدید قرار گرفتند (۳۳). فاصله زمانی بین کاشت تا ۵۰ درصد سبز شدن بذره‌های کاشته شده از هر تیمار، در هر یک از واحدهای آزمایشی به‌عنوان تعداد روز تا سبز شدن (VE) یادداشت گردید. پس از آن، تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی (VE-R1)، تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی (R1-R3)، طول دوره گلدهی (R1-R2)، تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه (R3-R6) و تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی کامل (R6-R8) برای هر یک از واحدهای آزمایشی ثبت شد.

اندازه‌گیری سطح برگ، در هر یک از واحدهای آزمایشی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی به روش دستی و با استفاده از کاغذ شطرنجی انجام شد. برای این منظور پنج بوته از هر واحد آزمایشی برداشت و داخل کیسه‌های نایلونی قرار داده شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. سطح برگ بوته‌های مذکور اندازه‌گیری شد و در نهایت شاخص سطح برگ براساس مساحت پنج بوته به‌دست آمد (۳۵).

برای اندازه‌گیری اختلاف دمای کانوپی با دمای محیط از دستگاه دماسنج مادون قرمز ( Infra-red thermometer, Model 8889) استفاده شد. برای اندازه‌گیری این پارامتر، یک هفته بعد از محلول‌پاشی دوم، دو بار در ساعات ۱۱-۱۰ صبح (۳۶) و دیگری ساعات ۱۵-۱۳/۳۰ بعد از ظهر (۳۷) اقدام به اندازه‌گیری دمای کانوپی با دماسنج مادون قرمز گردید. تعداد اندازه‌گیری از هر کرت، ۱۰ مرتبه بود که با میانگین‌گیری از آن، دمای کانوپی هر کرت محاسبه شد. یک دماسنج معمولی در ارتفاعی حدود ارتفاع پوشش گیاهی (۱/۵ متری بالای کانوپی)، جهت

وجین علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی و با دست انجام شد. با توجه به این که عامل وجین در سه سطح بدون وجین، یک‌بار وجین و دوبار وجین بود، لذا انجام یک‌بار و دو بار وجین قبل از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی صورت پذیرفت. محلول‌پاشی در مرحله‌ی رشدی

V4-V5 (مرحله چهار تا پنج گرهی روی ساقه اصلی با برگ‌های توسعه یافته) (۲۹) براساس مدل فهر و کاوینس (۱۹۷۷) شروع و محلول‌پاشی بعدی دو هفته بعد از اولین محلول‌پاشی انجام شد (۳۳). سولفات روی و سولفات منگنز از شرکت تهران تجارت ایرانیان آسیا (تتاکو) 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 لانس دار ECHO، مدل SHP-2110 ساخت کشور ژاپن انجام پذیرفت. سمپاش دارای پمپ پلانجر (جهت پودر کردن و پاشش محلول)، ظرفیت ۲۵ لیتر و حداکثر فشار پمپ  $23/5 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$  و حداکثر حجم پاشش،  $7/1$  لیتر در دقیقه بود. لانس سمپاش نیز به یک شلنگ با قطر ۱۷ میلی‌متر به پمپ متصل که برای حجم آب ۳۵۰ لیتر در هکتار کالیبره شد. با توجه به این که عوامل محیطی شامل زمان روز، رطوبت، دما و سرعت باد بر جنبه‌های فیزیکی و بیولوژیکی محلول‌پاشی تأثیر می‌گذارد و نفوذپذیری بافت گیاه یک عامل مهم در جذب مواد ریزمغذی توسط گیاه است، لذا شرایط مرطوب و آرام به نفع بالاترین نفوذپذیری در بافت گیاهی اغلب در ساعات پایانی روز مشاهده می‌شود (۳۴)، از این رو 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.

اندازه‌گیری دمای محیط در مزرعه کار گذاشته شد (۳۸). سپس اختلاف دمای کانوپی با دمای محیط برای هر تیمار با استفاده از معادله زیر به دست آمد (۳۹) و (۴۰).

معادله (۱)

دمای محیط - دمای کانوپی = اختلاف دمای کانوپی با دمای محیط

در پایان فصل رشد و 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 استفاده شد و عملکرد پروتئین با ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین اندازه‌گیری شده برای هر تیمار محاسبه شد (۴۱).

قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، یکنواختی واریانس‌ها با استفاده از آزمون بارتلت انجام و پس از تایید همگنی واریانس خطای آزمایش، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با نرم‌افزار SAS (Ver. 9.4) انجام و در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمار آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری شده، میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفت. ضرایب همبستگی پیرسون انجام و ترسیم نمودارها بین کلیه صفات مورد اندازه‌گیری به همراه سطح معنی‌دار شدن آن‌ها با کمک نرم‌افزار Microsoft Excel (ver. 2010) صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

**تعداد روز تا سبز شدن (VE):** نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تعداد روز تا سبز شدن تحت تأثیر پرایمینگ بذرها قرار گرفته است (جدول ۳). با توجه به شکل ۱، مشاهده می‌شود که بذرها حاصل از پرایم با آب و پرایم با سالیسیلیک اسید، نسبت به بذرها پرایم نشده، روز تا سبز شدن کم‌تری داشتند. اگرچه بذرها پرایم شده با سالیسیلیک اسید در بین

تیمارهای مورد بررسی، زمان کم‌تری را جهت جوانه‌زنی و سبز شدن نیاز داشت. مطالعات نشان داده است که پرایمینگ بذرها منجر به تنظیم مثبت آکواپورین‌ها<sup>۱</sup> (AQPs) و افزایش فعالیت جوانه‌زنی می‌شود، چرا که ژن‌های SoPIP1;1، SoPIP1;2، SoPIP2;1 (پروتئین‌های ذاتی غشای پلاسمایی PIP<sup>۲</sup>) و SoδTIP (پروتئین‌های ذاتی تونوپلاست TIP<sup>۳</sup>) در طول مرحله دوم جذب آب تنظیم شده و این امر باعث گسترش سلول‌های ناشی از پتانسیل فشاری و افزایش سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها پرایم شده نسبت به بذرها بدون پرایم می‌شود (۴۲). عنوان شده است که سالیسیلیک اسید می‌تواند جوانه‌زنی بذرها، رشد سلولی، باز شدن روزنه، بیان ژن‌های مرتبط با پیری و تولید دانه را تحت تأثیر قرار دهد (۴۳). همچنین نشان داده شده است که بذرها پرایم شده با سالیسیلیک اسید، سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن را در لوبیا معمولی (۴۴)، ذرت (۴۵) و برنج (۴۶) افزایش می‌دهد. نتایج این تحقیق نیز با نتایج گزارش شده، مطابقت دارد.

از طرفی، پرایمینگ بذرها تولید متابولیت‌های جوانه‌زنی را در سویا و ماش افزایش می‌دهد (۴۷) که به بازیابی ساختار ژنتیکی بهتر بذرها کمک می‌کند (۴۸). پرایمینگ بذرها با آب به حفظ کم‌ترین مقادیر برای میانگین زمان جوانه‌زنی و تعداد روزهای ظهور ۵۰ درصد گیاهچه‌ها در گندم کمک کرد (۴۹). کانتو و همکاران (۲۰۱۵) نقش پرایمینگ بذرها را در بذرها برنج که به دلیل افزایش طول جنین، سریع‌تر رشد می‌کنند، مشاهده کردند. علاوه بر این، زمان ظهور خروج ساقه چه و ریشه چه کم‌تر بود (۵۰). این ممکن است نتیجه رشد فعال سلول‌های دخیل در جوانه‌زنی باشد که توسط هیدراتاسیون بذرها با یا بدون برخی

<sup>1</sup> Aquaporins

<sup>2</sup> PIP-plasma membrane intrinsic proteins

<sup>3</sup> TIP-tonoplast intrinsic proteins

مزرعه با اعمال پرایمینگ مشاهده شد (۵۱). یافته‌های وانگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز در این راستا بود که پس از پرایمینگ بذر با آب، سرعت جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاه سویا در مزرعه افزایش یافت (۵۲).

مواد شیمیایی فعال می‌شوند. این عمل همچنین به بهبود بینه بذر کمک نموده و نتایج بهتری را در مراحل متوالی رشد محصول نشان داد. به‌طور مشابه، ظهور سریع‌تر بذرهای گیاهان ذرت و سویا در شرایط

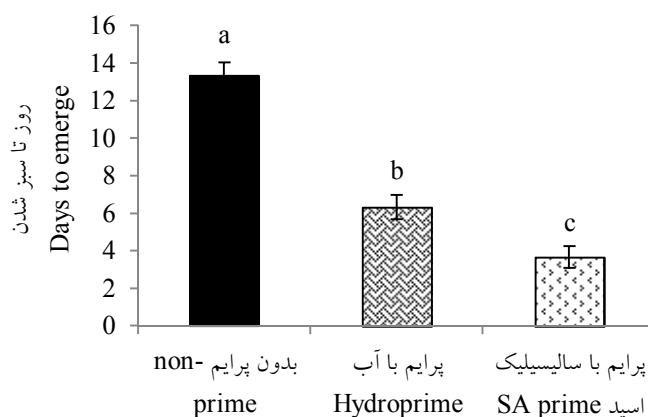
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بذر بر تعداد روز تا سبز شدن سویا رقم کوثر در منطقه قره

Table 3- Variance analysis results of seed priming effect on days to emerge of soybean cv. Kousar in Qorveh region

منابع تغییرات S.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)	
		تعداد روز تا سبز شدن	Days to emerge
سال (Year)	1	2.72 <sup>ns</sup>	
تکرار×سال (Year×Rep)	4	3.61*	
پرایمینگ بذر (Priming)	2	62.17**	
P×Y	2	0.06 <sup>ns</sup>	
اشتباه آزمایشی Error	8	0.86	
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.37	

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

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



شکل ۱- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر از نظر تعداد روز تا سبز شدن

Figure 1- Means comparison of different levels of priming on days to emerge

گلدھی در شرایط بدون پرایم و پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید شد. از طرفی، در پرایمینگ بذر با آب هر چند شاهد کاهش تعداد روز از سبز شدن تا گلدھی با یکبار و جین بودیم ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در تیمار شاهد، اختلافی بین تیمارهای یک بار و جین و دوبار و جین مشاهده نشد ولی در تیمارهای پرایمینگ بذر با آب و همچنین

تعداد روز از سبز شدن تا گلدھی (VE-R1): تعداد روز از سبز شدن تا گلدھی، در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهمکنش پرایمینگ بذر و جین قرار گرفت (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۲A) و جین علف‌های هرز موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از سبز شدن تا

سبب کاهش تقسیم سلولی و فرآیندهای بلوغ سلولی شود. این ادعا با تأخیر در گلدهی گیاهان تحت تنش تأیید می‌شود (۵۴). تأخیر در گلدهی در گیاهان پرایم نشده و تحت تنش علف‌های هرز به رشد ضعیف‌تر این گیاهان به دلیل کمبود مواد غذایی ایجاد شده توسط علف‌های هرز نسبت داده شده که می‌تواند مانع سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی کافی در گیاهان شود که نتیجه آن تاخیر در گلدهی خواهد بود. از سویی دیگر، کاربرد عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی، موجب کاهش تعداد روز تا گلدهی سویا در شرایط تنش علف‌هرز شده است که دلیل آن را می‌توان به ایجاد شرایط مناسب رشدی و کاهش تنش نسبت داد. کاهش تعداد روز تا گلدهی با پرایم بذرها در ذرت (۵۵) و در نخود و گندم (۵۶) نیز گزارش شده است.

