Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

The effect of nutrient seed priming with iron sulfate and zinc sulfate on the germination and seedling growth of lentil seeds

Mohammad Vahdani Rashvanloui[1], Majid Jami Al-Ahmadi[2*], Mohammad Hassan Sayyari-Zahan[3], Hadi Shoorideh[4], Moslem Mostafaee[5]

[1] M.Sc. Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: mohamad.v.6725@gmail.com
[2] Professor, Department of Plant Production and Genetics, University of Birjand, Iran, Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir
[3] Associate Professor, Plant Production and Genetics, Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: msayari@birjand.ac.ir
[4] Assistant Professor, North Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bojnord, Iran, Email: h.shoorideh@areeo.ac.ir
[5] PhD Student in Crop Plant Physiology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: moslemmostafaee73@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-10-22
Revised: 2024-2-18
Accepted: 2024-3-6

Keywords:
Germination rate
Micronutrients
Nutritional pretreatment
Seed enhancement

ABSTRACT

In a laboratory study, the effect of seed nutritional pretreatment on germination and seedling growth traits of lentil (*Lens culinaris* Med.) in the form of two separate experiments in the form of a completely randomized design with three replications for two pretreatment materials [prime with iron sulfate (FeSO4) and zinc sulfate (ZnSO4)] were investigated. In each experiment and for each prime material, five levels of prime material concentration (30, 60, 90, 120 and 150 mM) were considered. The measured traits were germination percentage and speed, length of root and shoot, wet and dry weight of seedling, and longitudinal root index of seedling. The results of the data showed that in terms of the type of pretreatment, iron sulfate was superior to zinc sulfate and caused the major improvement of the germination indicators, except for the germination speed. Also, by increasing the concentration from 30 to 60 mM, the highest indicators of germination and seedling growth were obtained. However, with a further increase in the concentration of the pre-treatment material, a decreasing trend was observed in all the measured traits, which could possibly be due to the toxicity in the seeds under high concentrations of metals. In general, according to the obtained results, it seems that the use of these two substances, especially iron sulfate, with a maximum concentration of 60 mM, is beneficial for improving the germination and nutritional characteristics of seeds.

Cite this article: Vahdani Rashvanloui, M., Jami Al-Ahmadi, M., Sayyari-Zahan, M.H., Shoorideh, H., Mostafaee M. (2023). The effect of nutrient seed priming with iron sulfate and zinc sulfate on the germination and seedling growth of lentil seeds. *Seed Research*, 13 (2), 1-14.

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

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

تأثیر پرایمینگ تغذیه‌ای بذر با سولفات آهن و سولفات روی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذرهای عدس

محمدوحدانی رشوانلویی[۱]، مجید جامی الاحمدی[۲*]، محمد حسن سیاری زهان[۳]، هادی شوریده[۴]، مسلم مصطفایی[۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، رایانامه: mohamad.v.6725@gmail.com
[۲] استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، رایانامه: mjamialahmadi@birjand.ac.ir
[۳] دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، رایانامه: msayari@birjand.ac.ir
[۴] استادیار. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان شمالی، بجنورد، ایران، رایانامه: h.shoorideh@areeo.ac.ir
[۵] دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه بیرجند، رایانامه: moslemmostafaee73@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

واژه‌های کلیدی:
پیش‌تیمار تغذیه‌ای
تقویت بذر
سرعت جوانه‌زنی
عناصر ریزمغذی

چکیده

در یک مطالعه آزمایشگاهی، اثر پیش‌تیمار تغذیه‌ای بذر بر صفات مربوط به جوانه‌زنی و رشد گیاهچه عدس (*Lens culinaris* Med.) در قالب دو آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای دو ماده پیش‌تیمار {پرایم با سولفات آهن ($FeSO_4$) و سولفات روی ($ZnSO_4$)} بررسی شد. در هر آزمایش و برای هر ماده پرایم، پنج سطح از غلظت ماده پرایم (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) در نظر گرفته شد. صفات موردانداره‌گیری عبارت بودند از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه وزن تر و خشک گیاهچه و شاخص بنیه طولی گیاهچه. نتایج داده‌ها نشان داد که از نظر نوع ماده پیش‌تیمار، سولفات آهن نسبت به سولفات روی برتری نشان داد و باعث بهبود غالب شاخص‌های جوانه‌زنی، به‌استثنای سرعت جوانه‌زنی، شد. همچنین با افزایش غلظت از ۳۰ به ۶۰ میلی‌مولار، بالاترین شاخص‌های جوانه زنی و رشد و بنیه گیاهچه به دست آمد. هرچند با افزایش بیشتر غلظت ماده پیش‌تیمار ، یک روند کاهشی در تمامی صفات اندازه‌گیری مشاهده شد که می‌تواند احتمالاً به دلیل ایجاد سمیت در بذرهای تحت غلظت‌های بالای فلزات باشد. در کل با توجه به نتایج کسب‌شده، به نظر می‌رسد استفاده از این دو ماده، به‌ویژه سولفات آهن، حداکثر با غلظت ۶۰ میلی‌مولار برای بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی و تغذیه‌ای بذرهای سودمند باشد.

استناد: رشوانلویی، محمدوحدانی؛ جامی الاحمدی، مجید؛ سیاری زهان، محمدحسن؛ شوریده، هادی؛ مصطفایی، مسلم. (۱۴۰۲). تأثیر پرایمینگ تغذیه‌ای بذر با سولفات آهن و سولفات روی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذرهای عدس. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۱۴-۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات در سطح جهان شناخته شده و به‌موجب برخورداری از پروتئین بالا و نیز ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی و بتاکاروتن، در تغذیه انسانی و حیوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Erskine et al., 2011).

عناصر کم‌مصرف باوجوداینکه به مقدار کم موردنیاز گیاهان می‌باشند، ولی نقش‌های برجسته‌ای در فرایندهای گیاهی ازجمله در فعالیت آنزیمی، رشد، تمایز سلولی، تشکیل گل، میوه و بهبود کیفیت محصول به عهده دارند (Farooq et al., 2012; Marschner, 2012). بااین‌وجود در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مانند غالب خاک‌های ایران، برخی از عناصر ریزمغذی، به‌ویژه روی، آهن و منگنز، به‌دلیل عواملی همچون بالا بودن pH و درصد بالای کربنات کلسیم، به‌سرعت به شکل غیر قابل‌جذب برای گیاه تبدیل می‌شوند. عوامل دیگری نیز همچون مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی، عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف ناچیز کودهای آلی و بالاخره عدم مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی، سبب بروز کمبود این عناصر در خاک و بالطبع در گیاهان شده است (Makkizadeh Tafti et al., 2006; Malakouti et al., 2008; Kamkar et al., 2012; Ghaderifar et al., 2014; Jokar et al., 2015).

کمبود عناصر ریزمغذی در خاک یکی از عواملی است که ممکن است کارایی بذرها و رشد گیاهچه‌های حاصله را تحت تأثیر قرار دهد. پیش‌تیمار تغذیه‌ای به‌عنوان یک راه‌حل مناسب و کم‌هزینه‌تر برای حل این مشکل پیشنهاد شده است که به‌طور هم‌زمان اثرات مثبت پیش‌تیمار و افزایش سطح عناصر غذایی در بذر را همراه دارد (Al-Mudaris and Jutzi, 1999; Asgedom and Becker, 2001; Harris et al., 2007). طی پیش‌تیمار تغذیه‌ای بذرها با محلول حاوی ریزمغذی‌هایی مانند آهن و روی تیمار می‌شوند. انتظار می‌رود که این روش موجب بهبود وضعیت ریزمغذی‌ها و بهبود قدرت رشد و استقرار گیاهچه‌ها و به دنبال آن رشد و عملکرد گیاه شود (Ahmadi et al., 2016). اثر مثبت پیش‌تیمار بذرهای ذرت با عناصر غذایی بر سرعت رشد اولیه و تولید گیاهچه قوی‌تر و هم‌چنین استقرار بهتر گزارش شده است (Arif et al., 2005).

روی و آهن ازجمله مهم‌ترین ریزمغذی‌های موردنیاز گیاه هستند (Farooq et al., 2012). روی جزئی از ساختار چندین آنزیم بوده و همچنین به‌عنوان کوفاکتور برای فعالیت برخی آنزیم‌ها موردنیاز است. این عنصر همچنین در فرآیندهای بیوشیمیایی مختلفی همچون سنتز سیتوکروم و نوکلئوتیدها، متابولیسم اکسین، تولید کلروفیل و یکپارچگی غشا، نقش دارد (Marschner, 2012; Adhikari et al., 2016). آهن نیز کوفاکتور فعالیت چندین آنزیم گیاهی بوده و همچنین از اجزای دخیل در بیوسنتز کلروفیل است. علاوه بر آن، آهن در تنظیم تنفس، فتوسنتز، احیای نیترات‌ها و سولفات‌ها نیز دخالت دارد (Shinde et al., 2016) بیشتر گیاهان در مراحل اولیه رشد حساسیت بیش‌تری به کمبود آهن دارند و این کمبود باعث می‌شود گیاهچه‌ها پاکوتاه شوند (Kamkar et al., 2012).

