Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

The effect of pretreatment with different concentrations of urea 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. Student of Seed Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili Faculty of Agriculture and Natural, Ardabil, Iran, Email: t.saadat2015@yahoo.com
[2] Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili Ardabil, Iran, Email: m_sedghi@uma.ac.ir
[3] Assistant Professor of Agriculture Department, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: s.farzaneh@uma.ac.ir
[4] Ph.D in Ecology,University of Mohaghegh Ardabili, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Agronomy and Plant Breeding, Email: t.saadat2020@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-12-9
Revised: 2024-3-4
Accepted: 2024-4-10

Keywords:
Antioxidant enzymes
Priming
Sodium chloride
Urea

ABSTRACT

In order to investigate Effect of different concentrations of urea 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. The investigated factors were different levels of salinity (zero, 100 and 200 mM) and different levels of urea solution (zero, 1.5 and 3%). The results showed that salinity stress decreased Germination Percentage (GP), Germination Rate (GR), Germination uniformity (GU), Radicle and Pedicel Length (RL and PL) and Radicle Fresh and Dry Weight (RFW and RDW), But priming with urea improved these traits. The highest Medium Germination Time (MGT) was related at 200 mM salinity and control (distilled water). The activity of catalase and peroxidase enzymes increased with salinity intensification and the highest amount was observed at 200 mM salinity. Priming with 3% urea solution improved these enzymes. The superoxide dismutase enzyme activity in priming with 3% urea and 200 mM salinity compared to the control showed an increase about 61%. Amylase and protein in pretreatment with urea 3% and without salinity compared to the control showed an increase respectively about 73% and 70%. According to the observed results, seeds primed with 3% urea solution had the greatest effect on salinity stress in maize. According to the observed results, seeds primed with 3% urea solution had the greatest effect on salinity stress in maize.

Cite this article: Zarei, H., Sedghi, M., Farzaneh, S., Saadat, T. (2023). The effect of pretreatment with different concentrations of urea on physiological and biochemical properties of maize (*Zea mays* L.) under Salinity Stress. *Seed Research*, 13 (1), 62-76.

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

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

اثر پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اوره روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش شوری

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

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، اردبیل، ایران، رایانامه: t.saadat2015@yahoo.com
[۲] استاد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: m_sedghi@uma.ac.ir
[۳] استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: s.farzaneh@uma.ac.ir
[٤] دکتری اکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: t.saadat2020@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۹/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۱۲/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱/۲۲

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت
اوره
پرایمینگ
کلرید سدیم

چکیده

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اوره روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱٤۰۱ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی سطوح مختلف شوری (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و سطوح مختلف محلول اوره (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) بود. نتایج نشان داد شوری درصدجوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش داد. ولی پیش‌تیمار با اوره این صفات را بهبود بخشید. بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و شاهد (آب مقطر) مشاهده شد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با تشدید شوری افزایش یافتند و بیش‌ترین مقدار آن‌ها در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. پیش‌تیمار با محلول اوره ۳ درصد این آنزیم‌ها را بهبود بخشید. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز در پرایمینگ با اوره ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد حدود ٦۱ درصد افزایش نشان داد. آنزیم آمیلاز و پروتئین در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و بدون شوری نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۷۳ و ۷۰ درصد افزایش نشان دادند. با توجه به نتایج مشاهده شده بذرهای پرایم شده با محلول اوره ۳ درصد بیش‌ترین تاثیر را در شرایط تنش شوری روی ذرت داشتند.

استناد: زارعی، هما؛ صدقی، محمد؛ فرزانه، سلیم؛ سعادت، طیبه. (۱٤۰۲). اثر پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اوره روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش شوری. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۱)، ۷٦-٦۲.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین غله در مناطق گرمسیری و معتدل است و پس از گندم و برنج مقام سوم را به خود اختصاص داده است. این گیاه غنی از پروتیئین و مواد قندی بوده و برای دام‌ها بسیار مفید است (Gholami et al., 2009). گیاهی با قدرت تطابق بالا به شرایط محیطی است و تقریباً در اکثر مناطق مختلف کشور کشت می‌شود. تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده گیاهان زراعی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد و به‌عنوان یک مشکل اصلی در کشاورزی شناخته شده است (Acosta-Motos et al., 2017)، همچنین تنش شوری، یکی از اصلی‌ترین عوامل بازدارنده جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است. مرحله جوانه‌زنی حساسیت بیش‌تری به تنش شوری دارد و تنش با شدت کم‌تر هم روی آن تاثیر می‌گذارد (Jahantigh et al., 2016). تنش شوری، جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه را از طریق ایجاد اختلال در جذب موثر آب توسط بذر از محیط حاوی نمک و اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Khajeh-Hosseini et al., 2003). شوری با کاهش پتانسیل اسمزی باعث خشکی فیزیولوژیکی شده، از طرفی دیگر اثر سمیت یون‌های سدیم و کلر باعث تخریب غشای پلاسمایی، ساختار پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، اختلال در فتوسنتز و عدم تعادل یونی شده و در نهایت باعث کاهش رشد در گیاه می‌شود (Zou et al., 2013). تحقیقات نشان داد که تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی موجب تاخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد جوانه‌زنی، رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه شد (Saadat et al., 2023a; Saadat et al., 2023b). گزارش شده است که کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تنش به علت افزایش رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Ansari and Sharifzadeh, 2012).

