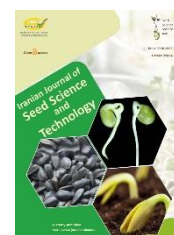




Iranian Journal of Seed Science and Technology



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/ijst.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

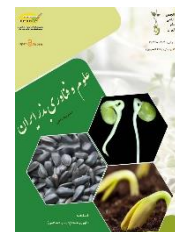
The results showed that the germination percentage of primed seeds was more than non-primed seeds. It seems that tolerance to salinity in primed seeds is due to the higher ability of these seedlings in osmotic regulation. In pot culture, the results showed that salt stress reduced the dry weight of seedlings 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.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

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

سعید سعیدی‌پور^{۱*}

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

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

واژه‌های کلیدی:

اسموپرایمینگ،

شوری،

فعالیت آنتی‌اکسیدانتی،

نیترات پتاسیم،

۴۰۱ هاپتول

نویسنده مسئول:

saeedsaeedipour@iau.ac.ir

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی اثرات اسمو-پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی، گیاهچه‌ای و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط تنش شوری انجام گرفت. بذره‌های دو رقم کلزای بهاره (Ocapi و Hayola 401) با نیترات پتاسیم (KNO_3) ۲۹/۵ میلی‌مولار به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس پیش تیمار شدند. در آزمایش اول بعد از انجام پرایمینگ، ۲۵ عدد بذر پرایم شده و نشده در پت‌دیش‌هایی با ۴ سطح تنش شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار نمک طعام) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار قرار داده شدند. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذره‌های پرایم شده بیش از بذره‌های پرایم نشده بود. به نظر می‌رسد که تحمل به شوری در بذره‌های پرایم شده 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 میلی‌مولار نمک طعام) آبیاری شدند. این آزمایش نیز به صورت 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 بذره‌های پرایم شده بیش از بذره‌های پرایم نشده بود. نتایج برهم‌کنش چند جانبه نیز نشان داد که بذره‌های پرایم شده فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی بالاتر و محتوای قندهای محلول و پرولین بیش‌تری داشتند. در عین حال خسارت غشاء سلولی در آن‌ها به دلیل غلظت کم‌تر مالون‌دی‌آلدئید نسبت به بذره‌های پرایم نشده پایین‌تر بود. تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، بیش‌ترین وزن خشک، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی، تجمع قندهای محلول و غلظت کم‌تر مالون‌دی‌آلدئید در رقم هاپتول ۴۰۱ مشاهده شد. این تحقیق نشان داد که پرایمینگ با KNO_3 بینه بذره‌های کلزا را تحت شرایط تنش بهبود می‌بخشد.

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/ijssst.2023.362784.1493>

مقدمه

پرایمینگ بذر راه‌کاری است که به‌واسطه آن بذرهای پیش از قرار گرفتن 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 پرایم‌شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا-آمیلاز، افزایش سطح قابلیت انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش ستر 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 یافته است (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 بذر می‌شود و به‌دنبال آن بنیه بذر طی جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه در گونه‌های مختلف گیاهی بهبود می‌یابد (Davood, 2018). (Sahi et al. (2009) دریافته‌اند که شوری، جوانه‌زنی بذرهای 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) دریافته‌اند که تنش شوری تولید مالون‌دی‌آلدئید و خسارت به غشاء سلولی برگ گیاهچه‌های برنج را افزایش می‌دهد. تولید گونه‌های اکسیژن فعال^۱ (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 نوکلئیک‌ها شود (Petrov et al., 2015). در مقابل، افزایش تحمل به شوری ناشی از اسموپرایمینگ بذرهای به‌واسطه افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز^۲، پراکسیداز^۳ و سوپراکسید دیسموتاز^۴ در آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*)، خربزه (*Cucumis melo L.*) و گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum Mill.*) (Damirkaya et al., 2015).

¹ Reactive Oxygen Species

² Catalase

³ Peroxidase

⁴ Super oxide dismutase

در هر تیمار، ۲۵ عدد بذر درون هر پتری دیش به قطر نه سانتی متر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد و با محلول‌های مختلف شوری تیمار شدند. به منظور کاهش تبخیر آب دور پتری دیش‌ها با پارافیلیم بسته و به ژرminatور (مدل +A، کد محصول ۷۲۳۹۶، ساخت شرکت نور صنعت فردوس) با دمای ۲۰ درجه سلسیوس منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه زده به صورت روزانه و تا ۱۰ روز ادامه داشت (Kaur et al., 2005). بذرهایی که طول ریشه چه آنها به دو میلی متر می رسید، جوانه زده محسوب می شدند (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.