آلام و همکاران (۲۰۲۲) اظهار کرده‌اند که گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهانی که در شرایط بدون تنش رشد می‌کنند، تأخیر قابل توجهی را در گلدهی نشان می‌دهند و اعمال پرایم بذرها با سالیسیلیک اسید، موجب کاهش تأخیر در گلدهی می‌شود (۵۷). عنوان شده است که علف‌های هرز نفوذ نور به کانوبی گیاه را کاهش داده و در نتیجه رشد رویشی را طولانی‌تر کرده و منجر به تأخیر در گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی می‌شود (۵۸). لذا به نظر می‌رسد کاهش رشد گیاه زراعی در حضور علف‌های هرز، انتقال به دوره زایشی را نیز به تأخیر انداخته باشد. در تحقیق حاضر، گیاهان تحت رقابت با علف‌های هرز (بدون پرایم و بدون وجین) نیز نسبت به گیاهان حاصل از پرایمینگ بذر در شرایط وجین و بدون وجین، روز تا گلدهی بیشتری بودند. این نشان می‌دهد که تعداد روزهای گلدهی و بلوغ فیزیولوژیکی به دلیل رقابت علف‌های هرز در طول رشد محصول، نسبت به سایر تیمارها به‌طور قابل توجهی به تأخیر افتاده است. در

سالیسیلیک اسید این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. به‌طوری که در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید، تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی سویا با اعمال دوبار وجین، کاهش ۸/۶۴ درصدی نسبت به تیمار یک بار وجین و کاهش ۱۶/۰۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد (بدون وجین) داشت. بیش‌ترین تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی مربوط به تیمار بدون پرایم و بدون وجین با ۴۲/۳۳ روز و کم‌ترین تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و دوبار وجین مشاهده شد.

همچنین نتایج به‌دست آمده از تجزیه مرکب مربوط به داده‌های تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی نشان داد که برهمکنش پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). گیاهان حاصل از پرایمینگ بذر، در شرایط محلول‌پاشی با آب تعداد روز تا گلدهی کم‌تری را نسبت به گیاهانی که در شرایط بدون پرایم رشد کرده بودند داشتند به‌طوری که اعمال پرایم آب و سالیسیلیک اسید به‌ترتیب موجب کاهش ۱۰/۶۴ و ۱۴/۸۹ درصدی نسبت به شاهد شد (شکل ۲B). از طرفی، در تمامی حالات پرایمینگ بذر، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی روی و آهن، موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی سویا شد. کم‌ترین تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی مربوط به تیمار پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی آهن بود که موجب کاهش معنی‌دار ۲۲/۵۰ درصدی نسبت به محلول‌پاشی با آب در همین تیمار و ۳۴/۰۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد (بدون پرایم و محلول‌پاشی با آب) شد. ظهور زودتر گیاهان و افزایش بنیه بذرها پرایم شده، به گیاهچه‌ها کمک می‌کند تا فاز رویشی خود را سریع‌تر از بذرها پرایم نشده تکمیل کنند (۵۳). از طرفی نیز وجود علف‌های هرز، موجب ایجاد تنش در گیاهان شده که می‌تواند

راستای این نتیجه، میتیکو و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که با حضور علف‌های هرز، مدت زمان مورد نیاز گیاهان لوبیا برای رسیدن به بلوغ فیزیولوژیکی طولانی‌تر شده است که با نتایج تحقیقات یاد شده، همخوانی دارد (۵۹). تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی (R1-R3). گیاهان رشد یافته در شرایط پرایمینگ بذر، تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی متفاوتی را در سال‌های مورد مطالعه داشتند (جدول ۴). با اعمال پرایمینگ بذر، از تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی نسبت به شرایط بدون پرایم کاسته شد که این کاهش در هر دو سال از نظر آماری معنی‌دار بود. در سال اول اعمال پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید به ترتیب موجب کاهش ۷/۳۲ و ۱۴/۶۴ درصدی و در سال دوم اعمال پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید به ترتیب موجب کاهش ۸/۱۹ و ۱۶/۰۶ درصدی تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی نسبت به تیمار بدون پرایم شد (شکل ۳A).

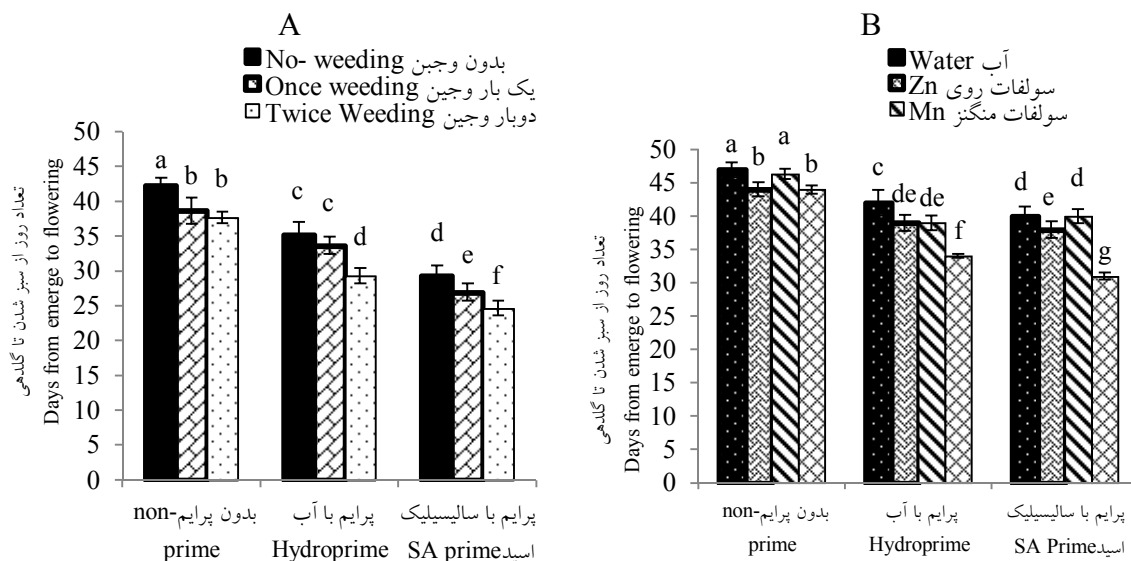
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر پرایمینگ، وجین و محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر صفات فنولوژیکی سویا رقم کوثر در منطقه قروه

Table 4- Variance analysis results of priming, weeding and foliar application of micronutrient elements effect on phenological attributes of soybean cv. Kousar in Qorveh region

منابع تغییرات S.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				
		تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی Days from emerge to flowering	تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی Days from flowering to beginning pod	طول دوره گلدهی Length of Flowering period	تعداد روز از نیام- دهی تا پر شدن دانه Days from beginning pod to seed filling	تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی کامل Days from seed filling to maturity
سال (Year)	1	4.06 <sup>ns</sup>	11.70 <sup>ns</sup>	1.19 <sup>ns</sup>	35.17 <sup>**</sup>	9.34 <sup>ns</sup>
تکرار×سال (Year×Rep)	4	3.27 <sup>ns</sup>	7.40 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	4.76 <sup>ns</sup>	6.24 <sup>ns</sup>
پرایم بذر (P)	2	27.47 <sup>**</sup>	37.84 <sup>**</sup>	7.33 <sup>ns</sup>	43.51 <sup>**</sup>	107.10 <sup>**</sup>
Seed Priming P×Y	2	8.14 <sup>ns</sup>	31.41 <sup>**</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	9.12 <sup>ns</sup>	8.11 <sup>ns</sup>
وجین (W)	2	33.93 <sup>**</sup>	64.79 <sup>**</sup>	1.69 <sup>ns</sup>	30.04 <sup>**</sup>	127.70 <sup>**</sup>
Weeding W×Y	2	9.18 <sup>ns</sup>	9.01 <sup>ns</sup>	1.03 <sup>ns</sup>	23.70 <sup>**</sup>	9.71 <sup>ns</sup>
P×W	4	29.76 <sup>**</sup>	2.94 <sup>ns</sup>	7.32 <sup>ns</sup>	12.09 <sup>ns</sup>	10.30 <sup>ns</sup>
Y×P×W	4	10.41	2.71 <sup>ns</sup>	0.47 <sup>ns</sup>	26.88 <sup>**</sup>	5.22 <sup>ns</sup>
محلول پاشی (F)	3	61.19 <sup>**</sup>	61.84 <sup>**</sup>	1.99 <sup>ns</sup>	127.77 <sup>**</sup>	136.85 <sup>**</sup>
Foliar application F×Y	3	7.45 <sup>ns</sup>	11.53 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>	9.01 <sup>ns</sup>	7.09 <sup>ns</sup>
P×F	6	31.58 <sup>*</sup>	12.27 <sup>ns</sup>	3.62 <sup>ns</sup>	13.16 <sup>ns</sup>	49.58 <sup>**</sup>
W×F	6	7.63 <sup>ns</sup>	4.89 <sup>ns</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	10.43 <sup>ns</sup>	13.48 <sup>ns</sup>
Y×P×F	6	8.96 <sup>ns</sup>	3.49 <sup>ns</sup>	0.61 <sup>ns</sup>	7.61 <sup>ns</sup>	6.14 <sup>ns</sup>
Y×W×F	6	7.37 <sup>ns</sup>	2.78 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	5.22 <sup>ns</sup>	8.08 <sup>ns</sup>
P×W×F	12	3.41 <sup>ns</sup>	9.89 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	6.35 <sup>ns</sup>	9.73 <sup>ns</sup>
Y×P×W×F	12	2.19 <sup>ns</sup>	1.66 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	4.33 <sup>ns</sup>	7.06 <sup>ns</sup>
Error اشتباه آزمایشی	140	7.15	10.25	5.55	8.03	9.97
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.64	6.11	13.44	4.41	4.26

