Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

Effect of different concentrations of KNO_3 on physiological and biochemical properties of maize (*Zea mays* L.) under Salinity Stress

Homa Zarei[1], Mohammad Sedghi[2*], Salim Farzaneh[3], Haniyeh Saadat[4]

[1] M.Sc. of Seed Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: homazarei1@gmail.com
[2] Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: m_sedghi@uma.ac.ir
[3] Assoc. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: salimfarzaneh@yahoo.com
[4] Ph.D. of Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: saadat.t@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-12-13
Revised: 2024-4-11
Accepted: 2024-4-21

Keywords:
Antioxidant enzymes
KNO3
Priming
Sodium chloride

ABSTRACT

In order to investigate the effect of different concentrations of KNO_3 on physiological and biochemical properties of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress a factorial experiment was conducted based on completely randomized design at the University of Mohaghegh Ardabili in 2021. Treatments included three salinity levels (0, 100 and 200 Mm) and three KNO_3 levels (0, 1.5 and 3%). The results showed that the highest germination percentage (GP), germination rate (GR), germination uniformity (GU), radicle and plumule length (RL and PL) and radicle fresh and dry weight (RFW and RDW) was related to priming with KNO_3 3% and without salinity. Mean of germination time (MGT) compared to the control showed a reduction about 53%. The activity of catalase, peroxidase and superoxide dismutase enzymes in priming with KNO_3 3% and 200 mM salinity compared to the control showed an increase about 56, 68 and 67%, respectively. Salinity decreased the activity of amylase, but priming with KNO_3 increased the activity of this enzyme. The total seed protein content in KNO_3 3% pretreatment and without salinity was increased about 63%. In general, priming with KNO_3 3% solution can be considered as the best treatment to improve the physiological and biochemical properties of corn under salinity stress.

Cite this article: Zarei, H., Sedghi, M., Farzaneh, S., Saadat, H. (2023). Effect of different concentrations of KNO3 on physiological and biochemical properties of maize (*Zea mays* L.) under Salinity Stress. *Seed Research*, 13 (2), 31-45.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط تنش شوری

هما زارعی[۱]، محمد صدقی[۲*]، سلیم فرزانه[۳]، هانیه سعادت[٤]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: homazarei1@gmail.com
[۲] استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: m_sedghi@uma.ac.ir
[۳] دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: salimfarzaneh@yahoo.com
[٤] د دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: saadat.t@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۹/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۲/۲

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت
پرایمینگ
کلرید سدیم
نیترات پتاسیم

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱٤۰۱ اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح مختلف شوری با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار و سطوح مختلف محلول نیترات پتاسیم با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ درصد بود. نتایج نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری حاصل شد. میانگین مدت جوانه‌زنی ۵۳ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسمیوتاز در پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به‌ترتیب ٥٦، ٦٨ و ٦٧ درصد افزایش نشان دادند. شوری موجب کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز شد، ولی پرایمینگ با نیترات پتاسیم فعالیت این آنزیم را افزایش داد. محتوای کل پروتئین بذر در پیش تیمار نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری حدود ٦۳ درصد افزایش داشت. به‌طور کلی، پرایمینگ با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار برای بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری در نظر گرفت.

استناد: زارعی، هما؛ صدقی، محمد؛ فرزانه، سلیم؛ سعادت، هانیه. (۱٤۰۲). تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط تنش شوری. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۳۱-٤٥.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) به‌دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد، به‌ویژه قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، به سرعت در تمام دنیا گسترش یافته و جایگاه سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است (Pourmirza et al., 2007). این گیاه یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به‌عنوان غذا، علوفه و مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Siami, 2010). ذرت یکی از محبوب‌ترین سبزیجات در کشورهای آمریکایی و کاناداست. علاقه به آن در هندوستان و دیگر کشورهای آسیایی رو به افزایش است (Chaudhary et al., 2014).

تنش‌های محیطی تهدیدی جدی در مسیر تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند و از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به شوری، اشاره کرد (Nakabayashi and Saito, 2015). تنش شوری اثرهای سوء فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و در نهایت اقتصادی بر گیاهان زراعی دارد و یکی از مشکلات اساسی در کشاورزی است (Yamaguchi and Blumwald, 2005). تنش شوری موجب سمیت یونی، تنش اسمزی و کمبود عناصر معدنی می‌شود. اثر عمده شوری در بازدارندگی رشد عمدتاً از طریق کم شدن پتانسیل آب در محیط ریشه، تجمع یون‌های عمده عامل شوری و بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه بوده که منجر به تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و متابولیسمی می‌شود (Parvin et al., 2012). شوری با کاهش جذب آب، روند جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rajabi Dehnavi et al., 2020). شوری با افزایش فشار اسمزی، سمیت یونی سلول‌های گیاه مخصوصا یون‌های سدیم و کلر، تنش اکیسداتیو و اختلال در نظام تغذیه‌ای گیاه سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arzani and Ashraf, 2016). گزارش شده است که شوری سبب اختلال در فرآیند جوانه‌زنی، کاهش سرعت جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه می‌شود (Bakht et al., 2011).

پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذور قبل از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند (Nascimento and Aragao, 2004). پرایمینگ بذر به دلایل مختلف مانند کاهش زمان لازم برای جذب آب، فعال‌سازی آنزیم‌های جوانه‌زنی و بهبود کارکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سبب تسریع در جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌شود (Miransari and Smith, 2014; Farhoudi, 2018). از اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر می‌توان به افزایش فعالیت‌های متابولیک شامل: سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، سنتز و فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولیزکننده و انتقال ذخایر بذر به جنین و القای سازوکارهای بیوشیمیایی ترمیم و بازسازی سلول اشاره کرد (Safari Saatlu et al., 2015; Bahmani et al., 2016). پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم درصد جوانه‌زنی ، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاه‌چه و محتوای آنزیم آمیلاز و پروتئین گیاهچه بذرهای جوانه‌زده در گیاهان مختلف تحت شرایط تنش شوری افزایش داده است (Hasani et al., 2021; Jafarian et al., 2019). پرایمینگ موجب کاهش اثرات سوء تنش شوری و باعث بهبود صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان مختلف می‌شود (Saadat et al., 2023a; Saadat et al. 2023b). گزارش‌ها نشان داده است که تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و پایداری غشای سلولی گیاهچه ذرت شده و پرایمینگ با نیترات پتاسیم تاثیر مثبتی بر درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط تنش شوری داشت (Khoraki and Farhoudi, 2021). هم‌چنین، تنش

شوری موجب تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود، ولی تیمار با نیترات پتاسیم سبب بهبود آن‌ها گردیده است (Farhoudi, 2018). پرایمینگ با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند سوپراکسید دیسمیوتاز و کاتالاز اثرات تنش شوری را کاهش داده و شرایط جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را بهبود می‌بخشد (Saadat et al., 2023b).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در واکنش به تنش شوری و نقش پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم در رفتار جوانه‌زنی ذرت بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار ۲۵ بذری در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح مختلف شوری با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار و سطوح مختلف محلول نیترات پتاسیم با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ درصد بود. ماده گیاهی، بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ از جمعیت شهرستان سمیرم تولید سال ۱۴۰۰ بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. ابتدا بذرها درون محلول‌های نیتروژنی و آب مقطر به‌مدت ۱۶ ساعت غوطه‌ور شدند. بعد از پرایمینگ، بذرها به‌وسیله آب مقطر شستشو شدند و در دمای آزمایشگاه خشک گردیدند. آزمون جوانه‌زنی به‌مدت ۸ روز به روش پتری دیش در ٤ تکرار ۱۰۰ بذری (کشت بین کاغذ صافی) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور انجام گرفت (ISTA, 2017). شمارش بذرها یک روز بعد از انتقال بذرها به محیط‌های کشت شروع شد و تا ثابت شدن جوانه‌زنی (۸ روز) پس از کاشت ادامه یافت. به هر پتری جهت ایجاد تنش شوری به میزان ۵ میلی‌لیتر محلول شوری اضافه شد. برای خشک کردن ریشه‌چه و ساقه‌چه، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

صفت سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی با استفاده از برنامه Germin محاسبه شد (Soltani et al., 2001). این برنامه برای محاسبه سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، ابتدا منحنی جوانه‌زنی تجمعی هر تکرار در مقابل زمان (برحسب ساعت) را رسم و سپس با استفاده از روش درون‌یابی خطی مدت زمان از کاشت تا زمانی که ۱۰ درصد و ۹۰ درصد جوانه‌زنی اتفاق بیفتد را محاسبه می‌کند. این زمان‌ها به‌ترتیب به‌صورت D10 تا D90 نشان داده می‌شود. سرعت جوانه‌زنی D50 معادل عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی است و یکنواختی جوانه‌زنی یعنی تفاضل زمان رسیدن از ۱۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی (D90-D10). هرچه عدد یکنواختی جوانه‌زنی کمتر باشد، یکنواختی بیشتر است (Soltani et al., 2001).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: توسط خط‌کش مدرج بر حسب سانتی‌متر و با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: بر روی ترازوی دیجیتالی و با دقت یک هزارم اندازه‌گیری شد.

درصد جوانه‌زنی: درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر محاسبه شد (Chaoui and Ferjani., 2005).

$$GP = (N \times 100) / M$$

N: تعداد بذر جوانه‌زده، M: تعداد کل بذور

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی (در روز) از فرمول زیر محاسبه شد (Soltani et al., 2001). در واقع این شاخص نشان‌دهنده مدت زمانی است که طول می‌کشد تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی رخ دهد، بنابراین، هر چه این زمان

کوتاه‌تر باشد، سرعت جوانه‌زنی نیز بالاتر خواهد بود.

$R50 = 1/D50$

میانگین مدت جوانه‌زنی: متوسط زمان جوانه‌زنی با فرمول پیشنهادی الیس و رابرتز (Omidi et al., 2014) محاسبه شد.

$MGT = \Sigma (Ni) / \Sigma N$

N: تعداد دفعات شمارش، Ni: تعداد بذر جوانه زده در روزD

جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ذرت، گیاهچه‌ها در نیتروزن مایع منجمد و تا زمان اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در فریزر ۷۲- درجه سیلیسوس نگهداری شدند (Sairam et al., 2002). جهت استخراج عصاره آنزیمی، ۰/۵ گرم نمونه از هر تیمار توزین و در داخلی هاون چینی (که از قبل در یخچال نگهداری شده بود) با استفاده از نیتروژن مایع هموژن گردید و پس از آن ۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات سرد (pH=۷) حاوی ۰/۵ میلی‌مولار EDTA به هاون اضافه شد. سپس، هموژن‌ها به اپندورف‌های ۲ میلی‌متری منتقل شدند و در rpm ۱۵۰۰۰ با دمای ٤ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. سوپرناتانت حاصل به سه قسمت تقسیم شد تا از اثر مضر انجماد و ذوب متوالی نمونه‌ها پیشگیری شود و سپس، تا زمان اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شد (Sairam et al., 2002).