$$GP = \left(\frac{n}{N}\right) \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

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

$$MGT = \sum(nt)/\sum n \quad \text{رابطه ۳}$$

در این روابط GP، GR، و MGT به ترتیب درصد، سرعت و متوسط جوانه زنی، N تعداد کل بذر، n تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و t زمان به روز است. در پایان آزمایش برای محاسبه وزن خشک، گیاهچه‌ها برای مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت (Keikha et al., 2016). از آنجا که داده‌های آزمایش‌های جوانه زنی به صورت شمارش یا درصد به دست می آیند در بسیاری از موارد این داده‌ها دارای توزیع دو جمله‌ای بوده و نرمال نمی باشند، لذا نیاز به تبدیل داده‌ها ضرورت دارد. اصولاً برای تبدیل داده‌های جوانه زنی از تبدیل زاویه‌ای (ArcSin x) استفاده می شود (Parker, 1993).

آزمایش دوم

در این مرحله بذرهای ۲۰ عدد بذر پرایم شده و نشده در گلدان‌هایی 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 سانتی متر) برای مدت سه هفته در محیط گل خانه با دمای ۱۶/۲۶ درجه سلسیوس (روز/شب) نگهداری شدند.

(al., 2006; Jumsoon et al., 1996; Sivritepe et al., 2003 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 جوانه زنی بیش تری بودند. هم چنین Uonesi et al. (2013) گزارش کردند که اعمال پیش تیمار بذر ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت به ویژه آنزیم کاتالاز و نیز افزایش درصد و سرعت جوانه زنی نسبت به تیمارهای پیش تیمار نشده شد. هدف از این تحقیق بررسی اثرات اسموپرایمینگ بر پویایی جوانه زنی و رشد گیاهچه‌ای دو رقم کلزا (Hayola 401 Okapi & پرایمینگ بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی می باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه گروه تکنولوژی و علوم بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، با هدف بررسی تأثیر پیش تیمار نترات پتاسیم (با کد کالای A7773) بر خصوصیات جوانه زنی و برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی 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)^۱، ایستگاه تحقیقات صفی آباد دزفول تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، بذرهای در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت سه دقیقه استریل شدند، سپس با آب مقطر شست شو 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 نترات پتاسیم و عدم پرایمینگ به عنوان شاهد) ۲- شوری حاصل از کلرید سدیم در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار) با چهار تکرار انجام شد. بذرهای کلزا در محلول نترات پتاسیم ۲۹/۵ میلی مولار برای مدت ۱۲ ساعت پیش تیمار شده، سپس کشت انجام شد (Ansari et al., 2018).

¹ The International Institute of Tropical Agriculture

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 ۰/۱ مولار با $\text{pH} = 6/8$ ، همگن شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰g در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. فاز بالایی عصاره به دست آمده برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. به سه میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 7$ حاوی آب اکسیژنه 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 ۰/۰۳۹۴ میلی‌مول بر سانتی‌متر بود (Aebi, 1984).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، دو میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 6/1$ ، ۰/۵ میلی‌لیتر گایاکول ۲۸ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر 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

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 به صورت 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 تری کلرو استیک اسید (TCA) یک درصد (w/v) در هاون چینی سرد و با قرار دادن در ظرف یخ به صورت همگن درآمد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰g (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 سانتریفوژ 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 به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰g در دقیقه سانتریفوژ گردید و محلول شفاف به دست 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

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 میلی‌گرم در سطح شوری صفر، با کاهش ۵۶/۸ درصدی به ۳۲/۱۱ میلی‌گرم در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول 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) به ترتیب کاهش ۶۹، ۶۲ و ۵۹ درصدی را نشان دادند (جدول ۲). محققین نشان دادند که جوانه‌زنی به شکل مستقیم وابسته به میزان جذب آب بوده و با افزایش شوری در محیط رشد به تأخیر می‌افتد. این بازدارنده ناشی از تنش اسمزی و یا اثرات سمی یونی است (Munns et al., 1988). شوری از طریق کند کردن و یا کاهش تجزیه مواد ذخیره‌ای بذرها، موجب توقف تقسیم سلولی، طولیل شدن و صدمه به هیپوکوتیل می‌شود (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 میلی‌گرم، درحالی‌که در بذرهای پرایم‌نشده این مقادیر به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۶ میلی‌گرم بود. از این رو 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	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی نهایی	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	وزن خشک گیاهچه
S.O.V.	D.F.	FGP	GR	MGT	Seedling dry weight
رقم	1	220.11 ^{ns}	1.82 ^{ns}	6.9 ^{ns}	7.16 ^{ns}
Cultivar					
پیش تیمار	1	17.04 ^{ns}	0.142 ^{ns}	7.41 ^{ns}	7.94 ^{ns}
Priming					
شوری	3	1.85 ^{**}	15.9 ^{**}	0.034 ^{**}	0.251 ^{**}
Salinity (dS/m)					
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

×× indicate significant at 1% probability level.

