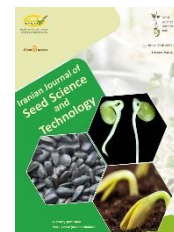




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Investigating the effect of putrescine and salinity stress on some germination indices of Henna seeds (South Kerman's Native)

Abolghasem Hamidi Moghaddam^{1*}

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

Article Information

Received: 30 May. 2023

Revised: 14 Jul. 2023

Accepted: 15 Aug. 2023

Keywords:

Germination percentage,
Polyamine,
Salinity tolerance,
Seed vigor index

Corresponding Author:

h_moghaddam@ujiroft.ac.ir



Abstract

Henna (*Lawsonia inermis* L.) is an ornamental and medicinal plant containing Lawson's active substance, which is cultivated in some regions of the south and southeast of Iran. Salinity is one of the major abiotic environmental stress that affects almost all stages of plant development such as germination, vegetative growth and reproductive development. Polyamines such as putrescine can play important roles in plant growth and stress responses. In order to investigate the effect of putrescine and NaCl salinity stress on some germination indices of Henna seeds, a factorial experiment was conducted with two levels of putrescine (0 and 0.75 mM) and four NaCl salinity levels (0, 50, 100 and 150 mM) based on completely randomized design with four replications in germinator for 11 days. The results showed that at control salinity level, there was no significant difference between putrescine treatments on Henna seed germination indices except the seed vigor index. The interaction between putrescine (0.75 mM) and salinity stress showed that pre-treatment with putrescine alleviated the negative effects of 50 and 100 mM NaCl salinity stress on the germination rate of Henna seeds. However, it increased the negative effects of 150 mM salinity stress on germination percentage, radicle length, plumule length, seedling fresh weight, seed vigor index and α -amylase activity in comparison to control. The results showed that germination of Henna seeds is sensitive to salinity stress and they are only able to tolerate low levels of salinity (50 mM). According to a significant correlation between α -amylase activity with germination percentage ($r=0.98$), it can be concluded that probably the change in α -amylase activity decreased the germination percentage of Henna seeds.

How to cite this paper: Hamidi Moghaddam, A. (2024). Investigating the effect of putrescine and salinity stress on some germination indices of Henna seeds (South Kerman's native). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 13 (3), 37-50. <https://doi.org/10.22092/ijst.2023.362439.1485>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Henna (*Lawsonia inermis* L.) is a medicinal shrub containing various active substances such as phenolic compounds, flavonoids, alkaloids, terpenoids, quinones, coumarins, tannins, and Lawson's (2-hydroxy-1, 4-naphthoquinone). Various parts of the henna plant, including leaves, flowers, seeds, stem bark, and roots, are used in traditional medicine to treat conditions such as rheumatoid arthritis, headache, ulcers, diarrhea, leprosy, fever, cardiac disease, diabetes, and as a coloring agent for more than 9000 years. It is also cultivated as an ornamental or hedge plant in landscapes space of tropical and subtropical regions. Seed germination and seedling growth are crucial for crop establishment and are sensitive to abiotic stress such as salinity, which is one of the major environmental stressors affecting almost all stages of plant development. Salinity at low concentrations induces seed dormancy and reduces germination rates, while at high concentrations inhibits germination and decreases percentages. However, different methods, like seed priming with putrescine (Put) or other polyamines (PAs), can improve seed germination under salinity conditions by affecting membrane permeability, boosting antioxidant capacity, regulating enzyme function, accelerating starch degradation, and changing the biosynthesis of some phytohormones such as abscisic acid, gibberellins, etc. Nevertheless, the impact of PAs on henna seed germination under salinity stress remained unknown. The aim of this study was to examine how Put impacts henna seed germination in the presence of salinity stress and its correlation with α -amylase activity in the process of henna seed germination.

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted with four replications using a Completely Randomized design to assess the impact of Put and salinity stress on some germination indices of henna seeds in a germinator. Henna seeds were sterilized using a 10% sodium hypochlorite solution for 1 minute before being subjected to treatment with 0 (distilled water was used) and 75 mM of Put in darkness at 25°C for 24 hours with aeration. Following the priming treatment, the seeds were rinsed with distilled water and then air-dried on filter paper at room temperature for 24 hours. In order to induce salinity stress, both primed and un-primed seeds (25 seeds per replicate) were arranged in Petri dishes on a double layer of Whatman No. 1 filter paper and treated with equal amounts of 0, 50, 100, and 150 mM NaCl solutions added. Following that, they were moved to the germinator set at 27°C, with 8 h light/16 h dark, along with a relative humidity of 75%. Daily evaluations were made to record seed germination until no more germination was observed (over an 11-day period). Following the completion of the experiment, various

germination indicators were assessed including germination percentage, germination rate, seed vigor index, allometric coefficient, α -amylase activity, radicle and plumule length, and fresh weight of both.

Results and Discussion

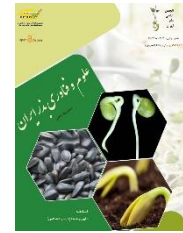
Results showed that all traits assessed in this study were negatively affected when the salinity level was increased. On the other hand, at the control level of salinity, there was no significant difference between Put treatments on Henna seed germination indices except for the seed vigor index, which decreased by 12.6%. The interaction between Put (0.75 mM) and salinity stress showed that pre-treatment with Put alleviated the negative effects of 50 and 100 mM NaCl salinity stress on the germination rate of henna seeds. Nevertheless, it increased the negative effects of 150 mM salinity stress on germination percentage, radicle and plumule length, seedling fresh weight, and seed vigor index in comparison to control. Conversely, both Put and NaCl salinity treatments resulted in a notable rise in allometric coefficient. However, the α -amylase activity decreased significantly when the salinity stress levels reached 100 and 150 mM. The interaction between Put and salinity stress indicated that treating with Put (0.75 mM) resulted in a 41.9% decrease in enzyme activity under 150 mM salinity stress in comparison to the control. It is generally known that salinity stress impacts seed germination by causing osmotic stress, ion-specific effects, and oxidative stress. Increased external osmotic potential reduces water uptake during seed imbibition. Furthermore, it has been stated that the viability of seed embryos can be impacted by the toxic effects of sodium and chloride ions, thus affecting seed germination. Alternatively, an increase in the allometric coefficient of henna seedlings under NaCl salt stress may suggest a heightened sensitivity of the roots to sodium and chlorine ions. The negative effect of Put on seed germination parameters of henna in this research might be a result of elevated hydrogen peroxide levels due to PAs catabolism. Reports indicate that PAs can play a complex role in stressed plants, and the varied responses of plants to them are probably due to factors such as the type and timing of stress, plant species, and the method of PAs pretreatment in terms of quantity and duration.