پیش‌تیمار بذرهای با روی، منجر به بهبود جوانه‌زنی و بنیه بذر در ذرت (Harris et al., 2007)، بهبود شاخص‌های سبز شدن و افزایش محتوی ریزمغذی‌ها در سویا (Imran et al., 2008)، بهبود رشد کلئوپتیل و نمو گیاهچه (Ozturk et al., 2006) و کاهش زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (Aboutalebian and Mohagheghi, 2015) در عدس می‌شود. احتمالاً افزایش رشد گیاهچه ناشی از تأثیر روی بر افزایش ساخت اکسین است (Cakmak, 2008). در عدس

گزارش شده است که چنین بهبودی در خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه با پیش‌تیمار بذر با سولفات روی افزایش عملکرد و اجزای عملکرد را در پی داشته است (Farooq et al., 2012; Aboutalebian and Mohagheghi, 2015). پیش‌تیمار بذر لوبیا قرمز توسط سولفات روی نیز خصوصیات سرعت جوانه‌زنی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، میزان پروتئین دانه و عملکرد دانه در گیاه را بهبود بخشید (Tahmasebi et al., 2017). در خصوص آهن نیز دیده شده است که استفاده از سولفات آهن جهت پیش‌تیمار بذر فلفل باعث بهبود معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه گردید (Ameri et al., 2011). افزایش درصد جوانه‌زنی به دنبال پیش‌تیمار با آهن در بارهنگ (Badiri, 2013) و روی و منگنز در گل همیشه‌بهار (Mirshekari, 2013) نیز گزارش شده است. همچنین دیده شده است که سولفات آهن در مقایسه با سولفات روی تأثیر بیش‌تری بر طول گیاهچه (Hoseinpur Askarian et al., 2019) و شاخص بنیه گیاهچه (Mirshekari, 2013) دارد

یکی از نکات مهمی که در پیش‌تیمار تغذیه‌ای باید موردتوجه قرار گیرد، تعیین غلظت مناسب عنصر مورداستفاده برای پیش‌تیمار است، زیرا غلظت‌های بالا ممکن است تأثیر منفی بر جوانه‌زنی بگذارند. برای مثال نتایج پژوهش حسین‌پور عسکریان و همکاران (Hoseinpur Askarian et al., 2019) نشان داد با افزایش غلظت سولفات روی سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه روند کاهشی داشتند به‌طوری‌که در ۱۰۰ میلی‌مولار سولفات‌روی مقادیر این دو صفت حتی از شاهد هم کم‌تر بود. سولفات آهن یک درصد نیز گرچه سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد افزایش داد اما تفاوت معنی‌داری با غلظت ۰/۵ درصد نداشت و با افزایش بیشتر غلظت سولفات آهن، سرعت جوانه‌زنی روند کاهش داشت. در نخود نیز دیده شده است که افزایش غلظت عنصر روی در محلول پرایم از ۰/۰۵ به ۰/۰۷۵ درصد سبب کاهش رویش و تولید بیومس گردید (Arif et al.,, 2007). کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه تحت تأثیر غلظت‌های بالای سه عنصر بور، مولیبدن و روی در نخود، عدس و لوبیا چشم‌بلبلی نیز گزارش شده است (Johnson et al., 2005) که این اثرات احتمالاً به دلیل سمیت ناشی از غلظت‌های بالای عناصر غذایی است (Bradford, 1995).

عموماً گیاهانی که در شرایط کمبود عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی سبز می‌شوند دارای شاخص بنیه و استقرار ضعیف‌تری هستند (Prasad et al., 2003) و ازاین‌رو ممکن است نتیجه‌گیری شود که پیش‌تیمار بذر با این عناصر می‌تواند سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه شود. ازاین‌رو، این پژوهش با هدف تعیین اثر پیش‌تیمار تغذیه‌ای بذرهای عدس با سولفات روی و آهن بر خصوصیات جوانه‌زنی و تعیین بهترین غلظتی از هر یک از این مواد که بیشترین اثر مثبت را بر روی بذر داشته انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق به‌صورت دو آزمایش مجزا برای دو ماده سولفات روی و سولفات آهن، هریک با پنج سطح غلظت (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه بذر دانشگاه بجنورد انجام گرفت. قبل از انجام آزمایش، پیش آزمایش جهت سنجش درصد جوانه‌زنی بذر انجام و درصد جوانه‌زنی بذرهای محلی که به‌صورت دیم کاشت می‌شدند، محاسبه شد که حدود ۷۰ درصد بود.

جهت انجام آزمایش ابتدا بذرهای عدس با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد، به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و پس از سه بار شستشو با آب مقطر

استریل، برای اعمال تیمارها آماده شدند. برای اعمال تیمارهای پیش‌تیمار ، بذرهای ضدعفونی شده در بطری‌های شیشه‌ای با حجم یک ویال (۱۲۰ میلی‌لیتر) ریخته و سپس محلول‌های پیش‌تیمار به آن‌ها اضافه شد و در دمای محیط (۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۷ ساعت تحت عمل پیش‌تیمار (۳۰،۶۰،۹۰،۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) قرار داده شدند. در تمام مدت پرایم، محلول‌ها جهت اجتناب از کمبود اکسیژن هوادهی می‌شدند. بعد از اتمام مدت پیش‌تیمار جهت حذف نمک‌ها از سطح بذر، بذرها سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سپس بذرهای در محیط عاری از آلودگی و در سایه جهت خشک‌کردن به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. به‌منظور انجام آزمایش‌های جوانه‌زنی تعداد ۲۰ عدد بذر درون پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر که حاوی ۲ لایه کاغذ صافی واتمن است قرار داده شد که مقدار ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری اضافه گردید. جهت حفظ رطوبت، درب پتری‌دیش‌ها با پارافیلم پوشیده شد. سپس به ژرمیناتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۲ ساعت (روشنایی و تاریکی) منتقل شدند. ارزیابی بذرهای جوانه‌زده هر ۲۴ ساعت یک‌بار به‌مدت ۱۰ روز صورت گرفت. بذرهایی که ریشه‌چه‌ی آن‌ها به‌اندازه ۲ میلی‌متر و بیشتر از بذر خارج شده بود به‌عنوان بذرهای جوانه‌زده مدنظر قرار گرفت (Soltani et al., 2001).

جهت محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده طی انجام آزمون جوانه‌زنی به‌طور روزانه صورت گرفت و پس‌ازآن با استفاده از رابطه‌های زیر شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه شد. در پایان دوره آزمایش تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش و برحسب درصد گزارش شد (رابطه ۱).

رابطه ۱: (تعداد کل بذرها / تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز آخر) × ۱۰۰ =درصد جوانه‌زنی

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی **(بذر در روز)** از روش ماگویر (۱۹۶۲) استفاده گردید (رابطه ۲)

رابطه ۲: $$Rs = \sum_{i-1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

که در این فرمول Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، S_i تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، D_i تعداد روز در هر شمارش تا شمارش nام هستند.

در پایان آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تمام بذرهای جوانه‌زده پتری‌دیش‌ها با استفاده از خط کش برحسب میلی‌متر تعیین شد. سپس با داده‌های به‌دست‌آمده، شاخص طولی بنیه بر اساس رابطه ۳ تعیین شد (عبدل‌الباقی و اندرسون، ۱۹۷۳).

رابطه ۳: $$VL=(RL+SL)\times GP$$

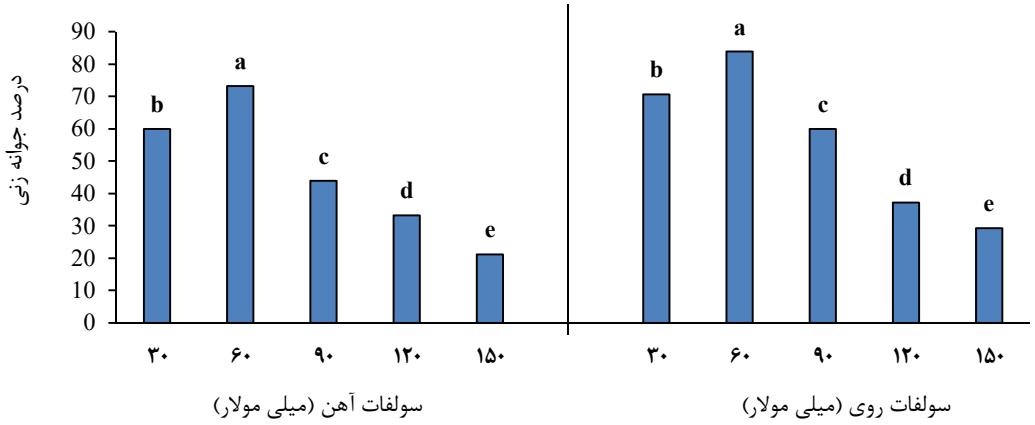
که در آن RL: طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)، SL: طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) و GP: درصد جوانه‌زنی هستند.

در نهایت، به‌منظور تعیین وزن تر، گیاهچه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و برای تعیین وزن خشک گیاهچه، نمونه‌ها در پاکت کاغذی پیچیده و در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک و مجدد توزین شد. در پایان، محاسبات آماری با استفاده از ماکروی DSAASTAT Ver.l.101 در محیط اکسل و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام گردید. میانگین صفات موردمطالعه نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD محافظت‌شده در سطح پنج درصد با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی در هر دو ماده پیش‌تیمار، تحت تأثیر غلظت پیش‌تیمار قرار گرفت (جدول ۱). به‌طورکلی، میانگین درصد جوانه‌زنی در زمان پرایم با سولفات آهن، ۵۶/۲۷ درصد و در پرایم با سولفات روی، ۴۶/۴ درصد بود. مقایسه میانگین اثر تیمار غلظت پیش‌تیمار

بر درصد جوانه‌زنی بوته عدس نشان داد که با افزایش غلظت هر دو ماده پرایم (سولفات آهن و روی) از ۳۰ به ۶۰ میلی مولار، بالاترین درصد جوانه‌زنی حاصل شد؛ هرچند افزایش بیشتر غلظت ماده پرایم، منجر به کاهش جوانه‌زنی شد به‌نحوی‌که کمترین درصد جوانه‌زنی در تیمار پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۱). اضافه کردن مواد مغذی با بهره‌گیری از تکنیک پیش‌تیمار سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک (افزایش کارایی متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذر) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در ابتدای فعالیت جوانه‌زنی و درنتیجه کاهش حساسیت بذرهای به عوامل محیطی و بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (Mohammad et al., 1999). علاوه بر این، وجود عنصر روی در بذر طی مدت جوانه‌زنی، با توجه به نقش کوآنزیمی آن در آنزیم‌های متعدد، باعث افزایش فعالیت‌های متابولیسمی جهت تقسیم سلول‌ها و نیز افزایش سرعت وقوع فرآیندهای متابولیسمی نظیر تجزیه ذخایر بذر و آزادسازی انرژی آن‌ها به همراه تأمین سوبسترای اولیه بیوسنتز سایر بیومولکول‌ها مانند پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک شده و این عمل منجر به جوانه‌زنی زودتر و با بنیه بیشتر می‌شود (Abdoli and Esfandiari, 2014). اثرات مثبت پیش‌تیمار سولفات آهن نیز بر درصد جوانه‌زنی بذرهای فلفل (Ameri et al., 2011)، گل همیشه‌بهار (Mirshekari, 2015) و بارهنگ (Badiri, 2013) قبلاً گزارش شده است. در آزمایشی که حسین‌پور عسکریان و همکاران (Hoseinpur Askarian et al., 2019) در مورد تأثیر سولفات روی و آهن بر بهینه‌سازی شکست خواب و شاخص جوانه‌زنی موسیر انجام دادند، بیان نمودند که در بین غلظت‌های مورد کاربرد (۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار سولفات روی و سولفات آهن ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد)، بالاترین درصد جوانه‌زنی با کاربرد سولفات روی ۵ میلی‌مولار حاصل شد و با افزایش غلظت روند کاهشی داشت. اثر بازدارنده و کاهشی غلظت‌های بالا مواد پرایم بر جوانه‌زنی احتمالاً به‌دلیل سمیت ناشی از غلظت‌های بالای مواد مغذی است (Johnson et al., 2005).