پیش‌تیمار بذر به‌عنوان یکی از روش‌های مقاوم‌سازی بذور، بهبود رشد گیاهچه‌ها در مرحله جوانه‌زنی در برابر تنش شوری مطرح است (Chen and Arora, 2013) و موجب بازسازی و تجمع اسیدهای نوکلئیک، سنتز پروتئین‌ها و بازسازی غشاها می‌شود (Copeland and McDonald, 2012). پیش‌تیمار بذر در شرایط تنش با افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش تخریب غشاهای سلولی یک تکنیک موثر برای بهبود شرایط جوانه‌زنی و تحمل تنش است (Khan et al., 2009). پیش‌تیمار بذر باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و بهبود رشد و نمو گیاه شده و اثرات سوء ناشی از تنش شوری را تا حدود زیادی رفع می‌کند (Abdoli, 2020; Saadat et al., 2023a; Saadat et al., 2023b; Tania et al., 2020). نتایج تحقیقات نشان دادکه افزایش شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش داد، ولی پیش‌تیمار این صفات را بهبود بخشید (Saadat et al., 2023a; Saadat et al., 2023b; Saadat et al., 2020). پرایم با محلول اوره بالاترین عملکرد و پروتئین دانه را در باقلا نشان داد که خود می‌تواند ناشی از فعال شدن آنزیم‌های متابولیسم ساکارز و تسریع رشد اولیه گیاه باشد (Zanoosh et al., 2014). کاربرد اوره به‌عنوان محلول اسموپرایمینگ برای بذر ذرت تأثیرات مثبتی به همراه داشته است (Kafi et al., 2004). مقایسه میانگین مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشان داد که در شرایط تنش شوری فعالیت آنزیم‌ها افزایش پیدا می‌کند و پیش‌تیمار نیز سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها در شرایط تنش شد (Farhoudi, 2018). هدف از انجام این پژوهش،

بررسی پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اوره تحت تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، آنزیم آمیلاز و پروتئین در گیاهچه ذرت با هدف کاهش اثرات سوء شوری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار با غلظت‌های مختلف اوره روی خصوصیات فیزولوژیکی و بیوشیمایی ذرت تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در ۱۴۰۱ اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح مختلف شوری با غلظت‌های (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و سطوح مختلف محلول اوره با غلظت‌های (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) بود. 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. پس از اعمال پرایمینگ، آزمون جوانه‌زنی در ۳ تکرار ۲۵ بذری درون هر پتری در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت هشت روز انجام گرفت (ISTA, 2017). شمارش بذرها یک روز پس از انتقال به محیط‌های کشت و تا ثابت شدن جوانه‌زنی ادامه داشت (Soltani et al., 2001). جهت ایجاد تنش شوری به هر پتری به میزان ۵ میلی‌لیتر محلول شوری اضافه شد. برای خشک کردن وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند.

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 ۱۵۰۰۰ rpm 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). صفت یکنواختی جوانه زنی و سرعت جوانه زنی 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) رسم، و سپس با استفاده از روش درون‌یابی خطی مدت زمان از کاشت تا زمانی که ۱۰ درصد و ۹۰ درصد جوانه‌زنی اتفاق بیفتد محاسبه می‌شود. 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

میانگین مدت جوانه‌زنی: متوسط زمان جوانه‌زنی بر اساس روش 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

$$GU = D95 - D50$$

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز(CAD): 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 ۲۴۰ 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 ۴۵۰ میکرولیتر محلول پراکسید هیدروژن و ۴۵۰ 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 ۴۷۰ 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

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

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسمیوتاز (SOD): سنجش آنزیم ذکر شده به روش جیانوپلیتیس و ریز (Giannopolitis and Ries, 1977) انجام گردید. اساس سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسمیوتاز مهار واکنش رادیکال سوپراکسید با نیتروبلوتترازولیوم و ممانعت از تشکیل سوپراکسیدنیتروبلوتترازولیوم توسط آنزیم مذکور است. نمونه بلانک به مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و نمونه های 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 ۵۶۰ 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.

