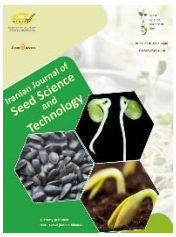
2024, 13 (3), 19-36 https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362784.1493

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Investigating the effect of pretreatment on germination and seedling growth of two rape cultivars (*Brassica napus* L.) under salt stress conditions

Saeed Saeedipour[1*]

1. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

Article Information

Received: 03 Jul. 2023
Revised: 19 Sept. 2023
Accepted: 27 Sept. 2023

Keywords:
Antioxidant activity,
Hayola 401,
Osmo-priming,
Potassium nitrate,
Salinity

Corresponding Author:
saeedsaeedipour@iau.ac.ir

Abstract

This experiment was conducted in order to evaluate the effects of osmo-priming on the characteristics of germination, seedling and some physiological characteristics of two cultivars of rapeseed (Brassica napus L.) under saline conditions. The seeds of two spring rape varieties (Hayola 401 and Ocapi) were pretreated with 29.5 mM potassium nitrate (KNO3) for 12 hours at 30 degrees Celsius. In the first experiment after priming, 25 primed and unprimed seeds were placed in petri dishes with 4 levels of salinity (0, 50, 100 and 150 mM of NaCl) factorially in a completely randomized design. Four replicates were included. The results showed that the germination percentage of primed seeds was more than non-primed seeds. It seems that tolerance to salinity in primed seeds is due to the higher ability of these seedlings in osmotic regulation. In pot culture, the pots were kept for three weeks in the greenhouse with a temperature of 26/16 degrees Celsius (day/night). The pots were watered every day with saline solutions (0, 50, 100 and 150 mM of NaCl). This experiment was also carried out based on a completely random design with 4 replications. The results showed that salt stress reduced the dry weight of seedlings of both cultivars, but the dry weight of seedlings obtained from primed seeds was more than that of non-primed seeds. The multi-way interaction results also showed that the primed seeds had higher antioxidant enzyme activity and higher content of soluble sugars and proline, at the same time, cell membrane damage was lower in them due to the lower concentration of malondialdehyde compared to non-primed seeds. Under the salinity stress of 150 mM, the highest dry weight, antioxidant activity, accumulation of soluble sugars and lower concentration of malondialdehyde were observed in Hyola 401 variety. This research showed that priming with KNO3 improves canola seed germination under stress conditions.

How to cite this paper: Saeedipour, S. (2024). Investigating the effect of pretreatment on germination and seedling growth of two rape cultivars (*Brassica napus* L.) under salt stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (3), 19-36. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362784.1493

© 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

Seed priming is a method by which seeds are physiologically and biochemically prepared for germination before being placed in their substrate and facing the ecological conditions of the environment. This can improve many biological and physiological manifestations in the primed seed and the resulting plant, especially in unfavorable environmental conditions, so that these things can be seen in the speed, percentage and uniformity of germination or seedling emergence. Globally, soil salinity is one of the most important ecological issues of rainfed agriculture and has become a major obstacle to crop yield. Rapeseed seeds are usually planted in unsuitable soil in terms of humidity (due to lack of rainfall at the time of planting), and drought and salt stress, which are factors that reduce water availability, inhibit and delay germination. This stress has an adverse effect on the growth and development of rapeseed and leads to a decrease in yield and economic efficiency. The purpose of this research is to investigate the effects of osmo-priming on the dynamics of germination and seedling growth of two canola cultivars (Hayola 401 and Okapi) under salt stress and to evaluate the physiological effects of priming on the activity of antioxidant enzymes.

Materials and methods

This research was carried out in the laboratory of the Seed Science and Technology Department of Islamic Azad University, Shushtar branch, with the aim of investigating the effect of potassium nitrate pretreatment on the germination characteristics and some antioxidant enzymes of two rapeseed varieties in 2020-2021. The seeds of two canola cultivars (Hayola 401 and Okapi) were obtained from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Safiabad Dezful Research Station. In the first experiment after priming, 25 primed and unprimed seeds were placed in petri dishes with 4 levels of salinity (0, 50, 100 and 150 mM of NaCl) factorially in a completely randomized design. In pot culture, the pots were kept for three weeks in the greenhouse with a temperature of 26/16 degrees Celsius (day/night). The pots were watered every day with saline solutions (0, 50, 100 and 150 mM of NaCl). This experiment was also carried out based on a completely random design with 4 replications.

Results and discussion

The results showed that the germination percentage of primed seeds was more than non-primed seeds. It seems that tolerance to salinity in primed seeds is due to the higher ability of these seedlings in osmotic regulation. In pot culture, the results showed that salt stress reduced the dry weight of seedlings of both cultivars, but the dry weight of seedlings obtained from primed seeds was more than that of non-primed seeds. The multi-way interaction results also showed that the primed seeds had higher antioxidant enzyme activity and higher content of soluble sugars and proline, at the same time, cell membrane damage was lower in them due to the lower concentration of malondialdehyde compared to non-primed seeds. Under the salinity stress of 150 mM, the highest dry weight, antioxidant activity, accumulation of soluble sugars and lower concentration of malondialdehyde were observed in Hyola 401 variety.

Conclusion

Improvement in seedling growth, development and establishment is correlated with water absorption efficiency of seedlings obtained from primed seeds. In this research, the seeds pretreated with KNO_3 produced higher germination percentage, shorter average germination time and stronger seedlings, while the number of established seedlings per unit area was also higher. Therefore, pretreatment with potassium nitrate may be an efficient method to overcome germination problems and improve seedling growth in the field, especially in saline conditions.

دوره ۱۳، شماره ۳، صفحات ۳۶-۱۹
https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362784.1493

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پیش‌تیمار بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش شوری

سعید سعیدی‌پور[1*]

۱. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

چکیده

این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثرات اسمو-پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی، گیاهچه‌ای و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط تنش شوری انجام گرفت. بذرهای دو رقم کلزای بهاره (Hayola 401 و Ocapi) با نیترات پتاسیم (KNO_3) ۲۹/۵ میلی‌مولار به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس پیش‌تیمار شدند. در آزمایش اول بعد از انجام پرایمینگ، ۲۵ عدد بذر پرایم‌شده و نشده در پتردیش‌هایی با ۴ سطح تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار قرار داده شدند. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرهای پرایم‌شده بیش از بذرهای پرایم‌نشده بود. به‌نظر می‌رسد که تحمل به شوری در بذرهای پرایم‌شده در نتیجه توان‌مندی بالاتر این گیاهچه‌ها در تنظیم اسمزی است. در کشت گلدانی، گلدان‌ها برای مدت سه هفته در محیط گل‌خانه با دمای ۱۶/۲۶ درجه سلسیوس (روز/شب) نگه‌داری شدند. گلدان‌ها هر روز با محلول‌های شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار نمک‌طعام) آبیاری شدند. این آزمایش نیز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری وزن خشک گیاهچه‌های هر دو رقم را کاهش داد، اما وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پرایم‌شده بیش از بذرهای پرایم‌نشده بود. نتایج برهم‌کنش چند جانبه نیز نشان داد که بذرهای پرایم‌شده فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی بالاتر و محتوای قندهای محلول و پرولین بیش‌تری داشتند. درعین حال خسارت غشاء سلولی در آن‌ها به‌دلیل غلظت کم‌تر مالون‌دی‌آلدئید نسبت به بذرهای پرایم‌نشده پایین‌تر بود. تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی مولار، بیش‌ترین وزن خشک، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، تجمع قندهای محلول و غلظت کم‌تر مالون‌دی‌آلدئید در رقم هایولا ۴۰۱ مشاهده شد. این تحقیق نشان داد که پرایمینگ با KNO_3 بنیه بذرهای کلزا را تحت شرایط تنش بهبود می‌بخشد.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

واژه‌های کلیدی:
اسموپرایمینگ،
شوری،
فعالیت آنتی‌کسیدانتی،
نیترات پتاسیم،
هایولا ۴۰۱

نویسنده مسئول:
saeedsaeedipour@iau.ac.ir

نحوه استناد به این مقاله:
Saeedipour, S. (2024). Investigating the effect of pretreatment on germination and seedling growth of two rape cultivars (*Brassica napus* L.) under salt stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (3), 19-36. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362784.1493

مقدمه

پرایمینگ بذر راه‌کاری است که به‌واسطه آن بذرها پیش از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به‌لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. این امر می‌تواند به‌ویژه در شرایط نامطلوب محیطی سبب بهبود تظاهر زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر پرایم‌شده و گیاه حاصل از آن شود به‌طوری‌که این موارد را می‌توان در سرعت، درصد و یکنواختی جوانه‌زنی یا خروج گیاهچه، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی، افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (Christos et al., 2019). به‌طور کلی بذرهای پرایم‌شده در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده قادرند خصوصیات جوانه‌زنی را توسعه دهند. بالاترین ویژگی‌های جوانه‌زنی از بذرهای هیدرو و هالو پرایم‌شده در شرایط کنترل شده به‌دست آمد. علت تسریع جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده مثل آلفا– آمیلاز، افزایش سطح قابلیت انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها باشد (Davood, 2018).

