



The effect of salicylic acid on germination indices in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress

Haniyeh Saadat^{1*}, Mohammad Sedghi²

¹ Ph.D. Ecology of Crop Plants, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: t.saadat2020@gmail.com

² Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	In order to investigate the effect of salicylic acid on germination indices in wheat seedling under salinity stress and a factorial experiment was conducted based on completely randomized design at University of Mohaghegh Ardabili in 2024 with 3 replications. Treatments were four salinity levels (0, 50, 100 and 200 mM) and four levels of salicylic acid (0, 0.1, 0.5 and 1 mM). The results showed that salinity stress decreased germination percentage (GP), germination rate (GR), mean daily germination (MDG), seedling length (SL), seedling dry weight (SDW) and seedling weight vigor index (SWVI) and increased daily germination speed (DGS). But seed priming with salicylic acid, especially the level of 1 mM, improved these traits. The comparison of the means showed that there was a significant difference between the levels of salicylic acid, so that the highest amount of traits was obtained from the use of 1mM salicylic acid and the lowest was obtained from without salicylic acid use. Seedling length vigor index (SLVI), seedling Fresh weight (SFW) and seedling moisture percentage (SMP) in 1mM salicylic acid priming and no salinity were higher about 75, 83 and 46% compared to the control and 200 mM salinity, respectively. Also, the highest mean germination time (MGT) was observed in control 200 mM salinity. The results of this study showed that among the different treatments, priming of seeds with 1mM salicylic acid may be considered as an effective way to improve seed germination of wheat and can reduce the harmful effects of salinity stress on some traits in wheat seedlings and improve seedling growth.
Article history: Received: 2024-6-9 Accepted: 2024-8-26	
Keywords: Germination Priming Salicylic acid Sodium chloride	

Cite this article: Saadat, H., Sedghi, M. (2024). The effect of salicylic acid on germination indices in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Seed Research*, 13 (4), 1-16.



تأثیر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش شوری

هانیه سعادت^{۱*}، محمد صدقی^۲

^۱دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: t.saadat2020@gmail.com
^۲استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی	به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی در گیاهچه گندم تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و چهار سطح اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی بنه گیاهچه و باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی روزانه گردید. اما پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک به‌ویژه اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار این صفات را بهبود بخشید. البته، مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده آن بود که بین سطوح اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به نحوی که بیش‌ترین مقدار صفات از کاربرد اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و کم‌ترین آن از عدم کاربرد اسید سالیسیلیک حاصل گردید. مقدار شاخص طولی بنه گیاهچه، وزن تر گیاهچه و درصد رطوبت گیاهچه در پرایمینگ با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و بدون شوری به ترتیب در حدود ۷۵، ۸۳ و ۴۶ درصد نسبت به شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بیشتر بودند. همچنین بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی در شاهد (پرایمینگ با آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار بذر با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار مؤثرترین روش برای بهبود جوانه‌زنی بذر گندم محسوب می‌شود و می‌تواند اثرات منفی تنش شوری را بر برخی صفات در گیاهچه کاهش داده و رشد گیاهچه را بهبود بخشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۵	
واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک پرایمینگ جوانه‌زنی کلرید سدیم	

استناد: سعادت، هانیه؛ صدقی، محمد. (۱۴۰۲). تأثیر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش شوری. تحقیقات بذر، ۱۳(۴)، ۱-۱۶.

برای کاهش ممانعت از جوانه‌زنی بذر تحت تنش شوری است (Jiang et al., 2020).

پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌طور گسترده برای بهبود جوانه‌زنی و استقرار یکنواخت و قوی گیاهچه‌های محصولات مختلف استفاده می‌شود (Rehman et al., 2015; Akram et al., 2023). فرآیند پرایمینگ شامل جذب کنترل‌شده بذر برای شروع فعالیت‌های متابولیکی است، اما قبل از ظهور ریشه‌چه متوقف می‌شود (Tania et al., 2020). در محیط‌های شور، بذرهای پرایم بهتر جوانه می‌زنند و باعث جوانه‌زنی هماهنگ‌تر می‌شوند. این به بسیاری از تغییرات بیوشیمیایی، مولکولی و فیزیولوژیکی در گیاهان کمک می‌کند (Sneideris et al., 2017) و همچنین باعث بهبود جذب مواد مغذی، تولید هورمون و سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Kulak et al., 2021). از فواید پرایمینگ بذر، به افزایش میتوکندری‌ها، بهبود تنفس بذر، افزایش ساخت آنزیم‌های تجزیه‌کننده، تعمیر بخش‌های صدمه دیده بذر و افزایش ساخت DNA، می‌توان اشاره کرد. با توجه به این موارد و بهبود جوانه‌زنی، این امر شرایط اکوفیزیولوژیکی گیاه را بهبود می‌بخشد (Pagano et al., 2023).

اسید سالیسیلیک فعالیت‌های حیاتی مانند انتقال یون و جذب عناصر غذایی را تحت تنش شوری تعدیل می‌کند (Jayakannan et al., 2015). اسید سالیسیلیک به صورت برون‌زا به گیاهان تحت تنش شوری، یا با خیساندن بذرها یا با سمپاشی یا آبیاری با محلول‌های غذایی، اعمال می‌شود. این یک مکانیسم تحمل نمک را در پاسخ به شرایط غیر زیستی مختلف فعال می‌کند (Souri et al., 2021). اسید سالیسیلیک با تقویت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی و افزایش یکپارچگی غشای گیاه، گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهد. تیمار سالیسیلیک اسید محتوای

گندم (*Triticum aestivum* L.) پس از برنج و ذرت با تولید کل ۷۶۵ میلیون تن به مساحت ۲۱۶ میلیون هکتار مهم‌ترین محصول جهان است (Aberkane et al., 2020; Pequeno et al., 2021). دانه گندم حاوی ۲۰ درصد کالری غذا و ۵۵ درصد کربوهیدرات بوده و منبع اصلی غذا در سراسر جهان است (Salam et al., 2022; Al-Tawaha et al., 2022). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که تقریباً ۲۰ درصد از مزارع آبی جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Ansari Ardali et al., 2021). شوری باعث تجمع بیش از حد یون‌های سدیم و کلر می‌شود که جذب پتاسیم و کلسیم را مهار می‌کنند و منجر به عدم تعادل یونی در اندام‌های گیاه می‌شود (Farouk & Al-Huqail, 2022). علاوه بر این، شوری سطوح گونه‌های فعال اکسیژن را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهد و منجر به تنش اکسیداتیو می‌شود که باعث آسیب غشا، پراکسیداسیون لیپیدی و آسیب DNA و پروتئین می‌شود (Hasanuzzaman et al., 2021). بنابراین، توسعه محصولات با تحمل شوری بالا و سازگاری با شرایط شور برای تضمین امنیت غذایی ضروری است. کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به دلیل شوری در گونه‌های مختلف زراعی از جمله برنج (Saadat et al., 2023a)، لوبیا (Saadat et al., 2023b) و گندم (Albaji and Marashi, 2024) گزارش شده است. مرحله جوانه‌زنی، یکی از حساس‌ترین مرحله رشدی بذر نسبت به تنش شوری بوده و بنابر گزارش‌های مختلف، بذر بسیاری از گیاهان نمی‌توانند تحت تنش شوری جوانه بزنند (Amirikia et al., 2023). این می‌تواند به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی آب محیط باشد که جذب آب را کاهش می‌دهد (Mbarki et al., 2020). پرایمینگ بذر روشی موثر