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT): فعالیت آنزیم کاتالاز براساس روش ابی (Aebi, 1984) اندازه‌گیری گردید. کمپلکس واکنش، شامل ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۷/۵ میلی‌مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود که حجم نمونه‌ها با اضافه کردن آب مقطر به ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. با افزودن پراکسید هیدروژن واکنش آغاز گردید و کاهش در جذب نمونه‌ها در طول موج ۲٤۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت گردید. محلول جذب زمینه (blank) شامل تمام موارد استفاده شده به جز عصاره آنزیمی استخراج شده بود. فعالیت ویژه آنزیم براساس میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX): سنجش فعالیت آنزیم POX طبق روش مک‌آدام و همکاران (Macadam et al., 1992) انجام شد. در این روش ٤۵۰ میکرولیتر محلول پراکسید هیدروژن و ٤۵۰ میکرولیتر محلول گایاکول در دمای پایین (ظرف حاوی یخ) با هم مخلوط گردید و به آن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی آنزیمی اضافه شد و تغییرات جذب در طول موج ٤۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر دنبال شد. در محلول بلانک به جای عصاره آنزیمی، ۱۰۰ میکرولیتر از بافر فسفات (pH=۷) استفاده شد. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون لامبرت- بیر و ضریب خاموشی محصول واکنش گایاکول پراکسیداز (۱۳/۳ $\mu M^{-1}c^{-1}m$) محاسبه شد. فعالیت آنزیم در نهایت بر حسب Unit mg $protein^{-1}$ min بیان گردید.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

$$POX/min/13/3 = (Unit.\ mg^{-1})$$

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز (SOD): سنجش آنزیم ذکر شده به روش جیانوپلیتیس و ریز (Giannopolitis and Ries, 1977) انجام گردید. اساس سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم و ممانعت از تشکیل سوپراکسید نیتروبلوتترازولیوم توسط آنزیم مذکور است. نمونه بلانک به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و نمونه‌های شاهد و عصاره آنزیمی در محفظه نوری با دو لامپ فلورسنت ۲۰W به مدت ۱۵ دقیقه و ۱۰۰ دور در دقیقه برروی شیکر گذاشته شد. سپس، جذب در طول موج ۵٦۰ نانومتر ثبت شد. تفاوت بین جذب

هر عصاره در مدت زمان روشنایی ۱۵ دقیقه و جذب عصاره آنزیمی در همان مدت زمان روشنایی در واقع نشان دهنده باز داشتن واکنش خود به خودی و تشکیل فورمازان توسط SOD است.

100-[OD control- OD] / OD control ×100/50 = (Unit. mg^{-1})

سنجش فعالیت آلفا آمیلاز: چهار روز پس از جوانه‌زنی و مطابق روش دومان و همکاران (Doman et al., 1982) مشخص شد. بذرها در بافر فسفات ٦٠ میلی‌مولار (pH= ٦/٨) هموژنیزه شدند و سپس با سانتریفوژ g ١٢٠٠٠ و به مدت ١٥دقیقه فیلتر شدند. فعالیت آنزیم در محیط واکنش که حاوی ٦٠ میلی مولار بافر فسفات(pH= ٦/٨)، ٤٠٠ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلسیم کلراید و٥٠٠ میکروگرم بر میلی‌لیتر نشاسته بود، مشخص شد. عصاره آنزیم (یک میلی‌لیتر) پس از٢٠ دقیقه انکوباسیون در حمام آب گرم به محیط آزمایش اضافه شد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با استفاده از نشاسته و با طول موج ٦٢ نانومتر به صورت میکروگرم نشاسته و گرم بر دقیقه مواد تازه مشخص شد.

اندازه‌گیری میزان پروتئین: برای استخراج پروتئین کل از ساقه‌چه از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. جهت تهیه معرف پروتئین برادفورد ١٠٠ میلی‌گرم کوماسی برلیانت بلوجی در ٥٠ میلی‌لیتر اتانول ٩٥٪ به مدت زمان حداقل یک ساعت حل و پس از آن، ١٠٠ میلی‌لیتر اسید فسفریک ٨٥٪ قطره قطره به آن اضافه شد و با آب مقطر حجم محلول به ١٠٠٠ میلی‌لیتر رسانده شد. برای حذف ذرات معلق، محلول از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد. در نهایت ٥ میلی‌لیتر معرف برادفورد همراه با ١٠٠ میکرولیتر از عصاره پروتئینی مخلوط شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٥٩٥ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. عدد حاصل براساس میلی‌گرم برگرم وزن نمونه بذری محاسبه گردید. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS9.1 انجام گردید. میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥ درصد مقایسه گردید.

بحث و نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ١). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (٩٣/٣درصد) و سرعت جوانه‌زنی (٠/٢٧٨ بذر در روز) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ٣ درصد و بدون شوری و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب ٣٨/٣ درصد و٠/١٣٢ بذر در روز در شاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٣). تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و کاهش جذب آب توسط بذرها و سمیت یون‌های سدیم و کلر سبب کاهش جوانه‌زنی بذرها می‌شود (Tenikecier and Ates, 2022). پرایمینگ منجر به افزایش سرعت تنفس در گیاهچه‌ها شده و از طریق بالابردن فعالیت آنزیم‌هایی مانند پروتئاز و لیپاز در طول جوانه‌زنی بذرهای ذرت، جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Mansouri Gandomani et al., 2019). همچنین، پرایمینگ بذور به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیمی و نفوذپذیری غشا و فراهمی عناصرغذایی و داشتن مواد مغذی موجب تحریک جوانه‌زنی می‌شوند (Shen et al., 2020; Gomes et al., 2021). افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ بذر، ناشی از افزایش فعالیت متابولیک است که طی جذب آب اتفاق می‌افتد. پرایمینگ از طریق بازسازی و ترمیم سلول‌های آسیب دیده، کاهش موانع رشد جنین، افزایش کمی و کیفی سنتز پروتئین‌ها و ایجاد دامنه دمایی وسیع‌تر برای جوانه‌زنی، باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌گردد (Madady et al., 2016). هم‌چنین، پرایمینگ با تغییرات فیزیولوژی از قبیل تغییر در مقدار قند، ترکیبات آلی و یون‌های تجمع یافته در بذر سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد (Shekari et al.,