از سوی دیگر، در سطح جهانی، شوری خاک یکی از مهمترین مسائل اکولوژیکی کشاورزی دیم است و به یک مانع بزرگ برای عملکرد محصولات زراعی تبدیل شده است. علاوه بر این، شوری در مزارع آبی نیز به دلیل مدیریت نامناسب آبیاری و کشاورزی گسترش یافته‌است (Abraha & Yohannes, 2013). شوری باعث ایجاد یک سری تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و متابولیکی در گیاهان می‌شود. بنابراین، تکنیک‌های مختلف پرایمینگ باید برای رویارویی با چالش‌های شوری خاک و سایر تنش‌های غیرزیستی مؤثر بر جوانه‌زنی، بنیه بذر و همچنین بهره‌وری محصول توسعه یابد (Ibrahim, 2016). محققین گزارش کردند که پرایمینگ می‌تواند بهره‌برداری از ذخیره بذر نظیر: وزن ذخیره بذر استفاده شده، راندمان استفاده از ذخیره بذر و رشد گیاهچه تحت تنش شوری را بهبود بخشد (Aghbolaghi & Sedghi, 2014). بذر کلزا معمولاً در بستر نامناسب به لحاظ رطوبت (به‌دلیل کمبود بارندگی در زمان کاشت) کاشته می‌شود و تنش خشکی و شوری که از عوامل کاهش دسترسی به آب است (Paraver et al., 2015) عامل بازداری و تأخیر در جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در بسیاری از مناطق ایران هستند. این تنش بر رشد و نمو کلزا تأثیر نامطلوب داشته و منجر به کاهش عملکرد و بازده اقتصادی می‌گردد. گزارش‌های متعددی تحت شرایط گوناگون محیطی از قبیل شوری، کمبود رطوبت و دماهای بالا و پایین ارائه شده که نشان می‌دهد اسموپرایمینگ، منجر به ایجاد تغییرات در سطح سلولی و مولکولی در بذور می‌شود و به‌دنبال آن بنیه بذر طی جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه در گونه‌های مختلف گیاهی بهبود می‌یابد (Davood, 2018). Sahi et al. (2009) دریافتند که شوری، جوانه‌زنی بذرها، رشد گیاهچه و پایداری غشاء سلولی را کاهش و موجب افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی در خربزه می‌گردد. Farooq & Azam (2006) و Munns and James (2003) عنوان کردند که ارزیابی پایداری غشاء سلولی تکنیک مناسبی جهت غربال‌گری گیاهان در شرایط شوری است. Bandeoglu et al. (2004) دریافتند که تنش شوری تولید مالون‌دی‌آلدئید و خسارت به غشاء سلولی برگ گیاهچه‌های برنج را افزایش می‌دهد. تولید گونه‌های اکسیژن فعال[1] (ROS) در سلول‌ها، طی تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند شوری افزایش می‌یابد. افزایش گونه‌های اکسیژن فعال می‌تواند به‌طور جدی موجب از هم گسیختن تعادل و فعالیت طبیعی سلولی از طریق وارد آوردن خسارت‌های اکسیداتیو به چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسید نوکلوئیک‌ها شود (Petrov et al., 2015). در مقابل، افزایش تحمل به شوری ناشی از اسموپرایمینگ بذرها به‌واسطه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی آنزیم‌های کاتالاز[2]، پراکسیداز[3] و سوپراکسید دیسموتاز[4] در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، خربزه (*Cucumis melo* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Jumsoon et al.,)

[1] Reactive Oxygen Species
[2] Catalase
[3] Peroxidase
[4] Super oxide dismutase

(1996; Sivritepe et al., 2003; Damirkaya et al., 2006 گزارش شده است. Shaaban (2016) گزارش داد که پیش تیمار بذر جو با KNO_3 و جیبرلین اثر معنی داری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به تیمار شاهد داشت و بذرهای با فعالیت آنزیمی بیش تر دارای درصد جوانه‌زنی بیش تری بودند. هم‌چنین Uonesi et al. (2013) گزارش کردند که اعمال پیش تیمار در بذر ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) باعث افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت به ویژه آنزیم کاتالاز و نیز افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمارهای پیش تیمار نشده شد. هدف از این تحقیق بررسی اثرات اسموپرایمینگ بر پویایی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای دو رقم کلزا (Hayola 401 & Okapi) تحت تنش شوری و ارزیابی اثرات فیزیولوژیکی پرایمینگ بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه گروه تکنولوژی و علوم بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، با هدف بررسی تأثیر پیش‌تیمار نیترات پتاسیم (با کد کالای A7773) بر خصوصیات جوانه‌زنی و برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بذرهای دو رقم کلزا در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. بذرهای دو رقم کلزا (Hayola 401 و Okapi) از مؤسسه بین المللی کشاورزی گرمسیری (IITA)[1]، ایستگاه تحقیقات صفی‌آباد دزفول تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، بذرها در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت سه دقیقه استریل شدند، سپس با آب مقطر شست‌شو داده، خشک شدند(Ansari et al., 2018).

آزمایش اول

آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با دو عامل ۱- پرایمینگ در دو سطح (با نیترات پتاسیم و عدم پرایمینگ به عنوان شاهد) ۲- شوری حاصل از کلرید سدیم در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) با چهار تکرار انجام شد. بذرهای کلزا در محلول نیترات پتاسیم ۲۹/۵ میلی‌مولار برای مدت ۱۲ ساعت پیش‌تیمار شده، سپس کشت انجام شد (Ansari et al., 2018).

در هر تیمار، ۲۵ عدد بذر درون هر پتری‌دیش به قطر نه سانتی‌متر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد و با محلول‌های مختلف شوری تیمار شدند. به منظور کاهش تبخیر آب دور پتری دیش ها با پارافیلم بسته و به ژرمیناتور (مدل A+، کد محصول ۷۲۳۹۶، ساخت شرکت نور صنعت فردوس) با دمای ۲۰ درجه سلسیوس منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه و تا ۱۰ روز ادامه داشت (Kaur et al., 2005). بذرهایی که طول ریشه‌چه آنها به دو میلی‌متر می‌رسید، جوانه‌زده محسوب می‌شدند (Gholami et al., 2005). درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه زنی از روابط ۱ (Ikic et al., 2012) و ۲ (Verma et al., 2005) و ۳ (Elis & Roberts, 1981) محاسبه شد.

$$GP = (\frac{n}{N}) \times 100$$ رابطه ۱)

$$GR = \sum_{i=1}^{d} ni/ti$$ رابطه ۲)

$$MGT = \sum(nt)/\sum n$$ رابطه ۳)

در این روابط GP، GR، و MGT به ترتیب درصد، سرعت و متوسط جوانه‌زنی، N تعداد کل بذرها، n تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز و t زمان به روز است. در پایان آزمایش برای محاسبه وزن خشک، گیاهچه ها برای مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت (Keikha et al., 2016). از آن‌جا که داده‌های آزمایش‌های جوانه‌زنی به‌صورت شمارش یا درصد به‌دست می‌آیند در بسیاری از موارد این داده‌ها دارای توزیع دو جمله‌ای بوده و نرمال نمی‌باشند، لذا نیاز به تبدیل داده‌ها ضرورت دارد. اصولاً برای تبدیل داده های جوانه زنی از تبدیل زاویه‌ای(ArcSin x) استفاده می‌شود (Parker, 1993).

آزمایش دوم

در این مرحله بذرهای ۲۰ عدد بذر پرایم شده و نشده در گلدان هایی که با نسبت ۳ به ۱ با پرلیت و پیت پر شده بودند، کشت گردید (Farhoudi et al., 2011). گلدان‌ها (با ابعاد دهانه ۱۲ و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر) برای مدت سه هفته در محیط گل‌خانه با دمای ۱۶/۲۶ درجه سلسیوس (روز/شب) نگه‌داری شدند.

[1] The International Institute of Tropical Agriculture

گلدان‌ها هر روز با محلول‌های شوری از پیش تهیه‌شده آبیاری شدند و مازاد آب به‌طور طبیعی از پایین گلدان‌ها جهت جلوگیری از تجمع نمک تخلیه می‌شد. این آزمایش نیز به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در با چهار تکرار انجام شد. در پایان آزمایش جهت تعیین وزن خشک، گیاهچه‌ها (ساقه+برگ) به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند (Keikha et al., 2016).