Conclusion

The findings revealed that germination of henna seeds is sensitive to salinity stress, and they are only able to tolerate low levels of salinity (50 mM). Although, the germination rate of henna seeds under 50 and 100 mM salinity stress levels was enhanced by pretreating with 0.75 mM Put, it exacerbated the adverse impacts of 150 mM salinity stress on other germination parameters. According to a significant correlation between α -amylase activity with germination percentage ($r=0.98$), it can be concluded that probably the change in α -amylase activity decreased the germination percentage of henna seeds.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی اثر پوترسین و تنش شوری بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذور حنا (توده بومی جنوب کرمان)

ابوالقاسم حمیدی مقدم*^۱

۱. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴

واژه‌های کلیدی:

بنیه بذر،

پلی آمین،

تحمل به شوری،

درصد جوانه‌زنی

نویسنده مسئول:

h_moghaddam@ujiroft.ac.ir

چکیده

حنا (*Lawsonia inermis* L.) درختچه‌ای زینتی و دارویی، حاوی ماده موثره لاوسون بوده که در برخی از مناطق جنوب و جنوب شرق ایران کشت می‌شود. تنش شوری یکی از عمده‌ترین تنش‌های محیطی غیر زیستی است که تمام مراحل رشد و نمو گیاه را از جوانه‌زنی بذر، رشد رویشی تا نمو زایشی تحت تاثیر قرار می‌دهد. پلی آمین‌ها از جمله پوترسین می‌توانند نقش مهمی در رشد و نمو گیاه و پاسخ به تنش ایفا کنند. به منظور بررسی تاثیر پوترسین و تنش شوری NaCl بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذور حنا، یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در ژرمیناتور به مدت ۱۱ روز اجرا شد. فاکتور اول سطوح پوترسین (صفر و ۰/۷۵ میلی مولار) و فاکتور دوم شامل چهار سطح تنش شوری صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار (NaCl) بود. نتایج نشان داد میان تیمارهای پوترسین اختلاف معنی داری در سطح شوری شاهد بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور حنا به غیر از شاخص بنیه بذر وجود ندارند. اگرچه برهمکنش پوترسین (۰/۷۵ میلی مولار) در تنش شوری سبب کاهش آثار منفی تنش شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار NaCl بر سرعت جوانه‌زنی بذر حنا شد، ولی سبب تشدید آثار منفی تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار بر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن تر گیاهچه، شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در مقایسه با شاهد شد. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذور حنا حساس به تنش شوری است و تنها قادر به تحمل سطوح پایین تنش شوری (۵۰ میلی مولار) می‌باشند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی داری بین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و درصد جوانه‌زنی ($r=0.98$)، می‌توان استنباط کرد که احتمالاً تغییر در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذورهای حنا شده است.

نحوه استناد به این مقاله:

Hamidi Moghaddam, A. (2024). Investigating the effect of putrescine and salinity stress on some germination indices of Henna seeds (South Kerman's native). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 13 (3), 37-50. <https://doi.org/10.22092/ijst.2023.362439.1485>

مقدمه

حنا (*Lawsonia inermis* L.) درختچه‌ای دارویی متعلق به خانواده Lythraceae و حاوی ماده موثره لاوسون (Lawson) یا ۲- هیدروکسی - ۱، ۴ - نفتا کینون است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، مسکن، ضد التهاب، آنتی‌بیوتیک، ضد قارچ، ضد باوروی، ضد سرطان و غیره می‌باشد و در فضای سبز نیز از آن بعنوان پرچین استفاده می‌شود (Chaudhary et al., 2010; Lal et al., 2007; Varghese et al., 2010). بذرها آن کوچک، هرمی شکل، دارای اندوسپرم و جنین خطی بوده بطوریکه قسمت اعظم بذر را اندوسپرم در بر می‌گیرد، وزن هزار دانه آن ۸۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌گرم می‌باشد و پوسته آن به رنگ قهوه‌ای مایل به زرد و سرشار از لاوسون است (Parihar et al., 2016; Sarhadi et al., 2016). بذرها دارای رکود بوده و درصد جوانه‌زنی آن کمتر از ۲۰ درصد گزارش شده است (Ambika et al., 2019; Shuba et al., 2018). این گیاه در مناطق گرم جنوب و جنوب شرق ایران به خصوص در کرمان، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و برخی از نواحی دیگر کشت می‌شود. حنا گیاهی حساس به سرماست بطوریکه در دمای کمتر از پنج درجه سانتی‌گراد از بین می‌رود در حالیکه درجه حرارت بالا را تحمل می‌کند، بطوریکه حداکثر لاوسون در دمای ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد ساخته می‌شود. همچنین بذر آن برای جوانه‌زنی به دمای ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد (Najar et al., 2020; Singh et al., 2015). حنا اگرچه در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی نسبتاً حساس است (Enneb & Mohammad Ayaz, 2016) ولی گیاهان بالغ نسبتاً متحمل به خشکی (Enneb et al., 2016; Sarhadi et al., 2016) و شوری (Farahbakhsh et al., 2017; Fernández-García et al., 2020) هستند.

گیاهان در طول دوره زندگی خود با انواع تنش‌های محیطی از جمله شوری که از مهمترین تنش‌های محیطی است مواجه می‌شوند. تنش شوری کلیه مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی بذر تا تولید ماده خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Parida et al., 2004). حساسیت به شوری به مرحله نمودی ارتباط دارد بطوریکه حساس‌ترین مرحله آن در زمان جوانه‌زنی و نمو اولیه گیاه است (Borromeo et al., 2023). شوری از طریق تنش اسمزی، اثرات