آبسازیک اسید را افزایش می‌دهد و در نتیجه پروتئین‌های ضد استرس تولید می‌شود که سلامت گیاه را در شرایط استرس ارتقا می‌دهد. (Ghasemi et al., 2021). پرایمینگ با اسید سالیسیلیک باعث ایجاد تحمل بالا به نمک در گندم و سایر محصولات شده (Afzal et al., 2006; Saadat et al., 2020a) و میزان سدیم را کاهش می‌دهد (Ashraf et al., 2023). پرایمینگ با اسید سالیسیلیک درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص‌های بنیه گیاهچه را در گندم افزایش می‌دهد (Mohamed et al., 2019). هدف از انجام این پژوهش، با توجه به اینکه جوانه‌زنی، اولین مرحله نموی در گیاهان و یکی از مراحل اصلی در سبز شدن گیاهچه می‌باشد، امکان بهره‌گیری از پرایمینگ با اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذرهای گندم جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاهچه گندم تحت تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً

تصادفی در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۳ با ۳ تکرار و چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و چهار سطح اسید سالیسیلیک (شاهد (آب مقطر)، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) انجام شد. بذرهای گندم از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شد. ابتدا بذرهای درون محلول‌های پرایمینگ و آب مقطر به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. بعد از پرایمینگ، بذرهای به‌وسیله آب مقطر شستشو و در دمای آزمایشگاه خشک گردیدند. سپس، ۲۵ عدد بذر درون هر پتری جهت کشت قرار گرفت (ISTA, 2013) و به هر پتری محلول شوری (کلرید سدیم برند مرک) با سطوح مختلف به مقدار ۶ میلی‌لیتر اضافه گردید. سپس، پتری‌ها در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت ۸ روز قرار داده شد. برای خشک کردن گیاهچه‌ها از آون با دمای ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک گیاهچه از ترازو با دقت یک‌هزارم و برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه از خط‌کش با واحد سانتی‌متر استفاده شد. برای محاسبه شاخص‌های مورد مطالعه از روابط جدول ۱ استفاده شد.

جدول ۱: روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی مورد مطالعه در آزمایش

منابع	روابط	صفات
Omidi et al. 2014	$GP = (N \times 100) / M$	درصد جوانه‌زنی
Ellis and Roberts. 1980	$GR = \sum_{i=1}^N Si / Di$	سرعت جوانه‌زنی
Maguire, 1936	$DGS = 1/MDG$	سرعت جوانه‌زنی روزانه
Omidi et al. 2014	$MGT = \Sigma (Ni) / \Sigma N$	میانگین مدت جوانه‌زنی
Hoogenboom and Peterson, 1987	$MDG = PG/Tx$	میانگین جوانه‌زنی روزانه
Ebrahimi et al. 2013	$SLVI = SL (mm) - GP$	شاخص طولی بنیه بذر
Ebrahimi et al. 2013	$SWVI = SDW (gr) - GP$	شاخص وزنی بنیه بذر
Tsonev et al. 1998	$STWP = SFW - SDW / SFW \times 100$	درصد رطوبت گیاهچه

N: تعداد بذر جوانه‌زده، M: تعداد کل بذور، N: تعداد دفعات شمارش، Ni: تعداد بذر جوانه زده در روز، Si: تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز، Di: تعداد روز تا شمارش nام، GP: درصد جوانه‌زنی، Tx: تعداد روزهای آزمایش (طول دوره اجرای آزمایش)، MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه، SL: طول گیاهچه و SDW: وزن خشک گیاهچه، SFW: وزن تر گیاهچه.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS9.1 انجام گردید. میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

بحث و نتایج

درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، سرعت جوانه زنی روزانه و میانگین جوانه زنی روزانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اسید سالیسیلیک و شوری روی درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، سرعت جوانه زنی روزانه و میانگین جوانه زنی روزانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). بیش ترین درصد جوانه زنی (۹۰/۵۸۳ درصد)، سرعت جوانه زنی (۵/۳۹۲ بذر در روز) و میانگین جوانه زنی روزانه (۱۱/۳۲۳) در پرایمینگ با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و کم ترین درصد جوانه زنی (۸۳/۷۵۰ درصد)، سرعت جوانه زنی (۲/۱۰۸ بذر در روز) و میانگین جوانه زنی روزانه (۱۰/۴۶۸) در شاهد (آب مقطر) مشاهده گردید (جدول ۳). البته پرایمینگ با آب مقطر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۱ میلی مولار اثر قابل توجهی روی این صفات گذاشت، اما تاثیر اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار بیشتر از آب مقطر و اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۱ میلی مولار بود. درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و میانگین جوانه زنی روزانه با تشدید شوری کاهش یافتند. به طوری که بیش ترین درصد جوانه زنی (۹۵/۷۵۰ درصد)، سرعت جوانه زنی (۴/۷۹۲ بذر در روز) و میانگین جوانه زنی روزانه (۱۰/۰۷۲) در شاهد (بدون شوری) و کم ترین آن ها در شوری ۲۰۰ میلی مولار بود (جدول ۴). همچنین، بیشترین مقدار سرعت جوانه زنی روزانه (۰/۰۹۶) در شاهد (آب مقطر) و کمترین مقدار این صفت (۰/۰۹۰) در پرایمینگ با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۳). شوری سرعت جوانه زنی روزانه را افزایش داد، به طوری که بیش ترین مقدار آن (۰/۱۹۰) در شوری ۲۰۰ میلی مولار مشاهده

شد (جدول ۴). به نظر می رسد که پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در این تحقیق موجب افزایش احتمالی سرعت تقسیم سلولی، افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده، افزایش ATP، سنتز RNA، DNA، پروتئین سنتتاز و تکمیل بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی در طول فرآیند رشد اولیه بذرها شده است و در نتیجه جوانه زنی و ظهور گیاهچه تحت تنش سبب گردیده است. در این راستا پژوهشگران اظهار داشتند که فرآیندهای اولیه رشد شامل جذب آب در طول جوانه زنی بذر به علت منفی تر شدن پتانسیل اسمزی تحت تنش شوری دچار اختلال شده و گیاه به دلیل محدودیت در جذب آب دچار نوعی خشکی فیزیولوژیک می شود (Izadi et al., 2022)، که این مسئله موجب کاهش فعالیت برخی آنزیم های اصلی در جوانه زنی، افزایش فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده، اختلال در ساختار مولکول های اسید نوکلئیک، نشت غشاء سلولی و کاهش رشد گیاهچه می شود (Tahmasbi et al., 2015). محدودیت جذب آب تحت تنش شوری منجر به کاهش پتانسیل آبی شده و با کاهش جذب آب توسط بذر منجر به کاهش درصد جوانه زنی می شود (Seleiman et al., 2020). همچنین، کاهش درصد جوانه زنی در گندم تحت شرایط شوری احتمالا به دلیل تاثیر تنش شوری بر نفوذپذیری غشا سلولی، افزایش تنفس بذر و کاهش انرژی اولیه ضروری بذر جهت جوانه زنی باشد (Nazari et al., 2020). پرایمینگ با بازسازی و تعمیر سلول های صدمه دیده، کاهش عوامل محدود کننده رشد جنین، افزایش ساخت پروتئین ها و ایجاد دامنه دمایی وسیع برای جوانه زنی، درصد جوانه زنی را افزایش می دهد (Madady et al., 2016). افزایش درصد جوانه زنی از طریق پرایمینگ با هیدروپرایمینگ و اسید سالیسیلیک روی لوبیا نیز گزارش شده است (Saadat et al., 2020a). پرایمینگ بذر باعث افزایش معنی دار درصد