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

جدول ۲- 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 (میلی مولار) Salinity level (mM NaCl)	وزن خشک گیاهچه (میلی گرم) 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 and FGP به ترتیب مخفف متوسط زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی نهایی می‌باشند.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم کنش 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 (میلی مولار) Salinity level (mM NaCl)	پیش تیمار Priming	هاپولا (۴۰۱) Hayola 401		اکاپی Ocapi		هاپولا (۴۰۱) Hayola 401		اکاپی Ocapi			
		وزن خشک گیاهچه (میلی گرم) Seedling dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه (میلی گرم) Seedling dry weight (mg)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) MGT (day)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) MGT (day)	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP (%)	درصد جوانه‌زنی نهایی FGP (%)	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	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	2.9 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	2.7 e	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	2 e	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	6.2 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	4.1 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	8.3 ab	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	4.8 c	4.8 c	75.5 d	84 c

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار 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

جوانه‌زنی بذرها اثر مثبت داشت و این اثر احتمالاً به دلیل اثرات تحریک‌کنندگی پرایمینگ بر مراحل اولیه فرآیند جوانه‌زنی از طریق دخالت در تقسیم سلولی بذرها 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 (Damirkaya et al.,

شوری موجب افزایش زمان جوانه‌زنی بذرها شد. پرایمینگ بذور، متوسط زمان جوانه‌زنی هر دو رقم کلزا را کاهش داد. بذرها پرایم شده تحت شرایط شوری زودتر از بذرها پرایم نشده جوانه زدند. بذرها پرایم شده 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

می‌شود (Tavili et al., 2006; Ruan et al., 2002). همچنین گزارش شده است پیش تیمار با نیترات پتاسیم باعث توزیع مواد فتوسنتزی بیش تر به اندام‌های هوایی و افزایش فعالیت ساکارز سنتتاز و گلوتامین سنتاز می‌شود که در نتیجه باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و ظهور سریع تر گیاهچه می‌شود (Omidi et al., 2005).

شوری درصد جوانه‌زنی نهایی را در بذره‌های پرایم‌شده و نشده کاهش داد و با افزایش سطح؛ میزان کاهش، بیش تر بود. تیمار پرایمینگ اثرات زیان آور شوری را بر درصد جوانه‌زنی در مقایسه با بذره‌های پرایم‌نشده کاهش داد (جدول ۳). بیش ترین و کم ترین درصد جوانه‌زنی در شوری ۱۵۰ میلی مول نمک طعام با ۸۴ و ۵۲/۱ درصد به ترتیب مربوط به بذره‌های پرایم‌شده و پرایم‌نشده، هابولا ۴۰۱ و اکاپی بود (جدول ۳). بذره‌های 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 ساقچه‌چه آغاز

می‌شود (Ascherman-Koch et al., 1992). (2008) نیز گزارش دادند که پیش تیمار بذره‌های علف شور با اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی شد. آن‌ها بیان داشتند پیش تیمار بذور سبب تسریع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها، فعال نمودن ژن‌های کدکننده آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی بذور به ویژه آلفا آمیلاز می‌شود و بذرها را برای جوانه‌زنی آماده تر 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 آنتی اکسیدان‌ها در سطح آماری یک درصد معنی دار بوده، در عین حال بر میزان تغییرات پرولین معنی دار 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}
پیش تیمار 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 ** به ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد

× and ×× indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively. MDA abbreviated of Malondialdehyde

دقیقه در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار 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 میلی گرم بر گرم وزن خشک در سطح شوری صفر به صورت خطی، تا ۵/۷۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار نمک طعام رسید. غلظت مالون دی آلدئید نیز که به عنوان شاخص بروز خسارت به غشاهای سلولی معرفی می شود نیز با افزایش سطح شوری، از ۰/۰۱۶ میکرومول بر گرم وزن تازه در تیمار شاهد به ۰/۱۸۸ میکرومول بر گرم وزن تازه در سطح شوری ۱۵۰ میلی مول رسید (جدول ۵).