خاص یون، تنش اکسیداتیو، تغییر در حرکت مواد ذخیره و همچنین تاثیر بر روی ساختار پروتئین‌ها منجر به تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مضری بر جوانه‌زنی بذر می‌شود (Ibrahim, 2016). تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه، شاخص بذر و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در برخی از گیاهان از جمله شایبک (*Atropa belladonna*)، و سمه (*Indigofera tinctoria*)، کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca*)، بابونه آلمانی (*Chamomilla recutita*)، مرزنگوش (*Origanum majorana*)، کلم پیچ (*Brassica oleracea* L. cv Yalova-F1)، نیلوفر آبی (*Nymphaea immutabilis* L.) و آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) شده است (Ali, 2000; Ali et al., 2009; Bahrasemani et al., 2023; Dalziel et al., 2020; Farsaraei et al., 2021; Noroozisharaf et al., 2021; Orhan et al., 2020). به منظور کاهش اثر تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذر و همچنین استقرار گیاهچه استفاده از غلظت‌های مختلف هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بعنوان پیش تیمار توصیه شده است. بطوریکه این تیمارها علاوه بر اینکه از ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکارها جهت بهبود جوانه‌زنی بذر هستند، قادرند تحمل گیاه را به شرایط نامساعد محیطی افزایش داده و صدمات ناشی از عوامل تنش‌زا را کاهش دهند (Ibrahim, 2016; Srivastava et al., 2010). پلی‌آمین‌ها (Polyamines) بازهای نیتروژن آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و حاوی دو یا چند گروه آمین هستند و به عنوان نوع جدیدی از محرک‌های زیستی گیاهی در نظر گرفته می‌شوند. در گیاهان عالی، پوترسین (دی آمین)، اسپرمیدین (تری آمین) و اسپرمین (تترا آمین) از اصلی‌ترین پلی‌آمین‌ها بوده و عمدتاً به صورت آزاد وجود دارند و در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی متنوع از جمله نمو گل، جنین‌زایی، اندام‌زایی، پیری، بلوغ و نمو میوه و همچنین در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارند (Chen et al., 2019; Mustafavi et al., 2018; Reis et al., 2016). امروزه با توسعه تکنیک‌های زیست‌فناوری و مولکولی، شواهد فزاینده‌ای در خصوص تاثیر مثبت پلی‌آمین‌ها، چه به صورت برون‌زا یا درون‌زا از طریق مهندسی ژنتیک، بر رشد

تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر حنا مطالعه‌ای انجام نشده است، بنابراین به منظور ارزیابی تاثیر سطوح مختلف تنش شوری بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذر حنا و برهمکنش آن با پیش‌تیمار پوترسین این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر پوترسین و همچنین تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر حنا، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. سطوح فاکتور اول سطوح پوترسین (صفر و ۰/۷۵ میلی مولار) و فاکتور دوم شامل چهار سطح تنش شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl) بود. بذور مورد استفاده در این پژوهش حاصل از بذور جمع‌آوری شده از یک توده زراعی بومی منطقه جنوب کرمان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت بود. بذور ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم (۱۰ درصد) به مدت یک دقیقه گندزدایی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. سپس بذرها به مدت ۲۴ ساعت در آب جاری جهت برطرف شدن رکود خیس‌انده شدند (Hamidi Moghaddam, 2022). جهت اعمال تیمار پوترسین به پتری‌دیش‌های حاوی بذور حنا محلول پوترسین (۰/۷۵ میلی مولار) و آب مقطر (شاهد) اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در داخل ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی قرار گرفتند (Khan et al., 2012). پس از آن بذرها سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند و جهت خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شد (Farsaraei et al., 2021). برای اعمال تیمار تنش شوری به بذور قرار گرفته (۲۵ عدد) داخل پتری‌دیش‌های حاوی کاغذ صافی واتمن به مقدار یکسان از محلول‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl اضافه شد. سپس کلیه آنها در دستگاه ژرمیناتور تحت شرایط روشنایی و تاریکی به ترتیب برابر با ۸ و ۱۶ ساعت، دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵٪ قرار داده شدند (Ambika et al., 2019; Hamidi Moghaddam, 2022; Marzougui et al., 2018). معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به مقدار دو میلی‌متر در نظر گرفته شد و شمارش بذور جوانه‌زده در هر پتری‌دیش بصورت روزانه تا روز یازدهم، هنگامی که در تعداد بذرها

گیاه، بهره‌وری و تحمل به تنش‌های محیطی از جمله دماهای پایین و بالا، خشکی، شوری، عناصر سنگین، پرتو فرا بنفش و غیره بدست آمده است (Borromeo et al., 2023; Chen et al., 2019). بیان شده است پرایمینگ بذر با پلی‌آمین‌ها نه تنها سبب ایجاد سمیت نمی‌شود بلکه سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها می‌شود (Borromeo et al., 2023)، به‌رحال گزارش‌های متعددی در خصوص پیش‌تیمار بذر گیاهان با غلظت‌های متفاوت پوترسین و بروز پاسخ‌های متفاوت نسبت به تنش شوری وجود دارد. بطوریکه پیش‌تیمار بذور کدوی پوست‌کاغذی (Farsaraei et al., 2021)، کلم پیچ (Orhan et al., 2020) و وسمه (Bahrasemani et al., 2023) با غلظت یک میلی‌مولار پوترسین سبب کاهش آثار منفی تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر شد. در شایبیک (Ali, 2000) پیش‌تیمار بذر با پوترسین به غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار و در بابونه آلمانی و مرزنگوش (Ali et al., 2009) پیش‌تیمار پوترسین و اسپرمیدین با غلظت‌های مختلف (۰/۰۱ تا پنج میلی‌مولار) سبب بهبود درصد جوانه‌زنی و افزایش وزن تر و خشک گیاهچه‌ها تحت سطوح مختلف تنش شوری شد. در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نیز پیش‌تیمار بذر با پوترسین به غلظت ۲/۵ میلی‌مولار سبب افزایش درصد جوانه‌زنی و تحمل به تنش شوری شد (Borromeo et al., 2023). از سوی دیگر شواهدی نیز مبنی بر آثار منفی پوترسین با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) و همچنین پوترسین با غلظت ۱ میلی‌مولار بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ماش (*Vigna radiate* L.) وجود دارد (Suchak & Pandya, 2020; Yang et al., 2016). اگرچه به طور کامل مشخص نشده است که پلی‌آمین‌ها چگونه رشد و پاسخ گیاه به تنش‌ها را تنظیم می‌کنند، ولی این احتمال وجود دارد که پرایمینگ بذر با پلی‌آمین‌ها منجر به افزایش متابولیسم نشاسته از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز، افزایش سطح هورمون‌ها، غلظت قندهای محلول و تجمع اسمولیت‌ها در طی جوانه‌زنی می‌شود (Alcázar et al., 2020; Chen et al., 2019; Li et al., 2014; Yang et al., 2016). با توجه به جایگاه اقتصادی ویژه حنا در بین کشاورزان، افزایش روزافزون وسعت زمین‌های شور، کمبود منابع آب شیرین و از سوی تاکنون در خصوص اثر

درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با افزودن ۵۰۰ میکرولیتر معرف دی‌نیترو سالیسیک اسید (3, 5 Dinitrosalicylic Acid) به مخلوط و قرار دادن آن در حمام آب گرم (دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۵ دقیقه واکنش متوقف شد. پس از سرد شدن مخلوط واکنش، شدت جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر خوانده شد (Adda et al., 2014). در نهایت با استفاده از منحنی استاندارد مالتوز میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز برآورد و بر اساس میکرومول مالتوز بر گرم وزن تر بیان شد.