$$100\text{-}[OD\ control - OD] / OD\ control \times 100/50 = (Unit.\ mg^{-1})$$

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 ۶۰ میلی‌مولار (pH= ۶/۸) هموژنیزه شدند و سپس با سانتریفوژ ۱۲۰۰۰ g و به مدت ۱۵دقیقه فیلتر شدند. فعالیت آنزیم در محیط واکنش که حاوی ۶۰ میلی مولار بافر فسفات (pH= ۶/۸)، ۴۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلسیم کلراید و۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نشاسته بود، مشخص شد. عصاره آنزیم (یک میلی‌لیتر) پس از۲۰ 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 به روش کجلدال: اندازه‌گیری میزان پروتئین در نمونه گیاهی پودر شده به روش کجلدال انجام گرفت. با استفاده از رابطه زیر درصد نیتروژن کل محاسبه گردید.

$$\%TN = T- B/S \times N \times 14/1000 \times 100$$

در این رابطه TN درصد نیتروژن کل- T میلی‌لیتر اسید مصرفی نمونه برای تیتراسیون نمونه- B اسید مصرفی شاهد- S وزن نمونه (گرم) و N نرمالیته اسید سولفوریک (٥٪) است.

برای برآورد میزان پروتئین موجود در نمونه، عدد حاصل از اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال به ضریب ٦/٢٥ ضرب شد تا پروتئین کل نمونه به دست آید. سپس، عدد حاصل بر حسب میلی‌گرم برگرم وزن نمونه بذری محاسبه و گزارش گردید.

$$\%Protein = \%TN \times 6.25$$

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS9.1 انجام گردید. میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (٩٩/٣ درصد) در پیش‌تیمار با اوره ٣ درصد و بدون شوری کم‌ترین آن (٤٠ درصد) در شاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

سرعت جوانه‌زنی: در این تحقیق، اثر ساده اوره و شوری روی سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی (٠/٢٢٧٤ بذر در روز) در پیش‌تیمار با اوره ٣ درصد و کم‌ترین آن در شاهد (آب مقطر) (٠/١٤٩٧ بذر در روز)) حاصل گردید. و این صفت با تشدید شوری کاهش یافت. به طوری که بیش ترین سرعت جوانه زنی در شاهد (بدون شوری) (٠/١٩٨٨) و کم‌ترین آن در شوری٢٠٠ میلی‌مولار (٠/١٧٢٢) بود (جدول٣).

میانگین مدت جوانه‌زنی: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی میانگین مدت جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (٠/٠٢٥٢٦ روز) در شاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار کم‌ترین آن (٠/٠١٠٠٧روز) در پیش‌تیمار با اوره ٣ درصد و بدون شوری مشاهده گردید (جدول ٤).

یکنواختی جوانه‌زنی: طبق جدول تجزیه واریانس تنها اثر متقابل اوره و شوری روی یکنواختی جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). بیش‌ترین یکنواختی جوانه‌زنی (١/٦٨) در در پیش‌تیمار با اوره ٣ درصد و شوری ١٠٠میلی‌مولار کم‌ترین آن (١/٠٠٣) در شاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١). بیش‌ترین طول ریشه‌چه (٧/٣٥ گرم) و ساقه‌چه (٣/٥٣ گرم) در پیش‌تیمار با اوره ٣ درصد و بدون شوری و کم‌ترین طول ریشه‌چه (٠/٧٩ گرم) و ساقه‌چه (٠/٢٩گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ اوره 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
اوره	۲	۲۱۷۲/۹۲۵**	۰/۰۱۳۸۸۶**	۱۲/۰۹۶**	۰/۰۰۹۱ns	۸/۶۹۷**	۱/۶۳۰**	۰/۱۴۴۸۷**	۰/۱۴۹۶**	۰/۰۱۴۶۷۴**	۰/۰۱۰۴۷۳**
شوری	۲	۲۵۰۶/۲۵۹**	۰/۰۰۱۵۹۴**	۱/۶۴۷**	۰/۰۶۶۸ns	۴۰/۵۱۲**	۱۰/۲۲۹**	۰/۴۱۵۲۲**	۰/۳۲۹۲**	۰/۰۳۹۲۲۸**	۰/۰۲۰۸۳۷**
اوره * شوری	۴	۷۵/۹۸۱**	۰/۰۰۰۰۳۲ns	۰/۱۶۵**	۰/۲۰۱۱**	۱/۳۰۳**	۰/۶۷۱**	۰/۰۲۵۳۹**	۰/۰۲۱۴**	۰/۰۰۲۷۱۴**	۰/۰۰۱۰۸۳**
اشتباه آزمایشی	۱۶	۸/۷۵۹	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳۴	۰/۰۴۹	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۸۵	۰/۰۰۰۰۳۴
ضریب تغییر (٪)		۴/۰۵۲	۲/۲۵۱	۲/۲۰۹	۲/۲۵۱	۷/۰۷۵	۹/۶۵۹	۶/۱۳۱	۱۲/۵۱۰	۱۰/۸۸۳	۶/۲۲۲۵