2010). گزارش‌ها نشان داده است که شوری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی را کاهش داد، ولی پرایمینگ این صفات را بهبود بخشید (Saadat et al., 2023a; Saadat et al. 2023b; Ahmadi, et al., 2022).

میانگین مدت جوانه‌زنی: اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی میانگین مدت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۷/۵۵ روز) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و کم‌ترین آن (۳/۵۹ روز) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری مشاهده گردید(جدول۳). در این تحقیق، میانگین مدت جوانه‌زنی تحت تنش شوری افزایش یافت که با نتایج تحقیقات انجام گرفته روی لوبیا توسط سعادت و همکاران (Saadat et al., 2023c) مطابقت داشت. ولی پرایمینگ با نیترات پتاسیم مقدار آن را کاهش داد. به نظر می‌رسد یکی از علل کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی در پرایمینگ، افزایش فعالیت‌های متابولیکی و سرعت تقسیم سلولی در نوک ریشه بذور پرایم شده باشد. هم‌چنین، افزایش احتمالی سرعت تقسیم سلولی در بذرهای پرایم شده می‌تواند علت کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی باشد. در اثر سنتز RNA، DNA و پروتئین طی پرایمینگ بذر بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی در فرآیند جوانه‌زنی کامل شده و بذر در آستانه جوانه‌زنی قرار می‌گیرد (Aghighi Shahverdi and Omidi, 2016).

یکنواختی جوانه‌زنی: در این تحقیق، اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی یکنواختی جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق جدول مقایسه میانگین، کمترین یکنواختی جوانه‌زنی (۲/۵۲) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۱/۵ درصد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و بیش‌ترین آن (۱/۰۳) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری مشاهده گردید (جدول۳). در یکنواختی جوانه‌زنی هر چقدر عدد به‌دست آمده کم‌تر باشد نشان‌دهنده یکنواختی بیش‌تر جوانه‌زنی است (Soltani et al., 2001). پرایمینگ بذر به‌واسطه تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی و تقسیم سلولی ضمن تسریع و ایجاد یکنواختی جوانه‌زنی بذرها منجر به بهبود رشد گیاهچه در شرایط تنش شوری و ایجاد مقاومت به تنش می‌شود (Madadi, 2014; Chen and Arora. 2013).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۵/۲۰ گرم) و ساقه‌چه (۲/٦٦٧ گرم) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین طول ریشه‌چه (۰/۵۷ گرم) و ساقه‌چه (۰/۳۹۰گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول۳). کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تنش شوری را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب اولیه آب، تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی و کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌چه نسبت داد (Safarnejad and Hamidi, 2008; Shahbazi and Golkar, 2016). در تحقیقی روی گیاه لوبیا و برنج مشخص شد که شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش می‌دهد (Saadat et al., 2023a; Saadat et al. 2023b). افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت پرایمینگ می‌تواند به علت افزایش تقسیمات سلولی و طویل شدن سلول باشد (Cheong and Choi. 2003). پرایمینگ با تسریع و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده اندوخته بذری از جمله آمیلاز و پروتئاز سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه طی پرایمینگ با نیترات پتاسیم تحت شرایط تنش شوری توسط

محققین دیگر نیز گزارش شده است (Seyedi, 2021; Rahimi et al., 2016). پرایمینگ با ایجاد فضای بین سلولی و بازسازی غشای سلولی در داخل بذر، موجب جذب بیش‌تر آب توسط جنین و افزایش فشار تورژسانس سلول‌های جنینی شده که در نهایت افزایش رشد گیاهچه را به دنبال دارد (Argerich et al., 1989).

وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: در این تحقیق، اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه (به‌ترتیب ۰/۷۷۷، ۰/٦٤٣، ۰/۲۱۷ و ۰/۲٤۰ گرم) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب (۰/۱۰۰، ۰/۰۸۷، ۰/۰۲۳ و ۰/۰۳۳۳ گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول۳). سمیت یونی و عدم تعادل غذایی، باعث کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌چه شده و آن موجب کاهش وزن خشک می‌شود (Shahbazi and Golkar, 2016). همچنین، یکی از دلایل افزایش وزن تر و خشک ساقه‌چه در اثر پرایمینگ، سرعت بالای جوانه‌زنی بذر در این شرایط می‌باشد (Soltani et al., 2008). پرایمینگ با افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی و در نهایت افزایش وزن خشک گیاهچه می‌شود (Alivand et al., 2011; Soltani et al., 2008). تحقیقات نشان داده است که وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش شوری کاهش می‌یابد، ولی پرایمینگ با نیترات پتاسیم آن‌ها را بهبود بخشید (Seyedi, 2021; Ahmadi, et al., 2022).

آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسمیوتاز: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسمیوتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (۰/۸۲۹ واحد میلی‌گرم بر پروتئین)، پراکسیداز (۱/۸۹۳ واحد میلی‌گرم بر پروتئین) و سوپراکسید دیسمیوتاز (۷۲ واحد میلی‌گرم بر پروتئین) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و کم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب (۲۳/۳ و ۰/٦۰۰، ۰/۳٦۲ واحد میلی‌گرم بر پروتئین) در شاهد (آب مقطر) و بدون شوری مشاهده گردید (جدول٤). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط تنش به عنوان یک مکانیسم دفاعی برای کاهش اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد بوده و از این طریق باعث حذف و کم کردن اثرات تنش می‌شود (Murgan and Harish, 2007). دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در اثر پرایمینگ، می‌تواند به‌واسطه بهبود و تسریع ساخت DNA در بافت‌های جنینی در مدت زمان انجام پرایمینگ و در غیاب سلول‌های تقسیم شونده در بذرها باشد (Madady et al., 2016). در واقع بالا بودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به معنی حذف بیش‌تر رادیکال‌های اکسیژن، کاهش مرگ سلولی و افزایش مقاومت گیاهچه‌ها است (Nair et al., 2008). پرایمینگ با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت فعالیت پراکسیداسیون لیپید و خسارت تنش در سلول‌ها را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهد (Murugu et al., 2003).

جدول۱. تجزیه واریانس اثر نیترات پتاسیم و شوری بر روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهچه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین مدت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
نیترات پتاسیم	۲	۸۶۳/٤**	۰/۰۱۷۰۷۱**	۱۲/۹۰۲**	۱/۰۱۱۸**	۱۰/٤۵۱**	۰/۹٤۵۱**	۰/۲۵۳۷**	۰/۱۵۸۷**	۰/۰۲۲۱٦**	۰/۰۲۰۸٤**
شوری	۲	۲۲۷٦/۷**	۰/۰۰۵۹۲۸۲**	٤/۰۷۷**	۰/۳٤٤۷**	۱۹/۸۱۳**	۵/۰٦۲۷**	۰/۲۳۰۸**	۰/۱۷٦۹**	۰/۰۱۵٦۵**	۰/۰۲۰۵٤**
نیترات پتاسیم * شوری	٤	٦۲/۷*	۰/۰۰۰۲۵۷**	۰/۵۰۹**	۰/٤۵۹۹**	۰/۵۳۹*	۰/۳۸۳٦**	۰/۰۳۷۳**	۰/۰۱٤۹**	۰/۰۰۲۲۱**	۰/۰۰۳۲۸**
اشتباه آزمایشی	۱٦	۱٤/٤	۰/۰۰۰۰٤٤	۰/۰۲۱	۰/۰۵۲٦۸	۰/۱۱۵	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۱٤	۰/۰۰۰۱٤	۰/۰۰۰۱۱
ضریب تغییر (٪)		۵/۸	۲/۲۵۱	۲/۸٤۳	۱۱/۲۹۸	۱۰/٤۵۱	۷/۳۰۸	۱۲/٦٦۵	۱۲/۹۸۸	۱۲/٦۹۳	۹/٤۰٦

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

جدول۲- تجزیه واریانس اثر نیترات پتاسیم و شوری بر روی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهچه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کاتالاز	پراکسیداز	سوپراکسیددیسمیوتاز	آمیلاز	پروتئین
نیترات پتاسیم	۲	۰/۱۸۲۷٤۸**	۰/٦٤۷۸**	۱۱۷۹/۷**	۱۰۸۵۱/۸**	۰/۱۱۱۵٦**
شوری	۲	۰/۰۵۱۹۹۱**	۰/٤۹۸۸**	۱۲۹٦/۲**	۷۳۲۷/۳**	۰/۵۹۹۹۱**
نیترات پتاسیم * شوری	٤	۰/۰۰٤۱۳۲**	۰/۰۳٤۸**	٦۰/۵**	۵۲۳/٤**	۰/۰۰٦۹۱**
اشتباه آزمایشی	۱٦	۰/۰۰۰۱۵٦	۰/۰۰۲۹	۵/۳	۱۰/٤	۰/۰۰۰۷٤
ضریب تغییر (٪)		۲/۱۱۳	٤/۵۷۱	۵/۳	۲/۹	۳/۸۱٦