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

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



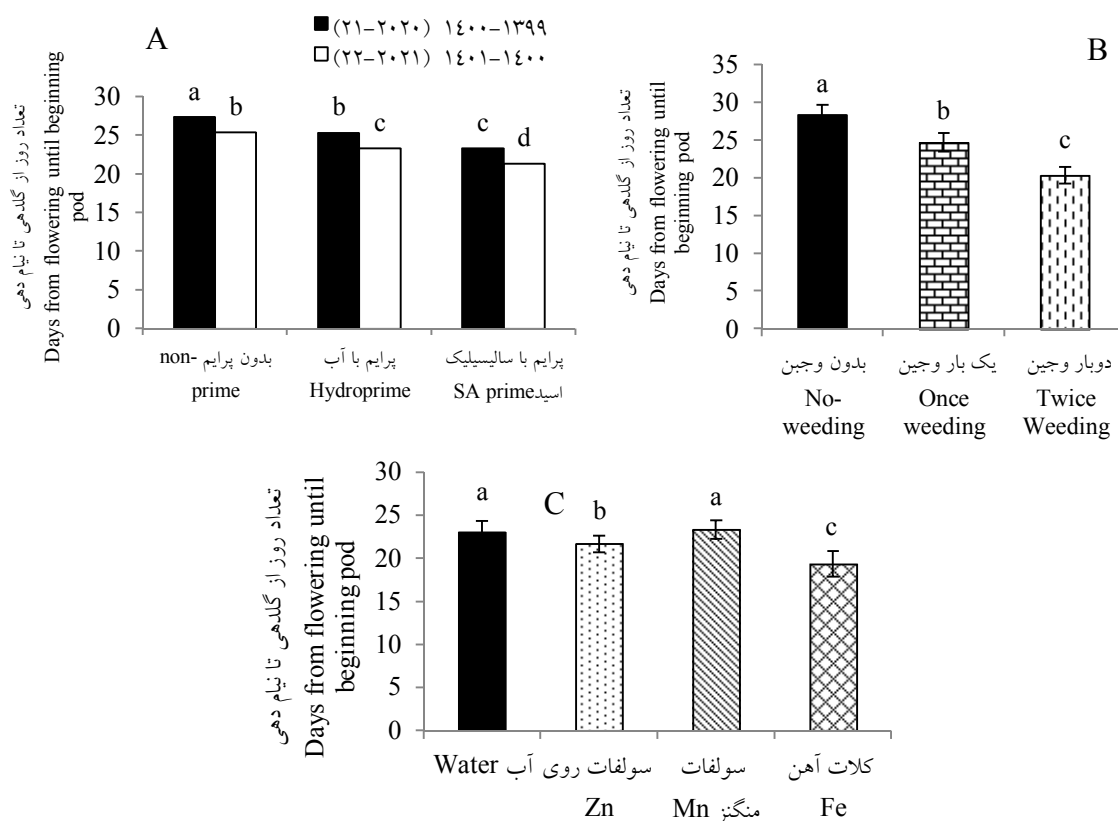
شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش پرایمینگ بذر و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (A) و برهمکنش پرایمینگ بذر و سطوح مختلف محلول‌پاشی (B) از نظر تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی

Figure 2- Means comparison of interaction between priming and different levels of weeding (A) and interaction between priming and different levels of micronutrients foliar application (B) on days from emergence to Flowering

روی اختلاف معنی‌دار بود ولی بین محلول‌پاشی آب با منگنز، اختلافی از نظر تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی مشاهده نشد (شکل ۳C).

تحقیقات قبلی نشان داده گلدهی زودتر، سبب تسریع در نیام‌دهی می‌شود. لذا تشکیل زودتر نیام‌ها در گیاهان پرایم شده را می‌توان به جوانه‌زنی زودتر و بنیه قوی‌تر بذرها نسبت داد. بدیهی است زمان بیش‌تر برای تشکیل نیام در گیاهان رشد یافته در شرایط بدون پرایم، به دلیل ظهور و گلدهی دیرنگام و رشد ضعیف‌تر این گیاهان نسبت به شرایط پرایم بذرها می‌باشد (۵۳). نتایج مشابهی نیز توسط برونر و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر ظهور دیرنگام نیام در صورت گلدهی دیرتر در سویا به‌دست آمده است (۶۰) که با نتایج تحقیق حاضر، هم‌خوانی دارد.

براساس جدول تجزیه واریانس مرکب صفات (جدول ۴)، نتایج نشان داد که تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی تحت تأثیر وجین علف‌های هرز قرار گرفته است. به‌طوری که با اعمال وجین علف‌های هرز، از تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی سویا به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار بدون وجین کاسته شد. بیش‌ترین تعداد روز تا نیام‌دهی مربوط به تیمار بدون وجین با ۲۸/۳۳ روز بود و کم‌ترین تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی در تیمار دوبار وجین با ۲۰/۳۳ روز مشاهده شد (شکل ۳B). تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی، تحت تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). محلول‌پاشی آهن و روی موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی نسبت به محلول‌پاشی با آب و همچنین منگنز شد. بین محلول‌پاشی آهن و



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش پرایمینگ بذر و سال (A)، سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (B) و سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (C) از نظر تعداد روز از گلدهی تا نیام‌دهی

Figure 3- Means comparison of interaction between priming and year (A) and different levels of weeding (B) and different levels of micronutrients foliar application (C) on days from flowering to beginning pod

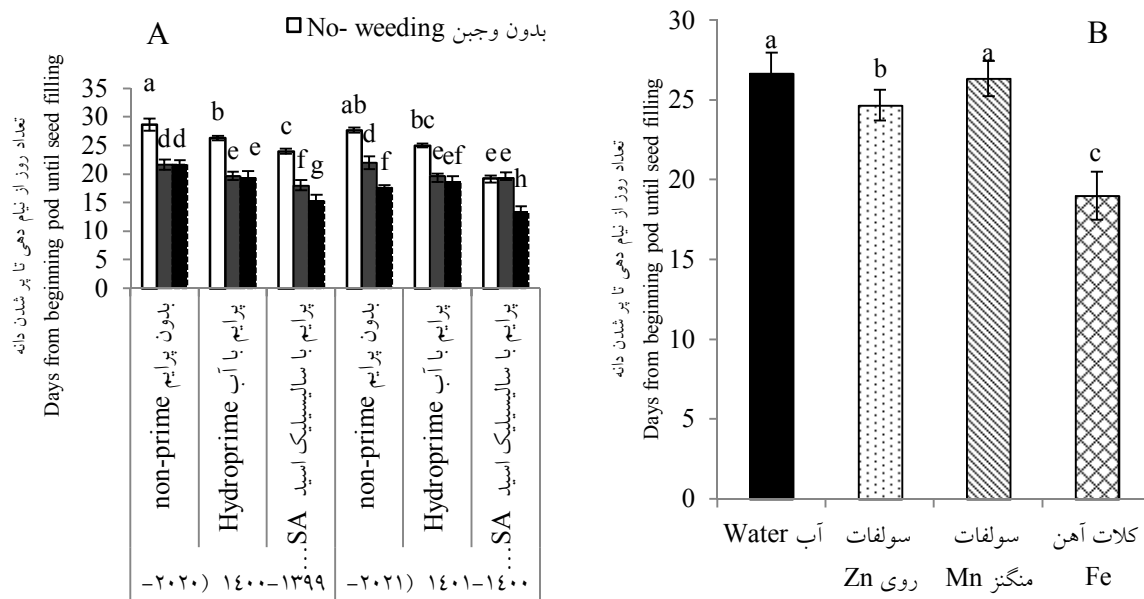
از نیام‌دهی تا پر شدن دانه در تیمار پرایم بذر با سالیسیلیک اسید با دوبار وجین در سال دوم (۱۳/۳۳ روز) بود که با تمامی تیمارهای مورد مطالعه دارای اختلاف معنی دار بود. هرچند که در همین تیمار، بین تیمار بدون وجین و یک‌بار وجین، اختلافی از نظر تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه مشاهده نشد (شکل ۴A).

محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی مورد مطالعه، تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). با توجه به شکل ۴B، بیش‌ترین تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه در تیمار محلول‌پاشی با آب (۲۶/۶۶ روز) و کم‌ترین تعداد روز تا پر شدن دانه در گیاهان محلول-

تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه (R3-R6): با توجه به جدول ۴ تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پرایمینگ، وجین و سال قرار گرفت ( $p < 0.01$ ). در هر دو سال مورد مطالعه، وجین علف‌های هرز موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه سویا در تمامی سطوح پرایمینگ بذر شد (به جز پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید در ال دوم). در شرایط بدون وجین، اعمال پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید به- ترتیب موجب کاهش ۸/۱۳ و ۱۶/۲۶ درصدی تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه در سال اول و موجب کاهش ۹/۶۲ و ۳۱/۳۱ درصدی تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه در سال دوم شد. کم‌ترین تعداد روز

نیام‌دهی تا پر شدن دانه قرار داشتند. هر چند که در تیمار محلول‌پاشی با منگنز، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) از نظر این صفت مشاهده نشد.

پاشی شده با آهن (۱۹ روز) مشاهده شد. محلول‌پاشی با آهن موجب کاهش ۲۸/۷۳ درصدی تعداد روز تا پر شدن دانه سویا نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) شد و محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی روی و منگنز در رتبه‌های بعدی از نظر کاهش تعداد روز از



شکل ۴- مقایسه میانگین برهمکنش سه جانبه پرایمینگ بذر، وجین و سال (A)، و سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (B) از نظر تعداد روز از نیام‌دهی تا پر شدن دانه

Figure 4- Means comparison of interaction between priming, weeding and year (A) and different levels of micronutrients foliar application (B) on days from beginning pod to seed filling

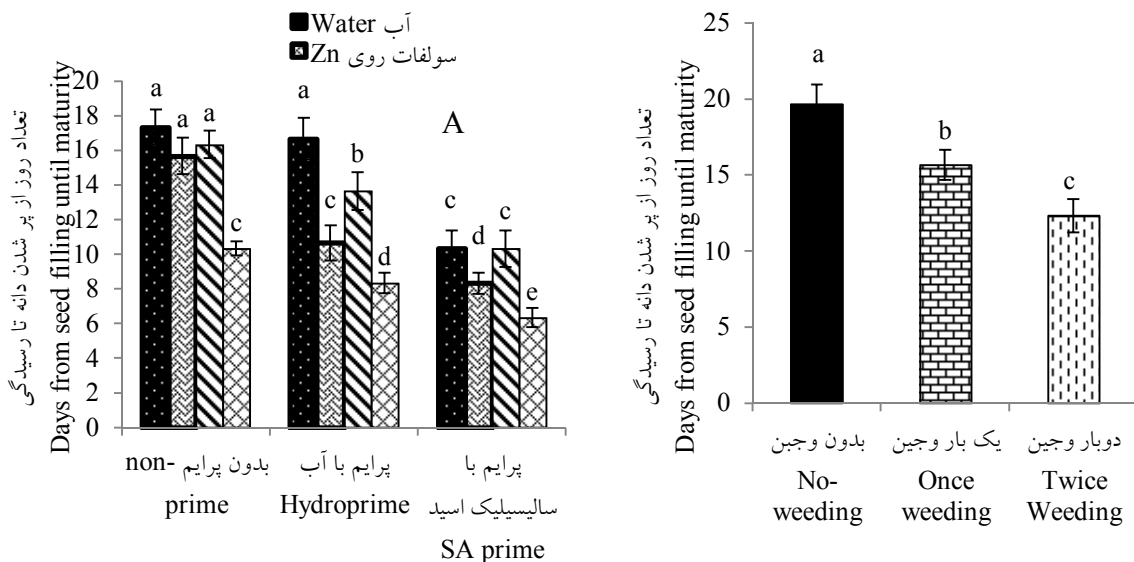
مغذی موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی نسبت به شاهد شد (به جز محلول-پاشی با منگنز در پرایمینگ با سالیسیلیک اسید) (شکل ۵A).

پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید در تمامی سطوح محلول‌پاشی (حتی در شرایط محلول‌پاشی با آب)، توانست موجب کاهش معنی‌دار تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی نسبت به تیمار شاهد (بدون پرایم و محلول‌پاشی با آب) شود ولی پرایمینگ بذر با آب، تنها در شرایط محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی (روی، منگنز و آهن) توانست کاهش معنی‌داری را از

تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی (R6-R8). نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول ۴ نشان داد که تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی سویا تحت تأثیر برهمکنش پرایمینگ و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی قرار گرفت ( $p < 0.01$ ). در شرایط بدون پرایم، با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی سویا کاهش یافت؛ ولی تنها در تیمار محلول‌پاشی با آهن، تعداد روز تا رسیدگی با تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) دارای اختلاف معنی‌دار از نظر آماری بود. در شرایط پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید، محلول‌پاشی عناصر ریز

تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی تحت تأثیر وجین علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). به طوری که با اعمال یک‌بار و دوبار وجین، تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی سویا کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار بدون وجین داشت. همچنین بین تیمار یک‌بار و دوبار وجین نیز، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری مشاهده شد. اعمال تیمارهای یک‌بار و دوبار وجین به ترتیب موجب کاهش ۲۰/۳۵ و ۳۷/۲۸ درصدی تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی شدند (شکل ۵B).

نظر تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی نسبت به تیمار شاهد ایجاد کند. کم‌ترین تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی سویا مربوط به پرایمینگ بذریه با سالیسیلیک اسید با محلول‌پاشی آهن بود و بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی در تیمار بدون پرایم و محلول‌پاشی با آب مشاهده شد که پرایمینگ بذریه با سالیسیلیک اسید با محلول‌پاشی آهن موجب کاهش ۳۸/۷۲ درصدی این صفت نسبت به تیمار شاهد شد. علاوه بر این، محلول‌پاشی با آهن در تمامی سطوح پرایمینگ بذریه و بدون پرایم، دارای اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح محلول‌پاشی بود (شکل ۵A).



شکل ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش پرایمینگ بذریه و سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (A) و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (B) از نظر تعداد روز از پر شدن دانه تا رسیدگی

Figure 5- Means comparison of interaction between seed priming and and different levels of micronutrients foliar application (A) and different levels of weeding (B) on days from seed filling to maturity

اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱ و ۲: اثر پرایمینگ بذر بر اختلاف دمای کانوپی اندازه‌گیری شده در صبح (دمای کانوپی ۱)، در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۵). همان‌طور که از شکل (۶A) بر می‌آید، بیش‌ترین و کم‌ترین اختلاف دمای کانوپی را به‌ترتیب تیمار بدون پرایم با ۳/۲۰ درجه سلسیوس و پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید با ۱/۳۰- درجه سلسیوس به خود اختصاص دادند ولی بین پرایم بذر با آب و پرایم بذر با سالیسیلیک‌اسید اختلافی از نظر آماری مشاهده نگردید.

شبهه به اختلاف دمای کانوپی ۱، گیاهان رشد یافته در اثر انواع مختلف پرایمینگ بذر، دمای کانوپی اندازه‌گیری شده در بعد از ظهر (دمای کانوپی ۲)، متفاوتی داشتند ( $p < 0/01$ ). گیاهان رشد کرده در تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌طور معنی‌داری دارای اختلاف دمای کانوپی بالاتری نسبت به گیاهان رشد کرده در شرایط پرایمینگ بذر با آب و همچنین پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید بودند. اعمال پرایمینگ با آب و پرایمینگ با سالیسیلیک‌اسید موجب شد تا گیاهان رشد کرده در این تیمارها به‌ترتیب ۱/۲۰- و ۱- درجه سلسیوس دمای کم‌تری را نسبت به محیط داشته باشند (شکل ۶B).

اثر وجین علف‌های هرز بر اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱ و ۲، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). گیاهان رشد کرده در شرایط وجود علف‌های هرز (بدون وجین)، اختلاف دمای کانوپی ۱ و ۲ بالاتری را نسبت به تیمارهای یک‌بار وجین و دوبار وجین داشت. به‌طوری‌که در اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱، ۵/۰۱ درجه سلسیوس و در اختلاف دمای کانوپی با محیط ۲، ۶/۲۰ درجه سلسیوس، دمای بالاتری را در کانوپی خود نسبت به

دمای محیط داشتند. اعمال وجین یک‌بار و دوبار وجین علف‌های هرز موجب کاهش اختلاف دمای کانوپی با محیط شد و گیاهان رشد کرده در این شرایط، دمای کانوپی کم‌تری را نسبت به تیمار بدون وجین داشتند. در اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱، بین تیمار یک‌بار وجین و دوبار وجین علف‌های هرز اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد ولی در اختلاف دمای کانوپی با محیط ۲، این اختلاف معنی‌دار بود. در هر دوی اختلاف دمای کانوپی با محیط اندازه‌گیری شده، اعمال دوبار وجین موجب کاهش اختلاف دمای کانوپی با محیط نسبت به تیار بدون شد به‌طوری‌که این تیمار به‌ترتیب موجب کاهش ۲۶/۱۵ و ۳۴/۸۴ درصدی اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱ و ۲، نسبت به تیمار بدون وجین شد (شکل‌های D و C).

اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین (شکل ۶E) نشان داد، گیاهان محلول‌پاشی شده با آب، اختلاف دمای کانوپی بالاتری را نسبت به گیاهانی که با عناصر ریزمغذی محلول‌پاشی شده بودند، داشتند (۳/۲۱ درجه سلسیوس). تمامی تیمارهای محلول-پاشی با عناصر ریزمغذی به‌طور معنی‌داری، اختلاف دمای کانوپی کم‌تری در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی با آب (شاهد) داشتند. کم‌ترین دمای کانوپی ۱، در محلول‌پاشی با آهن به‌دست آمد (۰/۰۹ درجه سلسیوس).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، نشان داد که سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی دارای اختلاف دمای کانوپی با محیط (اندازه‌گیری شده در بعد از ظهر (دمای کانوپی ۲) متفاوتی در سطح احتمال یک درصد هستند (جدول ۵). به‌طوری

تحریک تنفس نوری با افزایش درجه حرارت بوده که نتیجه‌ی آن نیاز به انرژی بیش‌تر برای تثبیت هر مول دی‌اکسیدکربن خالص می‌باشد (۶۲).

اختلاف دمای کانوپی با محیط مدت‌هاست که برای رشد و بهره‌وری گیاهان مهم شناخته شده است (۶۳). این دما شاخصی از وضعیت آب گیاه و تقسیم انرژی سطحی است که آن را برای درک جامعه‌ی گیاهی و پیش‌بینی پاسخ به تغییرات محیطی مهم می‌کند، چرا که دمای کانوپی معیاری امیدوارکننده از عملکرد گیاه است (۶۴) که ذاتاً با تبخیر و تعرق و تولید ناخالص اولیه مرتبط است (۶۵). میزان تعرق بالا، سطح گیاه را نسبت به شرایط محیط خنک می‌کند در حالی که میزان تعرق پایین و تعادل انرژی خالص مثبت منجر به تقسیم بیش‌تر انرژی به شار گرمای محسوس می‌شود و در نتیجه دمای پوشش گیاهی از دمای هوا بیش‌تر می‌شود (۶۶). لذا، می‌توان از تفاوت‌های بین دمای گیاه و هوا برای استنباط تنش گیاه و تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی استفاده کرد (۶۷). بنابراین می‌توان پایین بودن دمای کانوپی در تیمارهای پرایمینگ بذر، وجین‌علف‌های هرز و همچنین محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی را نتیجه بیش‌تر باز بودن روزنه‌ها دانست که طی آن تعرق صورت گرفته و دمای برگ کاهش یافته است. کاهش دمای کانوپی گندم از طریق پرایم بذر با سالیسیلیک‌اسید توسط چادوری و میترا (۲۰۲۱) و در گیاه سویا توسط ال-شافی (۲۰۱۷) نیز گزارش شده است (۶۸ و ۶۹). همچنین وینوگوپالان و همکاران (۲۰۲۲) کاهش دمای کانوپی گیاه عدس را با محلول-پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و بور گزارش کرده‌اند (۷۰).

که محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، موجب کاهش اختلاف دمای کانوپی با محیط نسبت به تیمار شاهد شدند و محلول‌پاشی با آهن بیش‌ترین اختلاف را با تیمار شاهد از این نظر داشت. کانوپی تیمار شاهد، ۳/۵۰ درجه سلسیوس دمای بیش‌تری را نسبت به محیط تجربه کرد و کانوپی گیاهان رشد کرده در اثر محلول‌پاشی با آهن، ۰/۴۸ درجه سلسیوس دمای بیش‌تری را نسبت به محیط داشتند (شکل ۶F).