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

بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه (به‌ترتیب ۰/۷۷۳۳، ۰/۷۰۳۳، ۰/۲۳٦۷ و ۰/۱۸۷۷ گرم) در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و بدون شوری کم‌ترین آنها به‌ترتیب (۰/۰٦٦۷، ۰/۰۹۷۰، ۰/۰۱۳۳ و ۰/۰۳۷۷ گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: در این تحقیق، اثر ساده اوره و شوری روی آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (units mg^{-1} protein ۰/۵۷٦) و پراکسیداز (units mg^{-1} protein ۱/٤۰۱) در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (units mg^{-1} protein ۰/۹۲۵ و ۰/۳۸٦) در شاهد (آب مقطر) حاصل گردید. و این صفت با تشدید شوری افزایش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین کاتالاز (units mg^{-1} protein ۰/۵۳٦) و پراکسیداز (units mg^{-1} protein ۱/۵۵۳) در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و کم‌ترین آنها به ترتیب (units mg^{-1} protein ۰/۷۵۳ و ۰/٤۲۱) در شاهد (بدون شوری) مشاهده گردید (جدول۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ اوره و شوری بر روی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهچه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کاتالاز	پراکسیداز	سوپراکسیددیسمیوتاز	آمیلاز	پروتئین
اوره	۲	۰/۰۷۹۷٤۸**	۰/۵۰۹٤**	۹۰۰/۵**	۱۰٤۱۱/۱**	۰/۳٤٦۳**
شوری	۲	۰/۰۲۸۹٤۵**	۰/٤٤۵٦**	۱۱۳٤/۲**	٦۸۸۹/۰**	۰/٤۰۳٤**
اوره * شوری	٤	۰/۰۰۰۳۷۷ ns	۰/۰۱۳۵ ns	۱۱۳/۵**	۲٦٤/۱**	۰/۰۹۸۷**
اشتباه آزمایشی	۱٦	۰/۰۰۰۳۷۹	۰/۰۰٦۷	۸/٤	٤۷/۸	۰/۰۲۲۹
ضریب تغییر (٪)		٤/۰٦٤	۷/۰۱۱	٦/۰۸	٦/٤	٦/۲۲۲۵

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده شوری و اوره بر روی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه ذرت

شوری	سرعت جوانه‌زنی (بذ در روز)	کاتالاز (واحد میلی‌گرم بر پروتئین)	پراکسیداز (واحد میلی‌گرم بر پروتئین)	اوره	سرعت جوانه‌زنی (بذ در روز)	کاتالاز (واحد میلی‌گرم بر پروتئین)	پراکسیداز (واحد میلی گرم بر پروتئین)
شاهد	۰/۱٤۹ c	۰/٤۲۱ c	۰/۷۵۳ c	۰	۰/۱۹۹ a	۰/۳۸٦ a	۰/۹۲۵ c
۱۰۰	۰/۱۷۸ b	۰/٤۸۲ b	۱/۱۹۷ b	۱/۵	۰/۱۸۵ b	۰/٤۷۷ b	۱/۱۷۷ b
۲۰۰	۰/۲۲۷ a	۰/۵۳٦ a	۱/۵۵۳ a	۳	۰/۱۷۲ c	۰/۵۷٦ a	۱/٤۰۱ a

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

آنزیم سوپراکسیددیسمیوتاز: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی آنزیم سوپراکسیددیسمیوتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین فعالیت سوپراکسیددیسمیوتاز (units mg^{-1} protein ۷۸) در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کم‌ترین آن (units mg^{-1} protein ۳۰) در شاهد (آب مقطر) و بدون شوری مشاهده گردید (جدول٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل اوره و شوری بر روی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه ذرت