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر درصد جوانه‌زنی بذر عدس. برای هر ماده پیش‌تیمار، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت مواد مورداستفاده برای پیش‌تیمار بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر عدس

ماده پرایم	منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
سولفات آهن	غلظت پیش‌تیمار	٤	۱۵۵۵/۷۳**	۵۷۲/۷۵**	٤/۷۹**	٤/۱٤**
	خطا	۱۰	۱۹/۲	۱/۷۳	۰/۰۲۳	۰/۱۱
	ضریب تغییرات (٪)		۷/۷۸	٤/۵۰	۳/٤٦	۹/٦۳
سولفات روی	غلظت پیش‌تیمار	٤	۱۲۸٦/٤ **	٦٦۹/۳**	٤/٦۱**	٤/۷۷**
	خطا	۱۰	۳۵/۲	۲	۰/۱۵	۰/۰۱
	ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۷۹	٤/۷٦	۹/۷۲	٤/۳۱

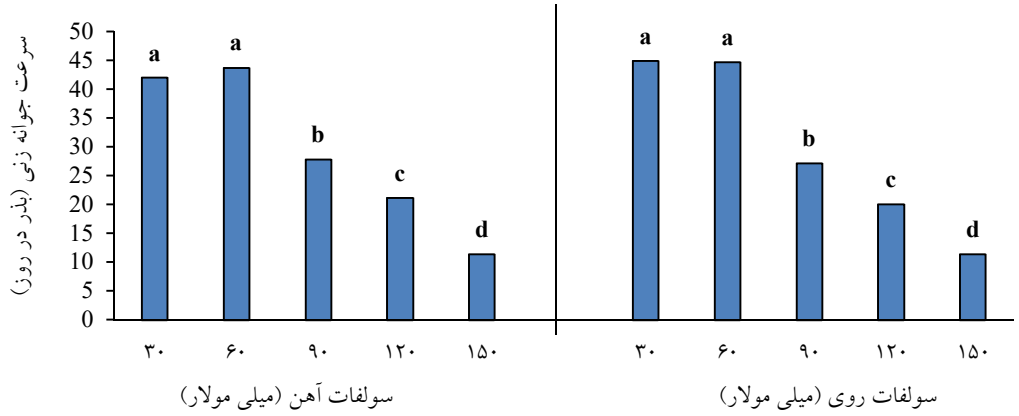
جدول ۱. ادامه

ماده پرایم	منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص طولی بنیه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه
سولفات آهن	غلظت پیش‌تیمار	٤	۲۷۸۳۲۵/۹**	۰/۵۳*	۱/٦۸**	۸/۳۲E-۰۵**
	خطا	۱۰	۸٤۸/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۲	٤/۱۵E-۰٦
	ضریب تغییرات (٪)		۵/۹٦	۲۷/۱۳	۹/۱۰	۱۰/۲٤
سولفات روی	غلظت پیش‌تیمار	٤	۱۸٤۷۷۹/٦**	۰/۳۵**	۱/٤۳**	۰/۰۰۰۱**
	خطا	۱۰	۱٤٦۱/٦	۰/۰٤	۰/۰۱	۱/۱۹E-۰۵
	ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۳۸	۱۸/۵٦	۹/۰۷	۲۰/۲۸

*، ** و n.s به‌ترتب معنی‌دار و غیر معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

سرعت جوانه‌زنی: اثر غلظت پیش‌تیمار بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که به‌طور میانگین سرعت جوانه‌زنی در شرایط پرایم با سولفات آهن ۲۹/۲۲ بذر در روز و در پرایم با سولفات روی ۲۹/٦۵ بذر در روز بود. مقایسه میانگین اثر تیمار غلظت پیش‌تیمار بر سرعت جوانه‌زنی بوته عدس نشان داد که پرایم با غلظت‌های ۳۰ و ٦۰ میلی‌مولار با تفاوت معنی‌دار نسبت به سایر سطوح، موجب بالاترین سرعت جوانه‌زنی شدند. افزایش بیشتر غلظت هر دو ماده پرایم اثر بازدارنده و کاهشی بر سرعت جوانه‌زنی داشت، به‌نحوی‌که کمترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۲). گرچه گزارش شده است که استفاده از سولفات آهن به‌طور معنی‌داری سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی بذر فلفل شده است (Ameri et al., 2011)، اما هم‌راستا با نتایج ما، حسین‌پور عسکریان و همکاران (Hoseinpur Askarian et al., 2019)، گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی با افزایش غلظت سولفات روی روند کاهشی داشت و در ۱۰۰ میلی‌مولار سولفات روی به کمتر از سطح شاهد رسید. همچنین گرچه افزایش سولفات آهن تا غلظت ۱ درصد سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد، ولی با افزایش بیشتر غلظت سرعت جوانه‌زنی روند کاهش داشت که چنین کاهشی احتمالاً به دلیل جذب زیاد نمک‌های موجود در این محلول‌ها و متعاقب آن بروز سمیت ناشی از غلظت‌های بالای عناصر غذایی باشد

(Bradford, 1995; Johnson et al.,, 2005). گرزی و همکاران (Gorzi et al., 2020) نیز غلظت مناسب سولفات آهن و سولفات روی برای پیش‌تیمار بذر استویا تحت تنش خشکی را ۰/۵ درصد عنوان نمودند.

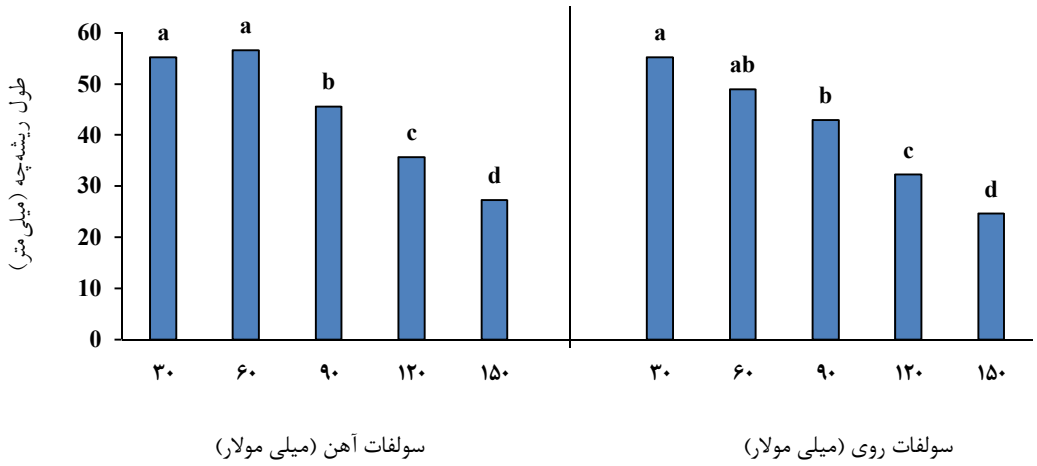


شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر سرعت جوانه‌زنی بذر عدس. برای هر ماده پیش‌تیمار، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

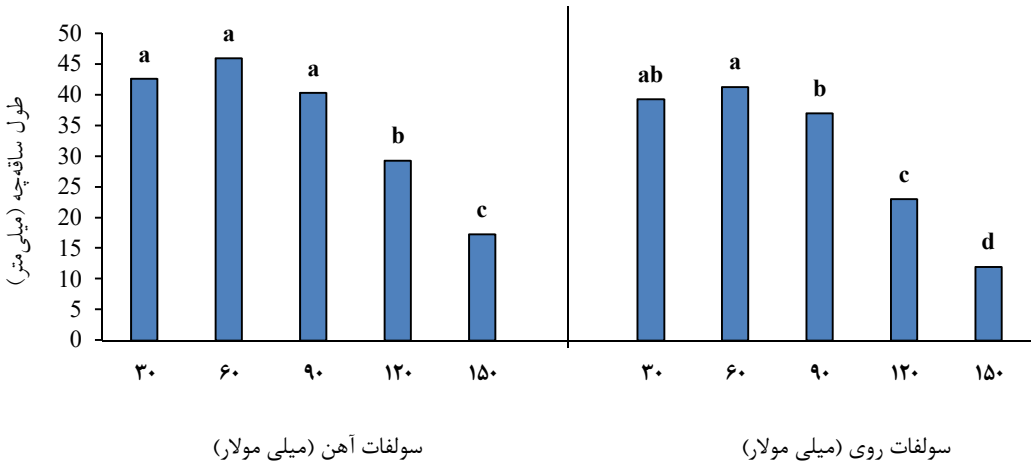
طول ریشه‌چه: طول ریشه‌چه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار قرار گرفت (جدول ۱). طول ریشه‌چه به‌طور متوسط در زمان پرایم با سولفات آهن و سولفات روی به ترتیب برابر با ٤٤/١ و ٤٠/٩ میلی‌متر بود. مقایسه میانگین اثر غلظت پیش‌تیمار بر طول ریشه‌چه بوته عدس نشان داد که پرایم با غلظت‌های ۳۰ و ٦۰ میلی‌مولار در زمان کاربرد سولفات روی و آهن بیشترین طول ریشه‌چه را حاصل نمودند؛ اما با افزایش غلظت این عناصر ریزمغذی، یک اثر بازدارنده و کاهشی بر طول ریشه‌چه مشاهده شد (شکل ۳) و کمترین طول ریشه‌چه نیز در تیمار پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار این دو ماده مشاهده شد. رحیمی و همکاران (Rahimi, Heidari and Eftekhari, 2012) در بررسی اثر غلظت‌های صفر تا ۲ درصد سولفات آهن را بر طول ریشه‌چه گیاهچه لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده کردند که طول ریشه‌چه در غلظت‌های ۱، ۱/۵ و ۲ درصد سولفات آهن به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در غلظت‌های پایین‌تر بود. حسین پور عسکریان و همکاران (Hoseinpur Askarian, Abbasi Surki, and Danesh Shahraki, 2019) نیز کاهش طول گیاهچه با افزایش غلظت سولفات روی را گزارش کردند.