کاهش می‌یابد (Saadat et al. 2023a; Saadat et al. 2023b). در کل، پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در رفع آسیب‌های اکسیداتیو در هنگام جوانه‌زنی دخالت دارد (Galviz-Fajardo et al., 2020) و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی در بذر می‌شود، که این آنزیم‌ها در مرحله جوانه‌زنی فعالیت پراکسیداسیون لیپید را کاهش داده و موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. همچنین این امکان وجود دارد که اسید سالیسیلیک با اثر بر بیوسنتز جیبرلین، بر جوانه‌زنی اثر گذاشته و موجب افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Arbaoui et al., 2015). از آنجایی‌که، میانگین جوانه‌زنی روزانه، عکس سرعت جوانه‌زنی روزانه است، پس با افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه در طول هورمون پرایمینگ و هیدرو پرایمینگ کاهش می‌یابد. در این مطالعه پرایمینگ با آب مقطر و سطوح مختلف اسید سالیسیلیک به‌ویژه اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار میانگین جوانه‌زنی روزانه را افزایش داد و چون سرعت جوانه‌زنی روزانه عکس میانگین جوانه‌زنی روزانه است، پس هر گونه کاهش در سرعت جوانه‌زنی روزانه منجر به افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه خواهد شد. کاهش سرعت جوانه‌زنی روزانه طی پرایمینگ با اسید سالیسیلیک توسط سعادت و صدقی (۲۰۲۱) نیز گزارش شده است.

جوانه‌زنی گیاهچه گندم می‌شود (Mohamed et al., 2019). سمیت یونی ناشی از تنش شوری بر فعالیت آنزیمی از جمله تنفس، هیدرولیز مواد مغذی و تولید انرژی بر فرآیندهای متابولیکی اثر منفی می‌گذارد (Naseer et al., 2022; Mwando et al., 2020). کاهش فعالیت‌های متابولیکی تحت تنش شوری منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در روند جوانه‌زنی می‌شود (Debez et al., 2020). در این مطالعه، کاهش سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش فعالیت آنزیم‌های مرتبط به روند جوانه‌زنی که در اثر تخریب ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها اتفاق می‌افتد باشد (Fabian et al., 2008). پرایمینگ بذر، با فعال کردن بعضی آنزیم‌های مورد نیاز در بذر و دسترسی آسان‌تر به مواد مغذی در فرآیند جوانه‌زنی منجر به افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. بذره‌ای پرایم شده زودتر جوانه‌زده و نسبت به تنش تحمل بیشتری دارند (Bahrasemani et al., 2024). در این تحقیق، افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذور تیمار شده احتمالاً مرتبط با افزایش سرعت جذب آب توسط بذر، تعمیر و آماده‌سازی ساختار و آنزیم‌های بذر و تضعیف پوسته بذری باشد. (Johnson and Puthur, 2021; Mondal and Bose, 2021). افزایش سرعت جوانه‌زنی در پرایمینگ با آب مقطر و اسید سالیسیلیک روی لوبیا نیز گزارش شده است (Saadat and Sedghi, 2021; Saadat et al., 2020b). سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری نیز

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و شوری روی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در گیاهچه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				وزن خشک گیاهچه
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین مدت جوانه‌زنی	طول گیاهچه	وزن تر گیاهچه
اسید سالیسیلیک	۳	۱۲۴/۵۲۷**	۲۳/۲۵۱**	۰/۲۶۹۶**	۲۲۲/۹۴۱**	۰/۲۵۱۶**
شوری	۳	۵۲۲/۸۰۵**	۸/۹۳۶**	۰/۱۰۷۸**	۱۲/۸۳۳**	۰/۰۱۰۸۴**
اسید سالیسیلیک * شوری	۹	۶/۸۰۵ ^{ns}	۰/۰۹۶ ^{ns}	۰/۰۱۳۶ ^{ns}	۰/۰۹۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۳ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۳۰	۸/۹۵۰	۰/۲۱۹	۰/۰۰۴۵	۰/۲۲۳	۰/۰۰۰۱۹
ضریب تغییر (%)		۳/۳۷۹	۱۲/۴۰۱	۲۰/۶۰۸	۴/۴۰۴	۱۸/۸۳۴
						۱۸/۱۲۱

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و شوری روی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در گیاهچه گندم

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییر
میانگین جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص طولی	شاخص وزنی	درصد رطوبت		
روزانه	روزانه	بنیه بذر	بنیه بذر	گیاهچه		
۱/۹۴۶ ^{**}	۰/۰۰۰۱۵۳۸۷ ^{**}	۱۹۱/۶۴ ^{**}	۲۱۲/۲۵۰ ^{**}	۵۷۲/۷۹۳ ^{**}	۳	اسید سالیسیلیک
۸/۱۶۹ ^{**}	۰/۰۰۰۵۸۹۵۸ ^{**}	۳۳/۱۶۷ ^{**}	۱۲۲/۶۴۵ ^{**}	۵۹۶/۰۵۴ ^{**}	۳	شوری
۰/۱۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۰۰۲ ^{ns}	۰/۸۸۲ ^{**}	۲/۸۸۰ ^{ns}	۳۲۷/۲۰۲ ^{**}	۹	اسید سالیسیلیک * شوری
۰/۱۳۹	۰/۰۰۰۰۱۳۶۰	۰/۱۷۸	۱/۷۷۱	۳۷/۴۰۵	۳۰	اشتباه آزمایشی
۳/۳۷۸	۴/۰۵۴	۴/۴۰۳	۱۹/۱۳۱	۸/۲۰۵		ضرب تغییر (%)

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر ساده اسید سالیسیلیک بر روی صفات مطالعه شده در گندم

اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	سرعت جوانه‌زنی (روزانه)	میانگین جوانه‌زنی (روزانه)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	شاخص وزنی بنیه بذر
۰	۸۳/۷۵۰b	۲/۱۰۸d	۰/۰۹۶a	۰/۰۹۶۲۴۷a	۶/۸۳۳d	۰/۰۳۴c	۳/۰۲۸d
۰/۱	۹۰/۲۵۰a	۳/۳۴۲c	۰/۰۸۹b	۰/۰۸۸۹۰۲b	۸/۱۶۷c	۰/۰۴۴c	۴/۱۴۵c
۰/۵	۸۹/۵۸۳a	۴/۲۵۸b	۰/۰۸۸b	۰/۰۸۸۶۳۹b	۱۱/۳۳۱b	۰/۰۹۲b	۸/۴۵۴b
۱	۸۹/۵۸۳a	۳/۳۹۲a	۰/۰۹۰b	۰/۰۹۰۰۱۷b	۱۶/۵۲۸a	۰/۱۳۴a	۱۲/۱۹۹a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر روی صفات مطالعه شده در گندم

شوری (میلی مولار)	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	سرعت جوانه‌زنی (روزانه)	میانگین جوانه‌زنی (روزانه)	طول گیاهچه (سانتی متر)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	شاخص وزنی بنیه بذر
۰	۹۵/۷۵۰a	۴/۷۹۲a	۰/۰۸۴d	۰/۰۸۳۶d	۱۱/۸۹۲a	۰/۱۱۳a	۱۰/۸۷۷a
۵۰	۹۱/۶۶۷b	۴/۰۹۲b	۰/۰۸۷c	۰/۰۸۷۴c	۱۱/۱۷۰b	۰/۰۸۷b	۸/۰۸۳b
۱۰۰	۸۶/۱۶۷c	۳/۴۳۳c	۰/۰۹۳b	۰/۰۹۳۱b	۱۰/۲۷۶c	۰/۰۵۹c	۵/۲۳۷c
۲۰۰	۸۰/۵۸۳d	۲/۷۸۳d	۰/۱۹۰a	۰/۰۹۹۷a	۹/۵۲۲d	۰/۰۴۵d	۳/۶۳۰d