اثر متقابل	درصد جوانه‌زنی (درصد)	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	یکنواختی جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن تر ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	سوپراکسیددیسمیوتاز (واحد میلی‌گرم بر پروتئین)	آمیلاز (mg/g. min)	پروتئین (میلی‌گرم بر گرم)
اوره ۰٪ و بدون شوری	۷۳/۳ c	۰/۰۱۳۷ d	۱/۵۵۳ ab	٤/۱۲ c	۱/٦۰ c	۰/۳۷۷ c	۰/۲۸۸ d	۰/۱۰۰۰ c	۰/۰۸۹ d	۳۰/۰ f	۹۵/۳ de	۰/۳۵۱ e
اوره ۰٪ و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	٦۳/۳ d	۰/۰۱۵۸ c	۱/٤٤۷abc	۲/۱۳ f	۱/۱۱ d	۰/۱۳۵ e	۰/۱۸۷ fg	۰/۰٤۸۳de	۰/۰۵۱ f	۳۷/۳ e	۷٤/۰f	۰/٦۲۰ cde
اوره ۰٪ و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار	٤۰/۰f	۰/۰۲۵۳ a	۱/۰۰۳ d	۰/۷۹ h	۰/۲۹ f	۰/۰٦۷ g	۰/۰۹۷ g	۰/۰۱۳۳ f	۰/۰۳۸ g	٤٦/۳ cd	٤۹/۳ g	۰/۳٤۳ e
اوره ۱/۵٪ و بدون شوری	۸۸/۳۳ b	۰/۰۱۱۳ef	۱/٤۷۳abc	٤/۷۳ b	۲/٦۷ b	۰/٤۲۷ b	۰/۵۹۳ b	۰/۱۲٦۷ b	۰/۱۵۹ b	۳۸/۳ e	۱۳۳/۰b	۰/۹۱۳ ab
اوره ۱/۵٪ و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۷٦/٦ c	۰/۰۱۳۱de	۱/۳۰۳ bc	۲/۵۳ e	۱/٤۷ c	۰/۲۲۳ d	۰/۲۸۰ d	۰/۰٦۳۳ d	۰/۰۸۰ de	۰/٤۹ cd	۱۱۲/۷ c	۰/٦۷۷ bcd
اوره ۱/۵٪ و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار	٤٦/٦e	۰/۰۲۱۵ b	۱/۳۸۰ bc	۱/۱۲ h	۰/۵٦ e	۰/۱۰۰ f	۰/۱۲۷ fg	۰/۰۱۸۷ f	۰/۰٤۰ g	۵۵/۰ b	۸۹/۷ e	۰/۳٦۹ e
اوره ۳٪ و بدون شوری	۹۹/۳a	۰/۰۱۰۱ f	۱/۲۳۳ cd	۷/۳۵ a	۳/۵۳ a	۰/۷۷۳ a	۰/۷۰۳ a	۰/۲۳٦۷ a	۰/۱۸۸ a	٤٤/۳ d	۱۸۰/۰ a	۱/۱۳۳ a
اوره ۳٪ و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار	۹۲/٦ b	۰/۰۱۰۸ f	۱/٦۸۰ a	۳/٦۳ d	۱/۳۹ c	۰/۳۹۳ c	۰/٤۱۷ c	۰/۱۱٦۷ b	۰/۱۲۱ c	۵۱/۳ bc	۱۳۸/۷ b	۰/۸٦۷ abc
اوره ۳٪ و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار	۷۷/۰c	۰/۰۱۳۰ed	۱/۵۲۰abc	۱/۷۰ g	۰/۵۹ e	۰/۱٤۰ e	۰/۲۲۳ de	۰/۰۳۷۷ e	۰/۰۷٤ e	۷۸/۰ a	۱۰۳/۳cd	۰/۵۱۷ ed

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

آنزیم آمیلاز: در این تحقیق، اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی آنزیم آمیلاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).بیش‌ترین آمیلاز (۱۸۰ mg/g.min) در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین آن (٤۹/۳ mg/g.min) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

پروتئین: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده اوره و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۱/۱۳۳۳ میلی‌گرم بر گرم) در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و بدون شوری کم‌ترین آن (۰/۳٤۳۳ میلی‌گرم بر گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٤).