اندازه‌گیری پرولین

محتوای پرولین گیاهچه‌ها به شیوه Bates et al. (1973) اندازه‌گیری شد. پراکسیداسیون چربی‌ها با اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید به روش تیوباربیتوریک اسید (TBA) تعیین شد. برای این منظور، ۲۰۰ میلی‌گرم از بافت تازه گیاهچه‌ها با دو میلی‌لیتر محلول تری‌کلرو استیک اسید (TCA) یک درصد (w/v) در هاون چینی سرد و با قرار دادن در ظرف یخ به‌صورت همگن درآمد. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰g در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفوژ (یونیورسال PIT320R یخچال‌دار دور بالا) شد. در ادامه ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی به ۰/۵ میلی‌لیتر TBA ۰/۵ درصد در TCA ۲۰ درصد (w/v) اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در آب جوش قرار داده شد و واکنش با قرار دادن محلول در یخ متوقف گردید. نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰g در دقیقه سانتریفیوژ شدند و میزان جذب مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت شد (Valentovic et al., 2006).

اندازه‌گیری قندهای محلول

برای اندازه‌گیری قندهای محلول ۴۰ میلی‌گرم از بافت تازه گیاهچه در لوله‌های پلی‌اتیلن با پنج میلی‌لیتر اتانل ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بنماری) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. عصاره الکلی به‌دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰g در دقیقه سانتریفوژ گردید و محلول شفاف به‌دست آمده حاوی قندهای محلول به یک بشر منتقل شد. بشر محتوی قندهای محلول را به مدت یک ساعت در دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار داده تا الکل آن تبخیر شد. پس از تبخیر الکل مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و به منظور حذف رسوبات، پنج میلی‌لیتر سولفات روی پنج درصد و ۴/۷ میلی‌لیتر هیدروکسید باریم ۰/۳ نرمال اضافه شد. مقدار ۴۵ میلی‌لیتر از نمونه به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰g سانتریفوژ شد. دو میلی‌لیتر از عصاره شناور را برداشت کرده و مقدار یک میلی‌لیتر محلول ۵ درصد فنل به آن افزوده شد. بعد از تکان دادن شدید محلول، مقدار پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به نمونه اضافه شد. در این مرحله قند محلول به رنگ نارنجی درآمد. پس از ۴۵ دقیقه و با تثبیت رنگ، میزان جذب نور در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد (Hedge & Hofreiter, 1962).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

برای این منظور ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهچه در هاون چینی سرد با قرار دادن در ظرف یخ با دو میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱مولار با pH= ۶/۸ ، همگن شد. سپس به مدت ۱۵دقیقه با دور ۱۳۰۰۰g در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. فاز بالایی عصاره به‌دست آمده برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. به سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار با pH= 7 حاوی آب‌اکسیژنه ۳۰ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه و در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر با کد EZ 210 مدل Lambda (ساخت شرکت پرکین المر آمریکا) میزان کاهش جذب در مدت ۶۰ ثانیه قرائت شد. با افزودن H_2O_2 تجزیه آن شروع شده و موجب کاهش جذب گردید. فعالیت آنزیمی بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه بر دقیقه محاسبه شد. ضریب خاموشی برای کاتالاز ۰/۰۳۹۴میلی‌مول بر سانتی‌متر بود (Aebi, 1984).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، دو میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی‌مولار با pH= ۶/۱ ، ۰/۵ میلی‌لیتر گایاکول ۲۸ میلی‌مولار و ۰/۵میلی‌لیتر H_2O_2، پنج میلی‌مولار اضافه کرده و در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. فعالیت آنزیمی به صورت افزایش جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر در دقیقه به ازای هر میکروگرم پروتئین در عصاره آنزیمی بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه گیاهچه در دقیقه محاسبه شد (Ghanati et al., 2002). تجزیه داده‌ها در هر دو مرحله آزمایش

با نرم افزار MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی

بررسی اثرات اصلی تیمارهای اعمال شده نشان داد که تیمار شوری بر صفات مطالعه‌شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در میان اثرات متقابل نیز، برهم‌کنش سه‌جانبه رقم × پرایمینگ × شوری بر درصد جوانه‌زنی نهایی، متوسط زمان جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

با افزایش سطح شوری کلیه صفات بررسی شده به‌طور خطی کاهش نشان دادند. وزن خشک گیاهچه از ۷۴/۴ میلی گرم در سطح شوری صفر، با کاهش ۵۶/۸ درصدی به ۳۲/۱۱ میلی گرم در سطح شوری ۱۵۰ میلی مول رسید. سایر صفات بررسی شده نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول نسبت به تیمار شاهد (شوری صفر) به‌ترتیب کاهش ۶۹، ۶۲ و ۵۹ درصدی را نشان دادند (جدول ۲). محققین نشان دادند که جوانه زنی به شکل مستقیم وابسته به میزان جذب آب بوده و با افزایش شوری در محیط رشد به تأخیر می افتد. این بازداری ناشی از تنش اسمزی و یا اثرات سمی یونی است (Munns et al., 1988). شوری از طریق کندکردن و یا کاهش تجزیه مواد ذخیره ای بذرها، موجب توقف تقسیم سلولی، طویل شدن و صدمه به هیپوکوتیل می شود (Khajeh-Hosseini et al., 2003).

در رابطه با اثرات متقابل چند گانه، تنش شوری وزن خشک گیاهچه‌های کلزا را کاهش داد. در بالاترین سطح شوری، وزن خشک گیاهچه‌های اکاپی و هایولا ۴۰۱ در بذرهای پرایم‌شده ۰/۱۴ و ۰/۱۹ میلی گرم، درحالی که در بذرهای پرایم‌نشده این مقادیر به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۶ میلی گرم بود. از این‌رو تیمار پرایمینگ، وزن خشک گیاهچه‌ها را تحت شرایط شوری در مقایسه با عدم پرایمینگ بهبود بخشید (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش بر صفات جوانه‌زنی در کلزا

Table 1- Analysis of variance of experimental treatments on germination traits in rapeseed

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP	سرعت جوانه‌زنی GR	متوسط زمان جوانه‌زنی MGT	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
رقم Cultivar	1	220.11^{ns}	1.82 ^{ns}	6.9 ^{ns}	7.16 ^{ns}
پیش‌تیمار Priming	1	17.04 ^{ns}	0.142 ^{ns}	7.41 ^{ns}	7.94 ^{ns}
شوری Salinity (dS/m)	3	1.85**	15.9**	0.034**	0.251**
C×P	1	4.55 ^{ns}	20.89 ^{ns}	0.056 ^{ns}	0.054 ^{ns}
C×S	3	3.36 ^{ns}	28.9 ^{ns}	0.049 ^{ns}	0.024 ^{ns}
P×S	3	3.9 ^{ns}	16.46 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.025 ^{ns}
C×P×S	3	392.7**	12.94 ^{ns}	10.7**	0.13**
خطا Error	48	31.18	1.3	0.7	0.017
ضریب تغییرات (درصد) %CV		7.9	12.1	9.5	8.7

** معنی‌دار در سطح یک درصد

^{xx} indicate significant at 1% probability level.

MGT, GR and FGT abbreviated of Mean Germination Time, Germination Rate and Final Germination Percentage, respectively

جدول۲- مقایسه میانگین تأثیر تیمار شوری بر صفات جوانه‌زنی و وزن خشک کلزا

Table 2- Mean comparison of salinity on germinating traits and seedling dry weight of rapeseed

سطح شوری (میلی‌مولار) Salinity level (mM NaCl)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	متوسط زمان جوانه‌زنی (۱/روز) MGT (1/day)	سرعت جوانه‌زنی (بذر/روز) GR (seed/day)	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP (%)
0	75.4 a	0.61 a	12.5 a	100 a
50	60.21 b	0.48 b	8.33 b	92.12 b
100	45.32 c	0.39 c	6.68 c	86.64 c
150	32.11 d	0.25 d	4.73 d	31.3 d

MGT، GR و FGP به ترتیب مخفف متوسط زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی نهایی می‌باشند.

MGT, GR and MGT abbreviated of mean germination time, growth rate and final germination percentage, respectively.