با افزایش سطح شوری وزن خشک گیاهچه از ۱/۳۷ گرم در تیمار شاهد (شوری صفر) به ۰/۹۴ گرم در سطح شوری ۱۵۰ میلی مول کاهش یافت (جدول ۵). بیشترین فعالیت آنتی اکسیداتی در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار مشاهده شد. به طوری که فعالیت کاتالاز از ۴/۰۷ میلی گرم آب اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه با افزایش ۸۶ درصد به ۷/۶ میلی گرم آب اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار رسید. فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز تغییر چشمگیری نشان داد به طوری که از ۸/۸ میلی گرم آب اکسیژنه بر گرم پروتئین در دقیقه در سطح شوری صفر به ۱۹/۱ میلی گرم آب اکسیژنه بر گرم پروتئین در

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 (میلی مولار) Salinity level (mM NaCl)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity enzyme (mgH ₂ O ₂ /g.pro/min)	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity enzyme (mgH ₂ O ₂ /g.pro/min)	غلظت مالون دی آلدئید (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

فراآیندهای نموی را با سرعت بیش تری در مقایسه با بذره‌های پرایم نشده پیش می برند (Kattimani et al., 1999). شواهد بسیاری وجود دارد که نشان می دهد بسیاری از مکانیسم های فیزیولوژیکی در گیر در بذره‌های پرایم شده موجب ترمیم خسارت های سلولی و مولکولی مرتبط با پیری می شوند که طی نمو بذر به وقوع می پیوندد (Bray, 1995; Burgass & Powell, 1984). همین طور بهبودی در توسعه فعالیت های متابولیکی طی مرحله دوم جذب آب (که نسبتاً طولانی است) رخ می دهد و موجب توان مندی خروج ریشه چه می گردد (Dell'Aquila & Beweley, 1989). برخی تغییرات مورفولوژیکی نیز در بذره‌های پرایم شده رخ می دهد که در رشد بعدی جنین سودمند است از جمله نسبت آندوسپرم بذر که طی پرایمینگ هیدرولیز می شود و موجب رشد سریع تر جنین می گردد (Burgass & Powell, 1984). گزارش هایی دال بر اینکه

اثرات متقابل دو گانه، شوری × پرایمینگ و شوری × رقم و همین طور برهم کنش سه گانه رقم × پرایمینگ × شوری بر وزن خشک گیاهچه و سایر صفات فیزیولوژیکی اندازه گیری شده معنی دار بود (جدول ۴). بررسی اثرات چند گانه نشان داد که وزن خشک گیاهچه در هر دو رقم با افزایش شوری به ویژه در بذره‌های پرایم نشده در مقایسه با بذره‌های پرایم شده به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت (جدول ۶). این رخداد به دلیل تأثیر تنش شوری بر بیوسنتز و جایگاه عمل هورمون های گیاهی است (Munns et al., 1988). به واقع بهبود بنیه بذره‌های پرایم شده احتمالاً به دلیل وضعیت فیزیولوژیکی تغییر یافته جنین می باشد. همین طور می تواند ناشی از رهاسازی آنزیم هایی باشد که موجب افزایش سریع در تولید مواد غذایی محلول می شوند. از این رو سیستم گیاهی در بذره‌های پرایم شده به واسطه از پیش آمادگی، به هنگام کاشت،

¹Lag Phase

پراکسیداسیون چربی‌ها در شرایط شوری گردد. 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 پساایدگی بوده است. به‌طور هم‌زمان، غلظت مالون‌دی‌آلدئید 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 بذره‌های پرایم‌نشده بهبود بخشید، با افزایش شوری تا ۱۵۰ میلی‌مول، غلظت مالون‌دی‌آلدئید در بذره‌های پرایم‌نشده و پرایم‌شده رقم اکاپی به‌ترتیب ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۸ میکرومول بر گرم وزن تازه و برای رقم هایولا ۴۰۱ این مقادیر ۰/۰۱۸ و ۰/۰۱۳ میکرومول بر گرم وزن تازه ثبت شد (جدول ۶). افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدئید و خسارت غشاء سلولی تحت شرایط تنش شوری ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن است.