شوری جذب آب توسط بذر و تغییرات متابولیکی را کاهش داده که این باعث کاهش یا افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها و اختلال در انتقال مواد غذایی به بافت‌های در حال توسعه شده و جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Ashraf and Foolad., 2005). در این پژوهش، هم شوری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی را کاهش داد. در حالی که پیش‌تیمار با اوره این صفات را بهبود بخشید که با نتایج تحقیقات دیگر مطابقت داشت (Bakht et al., 2011; Shinde et al., 2018). شوری به دلیل افزایش املاح و تنش ثانویه خشکی و سمیت یون‌ها جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Al-Taisan, 2010). بررسی تاثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی ذرت نشان داد تنش شوری سبب اختلال در تعادل میان غلظت درونی اسید جیرلیک و اسید آبسزیک در گیاهچه ذرت شد که منجر به کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر ذرت گردید ولی پیش‌تیمار جوانه‌زنی را بهبود بخشید زیرا بذرهای پرایم شده میزان خسارت غشای سلولی را کاهش و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و متابولیسم قندهای ذخیره‌ای را افزایش داد (Farhoudi and Leen, 2014). کاهش درصد جوانه‌زنی تحت تنش شوری به دلیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن تولیدی در شرایط تنش می‌تواند باشد که باعث تخریب پروتئین‌های بذر، کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی مرتبط با جوانه‌زنی می‌شود (Caruso et al., 2009). علت افزایش درصد جوانه‌زنی در پیش‌تیمار می‌تواند به‌خاطر افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در بذر باشد که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند (Hus and Sung, 1997). افزایش سرعت جوانه‌زنی در نتیجه اعمال پیش‌تیمار می‌تواند به علت توسعه و بهبود مکانیسم ترمیمی و افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده و هم‌چنین سنتز پروتئین برای جوانه‌زنی باشد (Farooq et al., 2006; Bahmani et al., 2016). در واقع، پیش‌تیمار باعث افزایش میزان سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مربوط به جوانه‌زنی مانند آلفا-آمیلاز و افزایش سنتز DNA، RNA و تحرک هر چه بیش‌تر مواد ذخیره‌ایی در بذر می‌شود که به همین دلیل درصد و سرعت جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه افزایش می‌یابد (Mansouri and Omidi, 2018; Afzal et al., 2004). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد پیش‌تیمار بذرها، اجازه رونویسی زودهنگام DNA، افزایش RNA و پروتئین سنتتاز را به بذور داده و موجب افزایش رشد رویان می‌شود، بخش‌های آسیب دیده بذور را ترمیم می‌کند و سنتز متابولیت‌ها را کاهش می‌دهد. این عوامل می‌تواند میزان و یکنواختی جوانه‌زنی بذرها و ظهور گیاهچه‌ها را بهبود بخشد (Omidi et al., 2005). در این تحقیق پیش‌تیمار با اوره میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش داد، علت آن بخاطر شکسته شده بخشی از پروتئین‌ها و

کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده طی پیش‌تیمار (Barsa et al., 2003) و کاهش مدت زمان لازم جهت جذب آب که این عمل موجب تسریع جوانه‌زنی و کوتاه شدن مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه می‌شود باشد (Netondo et al., 2004) هم‌چنین دلیل آن وجود سطوح بالای تنش بوده که باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش نشت یونی می‌شود. پیش‌تیمار میانگین مدت جوانه‌زنی با فعال نموده آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسمیوتاز که باعث کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شوند، کاهش می‌دهد (Mittler., 2002). در این تحقیق طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش شوری کاهش یافتند ولی پیش‌تیمار با اوره آن‌ها را بهبود بخشید، که با نتایج تحقیقات دیگر هم‌خوانی دارد (Hasani et al., 2021; Saadat et al., 2023a; Saadat et al., 2023b; Saadat et al., 2020; Goraghani et al., 2017). تحت تاثیر تنش شوری تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها کاهش یافته و منجر به کاهش ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک می‌شود (Qasim et al., 2012; Parihar et al., 2015). هم‌چنین، کاهش در طول ریشه‌چه را می‌توان به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری دانست. افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در نتیجه پیش‌تیمار بذر را می‌توان به قدرت بالای بذر و سرعت جوانه‌زنی بالا نسبت داد. بذرهای پرایم شده سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارند این امر موجب شد تا در یک زمان معین، سریع جوانه زده و مادهٔ خشک بیش‌تری نسبت به بذرهای شاهد تولید کنند (Shekari et al., 2009). در واقع، یکی از دلایل تاثیر مثبت پیش‌تیمار بذر بر رشد گیاهچه در شرایط تنش، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و بهبود عملکرد سلول‌ها تحت تاثیر حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (Islam et al., 2015) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. افزایش وزن خشک گیاهچه در تیمار با پرایمینگ می‌تواند به خاطر افزایش متابولیسم بذر از طریق فعال شدن آنزیم‌ها و متابولیت‌های مورد نیاز در زمان جوانه‌زنی باشد. در بذور پرایم شده تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد. پیش‌تیمار بذر باعث بهبود وزن تر و خشک گیاهچه می‌گردد. زیرا، پیش‌تیمار، علاوه بر اثر مثبت بر افزایش جوانه‌زنی بذر، به گیاهچه‌های در حال رشد زمان بیش‌تری برای رشد و نمو می‌دهد (Matsushima and Sakagami, 2013). به نظر می‌رسد تولید رادیکال‌های واکنش‌گر اکسیژن و فعالیت آن‌ها در گیاه عامل ایجاد قسمتی از آسیب‌های ناشی از تنش شوری می‌باشد. پاک‌سازی سیتوسل از رادیکال‌های مخرب اکسیژن با افزایش سنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت انجام می‌شود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سریع‌ترین واحدهای مقابله کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آید (Bor et al., 2003). در این تحقیق، بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و سوپراکسیددیسمیوتاز در پیش‌تیمار با اوره ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و بیش‌ترین فعالیت آمیلاز در پیش‌تیمار با اوره و بدون شوری مشاهده شد، که با تحقیقات دیگر مطابقت دارد (Saadat et al., 2023a; Saadat et al., 2023b; Saadat et al., 2020; Hassanzadeh Kohal Sofla, 2014).ذکاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تنش می‌تواند به علت افزایش رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Ansari and Sharifzadeh, 2012). تولید بیش‌تر پراکسیدهیدروژن در اثر تنش باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلولی و در نتیجه کاهش پایداری غشاء می‌گردد که در نتیجه آن فعالیت برخی آنزیم‌ها جهت تجزیه پراکسید