طول ساقه‌چه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که طول ساقه‌چه تحت تأثیر غلظت پیش‌تیمار قرار گرفت. به‌طور میانگین، طول ساقه‌چه در پرایم با سولفات آهن و روی به ترتیب معادل ۳۵/۲ و ۳۰/٦ میلی‌متر بود. طبق نتایج حسین‌پور عسکریان و همکاران (Hoseinpur Askarian et al., 2019) نیز سولفات آهن در مقایسه با سولفات روی تأثیر بیشتری بر طول گیاهچه موسیر داشت. برای هر دو ماده، پرایم با غلظت ٦۰ میلی‌مولار منجر به بالاترین طول ساقه‌چه شد؛ مانند سایر صفات، با افزایش غلظت این مواد یک اثر بازدارنده و کاهشی مشاهده شد و کمترین طول ساقه‌چه نیز در تیمار پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل آمد (شکل ٤). اثر مثبت و معنی‌دار غلظت‌های پایین‌تر سولفات آهن بر طول ساقه‌چه در لوبیا چشم‌بلبلی (Rahimi et al., 2012) و سولفات روی بر طول گیاهچه موسیر (Hoseinpur Askarian et al., 2019) نیز گزارش شده است. بر اساس نظر پراساد و همکاران (Prasad et al., 2003)، روی به‌واسطه نقش

مؤثر خود در سنتز ترپتوفان به‌عنوان پیش ماده‌ای برای تولید اکسین، نقش فیزیولوژیکی مهمی در طول گیاهچه ایفا می‌کند. یکی از کارکردهای اصلی اکسین، افزایش انبساط پذیری دیواره‌های سلولی است و به دنبال آن افزایش رشد سلول‌ها است؛ هرچند افزایش بیش‌ازحد غلظت اکسین اثر عکس بر رشد گیاهچه می‌گذارد که خود می‌تواند دلیل احتمالی کاهش طول گیاهچه و شاخص بنیه در اثر افزایش غلظت سولفات روی باشد (Vojodi et al., 2016).



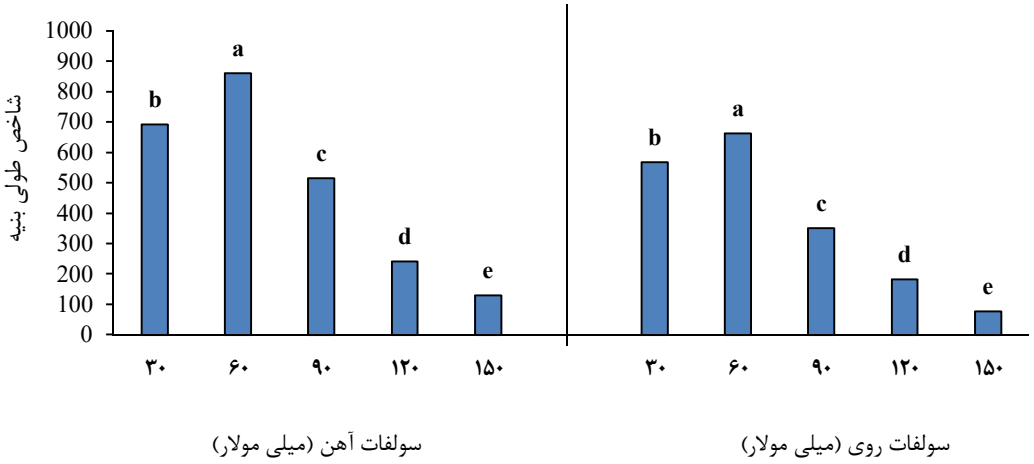
شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر طول ریشه‌چه بذر عدس. برای هر ماده پیش‌تیمار، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ٤- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر طول ساقه‌چه بذر عدس.
برای هر ماده پیش‌تیمار، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

شاخص طولی بنیه: شاخص طولی بنیه در زمان کاربرد هر دو نوع ماده پیش‌تیمار تحت تأثیر غلظت ماده پرایم قرار گرفت (جدول ۱). میانگین کلی شاخص طولی بنیه بذر در پرایم با سولفات آهن و سولفات روی به‌ترتیب ٤٨٨/٥١ و ٣٦٨/٣٠ به دست آمد. برای هر دو ماده سولفات روی و سولفات آهن، پرایم با غلظت ٦٠ میلی‌مولار منجر به بالاترین شاخص طولی بنیه گیاهچه عدس شد. با افزایش بیشتر غلظت ماده پرایم، شاخص

بنیه روند کاهش نشان داد و کمترین شاخص طولی بنیه در تیمار پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۵). گرچه بیان شده است که گیاهانی که در شرایط کمبود روی سبز می‌گردند دارای شاخص بنیه و استقرار ضعیف‌تری هستند (Prasad et al., 2003)، ولی مشابه نتایج ما، حسین پور عسکری و همکاران (Hoseinpur Askarian et al., 2019) نیز گزارش کردند که بیشترین شاخص بنیه گیاهچه، مربوط به غلظت ۱ درصد آهن و کمترین آن مربوط به غلظت‌های بالای روی و شاهد بود.

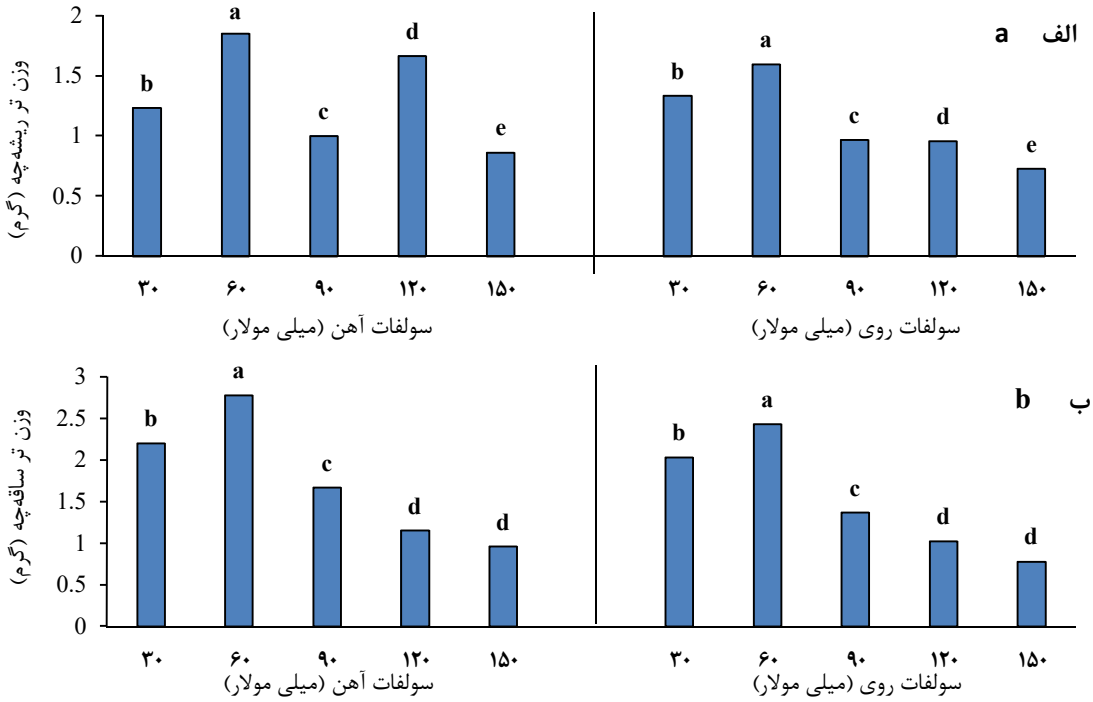


شکل ۵. تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر شاخص طولی بنیه گیاهچه عدس.
برای هر ماده پیش‌تیمار، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه: هر دو وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر اثر غلظت دو ماده پیش‌تیمار قرار گرفتند (جدول ۱). به‌طور متوسط، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در زمان پرایم با سولفات آهن به‌ترتیب ۱/۳۲ و ۱/۷۵ گرم و در پرایم با سولفات روی ۱/۱۲ و ۱/۵۳ گرم بودند. مقایسه میانگین اثر غلظت پیش‌تیمار بر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه عدس نشان داد که غلظت ٦٠ میلی‌مولار هر دو ماده پرایم منجر به بالاترین میزان این دو صفت شد. بالاتر از این غلظت در کل روند کاهشی بود و کمترین میزان این صفات در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار هر دو ماده پرایم مشاهده شد (شکل ٦).

وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که وزن خشک گیاهچه نیز تحت تأثیر غلظت پیش‌تیمار قرار گرفت ($P \leq 0.01$). وزن خشک گیاهچه به‌طور متوسط در پرایم با سولفات آهن، ۰/۰۱۹۹ گرم و در پرایم با سولفات روی ۰/۰۱۷ گرم بود. مقایسه میانگین اثر غلظت پیش‌تیمار بر وزن خشک گیاهچه بوته عدس نشان داد که همانند سایر صفات، در اینجا نیز برای هر دو ماده پرایم با غلظت ٦٠ میلی‌مولار بیشترین و پرایم با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کمترین وزن خشک را به دست دادند (شکل ۷). در مطالعه عطار و همکاران (Atar et al., 2020) نیز گزارش شد که کاربرد ۰/۵ درصد روی نسبت به ۰/۳ درصد روی، اثر منفی بر صفات گیاهچه‌ای در گندم و جو داشت و همین نتیجه برای کاربرد آهن در مطالعه افضل و همکاران (Afzal et al., 2021) مشاهده شد. عطار و همکاران (Atar et al., 2020) با بررسی پیش‌تیمار بذرهای گندم و جو دو سطح روی (۰/۳ و ۰/۵ درصد ZnSO4) گزارش نمودند که وزن خشک بوته تحت

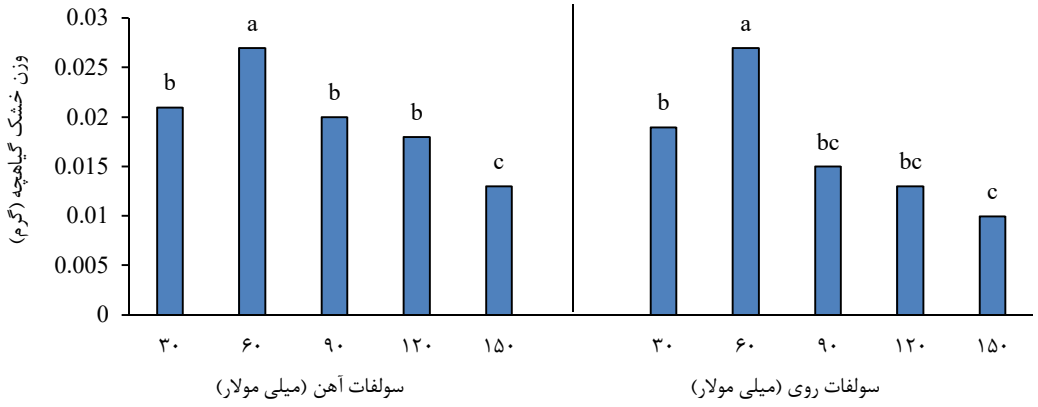
تـأثیر روی قرار نگرفت به‌نحوی‌که در تیمار شـــاهد، وزن خشـــک گیاهچه در جو و گندم به ترتیب ۰/۱۲۰ و ۰/۱۲۹ گرم بود و مقدار همین صفت در زمان کاربرد ۰/۳ درصـــد روی بـه ترتیـب و در زمان کاربرد ۰/۵ درصـد روی به ترتیب گرم مشـاهده شـد. هریس و همکاران (Harris et al., 2007) نیز با بررسی پیش‌تیمار بـذر بـا روی بیـان نمودنـد کـه افزایش روی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشـک ساقه‌چه گردید. افضل و همکـاران (Afzal et al., 2021) نیز در بررســـی اثر غلظـت‌هـای ۲۰ و ۴۰ آهن گزارش کردنـد کـه وزن خشـک گیاهچه در زمان کاربرد ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر FeSO4، حدود ۰/۰۲۷ و ۰/۰۱۸ گرم در بوته بود که ســطح ۴۰ میلی‌گرم، تفاوت معنی‌داری با شـــاهد نداشت.



شکل ٦- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر (الف) وزن تر ریشه‌چه و (ب) وزن تر ساقه‌چه گیاهچه عدس. برای هر ماده پیش‌تیمار ، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتیجه‌گیری

جوانه‌زنی و استقرار ضعیف یکی از موانع پیش رو برای کشـــت و کـار و تولید عدس به‌خصـــوص در خاک‌های فقیر مانند غالب زمین‌های دیم ایران است و بـه‌کـارگیری فنـاوری‌های بذر نظیر پیش‌تیمار با مواد مغذی ممکن اســـت راهکاری مناســـب جهت بهبود شـاخص‌های جوانه‌زنی و اسـتقرار این گیاه به شـمار آید. در این تحقیق پیش‌تیمار با مواد مغذی (سـولفات آهن و سولفات روی) اثر معنی‌داری بر صفات مربوط به جوانه‌زنی و رشـد گیاهچه داشت و به نظر می‌رسد که اسـتفاده از سـولفات آهن نسـبت به سولفات روی برتری دارد. همچنین در غلظت ٦٠ میلی‌مولار نســبت به سایر غلظت‌های موردمطالعه، بالاترین شاخص‌های جوانـه‌زنی بـه دســـت آمـد که می‌توان آن را به‌عنوان حداکثر غلظت مناسـب این مواد پیشـنهاد داد، به‌ویژه آنکـه احتمـال می‌رود غلظـت‌هـای بـالـاتر دو مـاده پیش‌تیمار سـبب ایجاد سـمیت در بذرهای شده و اثر عکس بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده بگذارند.



شکل ۷- تأثیر غلظت‌های مختلف پیش‌تیمار با سولفات آهن و یا سولفات روی بر وزن خشک گیاهچه عدس.

برای هر ماده پیش‌تیمار ، حروف نامشابه بر روی ستون‌ها نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

References

Abdoli, M., and Esfandiari, E. 2014. Effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield and seedlings growth characteristics of bread wheat (cv. Kohdasht). Iranian Dryland Agronomy Journal. 3(1): 77-90. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/idaj.2014.100557

Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor Determination in Soybean Seed by Multiple Criteria. Crop Science 13: 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Aboutalebian, M.A., and Mohagheghi, A. 2015. Influence of different seed priming treatments on yield and yield components of lentil under terminal drought stress condition. Journal of Crop Production and Processing 5(15):129-141. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.15.129

Adhikari, T., Kundu, S., and Rao, A.S. 2016. Zinc delivery to plants through seed coating with nano-zinc oxide particles. Journal of Plant Nutrition. 39(1): 136-146 https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1087562

Afzal, S., Sharma, D., and Singh, N.K. 2021. Eco-friendly synthesis of phytochemical-capped iron oxide nanoparticles as nano-priming agent for boosting seed germination in rice (*ryza *sativa* L.). Environmental Science and Pollution Research. 28(30): 40275-40287. https://doi.org/10.1007/s11356-020-12056-5

Ahmadi, K., Parsa, S., Mahmoodi, S., and Gazanchian, G. 2016. Evaluation of effect of nutrient priming on the Galbanum (*Ferula gummosa* Boiss.) germination and seedling growth. Seed Ecophysiology Journal. 1(2): 137-151. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/sej.2016.426

Al-Mudaris, M.A., and Jutzi, S.C. 1999. The Influence of Fertilizer-based Seed Priming Treatments on Emergence and Seedling Growth of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* in Pot Trials under Greenhouse Conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 182: 135-142. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.1999.00293.x

Ameri, A., Fatemi, H., Aroiee, H., and Teixeira da Silva, J.A. 2011. What's the Effect of Saline Priming on Germination Factors of *Capsicum annuum* var.'California Wonder'Seeds. Seed Science and Biotechnology. 5(1): 47-49.

Arif, M., Ali, S., Shah, A., Javad, N. and Rashid, A. 2005. Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. Sarhad Journal of Agriculture. 21: 539-543.

Arif, M., Waqas, M., Nawab, K., and Shahid. M., 2007. Effect of seed priming in Zn solutions on chickpea and wheat. African Crop Science Conference Proceedings. 8: 237-240.

Asgedom, H., and Becker, M. 2001. Effects of seed priming with nutrient solutions on germination, seedling growth and weed competitiveness of cereals in Eritrea. In: Proceeding

of Deutscher Tropentag 2001, University of Bonn and ATSAF, Margraf Publishers Press, Weickersheim, 282p.

Atar, B., Uygur, V., and Sukuşu, E. 2020. Effects of priming with copper, zinc and phosphorus on seed and seedling composition in wheat and barley. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. 7(1): 104-111. https://doi.org/10.30910/turkjans.680021

Badiri, A. 2013. The effect of seed priming with micronutrient elements on the germination indicators, growth and yield of the medicinal plant plantain. MSc. Thesis. Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran. (In Persian).

Bradford, J. K. 1995. Water relations in seed germination. In: J. Kigel and G. Galili (Eds.).Seed development and germination. Marcel Dekker, New York. pp. 351-396.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil. 302: 1-17. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9466-3

Erskine, W., Sarker, A., and Kumar, S. 2011. Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. Food Security. 3: 127–139. https://doi.org/10.1007/s12571-011-0124-5

Farooq, M., Wahid, A., and Siddique, K.H. 2012. Micronutrient application through seed treatments – a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12(1): 125-142. https://doi.org/10.4067/S0718-95162012000100011

Ghaderifar, F., Kamkar, B., and Soltani, A. 2014. Seed Science and Technology. Jahad University Press of Mashhad, 512 p. (In Persian).

Gorzi, A., Omidi, H., and Bostani, A. 2020. Effect of Stevia (*Stevia rebaudiana*) Seed Priming Treatments with Salicylic Acid, Iron, and Zinc on Some Germination Traits and Photosynthetic Pigments under Drought Stress. Iranian Journal of Seed Research. 6(2): 125-135. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.29252/yujs.6.2.125

Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., and Shah, H. 2007. 'On-farm' seed priming with zinc sulphate solution—A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research. 102(2): 119-127. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.005

Hoseinpur Askarian, E., Abbasi Surki, A., Danesh Shahraki, A. 2019. Effect of Seed Priming with ZnSO4 and FeSO4 on Dormancy Break Optimization and Germination Traits of Shallot (*Allium hirtifolium*). Iranian Journal of Seed Research. 6(1): 33-49. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.29252/yujs.6.1.33

Imran, M., Neuman, G., and Rombeld, V. 2008. Nutrient seed priming improves germination rate and seedling growth under subemergence stress at low temperature. In: Proceedings of Tropentag 2008, Competition for Resources in a Changing World: New Drive for Rural Development. October 7-9, 2008. Hohenheim, Germany.

Johnson, S., Layren, J., Welch, R., and Duxbury, J. 2005. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), Lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. Experimental Agriculture. 41(4): 427-448. https://doi.org/10.1017/S0014479705002851

Jokar, L., Ronaghi, A., Karimian, N., and Ghasemi-Fasaei, R. 2015. Effects of different Fe levels from Fe-nano-chelate and Fe-EDDHA sources on growth and some nutrients concentrations in cowpea in a calcareous soil. Journal of Soil and Plant Interactions 6(2): 9-19. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.6.2.9

Kamkar, B., Safahani Langeroudi, A.R., and Mohammadi, R. 2012. The Use of Nutrients in Crop Plants. Jahad University Press of Mashhad, Iran. 500 p. (In Persian).