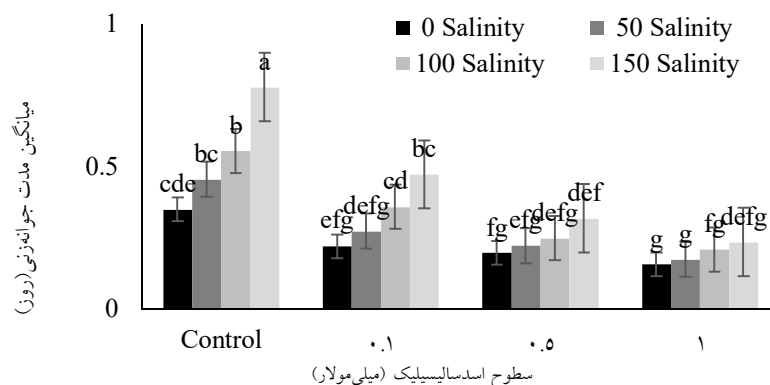
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است

میانگین مدت جوانه‌زنی: در این تحقیق، اثر ساده اسید سالیسیلیک و شوری بر میانگین مدت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ با آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۰/۱ میلی مولار توانست روی میانگین مدت جوانه‌زنی تاثیر بگذارد، اما تاثیر اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار بیشتر از اسید سالیسیلیک ۰/۵، ۰/۱ میلی مولار و

هیدروپرایمینگ بود. به طوری که بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۷۷۷ روز) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی مولار و کمترین مقدار میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۱۵۵ روز) در در پرایمینگ با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و بدون شوری مشاهده شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که بذره‌ای پرایم شده با اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف شوری میانگین مدت جوانه‌زنی کمتری نسبت به هیدروپرایمینگ و

بعد از پرایمینگ اتفاق می‌افتد، در نتیجه مدت زمان لازم جهت کامل شدن فرآیند جوانه‌زنی در بذره‌ای تحت تنش شوری افزایش یافته که نتیجه آن افزایش میانگین مدت جوانه‌زنی است. سعادت و همکاران (Saadat et al. 2023c) مشاهده کردند که میانگین جوانه‌زنی روزانه تحت تنش شوری افزایش یافت. افزایش میانگین مدت جوانه‌زنی تحت تنش شوری روی گیاهان مختلف نیز گزارش شده است (Saadat et al., 2023a; 2023c). همچنین، پرایمینگ با اسید سالیسیلیک سیتوکینین و اسید ایندول استیک در بافت‌های گیاه افزایش داده که این موجب افزایش تقسیم سلولی می‌شود و به تبع آن میانگین مدت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Sakhabutdinova et al., 2003).

تیمارهای دیگر نشان دادند. کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی در بذه‌ای پرایم شده با اسید سالیسیلیک احتمالاً به دلیل کاهش مدت زمان لازم به منظور جذب آب و آغاز فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند آمیلاز و اختلالات رشدی و کوچک شدن غیرطبیعی سلولی در روند جوانه‌زنی باشد (Netondo et al., 2004; Ghanbari et al. 2019). در حقیقت، این کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی در طول پرایمینگ، به علت شکسته شدن پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها بر اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده است که برای جوانه‌زنی بذر را آماده می‌کند (Bittebcourt et al., 2004). بذر برای ترمیم آسیب وارد شده به غشا سلولی و شروع مجدد سامانه آنتی‌اکسیدانت و جلوگیری از بروز تنش نیاز به زمان دارد و تعمیر این خسارت‌ها



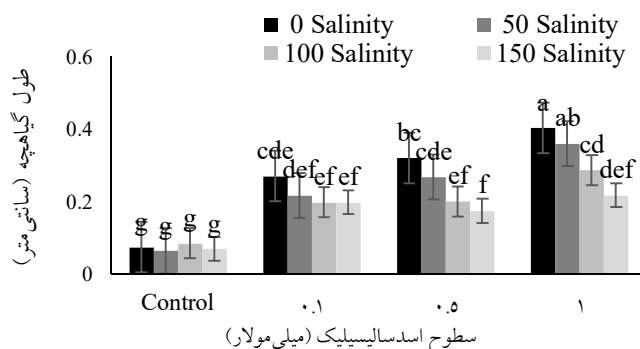
شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر میانگین مدت جوانه‌زنی در گندم. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

با افزایش شوری کاهشی در طول گیاهچه مشاهده شد. به طوری که، بیش‌ترین طول گیاهچه (۱۱/۸۹۲ سانتی‌متر) در شاهد و کم‌ترین آن (۹/۵۲۲ سانتی‌متر) در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۴). پرایمینگ با آب مقطر و اسید سالیسیلیک کاهش طول گیاهچه تحت تنش شوری را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود داد و پرایمینگ با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار بیش‌ترین تاثیر را در این مورد داشت. کاهش رشد

طول گیاهچه: در این تحقیق، تاثیر ساده اسید سالیسیلیک و شوری بر طول گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین طول گیاهچه (۱۶/۵۲۸ سانتی‌متر) در تیمار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کم‌ترین (۶/۸۳۳ سانتی‌متر) آن در شاهد (آب مقطر) بود (جدول ۳). البته پرایمینگ با آب مقطر و سطوح دیگر اسید سالیسیلیک نیز روی طول گیاهچه تاثیر داشت.

جنین‌های نابالغ را بهبود بخشیده و با شستن بازدارنده‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه را افزایش دهد (Kibinza et al. 2011; Bewley et al. 2013). پرایمینگ با افزایش میزان استفاده از مواد ذخیره‌سازی بذر و افزایش تقسیم و بزرگ شدن سلول طول گیاهچه را افزایش می‌دهد (Golizadeh et al. 2015). بنابراین، تنش با کاهش انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین، کاهش جذب آب، کاهش ترشح هورمون‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در رشد گیاهچه طول گیاهچه را کاهش می‌دهد (Jahanbakhsh et al., 2019). کاهش طول گیاهچه طی سطوح شوری مطابق با نتایج محققان قبلی روی گیاهان مختلف است (Saadat et al. 2023a; 2023b). پرایمینگ با آب مقطر و اسید سالیسیلیک طول گیاهچه را در لوبیا و برنج بهبود می‌بخشد (Saadat and Sedghi. 2021; Saadat et al 2020a; 2020b). هم‌چنین، پرایمینگ بذر باعث افزایش معنی‌دار طول گیاهچه گندم می‌شود (Mohamed et al., 2019).