هیدروزن افزایش می‌یابد. دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت تنش شوری در اثر پرایمینگ، می‌تواند به واسطه بهبود و تسریع ساخت DNA در بافت‌ها جنینی در طی دوره پرایمینگ باشد (Gholamalipoor, 2010). افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز باعث تسریع جوانه‌زنی می‌شود (Afzal et al., 2002). پیش‌تیمار از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و تبدیل مواد اندوخته‌ای به مواد انتقالی، موجب افزایش رشد، جوانه‌زنی و در نهایت عملکرد گیاهان می‌شود (Kaur et al., 2005). در این، تحقیق پیش‌تیمار با اوره مقدار پروتئین را افزایش داد. ولی افزایش سطوح شوری آن را کاهش داد. طی تنش، اکسیژن‌های فعال و سایر آلدهیدهای تولیدشده به‌دلیل میل ترکیبی زیاد با بیومولکول‌های حیاتی نظیر پروتئین‌ها، سبب دناتوره شدن آن‌ها شده و این امر در نهایت شکستن پروتئین‌ها توسط گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (Kapoor et al., 2011). کاهش پروتئین‌های محلول بذر می‌تواند به دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز باشد (Kalpana and Rao, 1995). در واقع تغییر بیوشیمیایی و فیزیولوژیک مختلفی طی پرایمینگ از جمله سنتز ماکرومولکول‌ها، افزایش قدرت جوانه‌زنی و انتقال مواد ذخیره‌ای، فعال‌سازی و بازسازی برخی از آنزیم‌ها، سنتز DNA و RNA، تولید ATP و بهبود سیستم غشایی آسیب دیده رخ می‌دهد (McDonald, 1998; Sung and Chang, 1993).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که اکثر صفات شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در بذور تحت تنش نسبت به شاهد کاهش یافت و اعمال پرایمینگ موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، آمیلاز و پروتئین در بذور تحت تنش گردید. به‌طور کلی با وجود اینکه هیدرو پرایمینگ و غلظت ۱/۵ درصد اوره توانست به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های تحت تنش کمک کند، اما تاثیر پرایمینگ با غلظت ۳ درصد بیشتر بود. در نهایت، پرایمینگ بذر با سطوح مختلف اوره می‌تواند راهکاری مناسب برای تعدیل اثر شوری باشد.

References

Abdoli, M. 2020. Effect of aging of seed and hydro-priming on germination characteristics and activity of some antioxidant enzymes of hybrid corn (*Zea mays* L.). Seed Sci. Res. 7(2): 147-159

Acosta-Motos, J., Ortuño, M., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. and Hernandez, J. 2017. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. Agronomy. 7(1): 1-38

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

Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmed, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming Techniques. Caderno de pesquisa Biol. 16(1): 19-34

Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, R., and Iqbal, A. 2002. Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pak. J. Agric. Sci. 39: 109-112

Al-Taisan, W. A. 2010. Comparative effects of drought and salt stresses on germination and seedling growth of *Pennisetum divisum* (Gmel.) Henr. Am. J. Appl. Sci. 7 (5):640-646

Ansari, O. and Sharifzadeh, F. 2012. Osmo and hydropriming mediated germination improvement under cold stress conditions in mountain rye (*Secale montanum*). Cercetari Agron. Mold. 3: 53-62

Ashraf, M. and Foolad, M. R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223-271

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. Ran. 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

Basra, S. M. A., Pannu, I. A. and Afzal, I. 2003. Evaluation of seedling vigour of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. Int. Agri. Biol. 5:121- 123

Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Sci. 164: 77-84

Caruso, G., Cavaliere, C., Foglia, P., Gubbiotti, R., Samperi, R. and Lagana, A. 2009. Analysis of drought responsive proteins in wheat (Triticum durum) by 2D-PAGE and MALDI-TOF mass spectrometry. Plant Sci. 177: 570–576

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 Ren. Biol. 328: 23-31

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

Copeland, L.O. and Mcdonald, M. B. 2012. Principles of seed sciences and technology. Second edition, Minneapolis: Burgess Publishing.