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

آنزیم آمیلاز و پروتئین : اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی آنزیم آمیلاز و پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق مقایسات میانگین تیمار نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری به ترتیب (۱۸۷/۷ میلی‌گرم بر گرم دقیقه) و (107/1 mg/g میلی‌گرم بر گرم) بیش‌ترین فعالیت آنزیم آمیلاز و مقدار پروتئین را به خود اختصاص دادند، و کم‌ترین فعالیت آنزیم آمیلاز (٤۹/۷ میلی‌گرم بر گرم دقیقه) و پروتئین (۰/٤۰۷ میلی‌گرم بر گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بود (جدول٤). آنزیم آمیلاز یک آنزیم حیاتی در فرآیند جوانه‌زنی است که با هیدرولیز ذخایر کربوهیدراتی بذر، انرژی لازم برای رشد جوانه و ظهور آن را فراهم می‌کند (Kato Noguchi and Macias, 2008). تنش شوری فعالیت این آنزیم را با تاثیر بر متابولیسم ذخایر بذر و ظهور گیاهچه کاهش می‌دهد. کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تنش شوری منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود، این آنزیم با هیدرولیز ذخایر قندی بذر، انرژی لازم جهت رشد گیاهچه و تکمیل فرآیند جوانه‌زنی را بر عهده دارد (Kato Noguchi and Macias, 2008). بیش‌ترین فعالیت آنزیم آمیلاز ذرت تحت تنش شوری در پرایمینگ با نیترات پتاسیم گزارش شده است (Khoraki and Farhoudi, 2021) که با نتایج این تحقیق هم مطابقت داشت. تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و تبدیل مواد اندوخته‌ای به مواد انتقالی، موجب افزایش رشد می‌شود، افزایش چنین آنزیم‌های می‌تواند از دلایل افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه طی پرایمینگ باشد (Kaur et al., 2005). به‌طور کلی، دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت طی پرایمینگ می‌تواند ناشی از افزایش القای رونویسی ژن و سنتز پروتئین و یا به واسطه تغییرات پس از ترجمه‌ی پروتئین آنزیم‌های موجود باشد (Vittoria et al., 2001). از دلایل کاهش غلظت پروتئین‌های محلول در اثر شرایط تنش می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسید آمینه آزاد اشاره کرد (Ranjan et al., 2001). هم‌چنین، یکی از دلایل کاهش پروتئین بذر، خسارت به سیستم های سنتز کننده پروتئین، سنتز و فعالیت بالای آنزیم‌های پروتئولیتیک است. طی تنش پروتئین‌ها بر اثر حمله رادیکال‌های آزاد تخریب می‌شوند که منجر به عملکرد نادرست فعالیت پروتئین‌ها خواهد شد. اختلال در فعالیت آن به مفهوم عدم کارایی فعالیت آنزیمی بوده که نتیجه آن تأثیر مخرب بذر خصوصیات کیفی جوانه‌زنی است (Wu et al., 2011).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات پتاسیم و شوری بر روی صفات فیزیولوژیکی گیاهچه ذرت

اثر متقابل	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	یکنواختی جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن تر ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)
P1s1	٦٥/٠ de	٠/١٨٩ e	٥/٢٩ c	٢/٢٨ ab	٢/٩٣ c	١/٤٦٧ cd	٠/٢١٧ d	٠/٢١٧ d	٠/٠٦٠ de	٠/٠٨٠ d
P1s2	٦٣/٣ de	٠/١٥٧ f	٦/٣٧ b	١/٦٣ c	١/٤٥ e	٠/٨٣٧ e	٠/١٢٣ e	٠/١٢٣ e	٠/٠٤٣ ef	٠/٠٥٧ e
P1s3	٣٨/٣ g	٠/١٣٣ g	٧٠/٥٧ a	١/٠٧ d	٠/٥٧ f	٠/٣٩٠ f	٠/١٠٠ e	٠/١٠٠ e	٠/٠٢٣ f	٠/٠٣٣ e
P2s1	٨١/٦٧ b	٠/٢٣٤ b	٤/٢٩ fg	٢/١٤ ab	٤/٩٤ a	١/٩٣٣ b	٠/٤٢٧ b	٠/٤٢٧ b	٠/١٣٣ b	٠/١٤٧ b
P2s2	٦٨/٣ cd	٠/٢٢٢ c	٤/٥٢ ef	٢/٥٢ a	٣/٤٤ bc	١/٦٠٠ c	٠/٣٠٠ c	٠/٣٠٠ c	٠/١٠٣ c	٠/١٢٠ c
P2s3	٤٩/٠ f	٠/٢٠٢ d	٤/٩٤ d	٢/٢٧ ab	٢/١٠ d	٠/٧٧٣ e	٠/١٣٧ e	٠/١٣٧ e	٠/٠٦٠ de	٠/٠٧٧ d
P3s1	٩٣/٣ a	٠/٢٧٨ a	٣/٥٩ h	٢/٠٣ b	٥/٢٠ a	٢/٦٦٧ a	٠/٧٧٧ a	٠/٧٧٧ a	٠/٢١٧ a	٠/٢٤٠ a
P3s2	٧٣/٦٧ c	٠/٢٤٣ b	٤/١٢ g	٢/٢٧ ab	٣/٩٠ b	١/٤٠٧ d	٠/٤٤٠ b	٠/٤٤٠ b	٠/١٣٠ b	٠/١٤٧ b
P3s3	٥٨/٣ e	٠/٢١٢ dc	٤/٧٢ed	٢/٠٨ b	١/٥٠ e	٠/٤٠٣ f	٠/٢٢٧ d	٠/٢٢٧ d	٠/٠٧٧ d	٠/٠٧٠ e

P1: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰٪، P2: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۱/۵ ٪، P3: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳٪، S1: بدون شوری، S2: شوری ۱۰۰ میلی‌مولار S3: شوری۲۰۰ میلی‌مولار

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

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات پتاسیم و شوری بر روی صفات بیوشیمایی گیاهچه ذرت

تیمار	کاتالاز (units mg-1protein)	پراکسیداز (units mg-1protein)	سوپراکسیددیسمیوتاز (units mg-1protein)	آمیلاز (mg/g. min)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم)
P1s1	۰/۳٦۲ g	۰/٦۰۰ h	۲۳/۳ f	۹۹/۰ e	۰/۸۰۷ c
P1s2	۰/٤۳۳ f	۰/۹۰۳ f	۳۱/۰ e	۷۲/۳ g	۰/٦۲۰ e
P1s3	۰/٥٤۳ e	۱/۱۸۳ e	٤۲/۷ c	٤۹/۷ h	۰/٤۰۷ f
P2s1	۰/٥٦۲ e	۰/۷٤۳ g	۳٤/۳ de	۱۲۷/۰ c	۰/۹۲۳ b
P2s2	۰/٦۰۱ d	۱/۲۸۷ d	٤٥/۷ c	۱۰۸/۳ d	۰/۷٥۳ d
P2s3	۰/٦۳۲ c	۱/٦۱۰ b	٥۳/۰ b	۹۱/۷ f	۰/٤۲۰ f
P3s1	۰/٦۲٥ c	۰/۹۰۷ f	۳۸/۰ d	۱۸۷/۷ a	۰/۱۰۷ a
P3s2	۰/۷۳۹ b	۱/٤۸۷ c	٥٥/۷ b	۱٤۰/۳ b	۰/۸۰۷ c
P3s3	۰/۸۲۹ a	۱/۸۹۳ a	۷۲/۰ a	۱۰۱/۳ e	۰/٥۸۳ e