جدول۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای آزمایش بر صفات جوانه‌زنی و وزن خشک دو رقم کلزا در سطوح مختلف شوری

Table 3- Mean comparison of the interaction of experimental treatments on germinating traits and seedling dry weight of two cultivars of rapeseed in different levels of salinity

سطح شوری (میلی‌مولار) Salinity level (mM NaCl)	پیش‌تیمار Priming	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401
		وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم) Seedling dry weight (mg)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) MGT (day)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) MGT (day)	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP (%)	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP (%)
0	NP	0.32 a	0.35 a	2.6 e	2.6 e	96.1 a	97.2 a
	P	0.33 a	0.37 a	2.1 de	2.9 de	97.3 a	97.1 a
50	NP	0.26 b	0.27 ab	3.2 d	2.7 e	95.1 a	97.1 a
	P	0.29 ab	0.26 ab	3.3 d	2 e	93.6 a	95.3 a
100	NP	0.17 d	0.20 c	7.2 b	6.2 b	80.1 c	83.5 c
	P	0.24 b	0.23 b	5.3 c	4.1 c	89.3 b	91.2 ab
150	NP	0.11 f	0.16 d	8.9 a	8.3 ab	52.1 e	68.3 d
	P	0.14 e	0.19 c	6.9 b	4.8 c	75.5 d	84 c

حروف مشترگ در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

The same letters in each column indicate an insignificant difference at the *P=0.05* level.
NP and P, abbreviated of non-priming and priming, respectively

شوری موجب افزایش زمان جوانه‌زنی بذرها شد. پرایمینگ بذور، متوسط زمان جوانه‌زنی هر دو رقم کلزا را کاهش داد. بذرهای پرایم شده تحت شرایط شوری زودتر از بذرهای پرایم‌نشده جوانه زدند. بذرهای پرایم‌شده رقم هایولا ۴۰۱ تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مول، متوسط زمان جوانه‌زنی کم‌تری (۴/۸ روز) نسبت به رقم اکاپی (۶/۹ روز) داشتند. پرایمینگ بر هم‌زمانی جوانه‌زنی بذرها اثر مثبت داشت و این اثر احتمالاً به‌دلیل اثرات تحریک‌کنندگی پرایمینگ بر مراحل اولیه فرآیند جوانه‌زنی از طریق دخالت در تقسیم سلولی بذرهای در حال جوانه‌زدن می‌باشد (Sivritepe et al., 2003). گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد پرایمینگ می‌تواند جوانه‌زنی بذرها را در یک مدت کوتاه همگن سازد (Ruan et al., 2002;

(Damirkaya et al., 2006). هم‌چنین گزارش شده است پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم باعث توزیع مواد فتوسنتزی بیش‌تر به اندام‌های هوایی و افزایش فعالیت ساکارز سنتتاز و گلوتامین سنتاز می شود که در نتیجه باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و ظهور سریع‌تر گیاهچه می‌شود (Omidi et al., 2005).

شوری درصد جوانه‌زنی نهایی را در بذرهای پرایم‌شده و نشده کاهش داد و با افزایش سطح؛ میزان کاهش، بیش‌تر بود. تیمار پرایمینگ اثرات زیان‌آور شوری را بر درصد جوانه‌زنی در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده کاهش داد (جدول ۳). بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی در شوری ۱۵۰ میلی‌مول نمک‌طعام با ۸۴ و ۵۲/۱ درصد به ترتیب مربوط به بذرهای پرایم شده و پرایم‌نشده، هایولا ۴۰۱ و اکاپی بود (جدول ۳). بذرهای پرایم‌شده از کارآیی بالاتری در جذب آب از محیط رشد برخوردار بودند، و بدیهی است که فعالیت‌های متابولیکی این دسته از بذرها در طی فرآیند جوانه‌زنی بسیار زودتر از ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه آغاز می شود (Ascherman-Koch et al., 1992). Tavili et al. (2008) نیز گزارش دادند که پیش‌تیمار بذرهای علف‌شور با اسید جیبرلیک و نیترات‌پتاسیم باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی شد. آن‌ها بیان داشتند پیش‌تیمار بذور سبب تسریع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها، فعال نمودن ژن‌های کد کننده آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذر به‌ویژه آلفا آمیلاز می‌شود و بذر را برای جوانه‌زنی آماده‌تر می‌کند.

بررسی خصوصیات گیاه‌چه‌ای

بررسی تیمارهای اصلی در این بخش نشان داد که تأثیر تیمار شوری بر وزن خشک گیاهچه، غلظت قندهای محلول و مالون دی آلدئید در سطح احتمال پنج درصد و بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بوده، در عین حال بر میزان تغییرات پرولین معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد مطالعه در کلزا

Table 4- Analysis of variance of experimental treatments on studied traits in rapeseed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	قندهای محلول کل Total Soluble Sugars	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity enzyme	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity enzyme	پرولین Proline	مالون دی آلدئید MDA
رقم Cultivar	1	76.89 ns	37.8 ns	0.034 ns	0.251 ns	0.047 ns	0.016 ns
پیش‌تیمار Priming	1	12.7 ns	15.9 ns	0.059 ns	0.187 ns	0.054 ns	0.024 ns
شوری Salinity (dS/m)	3	21.67*	39.7*	0.047**	0.34**	0.061 ns	0.042*
C×P	1	21.67 ns	9.7 ns	0.87 ns	0.43 ns	0.096 ns	0.80 ns
C×S	3	11.14*	8.88*	0.196**	0.806**	0.021*	0.042*
P×S	3	11.96**	5.602**	0.202**	0.712**	0.037*	0.019*
C×P×S	3	11.42*	9.8**	0.62**	1.71**	0.214**	1.23**
خطا Error	48	0.53	9.5	0.07	0.62	0.38	1.3
ضریب تغییرات (درصد) %CV		9.11	11.4	12.6	10.3	8.9	10.7

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

* and ** indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively. MDA abbreviated of Malonodialdehyde

با افزایش سطح شوری وزن خشک گیاهچه از ۱/۳۷ گرم در تیمار شاهد (شوری صفر) به ۰/۹۴ گرم در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول کاهش یافت (جدول ۵). بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد. به‌طوری که فعالیت کاتالاز از ۴/۰۷ میلی‌گرم آب‌اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه با افزایش ۸۶ درصد به ۷/۶ میلی‌گرم آب‌اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار رسید. فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز تغییر چشمگیری نشان داد به‌طوری که از ۸/۸ میلی‌گرم آب‌اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه در سطح شوری صفر به ۱۹/۱ میلی‌گرم آب‌اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار رسید و افزایش ۱۱۷ درصدی را نشان داد (جدول ۵). قندهای محلول نیز با افزایش غلظت شوری تغییر قابل توجهی را نشان دادند و از ۲/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در سطح شوری صفر به‌صورت خطی، تا ۵/۷۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام رسید. غلظت مالون‌دی آلدئید نیز که به‌عنوان شاخص بروز خسارت به غشاهای سلولی معرفی می‌شود نیز با افزایش سطح شوری، از ۰/۰۰۱۶ میکرومول بر گرم وزن تازه در تیمار شاهد به ۰/۰۱۸۸ میکرومول بر گرم وزن تازه در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول رسید (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر تیمار شوری بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و وزن خشک کلزا

Table 5- Mean comparison of salinity on some physiological traits and dry weight of rapeseed

سطح شوری (میلی‌مولار) Salinity level (mM NaCl)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity enzyme ($mgH_2O_2/g.pro/min$)	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity enzyme ($mgH_2O_2/g.pro/min$)	غلظت مالون دی‌آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تازه) MDA concentration (µmol/g.fw)	قندهای محلول کل Total Soluble Sugars (mg/g.dw)
0	1.37 a	4.07 c	8.8 d	0.0016 c	2.38 d
50	1.32 a	6.17 b	13.33 c	0.0018 c	3.6 c
100	1.18 b	6.95 b	16.1 b	0.0148 b	5.28 a
150	0.94 c	7.6 a	19.1 a	0.0188 a	5.75 a
LSD (P=0.05)	0.11	0.55	2.3	0.0012	0.95