Duman, I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K3PO4 on germination and seedling growth in lettuce. J. Biol. Sci. 9: 923-928

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

Farooq, M., Basra, S. M. A., Tabas sum, R. and Afzal, I. 2006. Enhancing the performance of direct seeded, fine rice by seed priming. Plant Prod. Sci. 9: 446-456

Gholamalipoor, R. 2010. Effect of seed priming on growth and salinity tolerance of Cucurbita pepo under salt stress. J. Agr. Plant Breed. 6(2): 42-53

Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science. Eng. Technol. 37: 2070-3740

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

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

Hassanzadeh Kohal Sofla, S. 2014. Effect of seed priming on seedling growth and antioxidant enzymes activates of sweet corn under salinity condition. Iran. J. Plant Ecophysiol, 33(1):21-28

Hus J. L. and Sung, J. M. 1997. Antioxidant role of glutathione associated with accelerated aging and hydration of triploid Watermelon seeds. Physiol. Plantarum. 100: 967-974

Islam, F., Yasmeen, T., Ali, S., Ali, B., Farooq, M. and Gill, R. 2015. Priming-induced antioxidative responses in two wheat cultivars under saline stress. Acta Physiol. Plantarum, 37: 153-163

Jahantigh, O., Najafi, F., Naghdi Badi, H., Khavari-Nejad, R. and Sanjarian, F. 2016. Changesn in antioxid ant enzymes activities and proline, total phenol and anthocyanine contents in Hyssopus officinalis L. plants. J. Acta Biol. Hungarica. 67 (2): 195–204

Kafi, M. 2002. Cumin production and processing technology. University of Mashhad Publication. P 200

Kalpana, R. and Rao, M. K. V. 1995. On the ageing mechanism in pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) Seeds. Seed Sci. Technol. 23: 1-9

Kapoor, N., Aria, A., Siddiqui, M. A., Kumar, H. and Amir, A. 2011. Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa* L.). Ameri. J. Plant Physiol. 6: 28-35.

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

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A. and Bingham, I. J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. Seed Sci. Technol. 31: 715-725.

Khan, M. U., Shirazi, M. A., Khan, S. M. and Mujtaba E. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot. 41(2): 633-638

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

MacDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repaired and assessment. Seed Sci. Technol. 27: 177-237

Mansouri, A. and Omidi, H. 2018. Effects of potassium nitrate on germination indices of green basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit stress. J. Seed Res. 8(2):19-28

Matsushima, K.I. and Sakagami, J.I. 2013. Effects of seed hydropriming on germination and seedling vigor during emergence of rice under different soil moisture conditions. Am. J. Plant Sci. 4(8): 1584-1593

McDonald, M. B. 1998. Seed quality assessment. Seed Sci. Res. 8: 265-275

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405-410

Nawaz, A., Amjad, M., Pervez, M. A. and Afzal, I. 2011. Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. African J. Agri. Res. 6: 3551-3559

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

Omidi, H., Leyla, J. and Hasanali, N. 2014. Seeds of medicinal plants and crops. Natural Res. Environ.269-189

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

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P. and Prasad, S. M. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. Environ. Sci. Pollut. Res. 22(6): 4056-4075.

Qasim, M., Ashraf, M. M., Jamil, A. M., Rehman, Y. S. and Rha, E. S. 2012. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. An. Appli. Biol. 142: 307-316

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, T., Alidoost, H. and Sedghi, M. 2021.The effect of priming and exhaustion on the germination of rice seed masses with different strength. J. Seed Res. 10(37):65-73

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

Saeedi Goraghani, H. R., Ranjbar Fordoei, A., Soleimani Sardo, M. and Mahdavi, M. J. 2017. Effect of salinity and drought stresses on germination stage and growth of black cumin (*Bunium Persicum* Boiss). Iran. J. Field Crops Res. 15(1): 1-7

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

Shinde, S., Paralikar, P., Ingle, A. and Rai, M. 2018. Promotion of seed germination and seedling growth of Zea mays by magnesium hydroxide nanoparticles synthesized by the filtrate from Aspergillus niger. Arab. J. Chem. 13: 3172–3182

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

Sung, F. J. and Chang, Y. H. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Sci. Technol. 21: 97-105

Tania, S. S., Rhaman, M. S. and Hossain, M. M. 2020. Hydro-priming and halo-priming improve seed germination, yield and yield contributing characters of okra (*Abelmoschusesculentus* L.). Trop. Plant Res. 7: 86–93

Zanoosh, Z., Ansari, M. H. and Mostafavi Raad, M. 2014. The effect of chemical and biological priming on yield and yield components of fava plant (*Vicia faba* L.). J. Plant Environ. Physiol. 10 (40): 73-83.

Zorb, C., Geilfus, C., Mühling, K. and Ludwig-Müller, J. 2013. The influence of salt stress on ABA and auxin concentrations in two maize cultivars differing in salt resistance. J. Plant Physiol. 170: 220 – 224