P1: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰٪، P2: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۱/۵ ٪، P3: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳٪، S1: بدون شوری، S2:شوری ۱۰۰ میلی‌مولار S3: شوری۲۰۰ میلی‌مولار

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

علت افزایش پروتئین طی پرایمینگ می‌تواند به دلیل افزایش اسیدهای آمینه حاصل از تجزیه ذخایر بذر و هدایت آن‌ها به سوی ساخت پروتئین باشد (Arab et al., 2018). افزایش مقدار پروتئین از طریق پرایمینگ با نیترات پتاسیم و کاهش آن با تشدید شوری در تحقیق دیگر نیز گزارش شده است (Donaldson et al., 2001).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل، پیش تیمار نیترات پتاسیم افزایش صفات فیزیولوژیکی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و پروتئین گردید و با توجه به نتایج مقایسه میانگین می‌توان غلظت ۳ درصد پیش‌تیمار نیترات پتاسیم را تیمار مؤثرتری برای گیاهچه ذرت در شرایط تنش شوری دانست و از آن برای کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری استفاده کرد . در واقع در این مطالعه تیمار کردن بذور با نیترات پتاسیم باعث بهبود جوانه‌زنی و سایر صفات مورد مطالعه تحت شرایط تنش شوری گردید.

References

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods of Enzymology.105: 121-126

Aghighi Shahverdi, M. and Omidi, H. 2016. Effect of hormone priming and hydro priming on Stevia *(Stevia rebaudiana Bertoni)* seed germination under salt stress. Iran. J. Seed Sci. Res. 3(2): 97-108

Ahmadi, K., Shojaeeyan, A., Omidi, O., Amini Dehaghi, M. and Azadbakht, F. 2022. The effect of salicylic acid and potassium nitrate on germination characteristics, photosynthetic pigments and seedling proline seedlings of two safflower cultivars under salinity stress, Environ. Stresses in Crop Sci. 15(1): 247-257

Alivand, R., Tavakkol Afshari, R. and Sharifzadeh, F. 2011. Effects of gibberellin, salicylic acid, and ascorbic acid on improvement of germination characteristics of deteriorated seeds of Brassica napus. Iran. J. Field Crop Sci. 439: 561-571

Arab, R., Yadavi, A., Balouchi, H. and Khadem hamzeh, H. 2018. The effect of irrigation interval and iron and zinc foliar application on some morpho-physiological characteristics and yield of sunflower. J. Crop Produc. 11(2): 77-90

Argerich, C. A., Bradford, K. J. and Tarquis, M. 1989. The effects of priming and ageing on resistance of tomato seeds to deterioration. J. Exp. Bot. 10: 35–42

Arzani, A. and Ashraf, M. 2016. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. Critical Rev. Plant Sci. 35: 146-189

Bahmani, M., Rahimi, D., Sadeghipour, A. and Kartuly Nezhad, D. 2016. Effects of priming with different concentrations of potassium salt on seed germination and vigor indices of (*Capparis cartilaginea*). J. Rangeland. 10(2): 180-190

Bakht, J., Shafi, Y., Jamal, Y. and Sher, H. 2011. Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. Span. J. Agri. Res. 9(1): 252-261

Bradford, M. M. 1976. Arapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein day binding. Anal. Bioch. 72: 248-254.

Chaoui, A. and Ferjani, E. 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradiation in leaves of Pea (*Pisium sativum* L.) seedlings. Comptes Rendus Biologies. 328: 23-31

Chaudhary, D. P., Kumar, S. and Singh, S. 2014. Maize: Nutrition Dynamics and Novel Use. Springer Publication, New York.

Chen, K., Fessehaie, A. and Arora, R. 2012. Dehydrin metabolism is altered during seed Osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in Spinacia oleracea L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. Plant Sci.183: 27-36

Cheong, J. J. and Do Choi, Y. 2003. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. Trends in Genetics 19(7): 409-413

Doman, D. C., Walker J. C., Trelease, R. N. and Moore, B. D. 1982. Metabolism of carbohydrate and lipid reserves in germinated cotton seeds. Planta. 155(6): 502-510

Donaldson, E., Schillinger, W. F. and Dofing, S. M. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. Crop Sci. 41(1): 100-106

Farhoudi, R. 2018. Effect of seed halopriming on germination and seedling physiological characteristics of wheat (Triticum aestivum) cultivars Niknijad and Qods under salt stress condition. Iran. J. Seed Sci. Res. 5(1): 95-107

Giannopolitis, C. N. and Ries, S. K. 1977. Suoeroxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. J. Plant Physiol. 59: 309-314

Gomes, D. G., Pelegrino, M.T., Ferreira, A. S., Bazzo, H. B., Zucareli, C., Seabra, A. B. and Oliveira, H.C. 2021. Seed priming with copper-loaded chitosan nanoparticles promotes early growth and enzymatic antioxidant defense of maize (*Zea mays* L.) seedlings. Chem. Technol. and Biot. 96(8): 2176-2184

Hasani, Z., Amraie, N., Ahmadi, K. and Omidi, H. 2021. Effect of priming on seed germination and morpho-physiological traits of *Portulacaoleracea* L. under salinity stress. Iran. J. Seed Sci. Res. 8(3): 293-310

Jafarian, E., Yadegari, M. and Irani Pour, R. 2019. The effect of seed priming of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) with salicylate under chromium and lead contamination. J. Iran. Plant Ecophysiol. Res.14(53):74-89

Kato-Noguchi, H. and Macias, F. A. 2008. Inhibition of germination and α-amylase induction by 6- methoxy- 2-benzoxazolinone in twelve plant species. Biol. Plantaum, 52: 351-354.