پرایم بذر موجب مضاعف شدن سریع‌تر DNA، افزایش RNA و سنتز پروتئین، افزایش رشد جنین، و ترمیم بخش‌های خسارت‌دیده بذر و کاهش نشت متابولیت‌ها می‌گردد، 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 بذره‌های 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 بذره‌های پرایم‌نشده افزایش داد (جدول ۶). (Hasegawa et al. 2000). عنوان کردند که تنظیم اسمزی به تحمل تنش شوری کمک می‌کند. تنظیم اسمزی در گیاهان از طریق سنتز ترکیبات سازگار نظیر پرولین، قندها و اسیدهای آلی صورت می‌گیرد. سایر تحقیقات نشان داده که پرولین ممکن است به‌عنوان یک محافظ آنزیمی عمل کند و موجب کاهش

جدول ۶- مقایسه میانگین برهم کنش 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

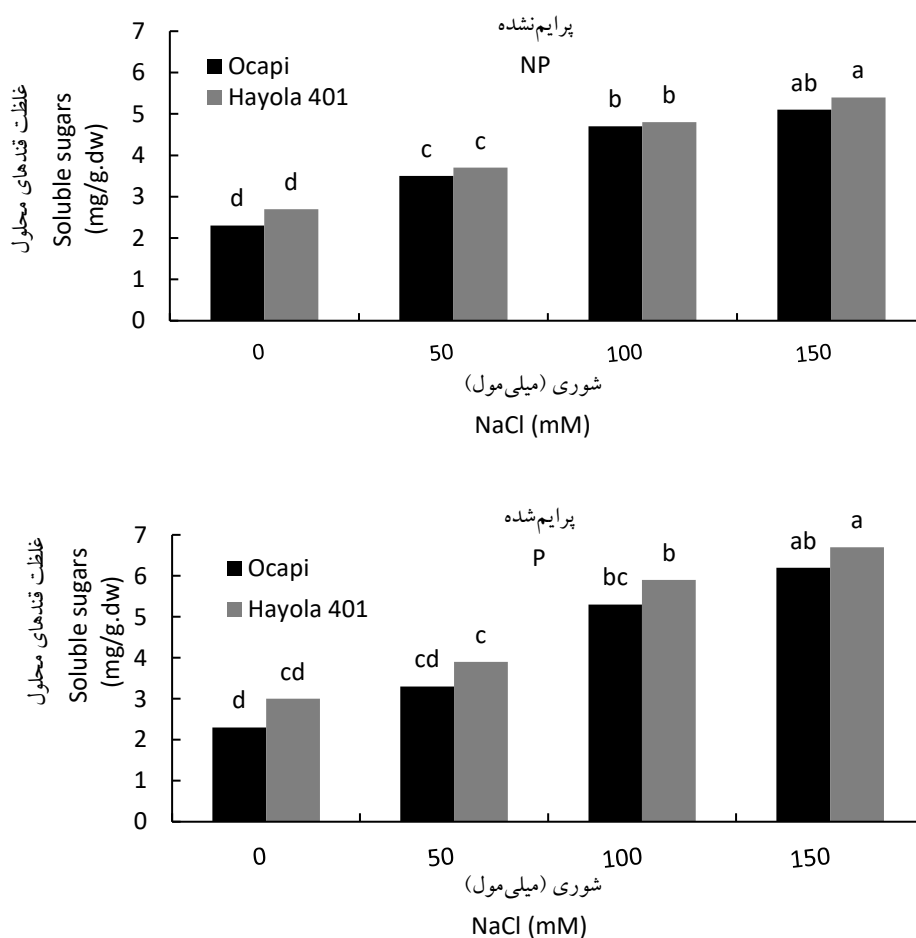
سطح شوری (میلی‌مولار) Salinity level (mM NaCl)	پیش تیمار Priming	اکاپی	هایولا (۴۰۱)	اکاپی	هایولا (۴۰۱)	اکاپی	هایولا (۴۰۱)
		Ocapi	Hayola 401	Ocapi	Hayola 401	Ocapi	Hayola 401
		وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	غلظت پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Proline concentration (mg/g.fw)	غلظت پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Proline concentration (mg/g.fw)	غلظت مالون دی‌آلدئید (میکرومول بر گرم وزن تازه) MDA concentration (μmol/g.fw)	غلظت مالون دی‌آلدئید (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.

معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. سایر محققین افزایش قندهای محلول را در شرایط تنش شوری، خشکی و سرما در بذرها (Zolami Tilehbeni et al., 2016)، برنج (Ramazanzadeh Sarasti et al., 2010; Wang et al., 2016)، پنبه (al., 2010; Wang et al., 2016) گزارش کردند.