داده‌های حاصل از درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بینه بذر به روش تبدیل زاویه‌ای $\sqrt{X/100}$ و Arcsin و Log تبدیل شدند اما مقادیر واقعی آنها در متن نشان داده شده است. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار JMP (SAS Institute Cary, NC) نسخه ۱۷ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی (HSD) در سطح ۵٪ انجام شد.

جوانه‌زده تغییری مشاهده نشد ادامه یافت. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی بذور، شاخص بینه بذر و ضریب آلومتری از رابطه‌های جدول ۱ استفاده شد (Abdul baki & Anderson, 1973; Hartman et al., 1990; ISTA, 1979). جهت استخراج عصاره آنزیمی ۲۰۰ میلی‌گرم از بذور هر تکرار (Li et al., 2014) که به مدت ۲۴ ساعت در شرایط جوانه‌زنی قرار داشت توزین و با استفاده از نیتروژن مایع کاملاً خرد و به هر یک ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ میلی‌مولار (pH, ۷/۲) اضافه و کاملاً یکنواخت شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰g و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد (Dehghanpour Farashah et al., 2011). جهت سنجش میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز از مایع رویی استفاده شد. برای غیرفعال‌سازی آنزیم بتا آمیلاز عصاره‌های حاصل در حمام آب گرم (دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. پس از آن ۱۰۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی به ۵۰۰ میکرولیتر محلول نشاسته یک درصد افزوده و پس از ورتکس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵

جدول ۱- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

Table 1- Equation of germination indices

رابطه Equation	شاخص Index	شماره رابطه Equation number
$GP = \frac{\sum G}{N} \times 100$	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	۱
$GR = \sum_{i=1}^n \frac{Si}{Di}$	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	۲
$SVI=(PL+RL) \times GP$	شاخص بینه بذر Seed vigor index	۳
$CA = \frac{PL}{RL}$	ضریب آلومتری Allometric Coefficient	۴

G: تعداد بذره‌های جوانه‌زده، N: تعداد کل بذرها، Si: تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، Di: تعداد روز تا شمارش n ام، RL: طول ریشه‌چه، PL: طول ساقه‌چه

G= Number of Total Germinated Seeds, N= Total number of seeds, Si=The number of germination seeds per count, Di=The number of days until the nth count, PL= Plumule length, RL= Radicle length

نتایج و بحث

معنی‌داری داشت. در حالیکه برهمکنش پوترسین با تنش شوری بر شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، وزن تر گیاهچه، طول ریشه‌چه و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص بینه بذر، طول ساقه‌چه و ضریب آلومتری در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که تیمار پوترسین به غیر از صفت ضریب آلومتری بر سایر شاخص‌ها در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری دارد. همچنین سطوح مختلف تنش شوری بر همه شاخص‌ها مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد اثر

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر حنا (*Lawsonia inermis* L.) تحت سطوح مختلف پوترسین و تنش شوری

Table 2- Analysis of variance of some germination indices of Henna seeds (*Lawsonia inermis* L.) under different levels of putrescine and salinity stress

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	شاخص بیه‌بذر Seed vigor index	ضریب آلومتری Allometric Coefficient	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	فعالیت آلفا آمیلاز α -amylase activity
پوترسین Putrescine	1	0.016**	0.01**	13.82**	18.11**	0.11**	5.54 ^{e7} ns	20.72**	1.95**
شوری Salinity	3	0.021**	0.061**	176.56**	171.40**	0.49**	0.05**	34.07**	2.24**
پوترسین×شوری putrescine× Salinity	3	0.002*	0.004*	2.10*	2.33**	0.02**	0.01**	1.023*	0.24*
خطا Error	21	0.0004	0.001	0.63	0.58	0.001	0.001	0.33	0.07
ضریب تغییرات C.V. (%)		1.073	4.74	7.30	6.29	1.08	2.95	4.85	7.63

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns are statistically significant at the probability of 1%, 5% and not significant

درصد جوانه‌زنی

پیش تیمار پوترسین ۰/۷۵ میلی‌مولار سبب کاهش آثار منفی تنش شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl بر سرعت جوانه‌زنی بذر حنا شد. بطوریکه اختلاف معنی‌داری بین این سطوح تنش شوری با شاهد مشاهده نشد (جدول ۳). ولی افزایش سطح شوری به ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر حنا در مقایسه با شاهد شد (شکل ۱).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

نتایج نشان داد که افزایش سطح تنش شوری به ۱۵۰ میلی‌مولار سبب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه حنا در مقایسه با شاهد می‌شود (شکل ۲). برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که همه سطوح تنش شوری منجر به کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو سطح پیش تیمار پوترسین شدند (جدول ۳). اگرچه بین تیمارهای پوترسین تفاوت معنی‌داری در سطح شوری صفر میلی‌مولار بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه وجود نداشت، ولی پیش تیمار ۰/۷۵ میلی‌مولار پوترسین سبب کاهش ۷/۷۴ و ۹/۶۸ درصدی به ترتیب در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های حنا در سطح تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که پیش تیمار پوترسین بر درصد جوانه‌زنی بذر حنا در سطوح تنش شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بطور معنی‌داری از درصد جوانه‌زنی بذر در هر دو سطح پوترسین کاسته شد. بطوریکه کمترین درصد جوانه‌زنی (۵۵ درصد) در تیمار پوترسین ۰/۷۵ میلی‌مولار و تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به جدول ضرایب همبستگی (جدول ۴)، درصد جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و وزن تر گیاهچه و در سطح پنج درصد با سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بیه‌بذر داشت.

سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین بین تیمارها، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار بر سرعت جوانه‌زنی بذر حنا در غلظت صفر میلی‌مولار پوترسین وجود ندارد (جدول ۳). برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که اعمال

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پوترسین و تنش شوری بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی بذور حنا (*Lawsonia inermis* L.)

Table 3- Mean comparison of the interaction effect of putrescine and salinity stress on some germination indices of Henna seeds (*Lawsonia inermis* L.)