اثرات متقابل دوگانه، شوری × پرایمینگ و شوری × رقم و همین‌طور برهم‌کنش سه‌گانه رقم × پرایمینگ × شوری بر وزن خشک گیاهچه و سایر صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی اثرات چندگانه نشان داد که وزن خشک گیاهچه در هر دو رقم با افزایش شوری به‌ویژه در بذرهای پرایم‌نشده در مقایسه با بذرهای پرایم‌شده به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (جدول ۶). این رخداد به‌دلیل تأثیر تنش شوری بر بیوسنتز و جایگاه عمل هورمون‌های گیاهی است (Munns et al., 1988). به‌واقع بهبود بنیه بذرهای پرایم‌شده احتمالاً به‌دلیل وضعیت فیزیولوژیکی تغییریافته جنین می‌باشد. همین‌طور می‌تواند ناشی از رهاسازی آنزیم‌هایی باشد که موجب افزایش سریع در تولید مواد غذایی محلول می‌شوند. از این‌رو سیستم گیاهی در بذرهای پرایم‌شده به‌واسطه از پیش‌آمادگی، به‌هنگام کاشت، فرآیندهای نموی را با سرعت بیش‌تری در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده پیش می‌برند (Kattimani et al., 1999). شواهد بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی درگیر در بذرهای پرایم‌شده موجب ترمیم خسارت‌های سلولی و مولکولی مرتبط با پیری می‌شوند که طی نمو بذر به‌وقوع می‌پیوندد (Burgass & Powell, 1984; Bray, 1995). همین‌طور بهبودی در توسعه فعالیت‌های متابولیکی طی مرحله دوم جذب آب (که نسبتاً طولانی است)[1] رخ می‌دهد و موجب توان‌مندی خروج ریشه‌چه می‌گردد (Dell'Aquilla & Beweley, 1989). برخی تغییرات مورفولوژیکی نیز در بذرهای پرایم‌شده رخ می‌دهد که در رشد بعدی جنین سودمند است از جمله نسبت آندوسپرم بذر که طی پرایمینگ هیدرولیز می‌شود و موجب رشد سریع‌تر جنین می‌گردد (Burgass & Powell, 1984). گزارش‌هایی دال بر اینکه پرایم بذر

[1]Lag Phase

موجب مضاعف شدن سریع تر DNA، افزایش RNA و سنتز پروتئین، افزایش رشد جنین، و ترمیم بخش‌های خسارت‌دیده بذر و کاهش نشت متابولیت ها می گردد، وجود دارد (McDonald, 2000). وجود شوری در محیط رشد ریشه گیاهچه‌ها مهم‌ترین دلیل خشکی فیزیولوژیکی و به‌دنبال آن کاهش تقسیم یا طویل شدن سلولی است (Godfery et al., 2004). تنش شوری مقدار پرولین برگ را در هر دو رقم افزایش داد (جدول ۶). اما در رقم هایولا ۴۰۱، اختلاف معنی‌داری بین محتوای پرولین بذرهای پرایم‌شده و نشده در هر سطح شوری مشاهده نشد، البته در رقم اکاپی، پرایمینگ بذرها محتوای پرولین برگ‌ها را در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده افزایش داد (جدول ۶). Hasegawa et al. (2000) عنوان کردند که تنظیم اسمزی به تحمل تنش شوری کمک می کند. تنظیم اسمزی در گیاهان از طریق سنتز ترکیبات سازگار نظیر پرولین، قندها و اسیدهای آلی صورت می گیرد. سایر تحقیقات نشان داده که پرولین ممکن است به‌عنوان یک محافظ آنزیمی عمل کند و موجب کاهش پراکسیداسیون چربی ها در شرایط شوری گردد (Bhattacharjee & Mukherjee, 2002; Maggio et al., 2002). در تحقیق Sanchez et al. (1998) میزان افزایش پرولین بر اثر تنش خشکی در نخود فرنگی بین ۴ تا ۴۰ برابر گزارش شد، ولی ارتباط معنی‌داری بین افزایش پرولین و تنظیم اسمزی مشاهده نشد، در این بررسی نقش پرولین تخفیف خسارت پسابیدگی بوده است. به طور هم‌زمان، غلظت مالون‌دی آلدئید هر دو رقم کلزا با افزایش سطح شوری، افزایش یافت (جدول ۶). در هر دو رقم، پرایمینگ بذرها محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ‌ها را در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده بهبود بخشید، با افزایش شوری تا ۱۵۰ میلی مول، غلظت مالون دی آلدئید در بذرهای پرایم نشده و پرایم شده رقم اکاپی به ترتیب ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۸ میکرومول بر گرم وزن تازه و برای رقم هایولا ۴۰۱ این مقادیر ۰/۰۱۸ و ۰/۰۱۳ میکرو مول بر گرم وزن تازه ثبت شد (جدول ۶). افزایش غلظت مالون دی آلدئید و خسارت غشاء سلولی تحت شرایط تنش شوری ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن است.

جدول۶- مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارهای آزمایش بر برخی صفات فیزیولوژیکی و وزن خشک دو رقم کلزا

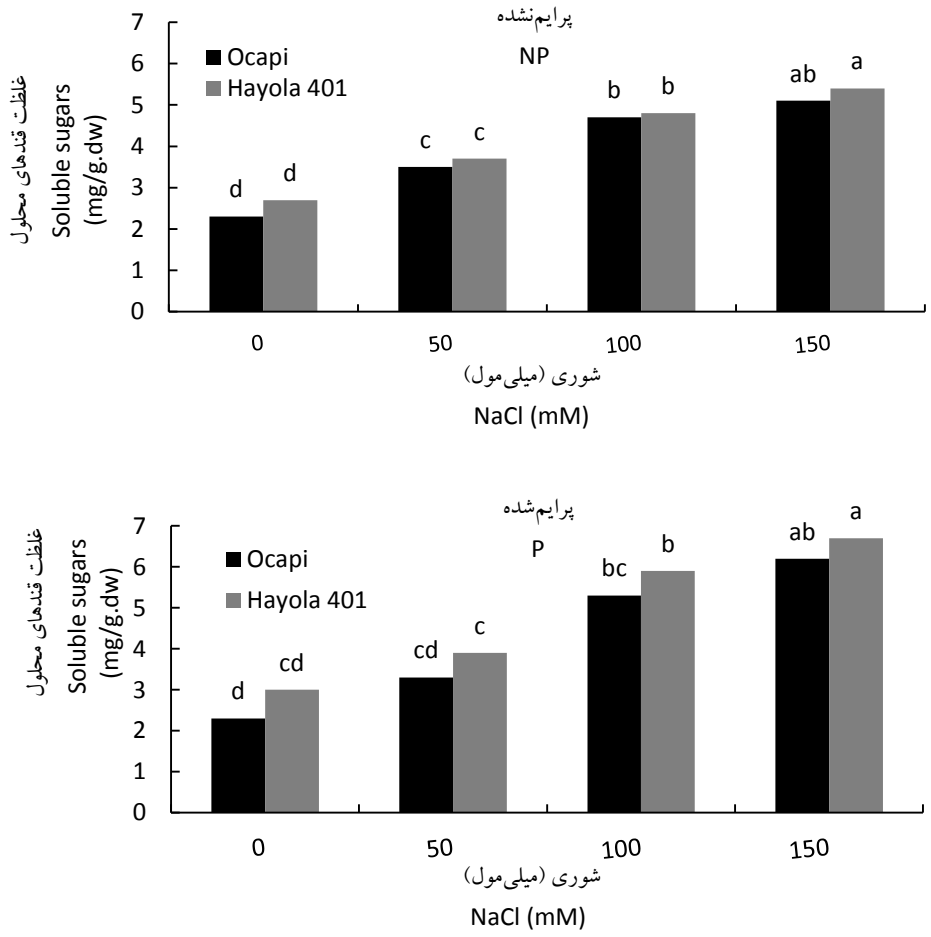
Table 6- Mean comparison of the interaction of experimental treatments on some physiological traits and seedling dry weight of two cultivars of rapeseed

سطح شوری (میلی مولار) Salinity level (mM NaCl)	پیش تیمار Priming	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401	اکاپی Ocapi	هایولا (۴۰۱) Hayola 401
		وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry `weight (g)	غلظت پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تازه) Proline concentration (mg/g.fw)	غلظت پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تازه) Proline concentration (mg/g.fw)	غلظت مالون دی آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تازه) MDA concentration (µmol/g.fw)	غلظت مالون دی آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تازه) MDA concentration (µmol/g.fw)
0	NP	1.4 a	1.36 a	0.54 ef	0.39 g	0.0016 d	0.0016 d
	P	1.35 a	1.39 a	0.47 f	0.37 g	0.0016 d	0.0015 d
50	NP	1.31 a	1.25 a	0.57 e	0.69 d	0.0017 d	0.0019 d
	P	1.32 a	1.3 b	0.59 e	0.61 ed	0.0018 d	0.0016 d
100	NP	1.1 d	1.13 d	0.98 d	1.52 b	0.020 a	0.017 b
	P	1.21 cd	1.27 c	1.28 c	1.98 b	0.012 c	0.010 c
150	NP	0.76 f	0.80 ef	1.52 b	2.47 ab	0.026 a	0.018 b
	P	1.08 e	1.14 d	2.61 a	2.83 a	0.018 b	0.013 c

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

The same letters in each column indicate an insignificant difference at the *P=0.05* level.