مشخص شده هر چند بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان و کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای موجب کاهش تلفات آب در شرایط تنش می‌شود ولی از سویی دیگر موجبات افزایش دمای برگ و کانوپی را فراهم می‌آورد. لذا در گیاهان در معرض تنش، واکنش‌های فتوشیمیایی گیاه مختل شده و موجب می‌شود مقدار قابل توجهی از انرژی خورشیدی جذب شده توسط برگ‌ها، به جای مصرف در فرایند فتوشیمیایی به گرما تبدیل شود (۶۱). لذا وجود گرما و انرژی زیاد از یک سو و بسته بودن روزنه‌های گیاه در شرایط تنش و به طبع آن کاهش تعرق موجب افزایش دمای کانوپی می‌شود. به نظر می‌رسد کاهش شدت تعرق در تیمارهای شاهد، موجبات افزایش دمای برگ را فراهم نموده است. لذا با افزایش دمای کانوپی، تنفس نیز افزایش پیدا می‌کند. عنوان شده است که بین تنفس نوری و فتوسنتز، اثرهای متقابلی در واکنش به تغییر درجه حرارت در گیاه ظاهر می‌شود. در گیاهان با سامانه فتوسنتزی C<sub>۳</sub>، بازده کوانتومی با تغییر درجه حرارت ثابت می‌ماند که این امر خود بیان‌کننده‌ی سرعت پایین تنفس نوری در این گیاهان است. در صورتی که در گیاهان با سامانه فتوسنتزی C<sub>۴</sub> (مانند سویا)، با افزایش درجه حرارت، از بازده کوانتومی کاسته می‌شود که نشان دهنده‌ی

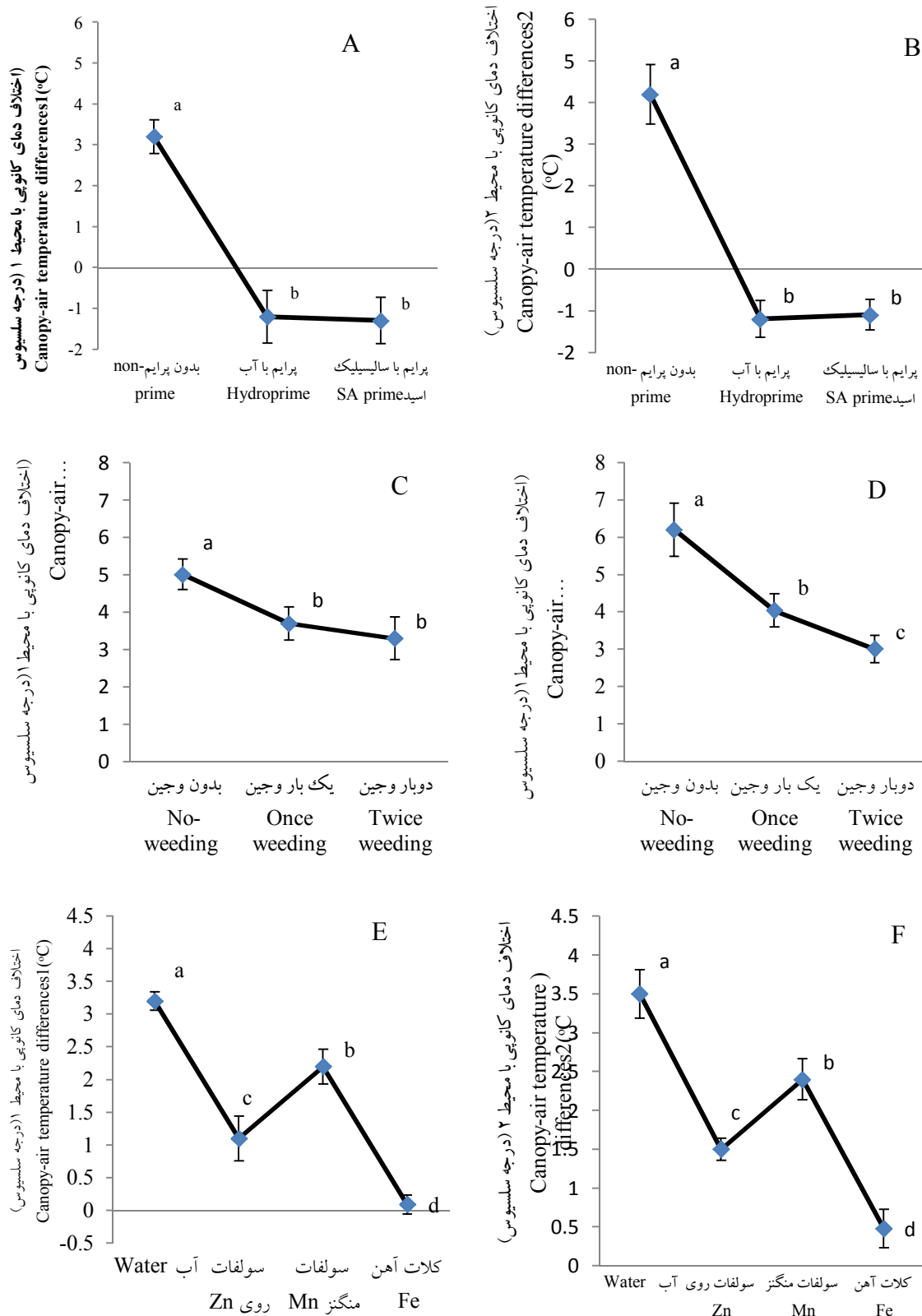
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر پرایمینگ، وجین و محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه و پروتئین سویا رقم کوثر در منطقه قروه

Table 5- Variance analysis results of priming, weeding and foliar application of micronutrient elements effect on some physiological attributes and seed and protein yield of soybean cv. Kousar in Qorveh region

منابع تغییرات S.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				
		اختلاف دمای کانوپی با محیط ۱ Canopy-air temperature differences1	اختلاف دمای کانوپی با محیط ۲ Canopy-air temperature differences2	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد پروتئین Protein yield
سال (Year)	1	12.28	9.77	0.19	12933681.3**	4781.7
تکرار×سال Year×(Rep)	4	7.40	11.28	0.12	81689.5	368724.6**
پرایم بذر (P) Seed Priming	2	65.05**	53.77**	0.23*	12779.6	5768.4
P×Y	2	11.09	9.81	0.07	71635.1	4578.6
وجین (W) Weeding	2	58.75**	58.11**	2.47**	11739.8	414991.3**
W×Y	2	5.07	7.62	0.06	41675.1	15830.5
P×W	4	6.39	7.73	1.87**	66091.4	3410.6
Y×P×W	4	4.82	5.94	0.10	28455.4	15471.7
محلول پاشی (F) Foliar application	3	61.44**	71.03**	2.63**	1301339.5**	2762.9
F×Y	3	5.75	8.76	0.08	27638.9	3090.0
P×F	6	3.19	7.38	1.94**	1369471.9**	128035.4**
W×F	6	3.61	9.42	0.11	87005.1	126999.8**
Y×P×F	6	2.94	6.55	0.05	4736.9	9457.9
Y×W×F	6	3.07	6.12	0.13	6044.2	5148.7
P×W×F	12	2.88	4.04	2.17**	549722.9*	5091.7
Y×P×W×F	12	2.09	5.39	0.06	5748.6	4875.1
اشتباه آزمایشی Error	140	7.73	11.17	0.09	249784.3	23268.4
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.09	8.67	6.29	15.57	7.90

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

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



شکل ۶- مقایسه میانگین سطوح مختلف پرایمینگ بذر (A و B)، سطوح مختلف وجین علف‌های هرز (C و D) و سطوح مختلف

محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی (E و F) از نظر اختلاف دمای محیط ۱ و ۲

Figure 6- Means comparison of different levels of priming (A&B), different levels of weeding (C&D) and different levels of micronutrients foliar application (E&F) on canopy-air temperature differences 1&2

شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در جدول ۵ آمده است، نتایج نشان داد که برهمکنش سه جانبه‌ی پرایمینگ بذر، وجین و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ). شاخص سطح برگ گیاهان رشد یافته در شرایط بدون وجین، به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی کم‌تر بود. دوبار وجین علف‌های هرز در شرایط بدون پرایم و محلول‌پاشی موجب افزایش ۲۰/۱۲ و ۲۴/۷۶ درصدی شاخص سطح برگ به‌ترتیب نسبت به تیمار یکبار وجین و بدون وجین شد (جدول ۶).

پرایمینگ بذر همراه با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی موجب بهبود شاخص سطح برگ در شرایط با وجین و بدون وجین علف‌های هرز شد. پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک‌اسید در شرایط بدون وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی با آب، به‌ترتیب موجب افزایش ۵۴/۰۲ و ۷۴/۸۷ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به جدول ۶، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی آهن، منگنز و روی در شرایط بدون پرایمینگ و بدون وجین علف‌های هرز موجب افزایش این شاخص شد هر چند که این افزایش در تیمار محلول‌پاشی با منگنز از نظر آماری با تیمار شاهد (بدون پرایم، بدون وجین و محلول‌پاشی با آب) معنی‌دار نبود. پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید با یکبار وجین و حتی بدون وجین، توانست در شرایط محلول‌پاشی با آهن، شاخص سطح برگ یکسانی از لحاظ آماری با تیمار پرایمینگ بذر با آب در شرایط دوبار وجین و محلول‌پاشی با آهن داشته باشد. در مجموع بیش‌ترین شاخص سطح برگ سویا در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید، دوبار وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی با آهن به‌دست آمد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش پرایمینگ، وجین و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی روی شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و پروتئین سویا

Table 6- Means comparison of interaction between priming, weeding and foliar application on LAI, grain and protein yield of soybesn

(Priming)	(Weeding)	محلول‌پاشی (Foliar application)	شاخص سطح برگ LAI	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (kg/ha)
پرایمینگ	بدون (No-weeding)	آب (Water)	1.36±0.19 <sup>i</sup>	970.51±133 <sup>s</sup>	308.43±46 <sup>q</sup>
		ZnSO <sub>4</sub> سولفات روی	1.94±0.21 <sup>jk</sup>	1085.42±163 <sup>f</sup>	327.80±48 <sup>pq</sup>
		MnSO <sub>4</sub> سولفات منگنز	1.38±0.16 <sup>l</sup>	1052.49±101 <sup>f</sup>	325.53±61 <sup>pq</sup>
		آهن (Iron chelate)	2.13±0.27 <sup>ij</sup>	1186.61±210 <sup>q</sup>	341.85±48 <sup>p</sup>
بدون پرایم (Non-prime)	یک بار وجین (Once weeding)	آب (Water)	1.63±0.18 <sup>k</sup>	1190.27±202 <sup>pq</sup>	400.88±52 <sup>n</sup>
		ZnSO <sub>4</sub> سولفات روی	1.95±0.11 <sup>jk</sup>	1610.86±135 <sup>kl</sup>	531.10±64 <sup>j</sup>
		MnSO <sub>4</sub> سولفات منگنز	2.22±0.23 <sup>i</sup>	1543.36±158 <sup>lmn</sup>	515.17±41 <sup>jk</sup>
		آهن (Iron chelate)	2.71±0.24 <sup>fg</sup>	1788.17±128 <sup>hij</sup>	602.26±42 <sup>g</sup>
بدون پرایم (Non-prime)	دو بار وجین (Twice weeding)	آب (Water)	1.69±0.13 <sup>k</sup>	1232.34±350 <sup>pq</sup>	422.94±38 <sup>mn</sup>
		ZnSO <sub>4</sub> سولفات روی	2.85±0.31 <sup>efg</sup>	1941.98±260 <sup>f</sup>	511.32±56 <sup>jk</sup>
		MnSO <sub>4</sub> سولفات منگنز	2.45±0.27 <sup>h</sup>	1772.99±143 <sup>ij</sup>	419.85±27 <sup>mn</sup>
		آهن (Iron chelate)	3.01±0.32 <sup>e</sup>	2110.01±252 <sup>d</sup>	499.65±34 <sup>k</sup>
هیدروپرایم (Hydroprime)	بدون (No-weeding)	آب (Water)	2.09±0.19 <sup>j</sup>	1262.81±149 <sup>op</sup>	394.12±28 <sup>n</sup>
		ZnSO <sub>4</sub> سولفات روی	2.91±0.25 <sup>ef</sup>	1798.53±163 <sup>hi</sup>	556.29±39 <sup>i</sup>
		MnSO <sub>4</sub> سولفات منگنز	2.43±0.18 <sup>h</sup>	1716.51±93 <sup>j</sup>	524.91±61 <sup>j</sup>
		آهن (Iron chelate)	2.71±0.16 <sup>fg</sup>	1937.43±222 <sup>f</sup>	673.84±77 <sup>f</sup>
هیدروپرایم (Hydroprime)	یک بار وجین (Once weeding)	آب (Water)	2.35±0.20 <sup>hi</sup>	1331.43±174 <sup>o</sup>	437.91±51 <sup>m</sup>
		ZnSO <sub>4</sub> سولفات روی	2.61±0.19 <sup>g</sup>	1636.20±195 <sup>k</sup>	592.14±48 <sup>gh</sup>