گیاهچه تحت تنش شوری ممکن است با سمیت کلرید سدیم و عدم تعادل در جذب عناصر غذایی توسط گیاهچه مرتبط باشد. کاهش جذب آب تحت تنش موجب کاهش ترشح هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در رشد گیاهچه و کاهش تقسیم سلولی و افزایش طول، تنفس کم شده و منجر به کاهش طول گیاهچه می‌شود (Tao et al. 2018; Batool et al. 2014). هم‌چنین ارتباط بین مالون‌دی‌آلدئید و افزایش نشت الکترولیت به علت تخریب ساختار غشای سیتوپلاسمی موجب کاهش طول گیاهچه می‌شود (Zamani et al. 2010). به نظر می‌رسد که افزایش طول گیاهچه در پرایمینگ با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و آب مقطر به دلیل آغاز یک فرآیند متابولیکی در جنین است که قبل از ظاهر شدن گیاهچه اتفاق می‌افتد و بذرها را برای ظاهر شدن ریشه‌چه آماده می‌کند (Wahid et al. 2008; Farooq et al. 2007). هم‌چنین، پرایمینگ بذر مشکلات فیزیکی آندوسپرم را در طول جذب آب کاهش داده، آسیب غشایی را ترمیم کرده، رشد



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر طول گیاهچه در گندم.

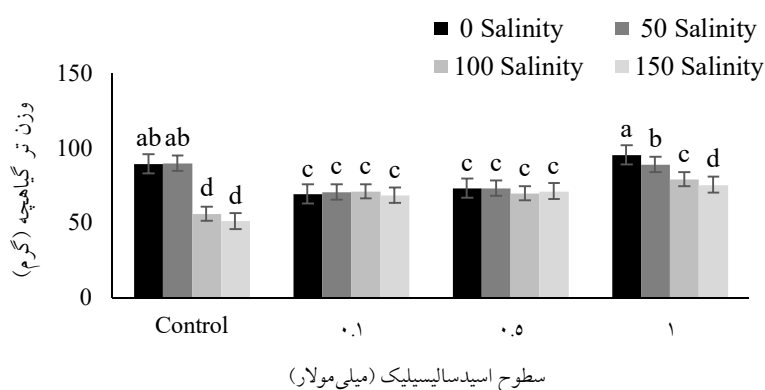
حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه (۰/۱۳۴ گرم) در تیمار با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و کم‌ترین (۰/۰۳۴ گرم) آن در شاهد (آب مقطر) بود (جدول ۳). البته پرایمینگ با آب مقطر و سطوح دیگر اسید سالیسیلیک نیز روی وزن

وزن تر و خشک گیاهچه: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها تنها بر وزن تر گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج

سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ با اثرات سوء ناشی از تنش شوری مقابله کرده و با بهبود رشد گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه افزایش داد. پرایمینگ با اسید سالیسیلیک با تأثیر بر رشد محور جنین، افزایش هدایت الکتریکی و با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهچه و به دلیل ساخت آنزیم‌های هیدرولیتیک و افزایش پویایی ذخایر بذر، وزن تر و خشک گیاهچه را افزایش می‌دهد (Omidi et al., 2005). گزارش‌ها نشان داده است که پرایمینگ با هیدرو و اسید سالیسیلیک وزن تر و خشک گیاهچه را در لوبیا و برنج تحت تنش افزایش داد (Saadat et al., 2020b; 2022). سعادت و همکاران (Saadat et al., 2023a; 2023b) در گیاهچه برنج و لوبیا افزایش وزن تر و خشک گیاهچه در بذرهای پرایم شده تحت شرایط تنش شوری گزارش نمودند. طبق تحقیقات قبلی پرایمینگ با اسید سالیسیلیک وزن تر و خشک ساقه را در گندم تحت تنش شوری افزایش می‌دهد (Mohamed et al., 2019; Habibi and Nejad, 2018).

خشک گیاهچه تأثیر داشت. با افزایش شوری کاهشی در وزن خشک گیاهچه مشاهده شد. به‌طوری که، بیشترین وزن خشک گیاهچه (۰/۱۱۳ گرم) در شاهد (بدون شوری) مشاهده شد (جدول ۴). همچنین، بیش‌ترین وزن تر گیاهچه (۰/۴۰۳ گرم) در تیمار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و بدون شوری به‌دست آمد (شکل ۳). شوری با کاهش ساخت و فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ذخایر بذر، وزن تر و خشک گیاهچه را کاهش می‌دهد (Kaur et al., 2022). در حقیقت، شوری با کاهش جذب آب باعث اختلال در عمل هیدرولیز مواد ذخیره‌ای جهت تولید بافت‌های گیاهچه‌ای شده و منجر به کاهش وزن تر و خشک گیاهچه می‌شود (Hawrylak et al., 2019). به نظر می‌رسد عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار دهند می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آن‌ها از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر گذاشته و بدین ترتیب بر وزن تر و خشک گیاهچه اثر منفی بگذارند (Kaur et al., 2022). در این مطالعه، استفاده از سطوح مختلف اسید



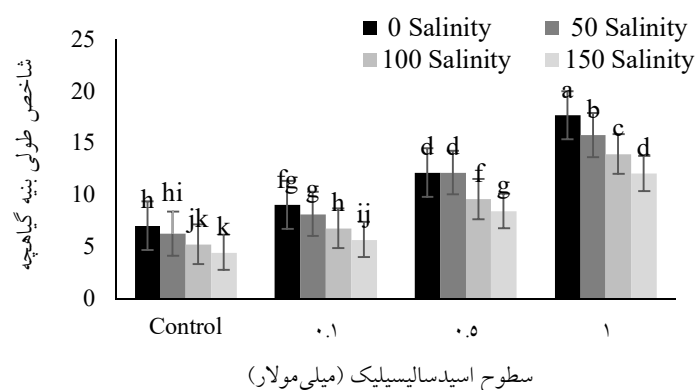
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در گندم. حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها تنها بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه

شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده اسید سالیسیلیک و تنش شوری بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال

نفوذپذیری غشای سلولی طی تنش منجر به کاهش بنیه گیاهچه می‌شود. به نظر می‌رسد کاهش شاخص‌های بنیه گیاهچه تحت تنش به دلیل کاهش تقسیم سلولی و افزایش تنفس است (Tao et al., 2018). پرایمینگ موجب تعمیر بذرها و افزایش بنیه بذر می‌شود (TavakolAfshari et al., 2009). بهبود جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه گندم احتمالاً به دلیل فعال‌سازی برخی از آنزیم‌ها، تحرک مواد غذایی، ساخت DNA و RNA در طول پرایمینگ هورمونی باشد. پرایمینگ بذر از طریق فعال شدن آنزیم‌های هیدرولیز، تعمیر متابولیک و ایجاد متابولیت‌های تقویت کننده جوانه‌زنی سبب تسریع جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه و افزایش شاخص بنیه گیاهچه می‌شود (Iqbal et al., 2020; Hussain et al., 2016). تحقیقات نشان داده است که بذره‌ای پرایم شده با هیدرو و اسید سالیسیلیک دارای شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه بالاتری هستند (Saadat et al., 2021; 2022). پرایمینگ بذر باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه گیاهچه گندم می‌شود (Mohamed et al., 2019).