محتوای قندهای محلول برگ‌های هر دو رقم در بذرهای پرایم شده و نشده با افزایش شوری، افزایش یافت (شکل ۱)، اما در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول شوری، غلظت قندهای محلول در بذور پرایم‌شده در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده بیش‌تر بود. مقایسه محتوای قندهای محلول بذرهای ارقام در هر سطح شوری، صرف نظر از تیمار پرایمینگ به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. سایر محققین افزایش قندهای محلول را در شرایط تنش شوری، خشکی و سرما در بذرهای ذرت (Razani et al., 2016)، برنج (Gholami Tilehbeni et al., 2010; Wang et al., 2016)، پنبه (RamazanzadehSarasti, 2011) گزارش کردند.

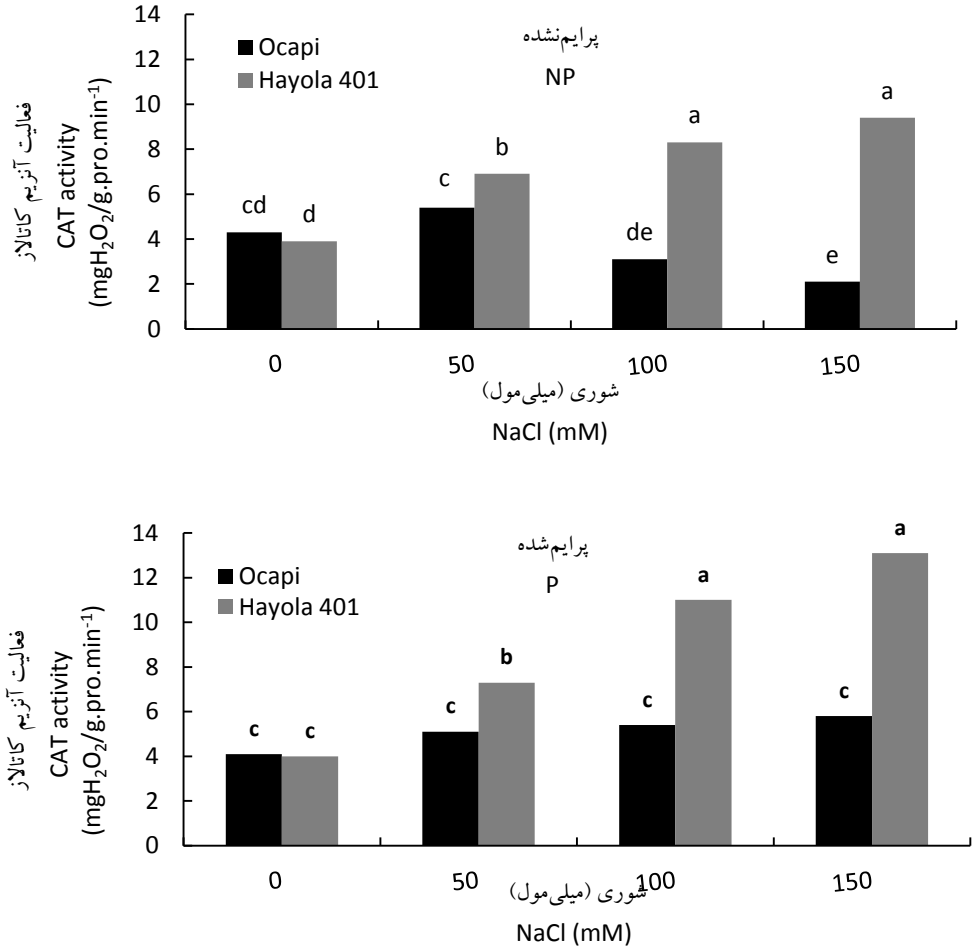


شکل ۱- اثر تنش شوری بر غلظت قندهای محلول در برگ دو رقم کلزای بهاره پرایم‌شده (P) و پرایم‌نشده (NP)

Figure1- Effect of salt stress on leaves soluble sugars of two primed and none-primed spring rapeseed

در رابطه با فعالیت کاتالاز اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین دو رقم تحت شرایط شوری مشاهده شد (شکل ۲). مقایسه دو رقم نشان داد که میزان فعالیت کاتالاز در بذرهای پرایم‌شده و نشده رقم هایولا ۴۰۱ در مقایسه با رقم اکاپی بیش‌تر بود (شکل ۲)، با افزایش سطح شوری در بذرهای پرایم‌نشده اکاپی میزان فعالیت کاتالاز به‌طور چشمگیری کاهش یافت و به پایین‌ترین مقدار در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول رسید. حال آن‌که در رقم هایولا ۴۰۱ با افزایش سطح شوری، فعالیت این آنزیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. پرایمینگ بذرها محتوای این آنزیم را در هر دو رقم افزایش داد. این افزایش در رقم اکاپی؛ از ۲/۱ میلی گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه در بذرهای پرایم‌نشده به ۵/۸ میلی‌گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه در بذرهای پرایم‌شده در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول رسید و در تیمار نظیر آن در رقم هایولا، فعالیت این آنزیم از ۹/۴ میلی گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین

در دقیقه به ۱۳/۱ میلی‌گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه افزایش یافت. ازاین‌رو تیمار پرایمینگ به‌شکل کارآمدی فعالیت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانتی را در هر دو رقم راه‌اندازی کرد.

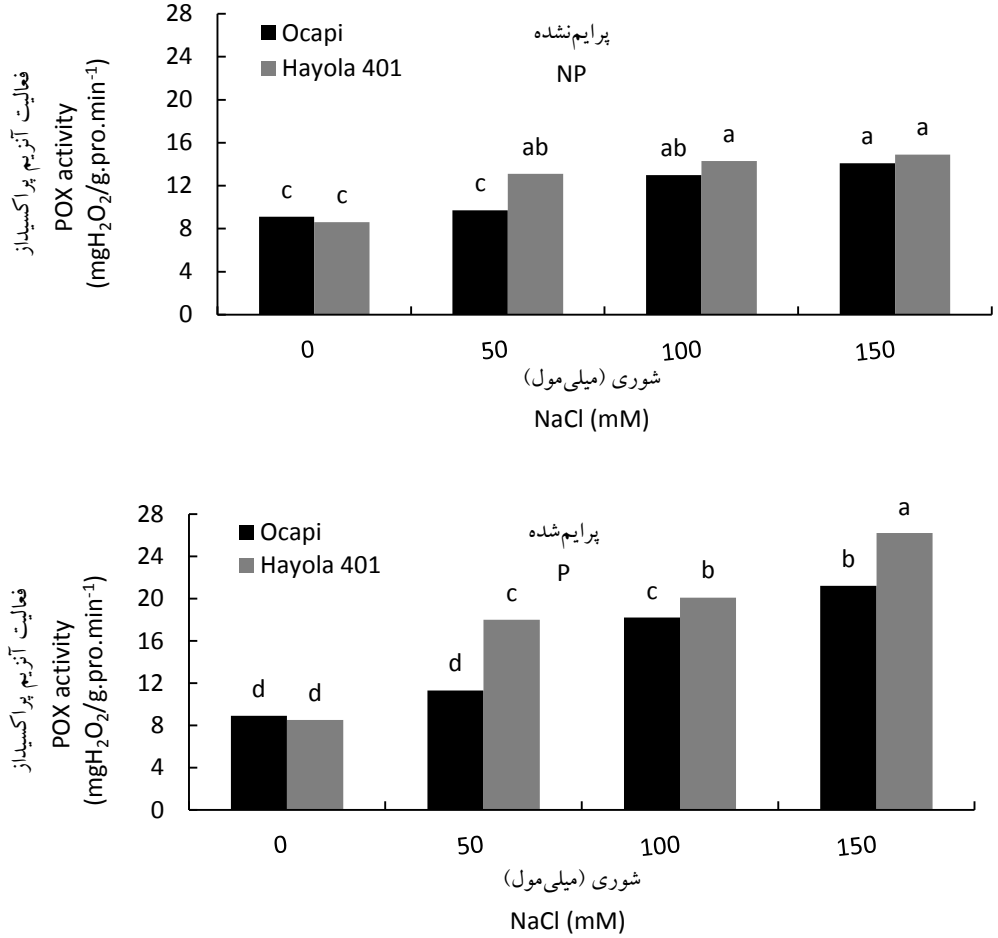


شکل ۲- اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ دو رقم کلزای بهاره پرایم‌شده (P) و پرایم‌نشده (NP)

Figure 2- Effect of salt stress on leaves catalase enzyme activity of two primed and none-primed spring rapeseed