پوترسین (میلی مولار) Putrescine (mM)	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)	درصد جوانه‌زنی (%) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه (میلی متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی متر) Plumule length (mm)	شاخص بنه‌بدر Seed vigor index	ضریب آلومتر Allometric Coefficient	وزن تر گیاهچه (میلی گرم) Seedling fresh weight (mg)	فعالیت آلتا آمیلاز (میکرومول بر گرم وزن تر) α -amylase activity (μ moles maltose $g^{-1} min^{-1}$)
0	0	81.00 ^a	5.83 ^a	17.18 ^a	17.26 ^a	2788.98 ^a	1.004 ^e	13.63 ^{ab}	4.04 ^a
	50	81.00 ^a	5.51 ^a	12.23 ^b	14.93 ^b	2200.44 ^{bc}	1.221 ^{ab}	14.02 ^a	4.02 ^a
	100	72.00 ^{bc}	4.47 ^{cd}	10.05 ^c	11.77 ^c	1571.21 ^d	1.172 ^{abc}	12.55 ^b	3.46 ^{bc}
	150	68.00 ^c	3.98 ^{de}	6.47 ^d	7.66 ^d	959.06 ^e	1.184 ^{abc}	10.03 ^c	3.33 ^{cd}
0.75	0	75.00 ^{abc}	5.31 ^{ab}	15.75 ^a	16.81 ^a	2438.37 ^b	1.068 ^{de}	12.85 ^{ab}	3.79 ^{ab}
	50	76.00 ^{ab}	5.22 ^{abc}	12.39 ^b	14.23 ^b	2021.55 ^c	1.150 ^{bc}	12.76 ^{ab}	3.76 ^{ab}
	100	68.00 ^c	4.62 ^{bcd}	8.18 ^{cd}	9.21 ^d	1183.26 ^e	1.125 ^{cd}	10.27 ^c	2.97 ^d
	150	55.00 ^d	3.23 ^e	4.35 ^e	5.37 ^e	535.97 ^f	1.238 ^a	7.90 ^d	2.35 ^e

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون توکی در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Different letters in each column indicate statistical differences between treatments using HSD ($P \leq 0.05$).



شکل ۲- تاثیر تنش شوری (۱۵۰ میلی مولار، راست) بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه حنا در مقایسه با شاهد (صفر میلی مولار، چپ).

Figure 2- Effect of salinity stress (150 mM, right) on radicle and plumule length of Henna seedling compared to control (0 mM, left).



شکل ۱- اثر تنش شوری (۱۵۰ میلی مولار، راست) بر سرعت جوانه‌زنی بذور حنا در مقایسه با شاهد (صفر میلی مولار، چپ) در روز سوم آزمایش.

Figure 1- Effect of salinity stress (150 mM, right) on germination rate of Henna seeds compared to control (0 mM, left) on 3th day of the experiment.

وزن تر گیاهچه

شد. بطوریکه کمترین وزن تر گیاهچه حنا (۷/۹ گرم) در تیمار پوترسین ۰/۷۵ میلی مولار و تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۳). وزن تر گیاهچه همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد با درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، طول ساقه چه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در سطح پنج درصد با شاخص بنیه بذر داشت (جدول ۴).

برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که میان تیمارهای پوترسین اختلاف معنی داری در سطوح شوری صفر و ۵۰ میلی مولار بر وزن تر گیاهچه حنا وجود نداشت (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار بطور معنی داری از وزن تر گیاهچه حنا در هر دو سطح پوترسین کاسته

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین برخی از شاخص های جوانه زنی بذر حنا تحت سطوح مختلف پوترسین و تنش شوری

Table 4- The correlation coefficient between of some germination indices of Henna seeds under different levels of putrescine and salinity stress

صفات Traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) درصد جوانه زنی Germination percentage	1.00							
(2) سرعت جوانه زنی Germination rate	0.96*	1.00						
(3) طول ساقه چه Plumule length	0.90*	0.95*	1.00					
(4) طول ریشه چه Radicle length	0.86*	0.92*	0.98**	1.00				
(5) وزن گیاهچه Seedling weight	0.97**	0.94**	0.94**	0.88*	1.00			
(6) ضریب آلومتری Allometric Coefficient	-0.53 ^{ns}	-0.65 ^{ns}	-0.67 ^{ns}	-0.78*	-0.47 ^{ns}	1.00		
(7) شاخص بنیه بذر Seed vigor index	0.90*	0.95**	0.99**	0.99**	0.93*	-0.70 ^{ns}	1.00	
(8) فعالیت آلفا آمیلاز α -amylase activity	0.98**	0.93**	0.92**	0.87*	0.96**	-0.51 ^{ns}	0.92**	1.00

*, **, ns و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار

*, ** and ns are statistically significant at the probability of 1%, 5% and not significant

شاخص بنیه بذر

سطوح تنش شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl بر شاخص بنیه بذر حنا شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده ها نشان داد که پیش تیمار پوترسین و سطوح مختلف تنش شوری دارای اثر قابل توجه ای بر شاخص بنیه بذر بودند و بین آنها اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که پیش تیمار پوترسین (۰/۷۵ میلی مولار) سبب کاهش ۱۲/۶ درصدی شاخص بنیه بذر در سطح شوری شاهد (صفر میلی مولار) شد (جدول ۳). از سوی دیگر با افزایش سطح تنش شوری شاخص بنیه بذر در هر دو سطح پیش تیمار پوترسین کاهش یافت. در واقع برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که پیش تیمار ۰/۷۵ میلی مولار پوترسین سبب تشدید آثار منفی

ضریب آلومتری

برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که بین تیمارهای پوترسین اختلاف معنی داری در سطح شوری صفر میلی مولار بر ضریب آلومتری وجود نداشت، ولی همه سطوح تنش شوری منجر به افزایش ضریب آلومتری در هر دو سطح پیش تیمار پوترسین شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین بین تیمارها، نشان داد که پیش تیمار ۰/۷۵ میلی مولار پوترسین همراه با سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار سبب افزایش ۲۳/۲ درصدی ضریب آلومتری مقایسه با

شاهد شد. ضریب آلومتری همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح پنج درصد ($r = -0.78$) با طول ریشه‌چه داشت (جدول ۴).

فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز

مقایسه میانگین نشان داد که میان تیمارهای پوترسین اختلاف معنی‌داری در سطوح شوری صفر و ۵۰ میلی‌مولار بر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز وجود نداشت (جدول ۳). با افزایش سطح تنش شوری به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بطور معنی‌داری از فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در هر دو سطح پوترسین کاسته شد. برهمکنش پوترسین در تنش شوری نشان داد که اعمال پیش تیمار پوترسین ۰/۷۵ میلی‌مولار سبب تشدید آثار منفی تنش شوری بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در سطح تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار NaCl شد، بطوریکه منجر به کاهش ۴۱/۹ درصدی فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳).