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science. 2: 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Makkizadeh Tafti, M., Tavakol Afshari, R., Majnoon Hosseini, N., Naghdi Badi, H., and Mehdizadeh, A. 2006. Effect of Osmopriming on Seed Germination of Borage (*Borago officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 22(3): 216-222. (in Persian with English abstract).

Malakouti, M.J., Keshavarz, P., and Karimian, N. 2008. A Comprehensive Approach towards Identification of Nutrient Deficiencies and Optimal Fertilization for Sustainable Agriculture. 7th ed. Tarbiat Modares University Publication. Tehran, Iran. (in Persian).

Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Third Edition. Academic Press, London. https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9

Mirshekari, B. 2015. Effects of seed priming with microelements of Fe and B on some germination parameters and yield of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30(6): 879-888. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2015.11923

Mirshekari, B., 2013. Effect of seed priming with microelements on germination speed, seedling vigor and flower yield of marigold (*Calendula officinalis* L.). Agroecology Journal. 9(4): 69-76. (in Persian with English abstract).

Mohammad, W., Shah, S.M., Nawas, H., and Iqbal, M.M. 1999. Interactive effect of nitrogen, zinc and boron on yield and nutrient uptake by rapeseed. Pakistan Journal of Soil Science. 16(1-2): 111-114.

Ozturk, L., Yazici, M.A., Yucel, C., Torun, A., Cekic, C., Bagci, A., Ozkan, H., Braun, H.-J., Sayers, Z. and Cakmak, I. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiologia Plantarum. 128: 144-152. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00737.x

Prasad, A.S. 2003. Zinc deficiency. British Medical Journal 326: 409-410. https://doi.org/10.1136/bmj.326.7386.409

Rahimi, M., Heidari, M., and Eftekhari, S.A. 2012. Effects of Iron sulphate and iron chelate on seed germination and early seedling growth of *Vigna unguiculata*. 1st National Conference on Agriculture in Hard Environmental Conditions, May 9, 2012. Islamic Azad University, Ramhormoz Branch, Iran. (in Persian with English abstract).

Shinde, P., Doddagoudar, S.R., Vasudevan S.N. 2016. Influence of seed polymer coating with micronutrients and foliar sprayon seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Legume Research. 40(4): 704-709. https://doi.org/10.18805/lr.v0iOF.10760

Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2001. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55(1): 195-200. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.012

Tahmasebi, R., Sajedi, N.A., and Shoaei, S. 2017. Evaluation effect of different solutions and seed priming treatments on germination, agronomic and quality characteristics of red bean genotypes. Iranian Journal Pulses Research. 8(1): 60-72. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v8i1.26145

Vojodi, M.L., Hassanpouraghdam, M.B., Ebrahimzadeh, A., and Valizadeh, K.R. 2016. Effects of ZnSO4 foliar application on vegetative growth and phenolic and essential oil content of geranium (*Pelargonium odoratissimum* L.). Journal of Ornamental Plants. 6: 193-199.

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

The use of *Ascophyllum nodosum* algae extract as an organic fertilizer to reduce the negative effects of drought stress on the germination of onion seeds (Behbahan native cultivar)

Raheleh Ahmadpour[1*], Fatemeh Gharibian[2], Narges Atashafzar[2], Maryam Fathi[2], Roksana Khalili[2], Saeed Reza Hosseinzadeh[3]

[1] Instructor, Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Email: Behbahan, Iran, Email: Ahmadpour@bkatu.ac.ir
[2] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: gharibian@yahoo.com
[3] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: atashafzar@yahoo.com
[4] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: fathi@yahoo.com
[5] Student of Farzangan Dr. Adeli School, Department of Education, Khuzestan, Behbahan, Iran, Email: khalili@yahoo.com
[6] PhD of Biology, Education Research Institute, Department of Education, Khuzestan, Ahvaz, Iran, Email: Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-11-17
Revised: 2024-5-1
Accepted: 2024-6-11

Keywords:
Brown algae
Seed vigor index
Germination vigor
PEG
Seedling length

ABSTRACT

Several studies reported that drought stress in the soil, by reducing the germination indicators, causes a decrease in onion growth and yield. *Ascophyum nodosum* seaweed extract contains plant growth regulators such as auxin and cytokinin, high and low consumption nutrients, vitamins and antioxidants and can reduce various stresses on plants. For this purpose, different levels of seaweed extract and drought stress were investigated on the germination and growth indices of onion (Behbahan native cultivar). A factorial experiment was performed based on completely randomized design with 3 replications. The investigated factors include: algae extract at 4 levels (0, 3, 6, and 9 percent by volume) and drought stress at four levels non-stress, mild stress, moderate stress, and severe stress (including 0, -0.3, and 0.6 and -0.9 MPa). Drought stress was applied by PEG. The results of this research showed that in conditions non-drought stress, mild stress and moderate stress, the use of *Ascophyllum nodosum* algae extract (levels of 3% and 6%) caused a significant increase in traits such as germination percentage, germination vigor, seed vigor index, seedling length, plumule length and radicle length. In severe stress conditions, no significant difference was observed between the control levels, 3% and 6%. Considering the development of onion cultivation in Behbahan and the report of negative effects caused by drought stress on onion seeds (Behbahan native cultivar), the use of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract in the soil is recommended to reduce the negative effects caused by drought stress. Algae extract improved the germination indicators, growth characteristics and proper establishment of seedlings , which can increase the yield of this plant.

Cite this article: Ahmadpour, R., Gharibian, F., Atashafzar, N., Fathi, M., Khalili, R., Hosseinzadeh, S.R. (2023). The use of *Ascophyllum nodosum* algae extract as an organic fertilizer to reduce the negative effects of drought stress on the germination of onion seeds (Behbahan native cultivar). *Seed Research*, 13 (2), 15-30.

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

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

کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم به‌عنوان کود ارگانیک به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر پیاز (رقم بومی بهبهان)

راهله احمدپور[۱*]، فاطمه غریبیان[۲]، نرگس آتش‌افزار[۳]، مریم فتحی[۴]، رکسانا خلیلی[۵]، سعیدرضا حسین‌زاده[۶]

[۱] مربی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: Ahmadpour@bkatu.ac.ir
[۲] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: gharibian@yahoo.com
[۳] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: atashafzar@yahoo.com
[۴] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: fathi@yahoo.com
[۵] دانش آموز پایه نهم، مدرسه استعدادهای درخشان دکتر عادلی، آموزش و پرورش شهرستان بهبهان، خوزستان، ایران، رایانامه: khalili@yahoo.com
[۶] دکتری زیست‌شناسی، پژوهشکده تعلیم و تربیت، آموزش و پرورش، خوزستان، اهواز، رایانامه: Hossinzadeh_tmu@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۲

واژه‌های کلیدی:
پیش‌تیمار تغذیه‌ای
تقویت بذر
سرعت جوانه‌زنی
عناصر ریزمغذی

چکیده

مطالعات متعدد گزارش کردند که تنش خشکی در خاک با کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی بذر موجب کاهش در رشد و محصول پیاز می‌گردد. عصاره جلبک دریایی آسکوفیوم نودوسوم، به‌دلیل داشتن تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، مقادیر بالای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند تأثیر تنش‌های مختلف را بر گیاهان کاهش دهد. در این راستا به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی و تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی پیاز (رقم بومی بهبهان) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان در سال ۱۴۰۲ به اجراء درآمد. عوامل مورد بررسی شامل: عصاره جلبکی در ٤ سطح (۰، ۳، ٦ و ۹ درصد حجمی) و تنش خشکی در چهار سطح بدون تنش، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید (به‌ترتیب شامل ۰، ۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال) بود. تنش خشکی بوسیله پلی‌اتیلن گلایکول اعمال شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، تنش ملایم و تنش متوسط، کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم (سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) موجب افزایش معنی‌دار صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه شد. در شرایط تنش شدید تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی مشاهده نشد. با توجه به توسعه کشت پیاز در شهرستان بهبهان و گزارش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر بذرهای پیاز (رقم بومی بهبهان)، استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در خاک می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات رشدی و استقرار مناسب گیاهچه نقش مهمی ایفا کند و در نهایت موجب افزایش عملکرد و محصول این گیاه گردد.

استناد: احمدپور، راهله؛ غریبیان، فاطمه؛ آتش‌افزار، نرگس؛ فتحی، مریم؛ خلیلی، رکسانا؛ حسین‌زاده، سعیدرضا. (۱٤۰۲). کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم به‌عنوان کود ارگانیگ به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر پیاز (رقم بومی بهبهان). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۳۰-۱۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

پیاز با نام علمی (*Allium cepa* L.) گیاهی تک لپه بوده و در جهان بیش از ۹۰۰ گونه دارد که به طور طبیعی در نیمکره شمالی می‌روید (Fritsch and Friesen, 2002). این گیاه از مهمترین سبزی‌های خوراکی محسوب شده و از نظر وسعت کشت و مصرف در جهان پس از سیب زمینی و گوجه فرنگی سومین محصول پر مصرف در سبد خانوارها به شمار می آید. پیاز با داشتن ترکیباتی نظیر کربوهیدرات، ترکیبات معدنی، ویتامین ث، پروتئین، کلسیم، فسفر و آهن از اهمیت غذایی بالایی برخوردار است (Dini et al., 2008). محققان در زمینه اثرات دارویی گیاه پیاز گزارش کردند که مصرف پیاز در درمان آسم، صرع، برونشیت مزمن، دیابت، بیماری‌های پوستی، کاهش کلسترول و قند خون نقش مهمی دارد (Ghodrati et al., 2013). مرحله جوانه‌زنی در گیاهان ارتباط مستقیم با تولید و عملکرد مناسب گیاهان دارد، به‌طوری‌که بسیاری از مطالعات نشان دادند که مرحلهٔ جوانه‌زنی بذرها مرحله‌ای حساس است که تراکم، عملکرد و محصول گیاه کشت‌شده را تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین مراحل ابتدایی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و استقرار آن، بسیار حساس‌تر از مراحل بعدی هستند (Armand et al., 2015; Ahmadpour et al., 2019). به‌عبارت دیگر برای کلیه گیاهان در مرحله جوانه‌زنی به اثبات رسیده است که چنانچه مرحله جوانه‌زنی بذر، در شرایط تنش با موفقیت همراه باشد، در مراحل بعدی رشد و نمو، گیاهچه‌هایی با قدرت رویشی بهتر، سیستم ریشه ای قوی‌تر (استقرار مناسب در خاک) و محصول بیشتر تولید خواهد کرد (Mensah et al., 2006; Mokhtari et al., 2009).