به‌لحاظ فعالیت پراکسیداز در بذرهای پرایم‌نشده هر دو رقم، در غلظت‌های بالای شوری (۱۰۰ و ۱۵۰میلی‌مول) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). در مقابل، تیمار پرایمینگ موجب افزایش قابل ملاحظه فعالیت این آنزیم در هر دو رقم تحت تنش شوری گردید. البته میزان فعالیت این آنزیم در رقم هایولا ۴۰۱ بیش از رقم اکاپی بود (شکل ۳). می‌توان اظهار کرد که همبستگی بسیار قوی بین تحمل به شوری و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی حاصل از پرایمینگ وجود دارد، زیرا بذرهای پرایم‌شده وزن خشک و فعالیت آنزیمی بیش‌تری را در شوری‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول نشان دادند. محققین گزارش دادند که شرایط زیان‌آور محیطی نظیر شوری منجر به بروز تنش‌های ثانویه اکسیداتیو می‌شوند (Munns & James, 2003; Bandeoglu et al., 2004; Farhoudi, 2010). سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانتی می‌تواند سلول‌های گیاهی را در قبال خسارت‌های اکسیداتیو حمایت کند. کاتالاز و پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های حفاظتی در مقابل گونه‌های فعال اکسیژن هستند. همبستگی بین فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی و تحمل به شوری در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (Munns, 2002; Ashraf & Ali, 2008). Moosavi et al. (2009) نیز نشان دادند

پیش تیمار بذرهای گل همیشه بهار[1] فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت، به خصوص کاتالاز و پراکسیداز را در مقایسه با بذرهای پرایم‌نشده افزایش می‌دهد. در مطالعه (Farhoudi et al. 2011) بر گیاه خربزه[2] نیز مشخص شد که گیاهچه‌های حاصل از بذرهای پیش تیمار شده در مقایسه با گیاهچه های رشد یافته از بذرهای پیش تیمار نشده، فعالیت کاتالاز بیش تری داشتند. دلیل افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانت در اثر پیش تیمار، می تواند در اثر ساخت DNA در جنین درمدت پیش تیمار و در غیاب سلول‌های تقسیم‌شونده و به‌دنبال آن افزایش سرعت سنتز در بافت جنین باشد. افزایش در سرعت سنتز DNA در بذرهای پیش تیمار شده، تنها پس از شش تا ۱۲ساعت پس از اعمال پیش تیمار گزارش شده است (Bray et al., 1989). کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول نمک طعام ناشی از افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز در بذرهای پرایم‌شده است. Ashraf & Ali (2008) گزارش دادند که فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی نظیر کاتالاز و پراکسیداز تحمل به شوری در گیاهچه‌های کلزا را بهبود بخشیده است.



شکل ۳- اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ دو رقم کلزای بهاره پرایم‌شده (P) و پرایم‌نشده (NP)

Figure 3- Effect of salt stress on leaves peroxidase enzyme activity of two primed and none-primed spring rapeseed

سرعت جوانه زنی همبستگی مثبت و معنی داری با فعالیت آنزیم کاتالاز (r=۰/۷۹**) و پراکسیداز (r=۰/۷۷**) داشت (جدول ۷)؛ همین طور درصدجوانه زنی نیز همبستگی مثبت و معنی داری با فعالیت آنزیم کاتالاز (r =۰/۷۸**) و پراکسیداز

[1] *Calendula officinalis*
[2] *Cucomin melon*

(r=۰/۷۴**) نشـان داد، به‌طوریکه با افزایش فعالیت این دو آنزیم سـرعـت و درصـد جوانـه‌زنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (جدول ۷). به نظر می‌رسـد که استفاده از پیش‌تیمار نیترات‌پتاسیم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسـیداز شده که در نـتـیـجـه آن درصـــد و ســـرعـت جوانـه‌زنی بهبود یـافـت. Ahmadpour Dehkordi & Balouchi (2012) گزارش دادنـد پیش‌تیمار بذرسیاه‌دانه با سـالیسـیلیک اسـید، نیترات‌پتاسیم و آب مقطر، فعـالیت آنزیم کاتالاز و پراکســیداز، درصــد و ســرعت جوانه‌زنی بالاتری در مقایســه با گیاهچه‌های تیمار نشــده نشــان دادنـد. در تحقیقی دیگر نشـــان داده شـــد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسـیداز و سوپراکسیددیسموتاز در بذرهای پرایم شده گیاه وسـمه[1] به صورت قابل توجهی افزایش و خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش شوری بسیار کاهش یافت (Jiang et al., 2020).

مطالعه روابط همبستگی (جدول ۷) نشان داد که اثر پرایمینگ بر افزایش فعـالیـت آنزیم‌هـا موجـب بهبود درصـــد و ســـرعـت جوانه‌زنی و کاهش متوسط مدت جوانه‌زنی شده است.

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در کلزا

Table 7- The simple correlation coefficient among studied traits in Rapeseed seed

	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity enzyme	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity enzyme	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد نهایی جوانه‌زنی Final germination percentage
فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity enzyme	1				
فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity enzyme	0.41	1			
متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	-0.65^{xx}	-0.62^{x}	1		
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.79^{xx}	0.77^{xx}	-0.48^{x}	1	
درصد نهایی جوانه‌زنی Final germination percentage	0.78^{xx}	0.74^{xx}	-0.62^{x}	0.83^{xx}	1

^{x} و ^{xx} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

^{x} and ^{xx} indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively.

نتیجه‌گیری

بهبود در رشـد گیاهچه، توسعه و اسـتقرار آن با کارایی جذب آب گیاهچه‌های به‌دسـت آمده از بذرهای پرایم‌شده همبستگی دارد. در این تحقیق بذرهای پیش‌تیمار شـده بوسیله KNO_3 درصد جوانه‌زنی بـالاتر، متوســط زمان جوانه‌زدن کمتر و گیاهچه‌های قوی‌تر تولید کردند، ضمن این‌که تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته در واحد سطح نیز بیش‌تر بود. بنابراین پیش‌تیمار کردن با نیترات‌پتاسیم ممکن است یک روش کارآمد جهت غلبه بر مشـکلات جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه در مزرعه به‌خصـوص در شـرایط شوری باشد. در بذرهای پرایم‌شـده، فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسـیدانتی و حفاظت اسـمزی افزایش و غلظـت مالون‌دی‌آلدئید کاهش یافت، که نشـــان از فعال شـدن سـیستم دفاعی در مقابل تنش شوری به‌واسطه پرایمینگ بوده است. اختلاف رفتار رقم مشاهده شده در این تحقیق نتیجه اختلاف ژنتیکی بوده و بیان‌گر آن اسـت که این صـفات ممکن اسـت برای انتخـاب ژنتیکی بین ارقـام بـه‌کـار رود. علاوه بر این، تکنیـک پرایمینگ سـودمندی‌های دیگری نظیر آسـان و کم هزینه بودن را دارا اسـت. شـایان ذکر اسـت تکنیک پرایمینگ با KNO_3 و دیگر شـیوه‌های پرایمینگ نیاز به مطالعات بیش‌تری در خصـوص دیگر گیاهان روغنی در شرایط مزرعه جهت حصول نتایج ارزشمند دارد.

سپاسگزاری

بدین وسـیله از ریاسـت محترم دانشکده کشاورزی و کارشناسانان آزمایشگاه تکنولوژی بذر قدردانی می‌گردد.

[1] *Isatis tinctoria* L.

تعارض منافع

نویسنده این مقاله اعلام می دارد که هیچ گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارد.

References

Abraha, B., & Yohannes, G. (2013). The role of seed priming in improving seedling growth of maize (Zea mays L.) under salt stress at field conditions. *Agricultural Science*, *4*, 666–672. https://doi.org/10.4236/as.2013.412089

Aebi, H. E. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, *105*, 121–126.

Aghbolaghi, M. A., & Sedghi, M. (2014). The effect of halo and hydro priming on germination characteristics of millet seeds under salinity stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, *47*(2), 41–48.

Ahmadpour Dehkordi, S., & Balouchi, H. R. (2012). Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipid peroxidation of cell membrane in black cumin (Nigella sativa) seedlings under salinity and drought stress. *Electronic Journal of Crop Production*, *5*(4), 63–85. [In Persian]

Ansari, K., Salehi, A., Movahedi Dehnavi, M., & Heidari, S. (2018). Investigating the effect of different seed treatments on germination and activity of some antioxidant enzymes of Echinacea purpurea L. *Iranian Journal of Seed Science & Research*, *3*(3), 1–10. [In Persian]

Ascherman-Koch, C., Hofmann, P., & Steiner, A. M. (1992). Pre-sowing treatment for improving quality in cereals. I. Germination and vigour. *Seed Science & Technology*, *20*, 435–440.