جوانه‌زنی بذر یک مرحله حیاتی در زندگی گیاه است که نقش بسیار مهمی در استقرار گیاهچه و رشد بعدی گیاه دارد و توسط عوامل درون‌زا متعددی از جمله هورمون‌های گیاهی و همچنین شرایط محیطی تنظیم می‌شود (Liu et al., 2018). شوری از طریق عوامل مختلفی مانند تنش اسمزی، اثرات خاص یون و تنش اکسیداتیو جوانه‌زنی بذر را به تاخیر انداخته یا از آن جلوگیری می‌کند (Ibrahim, 2016). در مطالعات پیشین نیز تنش شوری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر برخی از گیاهان از جمله شایبک (Ali, 2000)، بابونه آلمانی، مرزنگوش (Ali et al., 2009)، نیلوفر آبی (Dalziell et al., 2020)، خار مریم (Hammami et al., 2020)، آویشن باغی (Noroozisharaf et al., 2021)، کدوی پوست کاغذی (Farsaraei et al., 2021)، و سوسمه (Bahrasemani et al., 2023)، شده است، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. احتمالاً تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی در محیط اطراف بذر منجر به اختلال در جذب آب توسط بذور در حال جوانه‌زنی شده و سرعت فعالیت‌های متابولسمی در زمان جوانه‌زنی و انتقال مواد غذایی به نقاط مرستمی در حال رشد گیاهچه را کاهش می‌دهد و در نتیجه از سرعت خروج ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی بذر می‌کاهد (Krishnamurthy et al., 1998; Liu et al., 2018).

ساقه‌چه و ریشه‌چه احتمالاً ناشی از اثر سمیت یون‌های سدیم و کلر و همچنین تنش اسمزی بر فرایندهای تقسیم و طویل شدن سلول می‌باشند (Mohamadi et al., 2018). این نتایج با پژوهش‌های انجام شده روی گیاهان نیلوفر آبی (Dalziell et al., 2020)، کلم پیچ (Orhan et al., 2020)، خار مریم (Hammami et al., 2020) و آویشن باغی (Noroozisharaf et al., 2021) مطابقت دارد. از سوی دیگر تغییر مسیر متابولسمی گیاه به سمت تولید مواد آلی از قبیل سنتز اسید آمینه پرولین و تجمع املاح معدنی به منظور تنظیم اسمزی، باعث می‌شود حجم عمده انرژی بجای اینکه صرف تولید و تجمع ماده خشک شود، جهت تولید این مواد مصرف شود در نتیجه طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و شاخص بنیه بذر کاهش می‌یابد (Farsaraei et al., 2021; Serraj & Sinclair, 2002). با توجه به آنکه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد بین شاخص بنیه بذر با سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و در سطح پنج درصد با درصد جوانه‌زنی و وزن تر گیاهچه مشاهده شد (جدول ۴)، می‌توان استنباط کرد که کاهش در سرعت جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهچه حنا تحت پیش تیمار پوترسین و تنش شوری منجر به کاهش در شاخص بنیه بذر می‌شود. افزایش ضریب آلومتری در گیاهان تحت تنش شوری NaCl می‌تواند نشان دهنده حساسیت بیشتر ریشه‌چه نسبت به یون‌های سدیم و کلر باشد. در توافق با نتایج مطالعه حاضر، افزایش ضریب آلومتری در گیاهان دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica*)، شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum L.*) و نخود (*Cicer arietinum L.*) مشاهده شد (Badalzadeh & Danesh, 2021; Shahraki, 2021; Elradi et al., 2022; Sofi et al., 2021). احتمالاً شوری از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر سبب اختلال در تنفس، سنتز پروتئین و ساختار آنزیم‌ها می‌شود و به اندامک‌های سلولی، غشای پلاسمایی و اندام‌ها آسیب وارد می‌کند (Ibrahim, 2016). وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد بین فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز با درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و شاخص بنیه بذر (جدول ۴) موید این است که تنش شوری از طریق کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز سبب کاهش

گیاهان برای مقابله با تنش را به دلیل افزایش سطح پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ناشی از فرایند کاتابولیسم کاهش می دهند (Borromeo et al., 2023). بنابراین در گیاهان تحت تنش، نقش پلی آمین ها می تواند کاملاً پیچیده باشد و واکنش متفاوت آنها به تیمار پوترسین ممکن است به دلیل نوع تنش، زمان اعمال تنش، گونه گیاهی و همچنین نحوه اعمال پیش تیمار پوترسین از لحاظ میزان و مدت زمان پیش تیمار باشد (Ali, 2000; Suchak & Pandya, 2020). بطوریکه تجمع بیش از حد یا طولانی مدت پوترسین ممکن است سبب تسریع اکسیداسیون مواد و مسمومیت گیاه شود (Yang et al., 2016). علاوه بر این بیان شده است اگرچه پیش تیمار بذر گندم با پلی آمین ها در میزان جیبرلین و زآتین تغییری ایجاد نمی کند ولی بطور معنی داری سبب افزایش قابل توجه میزان اسید آبسزیک شد (Yang et al., 2016). این تغییر در محتوی هورمون های موثر در جوانه زنی بذر می تواند عاملی تاثیرگذار بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در نهایت جوانه زنی باشد. با توجه به وجود همبستگی مثبت و بسیار معنی داری بین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه حنا (جدول ۴) می توان استنباط کرد که احتمالاً برهمکنش پوترسین در تنش شوری سبب تغییر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در نهایت کاهش جوانه زنی بذرهای حنا می شود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش اطلاعات مفیدی را در خصوص واکنش جوانه زنی بذر حنا به پیش تیمار پوترسین و تنش شوری NaCl ارائه می کند. اعمال پیش تیمار پوترسین ۰/۷۵ میلی مولار سبب بهبود سرعت جوانه زنی بذر حنا تحت سطوح تنش شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار شد. اما در سایر شاخص های جوانه زنی، برهمکنش پوترسین در تنش شوری سبب تشدید آثار منفی سطوح بالای تنش شوری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار) گردید. همچنین نتایج نشان داد که جوانه زنی بذور حنا حساس به تنش شوری است و تنها قادر به تحمل سطوح پایین تنش شوری (۵۰ میلی مولار) می باشند.