محتوای قندهای محلول برگ‌های هر دو رقم در بذرها پرآیم شده و نشده با افزایش شوری، افزایش یافت (شکل ۱)، اما در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مول شوری، غلظت قندهای محلول در بذور پرآیم شده در مقایسه با بذرها پرآیم نشده بیش تر بود. مقایسه محتوای قندهای محلول بذرها ارقام در هر سطح شوری، صرف نظر از تیمار پرآیم‌نگ به لحاظ آماری تفاوت



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

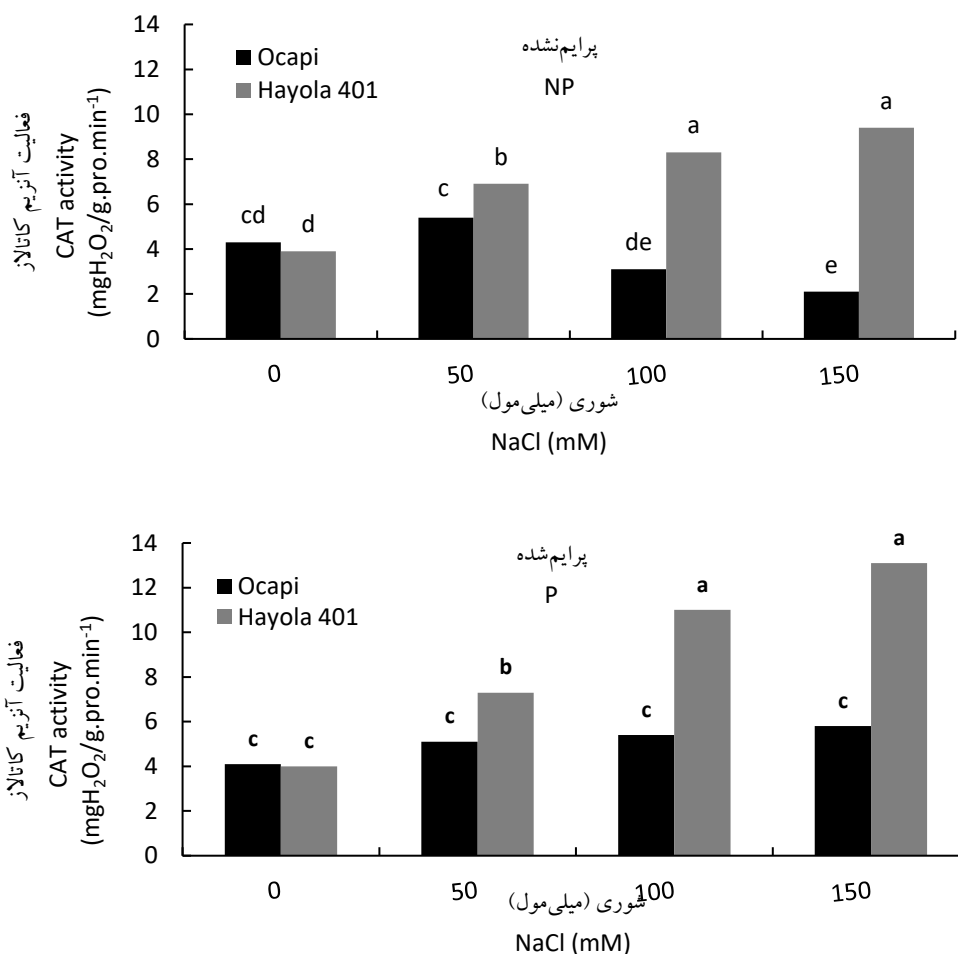
Figure 1- Effect of salt stress on leaves soluble sugars of two primed and non-primed spring rapeseed

با افزایش سطح شوری، فعالیت این آنزیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. پرآیم‌نگ بذرها محتوای این آنزیم را در هر دو رقم افزایش داد. این افزایش در رقم اکاپی؛ از ۲/۱ میلی‌گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه در بذرها پرآیم نشده به ۵/۸ میلی‌گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه در بذرها پرآیم شده در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول رسید و در تیمار نظیر آن در رقم هایولا، فعالیت این آنزیم از ۹/۴ میلی‌گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین

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 بذرها پرآیم شده و نشده رقم هایولا ۴۰۱ در مقایسه با رقم اکاپی بیش تر بود (شکل ۲)، با افزایش سطح شوری در بذرها پرآیم نشده اکاپی میزان فعالیت کاتالاز به‌طور چشمگیری کاهش یافت و به پایین‌ترین مقدار در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مول رسید. حال آن‌که در رقم هایولا ۴۰۱

دفاعی آنتی اکسیدانتی را در هر دو رقم راه اندازی کرد.