	یک بار وجین	(MnSO <sub>4</sub> ) سولفات منگنز	2.77±0.26 <sup>fg</sup>	1614.67±168 <sup>kl</sup>	584.19±31 <sup>h</sup>
		(Iron chelate) آهن	3.02±0.23 <sup>e</sup>	2039.74±336 <sup>e</sup>	753.48±67 <sup>d</sup>
		(Water) آب	2.73±0.17 <sup>fg</sup>	1555.15±248 <sup>lmn</sup>	613.97±63 <sup>g</sup>
	(Twice weeding)	(ZnSO <sub>4</sub> ) سولفات روی	3.08±0.21 <sup>e</sup>	1856.12±248 <sup>gh</sup>	451.59±54 <sup>lm</sup>
	دو بار وجین	(MnSO <sub>4</sub> ) سولفات منگنز	2.75±0.24 <sup>fg</sup>	1903.44±198 <sup>fg</sup>	436.46±56 <sup>m</sup>
		(Iron chelate) آهن	3.15±0.29 <sup>de</sup>	2223.30±303 <sup>c</sup>	462.00±38 <sup>l</sup>
		(Water) آب	2.37±0.20 <sup>hi</sup>	1538.57±323 <sup>lmn</sup>	496.65±41 <sup>k</sup>
	(No-weeding) بدون وجین	(ZnSO <sub>4</sub> ) سولفات روی	3.17±0.21 <sup>de</sup>	1570.97±174 <sup>klm</sup>	465.95±48 <sup>l</sup>
		(MnSO <sub>4</sub> ) سولفات منگنز	2.77±0.16 <sup>fg</sup>	2121.49±98 <sup>d</sup>	465.03±53 <sup>l</sup>
		(Iron chelate) آهن	3.07±0.27 <sup>d</sup>	2330.46±127 <sup>b</sup>	865.30±67 <sup>b</sup>
		(Water) آب	2.77±0.23 <sup>fg</sup>	1518.49±136 <sup>mn</sup>	530.11±53 <sup>j</sup>
	(Once weeding) یک بار وجین	(ZnSO <sub>4</sub> ) سولفات روی	3.18±0.23 <sup>de</sup>	1749.40±175 <sup>ij</sup>	690.66±58 <sup>e</sup>
(SA prime) پرایم با سالیسیلیک اسید		(MnSO <sub>4</sub> ) سولفات منگنز	2.56±0.11 <sup>gh</sup>	1545.96±214 <sup>lmn</sup>	810.83±71 <sup>c</sup>
		(Iron chelate) آهن	3.36±0.18 <sup>d</sup>	2337.08±176 <sup>b</sup>	894.63±83 <sup>a</sup>
		(Water) آب	3.19±0.26 <sup>de</sup>	1485.64±103 <sup>n</sup>	590.99±43 <sup>gh</sup>
	(Twice weeding) دو بار وجین	(ZnSO <sub>4</sub> ) سولفات روی	4.01±0.28 <sup>b</sup>	2347.83±149 <sup>b</sup>	545.64±45 <sup>ij</sup>
		(MnSO <sub>4</sub> ) سولفات منگنز	3.61±0.21 <sup>c</sup>	2403.15±257 <sup>b</sup>	526.05±56 <sup>j</sup>
		(Iron chelate) آهن	4.32±0.29 <sup>a</sup>	2509.74±266 <sup>a</sup>	552.90±49 <sup>i</sup>

میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD 5%)

Means with same letter in each column, are not different statistically significant at  $p < 0.05$  (LSD 5%)

The values are as the means±SE.

اعداد به صورت اشتباه استاندارد± میانگین می‌باشند.

(۲۰۲۳) گزارش شده است (۳۵). همچنین کاهش ۳۲ تا ۳۵ درصدی شاخص سطح برگ سویا در اثر حضور علف‌های هرز، توسط دارامولا و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است (۷۶) که با نتایج ما هم‌خوانی دارد. سایر محققین نیز از جمله بشیر و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند سطح برگ و زیست توده گیاه تحت تنش به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است (۷۷). از سوی دیگر گزارش‌ها حاکی از آن است که سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح برگ و سطح ویژه برگ در شرایط تنش می‌شود (۷۸). در تحقیق حاضر، پرایمینگ بذرها موجب افزایش شاخص سطح برگ تحت شرایط تنش علف‌های هرز و بدون تنش علف‌های هرز شد که با نتایج حیات و همکاران (۲۰۰۵) در گندم مطابقت دارد (۷۹). در تحقیق زمانی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش سطح برگ ذرت در مقایسه با تیمار شاهد تحت شرایط تنش شد (۸۰). نتایج مشابهی در

شاخص سطح برگ، تأثیر ظهور و گسترش برگ‌ها، تعامل با ورود دی‌اکسیدکربن و جریان انرژی را بیان می‌کند و مستقیماً بر دریافت تابش خورشیدی، فتوسنتز، تجمع زیست توده، تعرق و تبادل گاز در کانوبی گیاهان تأثیر می‌گذارد (۷۱ و ۷۲). علاوه بر این، به‌عنوان یک پارامتر شاخص بهره‌وری محصول عمل می‌کند، زیرا فتوسنتز به جذب نور توسط پوشش برگ و تبدیل آن به انرژی شیمیایی وابسته است (۷۳). این پارامتر تحت تأثیر عوامل غیرزیستی و زیستی قرار می‌گیرد و دستیابی به شاخص سطح برگ بهینه، اولین گام در جهت کاهش شکاف عملکرد در تولید سویا است (۷۴). یکی از اولین سازوکار گیاهان جهت مقابله با تنش، کاهش سطح برگ عنوان شده است هر چند که کاهش شاخص سطح برگ در نهایت منجر به کاهش سطح فتوسنتزی و عملکرد در گیاه می‌گردد (۷۵). کاهش شاخص سطح برگ گیاه ذرت تحت رقابت با علف‌های هرز توسط رانیرو و همکاران

محلول‌پاشی با آب افزایش یافته است (به جز تیمار پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید با دوبار وجین). عملکرد دانه در شرایط بدون وجین (در تمامی حالات پرایمینگ و بدون محلول‌پاشی)، کم‌ترین مقدار را داشته و با وجین علف‌های هرز عملکرد دانه بهبود پیدا کرد. پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید موجب افزایش قابل توجه عملکرد دانه نسبت به حالت بدون پرایم شد. در پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید، 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 معنی‌داری داشت.

از سوی دیگر، در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و بدون وجین، محلول‌پاشی با سولفات روی و سولفات منگنز توانست عملکرد دانه را معادل یکبار وجین در شرایط پرایم بذر با سالیسیلیک اسید ارتقاء دهد. پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید در تمامی حالات وجین و محلول‌پاشی نسبت به شرایط بدون پرایم و پرایمینگ با آب عملکرد دانه بالاتری داشت به طوری که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید، دوبار وجین و محلول‌پاشی با آهن با  $2509/74$  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 تیمار محلول‌پاشی آهن در شرایط پرایم بذر با سالیسیلیک اسید و یکبار وجین اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

محلول‌پاشی، می‌تواند کارایی و سرعت استفاده از ماده مغذی مورد نیاز گیاه را، برای حداکثر رشد و عملکرد، بهبود بخشد (۸۵). از طرفی، عنوان شده است حفظ رنگدانه‌ها و افزایش غلظت کلروفیل برگ تحت پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی نه تنها فتوسنتز را بهبود می‌دهد بلکه موجب

ارتباط با تسریع و گسترش سطح برگ گیاهان ذرت و سویا (۸۱) و گندم (۸۲) در اثر اعمال پرایمینگ سالیسیلیک‌اسید گزارش شده است.

از طرفی گزارش‌ها نشان‌دهنده‌ی تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر شاخص سطح برگ گیاهان تحت شرایط تنش می‌باشد. در تحقیق حاضر تنش حاصل از علف‌های هرز موجب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ سویا شد و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به خصوص آهن و روی، با تعدیل اثر تنش علف‌های هرز موجب افزایش شاخص سطح برگ سویا شد که می‌توان علت آن را به کارکردهای متابولیسمی این عناصر در متابولیسم کلروفیل و کارتنوئید دانست که شرایط را برای افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ در سویا فراهم آورده است. ام‌وامی و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر مثبت محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی منگنز، روی و آهن بر شاخص سطح برگ لوبیا تحت شرایط نیمه خشک را گزارش کرده‌اند (۸۳). عنوان شده است که کاهش سطح برگ و فتوسنتز حاصل تنش در مرحله‌ی رویشی گیاه است و رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی برای جذب مواد غذایی موجب کمبود آن در گیاه می‌گردد (۸۴) لذا می‌توان عنوان کرد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مورد مطالعه در شرایط حضور علف‌های هرز، سبب کاهش تنش حاصل از علف‌های هرز و ایجاد شرایط مطلوب به نفع گیاه زراعی شده است.

**عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه جانبه پرایمینگ، وجین و محلول‌پاشی، عملکرد دانه سویا را در سطح احتمال پنج درصد، تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۵). مطابق با جدول ۶، در شرایط بدون پرایم و همچنین پرایمینگ بذر و در تمامی سطوح وجین علف‌های هرز و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، عملکرد دانه سویا نسبت به

افزایش رشد محصول و عملکرد دانه نیز می‌شود (۸۶ و ۸۷).

به‌طور معمول در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن در گیاهان به راحتی انجام شده و اثر محلول پاشی این عناصر بر عملکرد بیش‌تر است. افزایش عملکرد با محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی می‌تواند دلایل مختلفی از جمله افزایش بیوستنز 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. آهن نقش حیاتی در تولید کلروفیل و انتقال الکترون در فتوستنز دارد، چرا که فروکسین یک پروتئین حامل آهن است که در انتقال الکترون نقش مهمی را ایفا می‌کند (۸۸). بنابراین با افزایش آهن برگ، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته و موجب افزایش فتوستنز و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود. به‌طور کلی با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت عناصر ریزمغذی با افزایش ظرفیت و سرعت فتوستنزی گیاهان، باعث افزایش عملکرد دانه شده است. قبلاً نیز نشان داده شده کاربرد آهن و روی به گیاهان در شرایط تنش می‌تواند تحمل به تنش را در برنج (۸۹) و نخود (۹۰) افزایش دهد زیرا محلول‌پاشی این عناصر منجر به تولید بیش‌تر مواد فتوستنزی می‌شود. علاوه بر این نشان داده شده است که در شرایط تنش، کاربرد آهن در آفتابگردان و سویا باعث بهبود عملکرد دانه شده است (۹۱).