(۱۲/۱۹۹) در تیمار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و کم‌ترین آن (۳/۰۲۸) در شاهد (آب مقطر) بود (جدول ۳). با این وجود، پرایمینگ با آب مقطر و سطوح دیگر اسید سالیسیلیک روی شاخص وزنی بنیه گیاهچه نیز تاثیر داشت. با افزایش شوری کاهشی در شاخص وزنی بنیه گیاهچه مشاهده شد. به‌طوری که، بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه (۱۰/۸۷۷) در شاهد (بدون شوری) و کم‌ترین آن (۳/۶۳۰) در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۴). همچنین، بیش‌ترین شاخص طولی بنیه گیاهچه (۱۷/۶۰۱) از تیمار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و بدون شوری و کم‌ترین مقدار آن (۴/۵۵۴) در شاهد (آب مقطر) با شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۴). بنیه بذر یک پارامتر حیاتی است که تأثیر عمیقی بر کشاورزی پایدار و سودآور دارد (Finch-Savage et al., 2016). کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه تحت شرایط تنش شوری منجر به کاهش شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه می‌شود (Saadat et al., 2023a; 2023b). همچنین، کاهش ساخت و تخریب پروتئین‌های سلولی و افزایش هدایت الکتریکی و



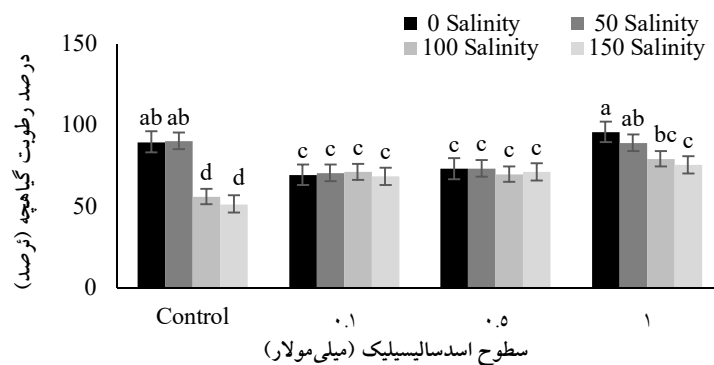
شکل ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در گندم
حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. پرایمینگ با آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۰/۱ میلی‌مولار

درصد رطوبت گیاهچه: در این تحقیق، اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر درصد رطوبت گیاهچه

متابولیت‌های پایین‌تر و غلظت اسمزی در بافت برای محافظت آب باشد (Iqbal et al. 2020). کاهش درصد رطوبت گیاهچه تحت شرایط تنش شوری در لوبیا گزارش شده است (Saadat et al. 2023c). پرایمینگ با آب مقطر، و سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و به‌ویژه اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار باعث افزایش درصد رطوبت گیاهچه در گندم در شرایط تنش شوری شد که می‌تواند به دلیل افزایش تحمل گیاه به تنش با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باشد (Iqbal et al. 2020). افزایش درصد رطوبت گیاهچه تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل مصرف منابع کربوهیدراتی جهت ساخت محلول‌های سازگار در شرایط تنش شوری باشد و با ایجاد پتانسیل اسمزی منفی و افزایش جذب آب توسط گیاه و رقیق‌سازی نمک‌ها، نوعی سازگاری در شرایط شوری برقرار می‌کند (Khan et al. 2002). پرایمینگ با افزایش ATP، افزایش یکپارچگی غشای سلولی، تغییر اجزای غشاء از جمله اسیدهای چرب، ممانعت از نشت مواد به خارج از بذر در طی پرایمینگ بذر و افزایش توان رشدی گیاهچه درصد رطوبت گیاهچه را افزایش می‌دهد (Mazor et al. 1984).

توانست روی درصد رطوبت گیاهچه تأثیر بگذارد، اما تأثیر اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار بیشتر از اسید سالیسیلیک ۰/۵، ۰/۱ میلی‌مولار و هیدروپرایمینگ بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد رطوبت گیاهچه (۹۵/۵۴۱ درصد) در تیمار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و بدون شوری مشاهده شد و کمترین مقدار درصد رطوبت گیاهچه (۵۱/۲۷ درصد) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۵). احتمالاً کاهش درصد رطوبت گیاهچه تحت تنش شوری به دلیل اختلال در غشای پلاسمایی و تأثیر منفی بر نفوذپذیری انتخابی، کم‌آبی سیتوپلاسم و پایداری غشا سلولی است (Rashwan et al. 2020)، و این موجب افزایش پیام‌های تنش اکسیداتیو از جمله غلظت پروکسید و سطح سوپراکسید در گیاه گندم تحت تنش می‌شود. کاهش جذب آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی تحت تنش شوری درصد رطوبت گیاهچه را کاهش می‌دهد (Mansouri Gandomani et al., 2019)، و این کاهش می‌تواند با رشد آهسته‌تر ریشه‌چه ارتباط داشته باشد و بر متابولیسم گیاهچه تأثیر بگذارد (Wassie et al., 2019). علاوه بر این، کاهش درصد رطوبت گیاهچه تحت تنش می‌تواند به دلیل



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و شوری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در گندم
حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتیجه‌گیری

شده با اسیدسالیسیلیک ۱ میلی‌مولار نسبت به تیمار با اسیدسالیسیلیک ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مولار پاسخ بهتری به تنش شوری نشان داد و باعث کاهش اثرات سوء تنش شوری گردید. بنابراین این تحقیق، می‌توان برای تسریع جوانه‌زنی و بهبود شاخص‌های رشد گیاهچه تحت تنش شوری استفاده کرد.

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر، با وجود اینکه تنش شوری اکثر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم را کاهش داد. اما پرایمینگ با سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک این صفات را بهبود بخشید. به‌طور کلی بذره‌ای پرایم

References

- Aberkane, H., Payne, T., Kishi, M., Smale, M., Amri, A. and Jamora, N. 2020. Transferring diversity of goat grass to farmers' fields through the development of synthetic hexaploid wheat. Food Secur. 12(4): 1017-1033.
- Afzal, I., Basra, S. M. A., Hameed, A. and Farooq, M. 2006. Physiological enhancements for alleviation of salt stress in wheat. Pak. J. Bot. 38: 1649-1659
- Akram, W., Hussain, A., Roomi, I. and Muhammad, M. 2023. Effect of different priming agents on germination of purslane (*Portulaca oleracea* L.) seeds under laboratory conditions. Pak. J. Bot. 55: 1605-1613.
- Albaji, Z. and Marashi, S. K. 2024. Effect of seed priming with hydrogen peroxide on germination indices and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress condition. Iran. J. Seed Sci. Technol. 12(4): 57-67.
- Amirikia, F., Nabipour, M. and Farzaneh, M. 2023. Effect of hydro and hormone priming with gibberellin on germination, seedlings emergence and some growth characters in two *Alhagi* species (*Alhagi graecorum* Khuzestan ecotype and *Alhagi maurorum* Esfahan ecotype) under saline conditions of using seawater of Persian Gulf. Iran. J. Seed Sci. Res. 10: 63-80.
- Ansari Ardali, S., Nabipour, M., Roshanfekr, H. A. and Bagheri, M. 2021. Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) cultivars in saline conditions using germination indices in controlled environment. Crop Sci. 14: 475-485.
- Arbaoui, M., Yahia, N. and Belkhodja, M. 2015. Germination of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to salt stress combined with hormones. Int. J. Agron. Agri. Res. 7(3): 14-24.
- Ashraf, M., Nisa, Y. Z. N., Ali, M.Y., Shani, A., Naz, M., Azmat, A. and Ashraf, I. 2023. Salicylic acid seed priming improved dry biomass and ionic efficiency of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] under salt stress conditions. Pak. J. Bot. 55: 1615-1622.
- Bahrasemani, S., Seyed, A., Fathi, S. H. and Jowkar, M. 2024. The Seed Priming using Putrescine Improves Germination Indices and Seedlings morphobiochemical Responses of Indigo (*Indigofera tinctoria*) under Salinity Stress. J. Med. Plants Byprod. 13(1):179-188.
- Batool, N., Ilyas, N., Noor, T., Saeed, M., Mazhar, R., Bibi, F. and Shahzad, A., 2014. Evaluation of drought stress effects on germination and seedling growth of *Z. mays* L. Int. J. Biosci. 5: 203-209.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M. and Nonogaki, H. 2013. Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3rd edition). Seed Sci. Res. 23(4): 289.
- Bittebcourt, M. L. C., Dais, D. C. F. S., Dias, L. A. S. and Araujo, E. F. 2004. Effect of priming on asparagus seed germination and vigor under water and temperature stress. J. Seed Sci. Technol. 32: 607-616.
- Debez, A., Ben Slimen, I. D., Bousselmi, S., Atia, A., Farhat, N., El Kahoui, S. and Abdelly, C. 2020. Comparative analysis of salt impact on sea barley from semi-arid habitats in Tunisia and cultivated barley with special emphasis on reserve mobilization and stress recovery aptitude. Plant Biosyst.—Int. J. Deal. All Asp. Plant Biol. 154: 544-552.
- Ebrahimi, O., Esmaili, M. M., Sabori, H. and Tahmasebi, A. 2013. Effects of salinity and drought stress on germination of two species of (*Agropyron elongatum*, *Agropyron desertrum*). Desert Eco. Eng. J. 1: 31-38.
- Ellis, R. and Roberts, E. H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality P605-635. In: P.D. Hebblethwaite (eds). Seed Production. Butterworth's. London.