براساس اطلاعات جمع آوری شده از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان، گزارش شد که بذرهای پیاز در این شهرستان در شهریور ماه کشت می‌شود و عواملی نظیر کمبود منابع آبی، گرمای شدید و شرجی موجب کاهش رطوبت در خاک و مواجه شدن بذر این گیاه با شرایط تنش خشکی است. در چنین مناطقی کمبود رطوبت در خاک مهمترین عامل موثر در جهت کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه است (Digirolamo and Barbanti, 2012; Ahmadpour et al., 2016). تنش خشکی اثرات منفی شدیدی بر جوانه‌زنی گیاهان دارد و موجب کاهش شدید جذب آب در محیط بذر شده که از یک سو به طور غیرمستقیم بر ذخایر غذایی و کیفیت زیست بذر اثر گذاشته و از سوی دیگر موجب عدم جوانه‌زنی و غیرقابل استفاده شدن بذر برای کشت می‌شود (Dini et al., 2008; Hosseinzadeh et al., 2016). در مطالعات متعدد بر روی گیاهان زراعی نظیر نخود، لوبیا، عدس، گوجه فرنگی و پیاز گزارش شده است که آب مهمترین عامل در فعال‌سازی جوانه‌زنی بذر محسوب شده و کاهش آب قابل دسترس منجر به اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (Arvin and Kazemi-Pour, 2003; Rahbarian et al., 2012; Armand et al., 2015; Ahmadpour et al., 2016; Ahmadpour et al., 2020). در شرایط آزمایشگاهی، برای ایجاد محیط‌های مصنوعی تنش خشکی، از ماده‌ای غیر سمی با جرم مولکولی بالا به نام پلی اتیلن گلایکول (PEG) استفاده می‌شود که مهمترین ویژگی آن این است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی‌کند و منجر به آسیب در گیاهان نمی‌شود (Hosseinzadeh et al., 2016).

در مواجه با تنش خشکی، بالا بردن توانایی جوانه-زنی بذرها و اصلاح بذر با کاربرد تیمارهای مناسب راهکاری در جهت افزایش رشد و عملکرد گیاه به شمار می‌آید (Amiri et al., 2017). یکی از شیوه‌های جدید در تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها پرایمینگ زیستی بذر (پیش تیمار بذر) محسوب می-شود. در این روش از ترکیبات بیولوژیک جهت

افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاهچه استفاده می‌شود (Ghannad et al., 2017). در این مطالعه از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم به عنوان پیش تیمار در جهت افزایش خصوصیات جوانه‌زنی و کاهش اثرات منفی تنش خشکی استفاده شد. جلبک‌های دریایی، از اجزای اصلی اکوسیستم سواحل دریاها و اقیانوس‌ها هستند. تخمین‌زده می‌شود حدود ۹۰۰۰ گونه جلبک وجود داشته باشد که جلبک قهوه‌ای با حدود ۲۰۰۰ گونه فراوان‌ترین آنها است و بیشتر در سواحل سنگی مناطق گرم و خشک یافت می‌شود (Khan et al., 2009). جلبک آسکوفیلوم نودوسوم از منابع ارزان قیمت و قابل دسترس (در سواحل خلیج فارس) به شمار می رود. مطالعات متعددی گزارش کردند که در عصاره جلبکی (*Ascophyllum nodosum*) عناصر غذایی مغذی و پرکاربرد نظیر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر غذایی کم کاربرد نظیر آهن، روی، مس و منگنز وجود دارد (Zhang and Ervin, 2004; Ahmadpour et al., 2019). گزارش شده است که این عصاره دارای هورمون‌های رشد نظیر اکسین، سیتوکینین و ترکیبات ارزشمند دیگر نظیر نمک‌های معدنی، ویتامین‌ها و آنتی اکسیدان‌ها می باشد که می تواند تاثیر مفید و مثبتی بر خصوصیات رشدی گیاهان داشته باشد (Zhang and Ervin, 2008; Kumar and Sahoo, 2011). برخی مطالعات در زمینه استفاده از عصاره جلبکی نشان داد که کاربرد این عصاره در افزایش معنی‌دار شاخص‌های جوانه‌زنی، رشدی و عملکردی گندم نقش دارد (Kumar and Sahoo, 2011). در مطالعه دیگر گزارش شد که تلقیح جلبک‌ها در محیط‌های غذایی کشت گیاهان منجر به افزایش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه می‌شود (Caffagni et al., 2015). در بررسی بر روی فرآیندهای ریشه زایی و رشد ریشه در برخی گیاهان زراعی نظیر نخود، لوبیا و عدس مشاهده شد که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب تاخیر در فرآیندهای پیری و افزایش معنی دار ریشه زایی و رشد ریشه شد (Craigie et al., 2011; Ahmadpour et al., 2019).

با توجه به تحقیقات میدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان، متخصصان در این مرکز تحقیقاتی اعلام نمودند که بذرهای پیاز با توجه به ویژگی‌هایی نظیر حساسیت بالا به تنش کمبود آب و ضعیف بودن بذرهای پیاز در مرحله جوانه‌زنی و قیمت نسبتاً بالای آن در مقایسه با سایر بذرهای صیفی جات نیازمند پژوهش‌های متعدد در جهت بهبود و اصلاح شاخص‌های جوانه‌زنی است. از سوی دیگر در چند دهه اخیر، استفاده از کودهای شیمیایی، مشکلات متعدد زیست محیطی از جمله آلودگی منابع آب، عدم جوانه‌زنی بذرها، کاهش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل خیزی خاک‌ها را به وجود آورده است. جلبک‌های دریایی و عصاره‌های حاصل از آن‌ها مناسب ترین جایگزین برای کودها و قارچ کش‌های شیمیایی هستند و در کشاورزی ارگانیک که هدف آن تولید محصولات عاری از مواد شیمیایی است، یکی از بهترین تیمارها محسوب می شود. مهمترین اهداف این پژوهش عبارتند از: الف) آیا استفاده از عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم می‌تواند در بهبود و اصلاح خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در شرایط تنش خشکی نقش داشته باشد؟ ب) در صورت تاثیر مثبت این عصاره بر خصوصیات جوانه‌زنی، استفاده از چه غلظتی می تواند موجب بهبود در خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان در تیرماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. بذر

مورد مطالعه رقم بومی بهبهان بود که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان بهبهان تهیه شد. اولین تیمار مورد بررسی، عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در ٤ سطح صفر (بدون کاربرد عصاره جلبکی)، ۳، ٦ و ۹ درصد حجمی بود. عصاره جلبک دریایی از شرکت همیار دشت آبرون وارد کننده کودهای زیستی BIOALGAX ساخت کشور اسپانیا تهیه شد. خصوصیات شیمیایی این عصاره در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- خصوصیات عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم تهیه شده از شرکت BIOALGAX اسپانیا

نمونه	ماده‌آلی (٪)	چگالی نسبی (g/cc)	نیتروژن کل(٪)	آهن (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	فسفر (٪)	فولویک اسید(٪)	اسیدیته
عصاره جلبکی	۱۵	۱/۲۸	۲/۵	۰/۵	۱٦/۹	۰/۱۸	۱	۱۰/۵	۹/۲

دومین عامل مورد بررسی در این آزمایش تنش خشکی بود که در ٤ سطح صفر، ۰/۳-، ۰/٦- و ۰/۹- مگاپاسکال در نظر گرفته شد. تنش خشکی بوسیله پلی اتیلن گلایکول مطابق جدول ۲ و بر اساس روش میچل و کافمن (۱۹۷٦) ایجاد شد (Michael and Kaufman, 1976). برای سطح تنش صفر (شاهد) از آب مقطر استفاده شد.

جدول ۲- نحوه تهیه محلول تنش خشکی

مقدار محلول	پلی اتیلن گلایکول	نوع محلول (پتانسیل خشکی)
٤۰۰ میلی‌لیتر	۵۵/۲ گرم	۰/۳- مگاپاسکال
٤۰۰ میلی‌لیتر	۷۵/٦ گرم	۰/٦- مگاپاسکال
٤۰۰ میلی‌لیتر	۸۸/۸ گرم	۰/۹- مگاپاسکال

به منظور انجام پژوهش کلیه پتری‌دیش‌ها استریل شدند و بذرها نیز با قارچ کش بنومیل ۲ در هزار طبق روش (Hosseinzadeh et al., 2016) ضدعفونی شدند. در هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر قرار گرفت و سپس به منظور اعمال تیمارها به هر پتری‌دیش، ۸ سی سی از تیمارهای آزمایشی تهیه شده شامل سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم و تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول اضافه شد. به منظور رعایت شرایط یکنواخت برای تمامی تیمارها ابتدا وزن اولیه آن‌ها یادداشت شد و سپس با پارافیلم درب پتری‌ها بسته شد و در محیط آزمایشگاه قرار گرفت (Ahmadpour et al., 2015). پتری‌دیش‌ها به صورت روزانه بازدید و هر بذر که دارای طول ریشه‌چه ۳ میلی متر بود، بر اساس دستورالعمل انجمن بین المللی آزمون جوانه‌زنی بذر (International Seed Testing Association) به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (ISTA, 2009). بررسی روزانه پتری‌دیش‌ها به‌مدت ١٤ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه زده به صورت روزانه یادداشت شد. مهمترین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول ۳ روابط محاسباتی مورد استفاده برای تعیین شاخص بنیه بذر، درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- روابط محاسباتی شاخص‌های جوانه‌زنی