Kaur, S., Gupta, A.K. and kaur, N. 2005. Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. J. Agron. Crop Sci. 191:81-87

Khoraki, M. and Farhoudi, R. 2021. Effect of halopriming on germination and seedling growth of single cross 704 corn seeds under salinity stress condition. Iran. J. Seed Sci. Res. 7(4): 447-461

MacAdam, J. W., Nelson, R. and Sharp, E. 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. Plant Physiol. 99: 872-878

Madadi, M., Khamari, S., Javadi, A. and Sofalian, A. 2014. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth under salt stress. J. Plant Proc. Fun. 5(15): 179- 169

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 Proc. Fun. 5(15): 169-179.

Mansouri Gandomani, V., Omidi, 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. Iran. J. Seed Sci. 6(3): 299-315.

Miransari, M. and Smith, D. L. 2009. Rhizobial lipo-chitooligosaccharides and gibberellins enhance barley (*Hoedum vulgare* L.) seed germination. Biotechnol. 8: 270–275.

Murgan, K. and Harish, S. R. 2007. Antioxidant modulation in response to heavy metal induced Oxidative stress in *Chodophora glomerata*. Indian J. Exp. Biol. 45: 980-983.

Nair, A. S., Abraham, T. and Jaya, D. 2008. Studies on the changes in lipid peroxidation and antioxidants in drought stress induced cowpea (*Vigna unguiculata* L.) varieties. J. Environ. Biol. 29: 689-691.

Nakabayashi, R. and Saito, K. 2015. Integrated metabolomics for abioticstress responses in plants. Curr. Opin. Plant Biol. 24: 6-10

Nascimento, W. M. and Aragao, F. A. S. 2004. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. Sci. Agricola. 61(1):114-117.

Omidi, H., Soroushzadeh, A., Salehi, A. and Ghezeli, F. 2005. Evaluation of priming pretreatments on germination rapeseed. Agri. Sci. Technol. 19(2): 1-10

Parvin, S., Lee, O. R., Sathiyaraj, G., Khoralragchaa, A., Kim, Y. J., Miah, M. J. and

Rahimi, D., Sadeghipour, A. and Kartooli Nejad D. 2016. Effects of priming with different concentrations of potassium nitrate salt on seed germination and vigor indices of Capparis cartilaginea. J. Rangel. 10(2): 180-190

Rajabi Dehnavi, A., Zahedi, M. and Ludwiczak, A. 2021. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghumbicolor* (L.) Moench) genotypes. Agronomy. 10(859):2-15.

Ranjan, R., Bohra, S. P. and Jeet, A. M. 2001. Book of Plant Senescence. Jodhpur, Agrobios New York. P 18-42

Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023a. Effect of chitosan on germination indices of common bean (Phaseolus vulgaris) (cv. Sedri) seeds under salt stress. Iranian J. Seed Res. *9*(2): 10

Saadat. H., Soltani, E. and Sedghi, M. 2023b. The effect of seed priming with chitosan on germination characteristics and activity of antioxidant enzymes in rice seedlings (*Oryza Sativa* L.) under salinity stress. Plant Pro. Fun. 12(54): 15

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 Pro. Technol. 14(2):75-89

Safari Saatlu, M., Najat Zadeh, F. and Taghavi Tabat, R. 2015. The effect of priming on improving seed germination of Barley 21 cultivar with polyethylene glycol under salinity stress. New cellular and molecular Biotechnol. J. 6(21): 41-47

Safarnejad, A. and Hamidi, H. 2008. Study of morphological characters of *Foeniculum vulgare* under salt stress. Iran. J. Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Res. 16(1): 125-140

Seyedi, S. M. 2021. Effects of Potassium Nitrate on Germination Characteristics and Early Growth of Sunflower under Salinity and Drought Stresses, Iran. Sci. Res. J. Agri. plant breeding. 1(16): 55-64

Shahbazi, A. and Golkar, P. 2016. Effects of Salt Stress on antioxidants activity and seedling traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes. J. Plant Proc. Fun. 4(14): 93-104

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K. and. Shekari, F. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characterisics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. J. New Agri. Sci. 6(18): 47-53

Shen, J., Guo, M., Wang, Y., Yuan, X., Wen, Y., Song, X. and Guo, P. 2020. Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. Plant Signal. Beh.15(8): 1774212

Siami, R. 2010. Corn production technology. Sepehr press. P 187

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea voasts of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662

Soltani, E., Akram-Ghaderi, F. and Maemar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. J. Agri. Sci. Natural Res. 14(5): 9-16

Vitoria, A. P., Lea, P. J. and Azevedo, R. A. 2001. Antioxidant enzymes responses to cadmium in radishtissues. Phytochemistry. 57: 701-710.

Wu, X., Liu, H., Wang, W., Chen, S., Hu, X. and Li, C. 2011. Proteomic analysis of seed viability in Maize. Acta Physiol. Planta. 33(1):181-191.

Yamaguchi, T. and Blumwald, E. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in Plant Sci.10: 12-22.