- Fabian, A., Jager, K. and Barnabas, B. 2008. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Acta Biol. Szeged*. 52: 157-159.
- Farooq, M., Basra, S. M. A. and Khan, M. B. 2007. Seed priming improves growth of nursery seedlings and yield of transplanted rice. *Arch. Agro. Soil Sci.* 53(3): 315-326.
- Farouk, S. and Al-Huqail, A. A. 2022. Sustainable biochar and/or melatonin improve salinity tolerance in borage plants by modulating osmotic adjustment, antioxidants, and ion homeostasis. *Plants*. 11(6): 765.
- Finch-Savage, W. E. and Bassel, G. W. 2016. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *J. Exp. Bot.* 67: 567-591.
- Galviz-Fajardo, Y. C., Bortolin, G. S., Deuner, S., Amarante, L. D., Reolon, F. and Moraes, D. M. D. 2020. Seed priming with salicylic acid potentiates water restriction-induced effects in tomato seed germination and early seedling growth. *J. Seed Sci.* 42. e202042031.
- Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Talebi-Siah Saran, P. and Pirani, H. 2019. Effect of deterioration on germination and enzymes activity in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. *Environ. Stress Crop Sci.* 12: 585-594.
- Ghasemi, N., Omid, H. and Bostani A. 2021. Morphological properties of *Catharanthus roseus* L. seedlings affected by priming techniques under natural salinity stress. *J. Plant Growth Regul.* 40(2):550-557.
- Golizadeh, S. K., Mahmoodi, T. M. and Khaliliaqdam, N. 2015. Effect of priming of (KNO₃, ZnSO₄, distilled water) on rate germination and seedling establishment on cannabis seed (*Cannabis sativa* L.). *Biol. Forum-An Inter J.* 7: 190-194.
- Habibi G. and Hosseini Nejad O. 2020. Salicylic acid and hydrogen peroxide priming as a means to induce salt stress tolerance of wheat. *J. Plant Res.* 33(4):827-839.
- Hasanuzzaman, M., Raihan, M. R. H., Masud, A. A. C., Rahman, K., Nowroz, F., Rahman, M., Hawrylak-Nowak, B., Rubinowska, K., Molas, J., Woch, W., Matraszek-Gawron, R. and Szczurowska, A. 2019. Selenium-induced improvements in the ornamental value and salt stress resistance of *Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br. *Folia Horti*. 31: 213-221.
- Hoogenboom, G. and Peterson, C. M. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agronomy*. 79(4): 598-607.
- Hussain, S., Khan, F., Hussain, H. A. and Nie, L. 2016. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance of rice cultivars. *Front. Plant Sci.* 7: 116.
- Iqbal, H., Yaning, C., Rehman, H., Waqas, M., Ahmed, Z., Raza, S. T. and Shareef, M. 2020. Improving heat stress tolerance in late planted spring maize by using different exogenous elicitors. *Chil. J. Agric. Res.* 80: 30-40.
- ISTA. 2013. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Switzerland: The International Seed Testing Association (ISTA).
- Izadi, Y., Moosavi, S. A., Gharineh, M. H., 2022. Salinity affects eco-physiological aspects and biochemical compositions in chia (*Salvia hispanica* L.) during germination and seedling growth. *Sci. Horti*. 306, 111461.
- Jahanbakhsh, S., Parmon, G. H., Azad, H., and Ghatei, A. 2019. Modeling hydrotime and threshold tolerance to salinity and drought on germination of different species Basil (*Ocimum basilicum*). *Iran. J. Seed Sci. Technol.* 7(2): 119-142.
- Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z. and Shabala S. 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. *Plant Growth Regul.* 76(1): 25-40.
- Jiang, W. 2020. Natural Rubber and Bio-based Thermoplastic Elastomer. *Industrial Appl. Bio. Envir.* 241-254.
- Johnson, R. and Puthur, J. T. 2021. Seed Priming as a Cost Effective Technique for Developing Plants with Cross Tolerance to Salinity Stress. *Plant Physiol. Biochem.* 162: 247-257.
- Kaur, H., Kaur, H., Kaur, H. and Srivastava, S. 2022. The beneficial roles of trace and ultratrace elements in plants. *Plant Growth Regul.* 98(3): 1-18.
- Khan, W. M., Prithiviraj, B. and Smiyh, D. L. 2002. Effect of foliar application of chitin oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica*. 40: 621-624.
- Kibinza, S., Bazin, J., Bailly, C., Farrant, J. M., Corbineau, F. and El-Maarouf-Bouteau, H. 2011. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Sci.* 181(3): 309-315.
- Kulak, M., Jorrín-Novo, J. V., Romero-Rodríguez, M. C., Yildirim, E. D., Gul, F. and Karaman S. 2021. Seed priming with salicylic acid on plant growth and essential oil composition in basil (*Ocimum basilicum* L.) plants grown under water stress conditions. *Ind. Crops Prod.* 161: 113235.