در دقیقه به ۱۳/۱ میلی گرم H_2O_2 بر گرم پروتئین در دقیقه افزایش یافت. از این رو تیمار پرایمینگ به شکل کارآمدی فعالیت سیستم



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

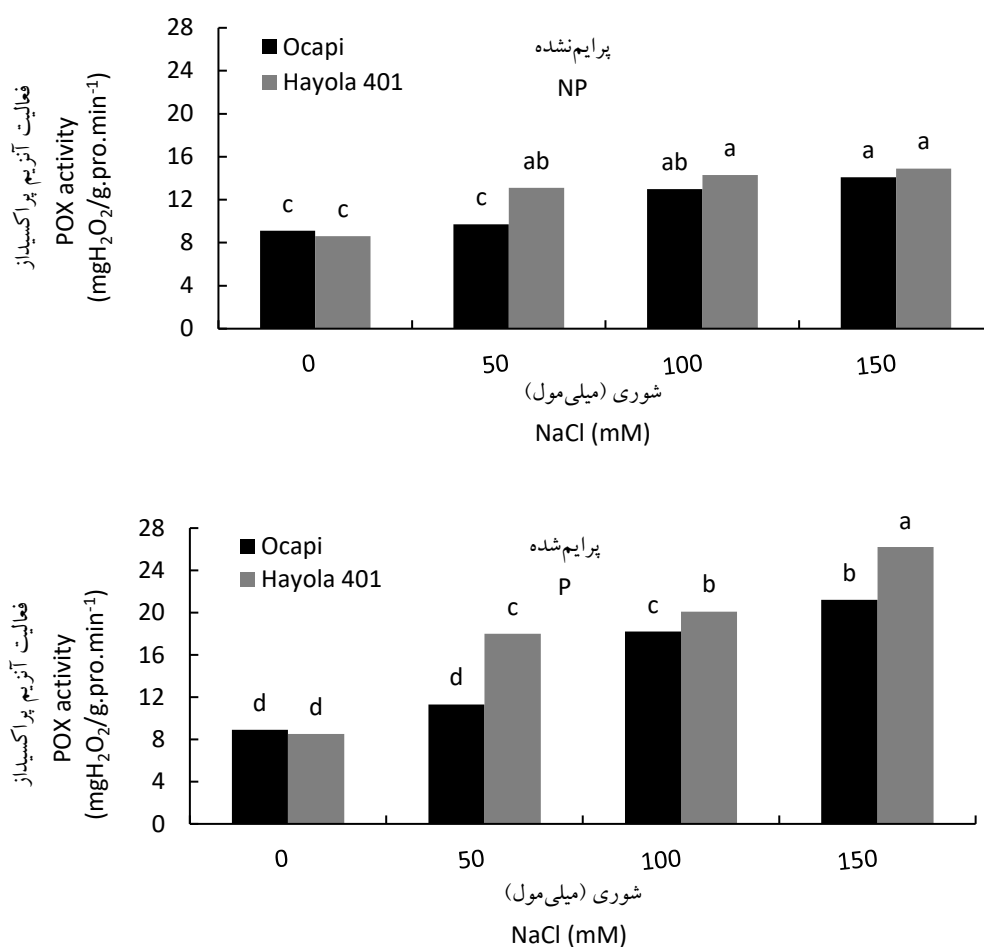
Figure 2- Effect of salt stress on leaves catalase enzyme activity of two primed and non-primed spring rapeseed

دادند که شرایط زیان آور محیطی نظیر شوری منجر به بروز تنش های ثانویه اکسیداتیو می شوند (Bandeoglu et al., 2004; Farhoudi, 2010; Munns & James, 2003). سیستم دفاعی آنتی اکسیدانتی می تواند سلول های گیاهی را در قبال خسارت های اکسیداتیو حمایت کند. کاتالاز و پراکسیداز از مهم ترین آنزیم های حفاظتی در مقابل گونه های فعال اکسیژن هستند. همبستگی بین فعالیت آنزیمی آنتی اکسیدانتی و تحمل به شوری در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (Ashraf & Ali, 2008; Munns, 2002). (Moosavi et al. (2009) نیز نشان دادند پیش

به لحاظ فعالیت پراکسیداز در بذرها پرایم نشده هر دو رقم، در غلظت های بالای شوری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مول) اختلاف معنی داری 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). می توان اظهار کرد که همبستگی بسیار قوی بین تحمل به شوری و فعالیت آنتی اکسیدانتی حاصل از پرایمینگ وجود دارد، زیرا بذرها پرایم شده وزن خشک و فعالیت آنزیمی بیش تری را در شوری های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مول نشان دادند. محققین گزارش

جنین باشد. افزایش در سرعت سنتز DNA در بذره‌های پیش تیمار شده، تنها پس از شش تا ۱۲ ساعت 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 بذره‌های پرآیم شده است. Ashraf & Ali (2008) گزارش دادند که فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی نظیر کاتالاز و پراکسیداز تحمل به شوری در گیاهچه‌های کلزا را بهبود بخشیده است.