معنی دار در شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه حنا شده است. بیان شده است که جیبرلین و اسید آبسزیک هورمون های اصلی موثر در جوانه زنی بذر هستند که آثار کاملاً متضادی بر جوانه زنی دارند. در طی جوانه زنی بذر، جیبرلین بر تولید و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تاثیر گذاشته و سبب تجزیه نشاسته ذخیره شده به قند و تامین انرژی مورد نیاز می شود و همچنین جوانه زنی بذر را از طریق جلوگیری از فعالیت اسید آبسزیک افزایش می دهد (Hartman et al., 1990; Ibrahim, 2016; Liu et al., 1964; Varner, 2018). اما در شرایط تنش شوری به دلیل برهم خوردن تعادل هورمونی اسید آبسزیک افزایش و جیبرلین کاهش می یابد و در نتیجه فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بواسطه کاهش بیان ژن آلفا آمیلاز تحت تاثیر قرار می گیرد و منجر به کاهش جوانه زنی بذر می شود (Liu et al., 2018). در پژوهش های پیشین نیز تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذر گیاهان لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.) و کدوی پوست کاغذی شده است (Adda et al., 2014; Farsaraei et al., 2021; Liu et al., 2018) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

گزارش های متناقضی در خصوص افزایش یا کاهش سطح درونی پلی آمین ها در طی وقوع تنش شوری وجود دارد. در برخی از مطالعات پیشین پوترسین سبب تحریک جوانه زنی، رشد گیاهچه و کاهش آثار مخرب تنش شوری بر بابونه آلمانی، مرزنگوش، کلم پیچ، کدوی پوست کاغذی و گوجه فرنگی شده است (Ali et al., 2009; Borromeo et al., 2023; Farsaraei et al., 2020; Orhan et al., 2021). از سوی دیگر، پیش تیمار پوترسین نه تنها منجر به بهبود شاخص های جوانه زنی گیاهان گندم (Yang et al., 2016) و ماش (Suchak & Pandya, 2020) تحت تنش شوری نشد، بلکه سبب افزایش آثار مخرب تنش شوری بر جوانه زنی شد که با نتایج بدست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. این تناقض می تواند نشان دهنده اثر دوگانه پلی آمین ها باشد، از یک طرف کاربرد خارجی آنها با تحمل بیشتر گیاهان به تنش های محیطی همبستگی دارد که تا حدودی به دلیل افزایش توانایی در غیر فعال کردن رادیکال های اکسیداتیو مرتبط است و در مقابل، گزارش های وجود دارد که احتمالاً پلی آمین ها توانایی

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه جیرفت بابت فراهم نمودن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Chaudhary, G., Goyal, S., & Poonia, P. (2010).** Lawsonia inermis Linnaeus: A phytopharmacological review. *Int J Pharm Sci Drug Res*, 2(2), 91-98.
- Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis, A., & Zheng, B. (2019).** Polyamine function in plants: Metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1945. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01945>
- Dalziel, E. L., Lewandowski, W., & Merritt, D. J. (2020).** Increased salinity reduces seed germination and impacts upon seedling development in *Nymphaea L.* (Nymphaeaceae) from northern Australia's freshwater wetlands. *Aquatic Botany*, 165, 103235. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103235>
- Enneb, H., & Mohammad Ayaz, A. (2016).** Germination behaviour of *Lawsonia inermis L.* as influenced by polyethylene glycol (PEG). *Dialogo*, 3(1), 173-179.
- Enneb, H., Belkadhi, A., & Ferchichi, A. (2016).** Physiological adaptations of henna plant (*Lawsonia inermis L.*) to different irrigation conditions in Tunisian arid region. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(4), 1026-1033. URL: <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-26-04/18.pdf>
- Farahbakhsh, H., Pasandi Pour, A., & Reiahi, N. (2017).** Physiological response of henna (*Lawsonia inermis L.*) to salicylic acid and salinity. *Plant Production Science*, 20(2), 237-247. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2017.1299581>
- Farsaraei, S., Mehdizadeh, L., & Moghaddam, M. (2021).** Seed priming with putrescine alleviated salinity stress during germination and seedling growth of medicinal pumpkin. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3), 1782-1792. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00479-z>
- Fernández-García, N., Olmos, E., Bardisi, E., García-De la Garma, J., López-Berenguer, C., & Rubio-Asensio, J. S. (2014).** Intrinsic water use efficiency controls the adaptation to high salinity in a semi-arid adapted plant, henna (*Lawsonia inermis L.*). *Journal of Plant Physiology*, 171(5), 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.11.004>
- Hamidi Moghaddam, A. (2022).** Effect of mechanical and chemical treatments on germination characteristic, total phenolic compound and enzyme activity of henna seeds (*Lawsonia inermis L.*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 8(4), 396-410. <https://doi.org/10.22124/jms.2021.5288>
- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973).** Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. *Crop Science*, 13(6), 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Adda, A., Regagba, Z., Latigui, A., & Merah, O. (2014).** Effect of salt stress on α -amylase activity, sugars mobilization & osmotic potential of *Phaseolus vulgaris L.* seeds var. 'Cocorose' and 'Djadida' during germination. *Journal of Biological Sciences*, 14(5), 370-375. <https://doi.org/10.3923/jbs.2014.370.375>
- Alcázar, R., Bueno, M., & Tiburcio, A. F. (2020).** Polyamines: Small amines with large effects on plant abiotic stress tolerance. *Cells*, 9(11), 2373. <https://doi.org/10.3390/cells9112373>
- Ali, R. M. (2000).** Role of putrescine in salt tolerance of *Atropa belladonna* plant. *Plant Science*, 152(2), 173-179. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00227-7](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00227-7)
- Ali, R. M., Abbas, H. M., & Kamal, R. K. (2009).** The effects of treatment with polyamines on dry matter and some metabolites in salinity-stressed chamomile and sweet majoram seedlings. *Plant, Soil and Environment*, 55(11), 477-483.
- Ambika, S., Sujatha, K., & Balakrishnan, K. (2019).** Seed priming treatments on seedling quality of henna (*Lawsonia inermis L.*) seeds. *Acta Horticulture*, 1241, 375-380. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1241.54>
- Bahrasemani, S., Seyedi, A., Fathi, S., & Jowkar, M. (2023).** The seed priming using putrescine improves germination indices and seedlings morpho-biochemical responses of indigo (*Indigofera tinctoria*) under salinity stress. *Journal of Medicinal Plants and By-Products*, 13(1), 179-188. <https://doi.org/10.22034/jmpb.2023.128870>
- Borromeo, I., Domenici, F., Del Gallo, M., & Forni, C. (2023).** Role of polyamines in the response to salt stress of tomato. *Plants*, 12(9), 1855. <https://doi.org/10.3390/plants12091855>