- Madady, M., Khomari, S., Javadi, A. and Sofalian, A. 2016. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth of corncockle under salinity stress. J. Plant Pro. Fun. 5(15): 169-179.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. 2:176-177.
- Mansouri Gandomani, V., Omid, H. and Bostani, A. A. 2019. Study on effects of pretreatment nanoparticle silicon dioxide (SiO₂) on seed germination and biochemical indicate of soybean (*Glycine max* L.) cultivars Williams under salinity. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(3): 299-315.
- Mazor, L., Perl, M. and Negbi, M. 1984. Changes in some ATP dependent activities in seeds during treatment with polyethylene glycol and during the redlying process. J. Exp. Bot. 35: 1119-1127.
- Mbarki, S., Skalicky, M., Vachova, P., Hajhashemi, S., Jouini, L., Zivcak, M., Tlustos, P., Brestic, M., Hejnak, V. and Khelil, A. Z. 2020. Comparing salt tolerance at seedling and germination stages in local populations of *Medicago ciliaris* L. to *Medicago intertexta* L. and *Medicago scutellata* L. Plants. 9: 526.
- Mohamed, A. B., El-Banna, M. F., Farouk, S. and Khafagy, M. A. 2019. The Role of Grain Priming and its Duration on Wheat Germination and Seedling Growth. J. Plant Prod. 10(4): 343-349.
- Mondal, S. and Bose, B. 2021. Seed Priming: An Interlinking Technology between Seeds, Seed Germination and Seedling Establishment. In: A. Rustagi, (eds). Plant Reproductive Ecology—Recent Advances. IntechOpen, London.
- Mwando, E., Han, Y., Angessa, T. T., Zhou, G., Hill, C. B., Zhang, X. Q. and Li, C. Genome-wide association study of salinity tolerance during germination in barley (*Hordeum vulgare* L.). 2020. Front. Plant Sci. 11: 118.
- Naseer, M. N., Rahman, F. U., Hussain, Z., Khan, I. A., Aslam, M. M., Aslam, A., Waheed, H., Khan, A. U. and Iqbal, S. 2022. Effect of salinity stress on germination, seedling growth, mineral uptake and chlorophyll contents of three cucurbitaceae species. Braz. Arch. Biol. Technol. 65: 1–10.
- Nazari, R., Parsa, S., Tavakkol Afshari, R. and Mahmoodi, S. 2020. The effect of seed priming with Salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in deteriorated seeds soybean (*Glycine max* (L.) Merrill, William variety). Iran. J. Seed Sci. Technol. 9(1): 57-70.
- Netondo, G. W., Onyango, J. and Beck, E. 2004. Sorghum and Salinity: I. Response of growth, water relation, and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Sci. 44: 797-805.
- Omid, H., Leyla, J. and Hasanali, N. 2014. Seeds of medicinal plants and crops. Natural Res. Environ. 269-189.
- Omid, H., Soroushadeh, A., Salehi, A. and Ghezeli, F. 2005. Evaluation of Priming pretreatments on germination rapeseed. Agri. Sci. Technol. 19(2):1-10.
- Pagano, A., Macovei, A. and Balestrazzi, A. 2023. Molecular dynamics of seed priming at the crossroads between basic and applied research. Plant Cell Rep. 42: 657–688.
- Pequeno, D. N. L., Hernandez-Ochoa, I. M., Reynolds, M., Sonder, K., MoleroMilan, A., Robertson, R. D., Lopes, M. S., Xiong, W., Kropff, M. and Asseng, S. 2021. Climate impact and adaptation to heat and drought stress of regional and global wheat production. Environ. Res. Lett. 16: 054070.
- Rashwan, E., Alsohim, A. S., El-Gammaal, A., Hafez, Y. and Abdelaal, K. A. A. 2020. Foliar application of nano zinkoxide can alleviate the harmful effects of water deficit on some flax cultivars under drought conditions. Fresenius Environ. Bull. 29: 8889–8904.
- Rehman, H., Iqbal, H., Basra, S. M. A., Afzal, I., Farooq, M., Wakeel, A. and Ning, W. 2015. Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize. J. Integr. Agric. 14: 1745-1754.
- Saadat, H., E. Soltani., and M. Sedghi. 2023a. The effect of seed priming with chitosan on germination characteristics and activity of antioxidant enzymes in rice seedlings (*Oryza Sativa* L.) under salinity stress. (In Persian, with English Abstract. Plant Pro. Fun. 12(54): 239-258.
- Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023c. The Effect of Priming with Different Levels of Chitosan on Physiological and Biochemical Traits in French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Salinity Stress. Phant Prod. Technol. 14(2):75-89.
- Saadat, T. and Sedghi, M. 2021. Effect of priming and aging on Physiological, biochemical traitsseed common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Seed Res. 11(3): 75-89.
- Saadat, T., Alidoost, H. and Sedghi, M. 2022a. The effect of priming and aging on the germination of rice seed masses with different strength. J. Seed Res. 10(4): 60-67.
- Saadat, T., Alidoost, H. and Sedghi, M. 2022b. The effect of priming on the activity and gene expression of antioxidant enzymes in rice. J. Seed Res. 11(4): 46-54.

- Saadat, T., M. Sedghi, A. Gholipouri, R. Seyed Sharifi, and R. Sheykhbaglou. 2023b. Effect of chitosan on germination indices of common bean (*Phaseolus vulgaris*) (cv. Sedri) seeds under salt stress. Iran. J. Seed Res. 9(2): 151-162.
- Saadat, T., Sedghi, M., Gholipouri, A., Seyed Sharifi, R. and Sheykhbaglou, R. 2020a. The effect of priming deterioration on the activity of antioxidant enzymes and the mobility of seed reserves in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Sadri. Iran. J. Seed Sci. Technol. 8(2): 19-32.
- Saadat, T., Sedghi, M., Gholipouri, A., Seyed Sharifi, R. and Sheykhbaglou, R. 2020b. Effect of seed priming and aging on germination, biochemical traits and antioxidant enzyme gene expression in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iran. J. Seed Sci. Res. 7(1): 1-13.
- Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. Bul. J. Plant Physiol. 314-319.
- Salam, A., Ali, A., Afridi, M. S., Ali, S. and Ullah, Z. 2022. Agrobiodiversity: effect of drought stress on the eco-physiology and morphology of wheat. In Biodiversity, Conservation and Sustainability in Asia; Springer: Cham. 597-618.
- Seleiman, M. F., Semida, W. M., Rady, M. M., Mohamed, G. F., Hemida, K. A., Alhammad, B. A., Hassan, M. M. and Shami, A. 2020. Sequential Application of Antioxidants Rectifies Ion Imbalance and Strengthens Antioxidant Systems in Salt-Stressed Cucumber. Plants. 9(12): 1783.
- Sneideris, L. C., Gavassi, M. A., Campos, M. L., D'AmicoDamiao, V. and Carvalho, R. F. 2017. Effects of hormonal priming on seed germination of pigeon pea under cadmium stress. An. Acad. Brasil. Cienc. 87:1847-1852.
- Souri, M. K. and Tohidloo G. 2021. Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. Chem. Biol. Technol. Agric. 6(1): 1-7.
- Tahmasbi, B., Ghaderi-Far, F., Sadeghipour, H. R., Galeshi, S. 2015. Enhanced accumulation of fatty acids and lipid hydroperoxides during ageing of sunflower seeds. J. Plant Pro. Fun. 4: 73-83.
- Tania, S. S., Rhaman, M. S. and Hossain, M. M. 2020. Hydro-priming and halopriming improve seed germination, yield and yield contributing characters of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Trop. Plant Res. 7(1): 86-93.
- Tao, Q., Yanya Lv, Y., Mo, Q., Bai, M., Han, Y. and Wang, Y. 2018. Impacts of priming on seed germination and seedling emergence of *Cleistogenes songorica* under drought stress. J. Seed Sci. Technol. 46(2): 239-258.
- TavakolAfshari, R., Rashidi, S. and Alizadeh, H. 2009. Effects of seed aging on germination characteristics and on catalase and peroxidase activities in two canola cultivars (*Brassica napus* L.). Iran J. Field Crop Sci. 40(2): 125-133.
- Tsonev, T. D., Lazova, G. N., Stoinova, Z. G. and Popova, L. P. 1998. A possible role for jasmonic acid in adaptation of barley seedling to salinity stress. J. Plant Growth Regul. 17(3):153-159.
- Wahid, A., Noreen, A., Basra, S. M., Gelani, S. and Farooq, M. 2008. Priming-induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus*) achenes improve germination and seedling growth. Bot. Studi. 49(2): 343-350.
- Wassie, A. T., Zhao, Y. and Boyden, E. S. 2019. Expansion microscopy: principles and uses in biological research. Nature Met. 16(1): 33-41.
- Zamani, A., Sadat Nouri, S. A., Tavakol Afshari, R. Iran Nejad, H., Akbari, G. H. A. and Tavakoli, A. 2010. Evaluation of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in safflower seed under natural and artificial aging. Iran. J. Crop Sci. 41(3): 545-554.