تیمار بذره‌های گل همیشه بهار^۱ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، به خصوص کاتالاز و پراکسیداز را در مقایسه با بذره‌های پرآیم نشده افزایش می‌دهد. در مطالعه Farhoudi et al. (2011) بر گیاه خربزه^۲ نیز مشخص شد که گیاهچه‌های حاصل از بذره‌های پیش تیمار شده در مقایسه با گیاهچه‌های رشد یافته از بذره‌های پیش تیمار نشده، فعالیت کاتالاز بیش‌تری داشتند. دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در اثر پیش تیمار، می‌تواند در اثر ساخت DNA در جنین در مدت پیش تیمار و در غیاب سلول‌های تقسیم‌شونده و به دنبال آن افزایش سرعت سنتز در بافت



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

Figure 3- Effect of salt stress on leaves peroxidase enzyme activity of two primed and non-primed spring rapeseed

(جدول ۷)؛ همین‌طور درصد جوانه‌زنی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با فعالیت آنزیم کاتالاز ($r=0.78^{**}$) و پراکسیداز

سرعت جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری با فعالیت آنزیم کاتالاز ($r=0.79^{**}$) و پراکسیداز ($r=0.77^{**}$) داشت

¹ *Calendula officinalis*

² *Cucomin melon*

جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده نشان دادند. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز در بذره‌های پرایم شده گیاه و سمه^۱ 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 فعالیت آنزیم‌ها موجب بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط مدت جوانه‌زنی شده است.

($r=0.74^{**}$) نشان داد، به طوری که با افزایش فعالیت این دو آنزیم سرعت و درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری افزایش یافتند (جدول ۷). به نظر می‌رسد که استفاده از پیش تیمار نترات پتاسیم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز شده که در نتیجه آن درصد و سرعت جوانه‌زنی بهبود یافت. Ahmadpour Dehkordi & Balouchi (2012) گزارش دادند پیش تیمار بذرسياه‌دانه با سالیسیلیک اسید، نترات پتاسیم و آب مقطر، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز، درصد و سرعت

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 ^{**}	-0.62 [*]	1		
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.79 ^{**}	0.77 ^{**}	-0.48 [*]	1	
درصد نهایی جوانه‌زنی Final germination percentage	0.78 ^{**}	0.74 ^{**}	-0.62 [*]	0.83 ^{**}	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

* and ** indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively.

است. اختلاف رفتار رقم مشاهده شده در این تحقیق نتیجه اختلاف ژنتیکی بوده و بیان‌گر آن است که این صفات ممکن است برای انتخاب ژنتیکی بین ارقام به کار رود. علاوه بر این، تکنیک پرایمینگ سودمندی‌های دیگری نظیر آسان و کم هزینه بودن را دارا است. شایان ذکر است تکنیک پرایمینگ با KNO_3 و دیگر شیوه‌های پرایمینگ نیاز به مطالعات بیش‌تری در خصوص دیگر گیاهان روغنی در شرایط مزرعه جهت حصول نتایج ارزشمند دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از ریاست محترم دانشکده کشاورزی و کارشناسان آزمایشگاه تکنولوژی بذر قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بهبود در رشد گیاهچه، توسعه و استقرار آن با کارایی جذب آب گیاهچه‌های به‌دست آمده از بذره‌های پرایم شده همبستگی دارد. در این تحقیق بذره‌های پیش تیمار شده بوسیله KNO_3 درصد جوانه‌زنی بالاتر، متوسط زمان جوانه‌زدن کمتر و گیاهچه‌های قوی‌تر تولید کردند، ضمن این که تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته در واحد سطح نیز بیش‌تر بود. بنابراین پیش تیمار کردن با نترات پتاسیم ممکن است یک روش کارآمد جهت غلبه بر مشکلات جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه در مزرعه به‌خصوص در شرایط شوری باشد. در بذره‌های پرایم شده، فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیداتی و حفاظت اسمزی افزایش و غلظت مالون‌دی‌آلدئید کاهش یافت، که نشان از فعال شدن سیستم دفاعی در مقابل تنش شوری به‌واسطه پرایمینگ بوده

¹ *Isatis tinctoria* L.

تعارض منافع

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارد.

References

- 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*.
- 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>

- 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., Jeunlai, 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](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., Ternorio, 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.