- Hammami, H., Saadatian, B., & Hosseini, S. A. H. (2020).** Geographical variation in seed germination and biochemical response of milk thistle (*Silybum marianum*) ecotypes exposed to osmotic and salinity stresses. *Industrial Crops and Products*, 152, 112507. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112507>
- Hartman, H., D. Kester, & Davis, F. (1990).** Plant propagation: Principles and practices. *Prentice Hall International Editions*.
- Ibrahim, E. A. (2016).** Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>
- ISTA. (1979).** The germination test. *International Seed Testing Association. Seed Science and Technology*, 4, 23-28.
- Khan, H. A., Ziaf, K., Amjad, M., & Iqbal, Q. (2012).** Exogenous application of polyamines improves germination and early seedling growth of hot pepper. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(3), 429-433.
- Krishnamurthy, L., Ito, O., Johansen, C., & Saxena, N. P. (1998).** Length to weight ratio of chickpea roots under progressively receding soil moisture conditions in a Vertisol. *Field Crops Research*, 58(3), 177-185. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00093-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00093-8)
- Lal, G., Roy, P. K., & Singh, Y. V. (2007).** Effect of different treatments on germination behaviour of henna (*Lawsonia inermis* L.) seeds. *SAARC Journal of Agriculture*, 5(2), 67-74. <http://www.saarcagri.net>
- Li, Z., Peng, Y., Zhang, X. Q., Ma, X., Huang, L. K., & Yan, Y. H. (2014).** Exogenous spermidine improves seed germination of white clover under water stress via involvement in starch metabolism, antioxidant defenses and relevant gene expression. *Molecules*, 19(11), 18003-18024. <https://doi.org/10.3390/molecules191118003>
- Liu, L., Xia, W., Li, H., Zeng, H., Wei, B., Han, S., & Yin, C. (2018).** Salinity inhibits rice seed germination by reducing α -amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. *Frontiers in Plant Science*, 9, 275. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00275>
- Marzougui, N., Sabbahi, S., Guasmi, F., Hammami, A., Haddad, M., & Rejeb, S. (2018).** Effects of wastewater quality on Henna (*Lawsonia inermis* L.) germination and seedling growth: A case study, Tunisia. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1), 147-157. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.1.19>
- Mohamadi, F., Bagheri, N., Kiani, G., & Babaecian Jelodar, N. (2018).** Evaluation of reaction of some rice genotypes to salinity stress at germination stage. *Journal of Crop Breeding*, 10(27), 20-30. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.20>
- Mustafavi, S. H., Naghdi Badi, H., Şekara, A., Mehrafarin, A., Janda, T., Ghorbanpour, M., & Rafiee, H. (2018).** Polyamines and their possible mechanisms involved in plant physiological processes and elicitation of secondary metabolites. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2671-2>
- Najar, B., Pistelli, L., Marchioni, I., Pistelli, L., Muscatello, B., De Leo, M., & Scartazza, A. (2020).** Salinity-induced changes of photosynthetic performance, lawsone, VOCs, and antioxidant metabolism in *Lawsonia inermis* L. *Plants*, 9(12), 1797. <https://doi.org/10.3390/plants9121797>
- Noroozisharaf, A., Kaviai, M., & Rasouli, M. (2021).** Effect of brassinosteroid on morphological and physiological traits of garden thyme (*Thymus vulgaris*) in salinity stress. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 8(1), 63-76. <https://doi.org/10.22124/jms.2021.5203>
- Orhan, E., Uzundumlu, F., Yiğider, E., & Aydin, M. (2020).** The effect of putrescine on DNA methylation on cabbage plant under salt stress conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(3), 301-311. <https://doi.org/10.3906/tar-1911-38>
- Parida, A. K., Das, A. B., Mitra, B., & Mohanty, P. (2004).** Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 59(5-6), 408-414. <https://doi.org/10.1515/znc-2004-5-622>
- Parihar, S. S., Dadlani, M., Mukhopadhyay, D., & Lal, S. K. (2016).** Seed dormancy, germination and seed storage in henna (*Lawsonia inermis*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(9), 1201-1207. <https://doi.org/10.56093/ijas.v86i9.61520>
- Reis, R. S., de Moura Vale, E., Heringer, A. S., Santa-Catarina, C., & Silveira, V. (2016).** Putrescine induces somatic embryo development and proteomic changes in embryogenic callus of sugarcane. *Journal of Proteomics*, 130, 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.09.029>
- Sarhadi, H., Daneshian, J., Valadabadi, S. A., & Heidari Sharafabad, H. (2014).** Study of irrigation deficit and N fertilizer effect on reproductive components of henna ecotypes in Jiroft, Iran. *Biological Forum: An International Journal*, 8(1), 80-87.
- Serraj, R., & Sinclair, T. R. (2002).** Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 333-341. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00754.x>
- Shuba, A. C., Channakeshava, B. C., Bhanuprakash, K., & Kumar, A. (2018).** Study on seed quality performance and enzymatic activity after dormancy breaking in henna. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 105-108.

Singh, D. K., Luqman, S., & Mathur, A. K. (2015). Lawsonia inermis L.—A commercially important primaeval dying and medicinal plant with diverse pharmacological activity: A review. *Industrial Crops and Products*, 65, 269-286.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.025>

Srivastava, A. K., Lokhande, V. H., Patade, V. Y., Suprasanna, P., Sjahril, R., & D'Souza, S. F. (2010). Comparative evaluation of hydro-, chemo-, and hormonal-priming methods for imparting salt and PEG stress tolerance in Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 1135-1144.

<https://doi.org/10.1007/s11738-010-0505-y>

Suchak, H., & Pandya, R. V. (2020). Effect of spermine and putrescine on germination and growth of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek seeds. In *Proceedings of the National Conference on Innovations in Biological Sciences (NCIBS)*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3585124>

Varghese, K. J., Silvipriya, K. S., Resmi, S., & Jolly, C. I. (2010). Lawsonia inermis (henna): A natural dye of various therapeutic uses—a review. *Inventi Impact: Cosmeceuticals*.

Varner, J. E. (1964). Gibberellic acid controlled synthesis of α -amylase in barley endosperm. *Plant Physiology*, 39(3), 413-415. <https://doi.org/10.1104/pp.39.3.413>

Yang, L. I. U., Hong, X. U., WEN, X. X., & LIAO, Y. C. (2016). Effect of polyamine on seed germination of wheat under drought stress is related to changes in hormones and carbohydrates. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(12), 2759-2774.

[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61366-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61366-7)