گزارش شده سالیسیلیک‌اسید می‌تواند اثرات تنظیمی خاصی را به‌طور هم‌زمان بر چندین تنش اعمال کند (۹۲ و ۹۳) به‌طوری که به‌عنوان یک

مولکول سیگنالی، نقش حیاتی در پاسخ‌های تحمل گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند و در نتیجه، عملکرد را در شرایط تنش حفظ و بهبود می‌بخشد (۹۴). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر مثبت پرایم بذر با سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد گیاه روغنی خردل هندی (*Brassica juncea*) را گزارش کرده‌اند (۹۵). همچنین، نقش بهبود دهنده‌ی پرایم بذر با سالیسیلیک‌اسید بر کاهش عملکرد ناشی از تنش آب، قبلاً توسط شارما و همکاران (۲۰۱۷) در گندم نیز تایید شده است (۹۶). در این تحقیق، پرایم بذر با آب و سالیسیلیک‌اسید توانست موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش و یا بدون تنش علف‌هرز گردد که با نتایج ذکر شده مطابقت دارد.

در تحقیق حاضر بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $r^2=0/841$ ) و بین اختلاف دمای کانوپی با محیط و تمامی صفات فنولوژیکی شامل روز تا سبز شدن، سبز شدن تا گلدهی، گلدهی تا نیام‌دهی، نیام‌دهی تا پر شدن دانه، روز از پر شدن دانه تا رسیدگی با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). به نظر می‌رسد افزایش شاخص سطح برگ و از طرفی کاهش اختلاف دمای کانوپی با محیط در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک‌اسید و دوبار وجین با محلول‌پاشی آهن، موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها شده است. از طرفی نیز عنوان شده است پرایمینگ بذر می‌تواند موجب افزایش در سرعت و قدرت سبز شدن و به طبع آن موجبات بروز سریع‌تر مراحل فنولوژیکی گیاهچه گردد که نتیجه آن ایجاد سودمندی در جهت بهبود عملکرد می‌باشد (۹۷).

جدول ۷- همبستگی صفات مورد مطالعه با عملکرد دانه

Table 7- Correlation of studied attributes with grain yield

صفات Attributes	عملکرد دانه Grain yield
روز تا سبز شدن Days to emerge	-0.702**
سبز شدن تا گلدهی Days from emerge to flowering	-0.571*
گلدهی تا نیم دهی Days from flowering to beginning pod	-694**
طول دوره گلدهی Length of flowering period	-0.249 <sup>ns</sup>
نیم‌دهی تا پر شدن دانه Days from beginning pod to seed filling	-0.671**
پر شدن دانه تا رسیدگی کامل Days from seed filling to maturity	-0.751**
دمای کانوبی ۱ Canopy-air temperature differences1	-0.727**
دمای کانوبی ۲ Canopy-air temperature differences2	-0.637**
شاخص سطح برگ LAI	0.841**
عملکرد پروتئین Protein yield	0.382 <sup>ns</sup>

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

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

بالا و عملکرد- پایین<sup>۱</sup>، در سطح مکان‌های صفت کمی (QTL) توضیح داده شده است (۱۰۱). کاهش درصد پروتئین دانه در اثر شیوه‌های مدیریت بهبود عملکرد، به اثر رقیق‌سازی<sup>۲</sup> نسبت داده شده است (۹۹ و ۱۰۲). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر نیز، در اثر افزایش عملکرد دانه ناشی از کاربرد پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی، پروتئین دانه به صورت نسبی کاهش یافته است. نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نشان داد گرچه بین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین رقم مورد نظر رابطه اندکی وجود دارد ( $r^2 = 0.382$ ) و از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر، افزایش عملکرد دانه در سویا به عملکرد پروتئین بیشتر منجر نشده نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات برای عملکرد پروتئین نیز این مطلب را نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

در بین تیمارهای مورد بررسی، بذره‌های پرایم شده با سالیسیلیک‌اسید در زمان کوتاه‌تری به مرحله سبز

**عملکرد پروتئین دانه:** مطابق با جدول ۵، عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت ( $p < 0.05$ ). عملکرد پروتئین سویا در پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی آهن با یکبار و جین دارای بیش-ترین مقدار (۸۹۴/۶۳ کیلوگرم در هکتار) بود و کم-ترین عملکرد پروتئین (۳۰۸/۴۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بدون پرایم، بدون محلول‌پاشی و بدون و جین حاصل شد. در شرایط پرایم و بدون پرایم، و جین علف‌های هرز موجب افزایش عملکرد پروتئین سویا شد و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به جز تیمار پرایمینگ بذر با آب با دوبار و جین این شرایط را بهبود بخشید (جدول ۶).

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده بین میزان پروتئین دانه و عملکرد دانه، یک معاوضه به رسمیت شناخته شده وجود دارد که در مطالعات ژنتیکی از یک طرف (۹۸) و در مطالعات شیوه‌های مدیریتی گزارش شده است (۹۹ و ۱۰۰). وجود رابطه منفی بین پروتئین دانه با عملکرد دانه، با برهمکنش بین آلل‌های پروتئین-

<sup>1</sup> - High-protein and low-yield alleles

<sup>2</sup> - Dilution effect

شدن رسیدند. پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و محلول پاشی گیاهان با عناصر ریز مغذی به جز منگنز، موجب تسریع در ظهور مراحل فنولوژیکی نسبت به تیمار بدون پرایم و محلول پاشی با آب شد. در اکثر صفات مورد بررسی، پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید نسبت به پرایم بذر با آب در حضور علف‌های هرز و بدون حضور علف‌های هرز شرایط مطلوب‌تری را ایجاد کرد. به طوری که اعمال پرایمینگ بذر با

سالیسیلیک اسید و انجام یک بار وجین با محلول پاشی آهن، عملکرد دانه را به حدود دویار وجین رساند. بنابراین جهت استفاده کمتر از سموم شیمیایی، کاهش مشکلات زیست محیطی و صرفه‌جویی در هزینه و زمان وجین، می‌توان فقط با انجام یک بار وجین علف‌های هرز به همراه کارگیری پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و محلول پاشی کلات آهن، به عملکرد مناسب دانه در رقم مورد نظر دست یافت.

## References

- 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.
- Blackshaw, R.E., & Molnar, L.J. (2009). Phosphorus fertilizer application method affects weed growth and competition with wheat. *Weed Science*, 57, 311-318.
- 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.
- Oyarburo, N.S., Machinandiarena, M.F., Feldman, M.L., Daleo, G.R., Andreu, A., & Olivieri, F.P. (2015). Potassium phosphite increases tolerance to UV-B in potato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 88, 1-8.
- 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.
- Zhang, H., Jiao, H., Jiang, C.X., Wang, S.H., Wei, Z.J., Luo, J.P., & Jones, R.L. (2010). Hydrogen sulfide protects soybean seedlings against drought-induced oxidative stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 849–857.
- 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(11), 1-9.
- 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, 60–65.
- 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.
- Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., & Larney, F.J. (2005). Fertilizer, manure and compost effects on weed growth and competition with winter wheat in Western Canada. *Crop Protection*, 24, 971–980.
- 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.
- Zhao, D.L., Atlin, G.N., Bastiaans, L., & Spiertz, J.H.J. (2006). Cultivar weeds competitiveness in aerobic rice: heritability, correlated traits, and the potential for indirect selection in weed-free environments. *Crop Science*, 46, 372-380.
- 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.

14. Boyd, N.S., Brennan, E.B., Smith, R.F., & Yokota, R. (2009). Effect of seeding rate and planting arrangement on rye cover crop and weed growth. *Agronomy Journal*, 101, 47-51.
15. Guillermo, D.A., Pedersen, P., & Hartzler, R.G. (2009). Soybean seeding rate effects on weed management. *Weed Technology*, 23, 17-22.
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. *proceeding of the 7th Eastern and South Africa regional maize conference*, pp: 268-273.
18. Shambhavi, J.A. (2023). Effect of weed management practices on growth, yield and quality parameters of field pea (*Pisum sativum* var. *arvense*). *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology*, 9(S1), S461-S467.
19. Arafa, S.A., Attia, K.A., Niedbala, G., Piekutowska, M., Alamery, S., Abdelaal, K., Alateeq, T. K., Ali, M., Elkelish, A., & Attallah, S.Y. (2021). Seed priming boost adaptation in pea plants under drought stress. *Plants*, 10(10), 2201.
20. Raj, A.B., & Raj, S.K. (2019). Seed priming: an approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(1), 227-234.
21. 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, 327-340.
22. Blackshaw, R.E., & Brandt, R.N. (2008). Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science*, 56, 743-747.
23. Salvagiotti, F., Cassman, K., Specht, J., Walters, D., Weiss, A., & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, 108, 1-13.
24. 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.
25. Schmidt, J.P., Schmitt, M.A., Randall, G.W., Lamb, J.A., Orf, J.H., & Gollany, H.T. (2000). Swine manure application to nodulating and non nodulating soybean. *Agronomy Journal*, 92, 987-992.
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. Raniro, H.R., Oliveira, F., Araujo, J.O., & Christoffoleti, P.J. (2023). Broadcast nitrogen application can negatively affect maize leaf area index and grain yield components under weed competition. *Farming System*, 1(3), 100047.
37. Roth, G., & Goyne, P. 2004. Measuring plant water status. In: Dugdale, h., Harris, g., Neilsen, J., Richards, J., Roth, G., & Williams, D. (Eds.). *Waterpak- a Guide for Irrigation Management of Cotton and Grain Farming Systems*. pp: 157-164. *Cotton Research and Development Corporation*, Australia.
38. Pinter, J. P., Gzipoli, J., Reginato, R. J., Jackson, R. D., & Idso, S. B. (1990). Canopy temperature as indicator of different water use and yield performance among wheat cultivars. *Agricultural Water Management*, 18, 35-48.
39. Rashid, A., Stark, J. C., Tanveer, A., & Mustafa, T. (1999). Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182,231–237.
40. Siddique, M.R.B., Hamid, A., & Islam, M.S. (2000). Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, 35–39.
41. Sharma, N., Gupta, K., Gupta, S., & Hasegawa, H. (2005). Effect of NaCl salinity on photosynthetic rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. *Photosynthetica*, 43(4), 609-613.
42. 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.
43. Chen, K., & Arora. R. (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 94, 33–45.
44. Klessig, D.F., Vlot, C.A., & Dempsey, D.A. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review Phytopathology*, 47,177-206.
45. Semida, W.M., & Rady, M.M. (2014). Pre-soaking in 24-epibrassinolide or Salicylic Acid Improves Seed Germination, Seedling Growth, and Anti-oxidant Capacity in Phaseolus Vulgaris L. Grown under NaCl Stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89, 338–344.
46. 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, 537–548.
47. Sheteiwy, M.S., An, J., Yin, M., Jia, X., Guan, Y., He, F., & Hu, J. (2019). Cold plasma treatment and exogenous salicylic acid priming enhances salinity tolerance of *Oryza Sativa* seedlings. *Protoplasma*, 256, 79–99.
48. Huang, X., Cai, W., & Xu, B. (2014). Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) with germination time. *Food Chemistry*, 143, 268-276.
49. Sibande, G.A.K., Kabambe, V.H., Maliro, M.F.A., & Karoshi, V. (2015). Effect of priming techniques and seed storage period on soybean (*Glycine max* L.) germination. *Journal of Dynamics in Agricultural Research*, 2(5), 46-53.
50. Toklu, F., Baloch, F.S., Karaköy, T., & Özkan, H. (2015). Effects of different priming applications on seed germination and some agromorphological characteristics of bread

- wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(6), 1005-1013.
51. Kanto, U., Jutamane, K., Osotsapar, Y., Chai-arree, W., & Jattupornpong, S. (2015). Promotive effect of priming with 5-aminolevulinic acid on seed germination capacity, seedling growth and antioxidant enzyme activity in rice subjected to accelerated ageing treatment. *Plant Production Science*, 18(4), 443-454.
  52. Mazzilli, S.R., Kemanian, A.R., Ernst, O.R., Jackson, R.B., & Piñeiro, G. (2014). Priming of soil organic carbon decomposition induced by corn compared to soybean crops. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 273-281.
  53. Wang, F., Wang, H., Wang, D., Fang, F., Lai, J., Wu, T., & Tsao, R. (2015). Isoflavone,  $\gamma$ -aminobutyric acid contents and antioxidant activities are significantly increased during germination of three Chinese soybean cultivars. *Journal of Functional Foods*, 14, 596-604.
  54. Saeed, M.T., Wahid, M.A., Saleem, M.F., Cheema, M.A., & Shahid, M. (2017). Improving the stand establishment, phenology and yield of soybean (*Glycine max* L.) by various physiological enhancements. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(3), 218-225.
  55. Alam, A., Hariyanto, B., Ullah, H., Salin, K.R., & Datta, A. (2021). Effects of silicon on growth, yield and fruit quality of cantaloupe under drought stress. *Silicon*, 13, 3153-3162.
  56. Harris, D. (2006). Development and testing of On-Farm seed priming. *Advances in Agronomy*, 90, 129-178.
  57. Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., & Yunas, M. (2008). 'On-farm' seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant and soil*, 306, 3-10.
  58. Alam, A., Ullah, H., Thuenprom, N., Tisarum, R., Cha-Um, S., & Datta, A. (2022). Seed priming with salicylic acid enhances growth, physiological traits, fruit yield, and quality parameters of cantaloupe under water-deficit stress. *South African Journal of Botany*, 150, 1-12.
  59. Kebede, M., Sharma, J.J., Tana, T., & Nigatu, L. (2015). Effect of plant spacing and weeding frequency on weed infestation, yield components, and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 9(1), 1-14.
  60. Mitiku, W., Sharma, J.J., & Lisanework, N. (2012). Competitive effect of parthenium weeds on yield and yield components of common bean. *Ethiopian Journal of Weed Management*, 5, 1-11.
  61. Brunner, S.M., Goos, R.J., Swenson, S.J., Foster, S.P., Schatz, B.G., Lawley, Y.E., & Prischmann-Voldseth, D.A. (2015). Impact of nitrogen fixing and plant growth-promoting bacteria on a phloem-feeding soybean herbivore. *Applied Soil Ecology*, 86, 71-81.
  62. Chauhan, J., Prathibha, M.D., Singh, P., Choyal, P., Mishra, U.N., Saha, D., Kumar, R., Anuragi, H., Pandey, S., Bose, B., Mehta, B., & Singhal, R.K. (2023). Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*, 10, 100296
  63. Zhang, Z., Zhu, G., & Peng, X. (2024). Photorespiration in plant adaptation to environmental changes. *Crop and Environment*. *Crop and Environment*, 3(4), 203-212.
  64. Heskell, M.A., O'sullivan, O.S., Reich, P.B., Tjoelker, M.G., Weerasinghe, L.K., Penillard, A., & Atkin, O.K. (2016). Convergence in the temperature response of leaf respiration across biomes and plant functional types. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(14), 3832-3837.
  65. Still, C.J., Page, G., Rastogi, B., Griffith, D.M., Aubrecht, D.M., Kim, Y., & Richardson, A.D. (2022). No evidence of canopy-scale leaf thermoregulation to cool leaves below air temperature across a range of forest ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(38), e2205682119.
  66. Farella, M.M., Fisher, J.B., Jiao, W., Key, K.B., & Barnes, M.L. (2022). Thermal remote sensing for plant ecology from leaf to globe. *Journal of Ecology*, 110(9), 1996-2014.
  67. Miller, B.D., Carter, K.R., Reed, S.C., Wood, T.E., & Cavaleri, M.A. (2021). Only sun-lit leaves of the uppermost canopy exceed both air temperature and photosynthetic thermal optima in a wet tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 301, 108347.

68. Javadian, M., Scott, R.L., Woodgate, W., Richardson, A.D., Dannenberg, M.P., & Smith, W.K. (2024). Canopy temperature dynamics are closely aligned with ecosystem water availability across a water-to energy-limited gradient. *Agricultural and Forest Meteorology*, 357, 110206.
69. Chowdhury, A.R., & Mitra, B. (2021). Canopy temperature depression as influenced by various osmoprotectants in late sown irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop and Weed*, 17(3), 199-205.
70. El-Shafey, A.I. (2017). Response of soybean to water stress conditions and foliar application with salicylic and ascorbic acids. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44(1), 1-22.
71. Venugopalan, V.K., Nath, R., Sengupta, K., Pal, A. K., Banerjee, S., Banerjee, P., & Siddique, K.H. (2022). Foliar spray of micronutrients alleviates heat and moisture stress in lentil (*Lens culinaris Medik*) grown under rainfed field conditions. *Frontiers in plant science*, 13, 847743.
72. Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., & Baret, F. (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2), 19-35.
73. Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K.S., Thankamani, C.K., & Srinivasan, V. (2009). Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. *Scientia Horticulturae*, 120(4), 532-537.
74. Bhattacharya, A. (2019). Effect of high-temperature stress on crop productivity. in: Bhattacharya, A. (Ed). Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules. Chapter 1. pp, 1-11, *Academic Press*.
75. Tagliapietra, E.L., Streck, N.A., da Rocha, T.S.M., Richter, G.L., da Silva, M.R., Cera, J.C., & Zanon, A.J. (2018). Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. *Agronomy Journal*, 110(3), 932-938.
76. Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., & Zhao, C.X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologiques*, 331(3), 215-225.
77. Daramola, O.S., Adeyemi, O.R., Adigun, J.A., Adejuyigbe, C.O., & Olorunmaiye, P.M. (2020). The effect of the period of weed interference on the growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 65(3), 225-237.
78. Bashir, K., Matsui, A., Rasheed, S., & Seki, M. (2019). Recent advances in the characterization of plant transcriptomes in response to drought, salinity, heat, and cold stress. *F1000Research*, 8, (F1000 Faculty Rev) 658.
79. Boroumand Jazi. S., LARI, Y.H., & Ranjbar, M. (2011). Effect of salicylic acid on some plant growth parameters under lead stress in *Brassica napus* var. Okapi. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 1(3), 177-185.
80. Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B., & Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53(4), 433-437.
81. Zamaninejad, M., Khorasani, S.K., Moeini, M.J., & Heidarian, A.R. (2013). Effect of salicylic acid on morphological characteristics, yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) under drought condition. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2), 153-161.
82. Khan, H.R., McDonald, G.K., & Rengel, Z. (2003). Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. *Plant and Soil*, 249, 389-400.
83. Cornelia, P., Petrus, A., Pop, L., Chis, A., & Bandici, G. E. (2010). Exogenous salicylic acid involvement on some physiological parameters amelioration in salt stressed wheat (*Triticum aestivum*) plantlets. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Protectia Mediului*, 15, 160-165.
84. Mwami, B. M., Nguluu, S. N., Kimiti, J. M., Akuja, T., & Muli, B. K. (2018). Effects of biofortified fertilizer application rates on productivity of selected bean varieties under field

- conditions in semi-arid South Eastern Kenya. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch*, 3(3), 247-254.
85. Aref, F. (2011). The effect of boron and zinc application on concentration and uptake of nitrogen, phosphorous and potassium in corn grain. *Indian journal of science and technology*, 4(7), 785-791.
86. 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: Proceedings of World Cotton Conference*, pp, 133-146. Brisbane Australia. CSIRO, Melbourne.
87. Anwar, M., Jahan, R., Rahman, M.R., Islam, A.K., & Uddin, F. (2021). Seed priming for increased seed germination and enhanced seedling vigor of winter rice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 756 p.
88. 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.
89. Kroh, G.E., & Pilon, M. (2020). Regulation of iron homeostasis and use in chloroplasts. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3395.
90. Sultana, N., Ikeda, T., & Kashem, M. A. (2001). Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environmental and Experimental Botany*, 46(2), 129-140.
91. Khan, H.R., McDonald, G.K., & Rengel, Z. (2003). Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. *Plant and Soil*, 249, 389-400.
92. Tripathi, D.K., Singh, S., Gaur, S., Singh, S., Yadav, V., Liu, S., & Sahi, S. (2018). Acquisition and homeostasis of iron in higher plants and their probable role in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 86.
93. Acevedo, A.F.G., da Silva Gomes, J.W., Avilez, A.A., Sarria, S.D., Broetto, F., Vieites, R.L., & de Souza Guimarães, M.L.C. (2023). Foliar salicylic acid application to mitigate the effect of water deficiency on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Stress*, 7, 100135.
94. Xu, L., Zhao, H., Wang, J., Wang, X., Jia, X., Wang, L., & Yi, K. (2023). AIM1-dependent high basal salicylic acid accumulation modulates stomatal aperture in rice. *New Phytologist*, 238(4), 1420-1430.
95. Song, W., Shao, H., Zheng, A., Zhao, L., & Xu, Y. (2023). Advances in roles of salicylic acid in plant tolerance responses to biotic and abiotic stresses. *Plants*, 12(19), 3475.
96. 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.
97. 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.
98. Farooq, M., Hussain, M., Nawaz, A., Lee, D.J., Alghamdi, S.S., & Siddique, K.H. (2017). Seed priming improves chilling tolerance in chickpea by modulating germination metabolism, trehalose accumulation and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 274-283.
99. 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.
100. 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.
101. 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.

102. 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.
103. 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.