Bates, L. S., Waldre, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, *39*, 205–208. https://www.jstor.org/stable/42932378

Bhattacharjee, S., & Mukherjee, A. K. (2002). Salt stress-induced cytosolute accumulation, antioxidant response, and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. *Seed Science & Technology*, *30*, 279–287.

Burgass, R. W., & Powell, A. A. (1984). Evidence for repair processes in invigoration of seeds. *Annals of Botany*, *53*, 753–757. https://www.jstor.org/stable/42757439

Christos, A., Spyridon, D., Koutroubas, D., & Fotiadis, S. (2019). Hydro-priming effects on seed germination and field performance of faba bean in spring sowing. *Agriculture*, *9*(9), 201. https://doi.org/10.3390/agriculture9090201

Damirkaya, M., Okgu, G., Atak, G. Y., & Kolsarici, O. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (Helianthus annuus L.). *European Journal of Agronomy*, *24*, 291–295. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001

Dawood, M. G. (2018). Stimulating plant tolerance against abiotic stress through seed priming. In A. Rakshit & H. Singh (Eds.), *Advances in Seed Priming*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_10

Ellis, R. A., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science & Technology*, *9*, 373–409.

Farhoudi, R., & Motamedi, M. (2010). Effect of salt stress and seed size on germination and early seedling growth of safflower (Carthamus tinctorius L.). *Seed Science & Technology*, *38*, 73–78. https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.1.07

Farhoudi, R., Saeedipour, S., & Mohammadreza, D. (2011). The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, and proline and carbohydrate accumulation of muskmelon (Cucumis melo L.) under saline conditions. *African Journal of Agricultural Research*, *6*, 1363–1370.

Farooq, S., & Azam, F. (2006). The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerance in wheat varieties. *Journal of Plant Physiology*, *163*, 629–637. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.06.006

Ghanati, F., Morita, A., & Yokota, H. (2002). Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells. *Soil Science & Plant Nutrition*, *48*, 357–364. https://doi.org/10.1080/00380768.2002.10409212

Gholami Tilehbeni, M., Babayan, S., Mosavinik, M., & Ahmadian, A. (2010). Evaluation of heterotrophic growth of rice seedlings and changes in proline and solution sugar concentrations under seed deterioration levels. In *5th National Conference on New Ideas in Agriculture*. https://civilica.com/doc/129156

Gholami, S., Salehi, A., & Moradi, A. (2015). Effects of maternal plant nutrition on the absorption of some nutritional elements and germination characteristics of cumin (Cuminum cyminum L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *4*(1), 119–118. [In Persian]

Godfery, W. N., Onyango, J. C., & Beck, E. (2004). Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*, *44*, 806–811. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.8060

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology*, *51*, 463–499. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.463

Hedge, J. E., & Hofreiter, B. T. (1962). Carbohydrates chemistry (17th ed.). *Academic Press.*

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

Ikic, I., Maricevic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Atovic, Z. S., & Arcevic, H. S. (2012). The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheat. *Euphytica*, *188*, 25–34. https://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8

Jiang, X. W., Zhang, C. H., Wang, C. R., Xu, G. H., & Zhang, H. Y. (2020). Seed priming improves seed germination and seedling growth of Isatis indigotica Fort. under salt stress. *Horticultural Science*, *55*(5), 647–650. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14854-20

Jumsoon, K., Jeuonlai, C., & Ywonok, J. (1996). Effect of seed priming on the germinability of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) seeds under water and saline stress. *Journal of Korean Society & Horticulture Science*, *37*, 516–521.

Kattimani, K. N., Reddy, Y. N., & Rajeswar Rao, B. (1999). Effect of pre-sowing seed treatment on germination, seedling emergence, seedling vigour, and root yield of Ashwagandha (Withania somnifera Daunal.). *Seed Science & Technology*, *27*, 483–488.

Kaur, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2006). Effect of hydro and osmo-priming of chickpea (Cicer arietinum L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. *Plant Growth Regulation*, *49*, 177–182. https://doi.org/10.1007/s10725-006-9103-9

Keikha, M., Noori, M., & Keshtehgar, A. (2016). Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of mungbean (Vigna radiata). *Iranian Journal of Pulses Research*, *7*(2), 138–151. https://doi.org/10.22067/ijpr.v7i2.45907

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A., & Bingham, I. J. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. *Seed Science & Technology*, *31*, 715–725. https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.20

Maggio, A., Dalton, F., & Piccinni, G. (2002). The effect of elevated carbon dioxide on static and dynamic induced for tomato salt tolerance. *European Journal of Agronomy*, *16*, 197–206. https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00128-9

McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In **M. Black** & **J. D. Bewley** (Eds.), *Seed technology & biological basis* (pp. 287–325). Sheffield Academic Press.

Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F., & Aynehband, A. (2009). Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. *Journal of Food and Agronomy Environment*, *7*(34), 353–358.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, *25*, 239–250. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Munns, R. A., Gardner, M. L., & Rawson, H. M. (1988). Growth and development in NaCl treated plants. II. Do Na+ or Cl- concentrations in dividing or expanding tissue determine growth in barley? *Australian Journal of Plant Physiology*, *15*, 529–540. https://doi.org/10.1071/PP9880529

Munns, R., & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant & Soil*, *253*, 201–218. https://doi.org/10.1023/A:1024553303144

Omidi, H., Soroushzadeh, A., Salehi, A., & Ghezeli, F. (2005). Evaluation of osmo-priming pretreatments on germination of rapeseed. *Agricultural Science & Technology*, *19*(2), 1–10.

Paraver, A., Omidi Sadat, H., Ehsannezhad, H., & Amirzadeh, M. (2015). Effect of hydro priming on coneflower (Echinacea purpurea) seed germination and seedling growth under salt stress. *Journal of Seed Ecophysiology*, *1*(1), 57–69. https://doi.org/10.22077/SEJ.2015.370

Parker, R. E. (1973). *Introductory statistics for biology.* Edward Arnold.

Ramezanzadeh Sarasti, N. (2011). *Investigating mechanisms of deterioration in cotton seed: Lipid peroxidation and hydrolysis of sugars* (Master's thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources). [In Persian]

Razani, M., Mir Mohammadi, T., & Jalilnejad, N. (2016). The effect of polyethylene glycol surfaces on biochemical properties and dry weight of maize plant seed. *Third Conference on New Findings in the Environment and Agricultural Ecosystems*, New Energy and Environment Institute, University of Tehran. https://civilica.com/doc/586845/

Ruan, S., Xue, Q., & Tylkowska, K. (2002). The influence of priming on germination of rice (Oryza sativa L.) seed and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Science & Technology*, *30*, 61-67. Corpus ID: 82067394

Sanchez, F.J., Manzanarcs, M., Andres, R.F., Tcrnorio, J.L., De Ayerbe, L., & De Andres, F.F. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*, *59*, 225-235.

Shaaban, M. (2016). Effect of aging on enzymatic and non-enzymatic antioxidant changes and biochemical characteristics in barley (Hordeum vulgare L.) seeds cv. Valfajr. *Iranian Journal of Seed Science Research*, *3*(3), 79-93. https://doi.org/20.1001.1.24763780.1395.3.3.8.6 [In Persian]

Shahi, A., Farhoudi, R., & Mosavi, M. (2009). Effect of seed pretreatment on summer squash (Cucurbita pepo) seed germination and seedling characteristics under salinity condition. *Seed Science & Biotechnology*, *3*(1), 5-11.

Sivritepe, N., Sivritepe, H. O., & Eris, A. (2003). The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline condition. *Science Horticulture*, *97*, 229-237. http://www.academicjournals.org/AJB

Tavili, A., Safari, B., & Saberi, M. (2008). Comparing the impact of the application of gibberellic acid and potassium nitrate on improving germination characteristics of Salsola rigida. *Grassland*, *3*(2), 272-280. [In Persian]

Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L., & Gasparikora, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize. *Plant Soil Environment*, *52*(4), 186-191.

Verma, S. K., Bjpai, G. C., Tewari, S. K., & Singh, J. (2005). Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. *Legume Research*, *28*(2), 143-145.

Wang, W., Peng, S., Chen, Q., Mei, J., Dong, H., & Nie, L. (2016). Effects of pre-sowing seed treatments on establishment of dry direct-seeded early rice under chilling stress. *AoB Plants*, *8*, plw074. https://doi.org/10.1093/aobpla/plw074

Yonesi, A., Bahadori, A., Azadi, M., & Ansari, O. (2013). The effect of hydro priming and accelerated ageing on germination parameters and catalase enzyme in Panicum miliaceum (Pennisetum americanum L.). *Journal of Seed Research*, *3*(4), 61-70.