شاخص	رابطه	منابع مورد استفاده
درصد جوانه‌زنی	$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times 100$	(Agrawal, 1991)
سرعت جوانه‌زنی	$GS = \sum \frac{ni}{ti}$	(Agrawal, 1991)
بنیه جوانه‌زنی	$GV = \frac{GR \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)
شاخص بنیه بذر	$SV = \frac{GP \times mean(PL + RL)}{100}$	(ISTA, 2009)

n = کل بذر جوانه زده طی دوره، ni = تعداد بذرهای جوانه زده در یک فاصله زمانی مشخص، ti = تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی، N = تعداد بذرهای کاشته شده، PL = طول ساقه چه، RL = طول ریشه چه

برداشت جوانه‌ها به منظور بررسی خصوصیات رشدی بذرهای جوانه زده ۱۵روز پس از شروع آزمایش بود. پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله خط‌کش میلی‌متری اندازه گیری شد. از مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول گیاهچه محاسبه شد. به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، ساقه‌چه و ریشه‌چه در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Ahmadpour et al., 2016). با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز آماری داده‌ها انجام شد، بدین صورت که پس از نرمال سازی داده‌ها به منظور تعیین سطح معنی‌داری در اثرات متقابل تیمارها از آزمون ANOVA استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد ($P \leq 0.01$) و ۵ درصد ($P \leq 0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی: آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی تاثیر معنی داری بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در سطح احتمال خطای ۵ درصد داشت (جدول ٤).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
		میانگین مربعات			
عصاره جلبک دریایی	۳	۲۱۱۰/۱۱۷**	۱/٤٦۱**	۰/۰۲۷**	۲۲/٤۹۸**
تنش خشکی	۳	٥٦۰۸/٥۰۷**	۹/۱۹٥**	۰/۱۲٤**	٦۳/۲٦۱**
عصاره×تنش	۹	۹۲/۰۹٦*	۰/۰٤۳*	۰/۰۰۲*	۲/۱۰٦*
خطای آزمایش	۳۲	٥٥/۸۸۷	۰/۱۷٦	۰/۰۰۱	۰/۲٦۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۹/٥٥	۲۲/۰۹	۱٥/٦۸	۱٦/٦٤

ns ، **، * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با سطح شاهد (بدون کاربرد عصاره) شد. در مقایسه بین سطح ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک دریایی، سطح ٦ درصد موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی نسبت به سطح ۳ درصد حجمی شد. در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ۰/۳- مگاپاسکال (تنش خفیف)، بین سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی از عصاره تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط تنش ۰/٦- مگاپاسکال (تنش متوسط)، سطح ٦ درصد حجمی عصاره بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشت که در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی داری داشت. در این سطح از تنش (۰/٦- مگاپاسکال)، کمترین میزان درصد جوانه‌زنی به سطح ۹ درصد حجمی عصاره اختصاص داشت که نسبت به سایر سطوح کاهش معنی داری داشت. در شرایط تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال) سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره توانستند موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شوند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پیاز تحت تاثیر برهم‌کنش عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم	درصد جوانه‌زنی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	قدرت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر
شرایط بدون تنش (شاهد)				
صفر (شاهد)	٤٨/٨٧ de	٢/٦٦ b	۰/۲۳ c	٤/١٨ de
۳ درصد حجمی	٦٣/٣٠ b	٣/٢٦ a	۰/۳۲ b	٦/١٩ b
٦ درصد حجمی	٧٩/٩٧ a	٣/٤٠ a	۰/۳۷ a	٨/٧٤ a
۹ درصد حجمی	٥٢/٢٠ cd	٢/٣٣ bcd	۰/۱۹ de	٤/٢٩ d
تنش خشکی ملایم (۰/۳- مگاپاسکال)				
صفر (شاهد)	٣٨/٨٧ fg	٢ def	۰/۱٤ f	٢/٧٥ f
۳ درصد حجمی	٤٦/٦٣ de	٢/٢٣ cd	۰/۱۸ de	٣/٨١ e
٦ درصد حجمی	٦٥/٥٣ b	٢/٤٠ bc	۰/۲۱ cd	٥/٧٥ c
۹ درصد حجمی	٣٣/٢٠ gh	١/٨٠ ef	۰/۱۱ g	٢/٢٦ g
تنش خشکی متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)				
صفر (شاهد)	٣١/٠٧ h	١/٧٠ fg	۰/۰۹ gh	١/٧١ h
۳ درصد حجمی	٤٤/٤٣ ef	١/٩٦ def	۰/۱۳ f	٣/٠٤ f
٦ درصد حجمی	٥٥/٥٣ c	٢/١٣ cde	۰/۱۷ e	٤/٣٩ d
۹ درصد حجمی	١٣/٣٠ i	١/٣٦ gh	۰/۰۷ hi	۰/۷۱ i
تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال)				
صفر (شاهد)	٤/٤٤ j	۰/۸۰ i	۰/۰۳ jk	۰/۰٦ k
۳ درصد حجمی	١٤/٤٠ i	۰/۹٦ i	۰/۰٤ ij	۰/٦٨ i
٦ درصد حجمی	١٨/٨٧ i	١/٠٦ hi	۰/۰۵ ij	۰/٥٤ ij
۹ درصد حجمی	١/١٠ j	۰/٣٦ j	۰/۰۱ k	۰/۰۳ k

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در بررسی مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش اثرات متقابل عصاره جلبکی و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی بذرها مشاهده شد که در شرایط بدون تنش، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار این شاخص در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در شرایط تنش ملایم و متوسط (به‌ترتیب ۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال)، سطح ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک آسکوفیلوم به صورت معنی داری سرعت جوانه‌زنی بذر را در مقایسه با دیگر سطوح افزایش داد. سطح ۹ درصد حجمی از عصاره آسکوفیلوم کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی را در هر دو شرایط تنش ملایم و متوسط داشت که با سطح شاهد اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط تنش شدید (۰/۹- مگاپاسکال)، سطح ۹ درصد حجمی عصاره موجب کاهش معنی داری در سرعت جوانه‌زنی بذرها در مقایسه با سایر سطوح شد. در این شرایط از تنش، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی مشاهده نشد (جدول ۵). در مقایسه میانگین‌ها برای قدرت جوانه‌زنی بذر مشاهده شد که در شرایط بدون تنش و تنش ۰/٦- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی دار قدرت جوانه‌زنی بذر در مقایسه با سایر سطوح (شاهد و سطح ۹ درصد حجمی) شد. لازم به ذکر است که سطح ٦ درصد حجمی عصاره آسکوفیلوم نسبت به سطح ۳ درصد حجمی نیز برتری محسوس و معنی داری داشت. در شرایط تنش ۰/۳- مگاپاسکال، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی به صورت معنی‌داری قدرت جوانه‌زنی را افزایش دادند اما در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. در شرایط تنش ۰/۹- مگاپاسکال، تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبکی مشاهده نشد و تنها در سطح ۹ درصد حجمی کاهش معنی داری در قدرت جوانه‌زنی نسبت به سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره مشاهده شد (جدول ۵). نتایج بررسی اثرات متقابل تنش و عصاره جلبکی بر شاخص بنیه بذر نشان داد که در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و متوسط، سطح ٦ درصد حجمی از عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم بیشترین میزان شاخص بنیه بذر را داشت که در مقایسه با سایر سطوح (شاهد، ۳ و ۹ درصد حجمی) اختلاف معنی داری داشت. سطح ۳ درصد حجمی عصاره نیز در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی به صورت معنی داری شاخص بنیه بذر را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی شدید، سطح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار این شاخص در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد (جدول ۵).

شاخص‌هایی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از شاخص‌های تعیین کننده در محصول نهایی گیاهان زراعی محسوب می‌شود. افزایش در این شاخص‌ها بوسیله تیمارهای بهبود دهنده نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان دارد (Rahbarian et al., 2012). مطالعات متعدد در حیطه جوانه‌زنی گزارش کردند که افزایش در این شاخص‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه، استقرار مناسب گیاهچه‌ها و ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی در خاک می‌شود (Hosseinzadeh, 2015; Ahmadpour et al., 2019). تنش خشکی در اثر کاهش آب قابل دسترس، منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر و دناتوره شدن ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها (بویژه آنزیم آلفا-آمیلاز) می‌شود که علت اصلی کاهش درصد، سرعت و قدرت جوانه‌زنی در گیاهان است (Kalefetoglu Macar et al., 2009). بذرهای تمامی گیاهان حساس

در مواقعی که با تنش خشکی رو به رو می‌شوند، با کاهش مدت زمان جوانه‌زنی و سبز شدن سریع سعی در فرار از این شرایط دارند و در این حالت مهمترین شاخص‌های جوانه‌زنی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، میانگین مدت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد (Ahmadpour et al., 2016). در این مطالعه نیز مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی (تنش خشکی متوسط و شدید) در مقایسه با شرایط بدون تنش شاخص‌هایی نظیر جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر کاهش معنی‌داری داشت.

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم با داشتن ترکیباتی نظیر عناصر غذایی کم مصرف (Fe، Zn، Cu، Mn)، پرمصرف (N، K، Ca، Mg) و برخی هورمون‌ها نظیر اکسین و سیتوکینین نقش مهمی در تنظیم اسمزی محیط اطراف بذر، افزایش تقسیم سلولی، تغذیه بذر و فعال‌سازی برخی کوفاکتورها در فرآیندهای بیوشیمیایی را دارند (Zang and Ervin, 2004; Ahmadpour et al., 2019). آنزیم آلفا آمیلاز نقش اساسی و تعیین کننده در مرحله جوانه‌زنی بذر دارد، این آنزیم با تجزیه ذخایر غذایی موجود در آندوسپرم (نشاسته)، منابع غذایی مورد نیاز جوانه‌زنی را تامین می کنند. مطالعات گزارش کردند که استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب افزایش هورمون سیتوکینین در محیط کشت می شود که موجب افزایش تقسیم سلولی و فعال سازی آنزیم آلفا-آمیلاز شده و در نهایت منجر به افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی شد (Zang and Ervin, 2004; Brune, 2009). در این مطالعه مشاهده شد که کاربرد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی توانست موجب افزایش معنی دار شاخص‌های جوانه‌زنی مورد بررسی در مقایسه با شاهد شود. در شرایط تنش ملایم و متوسط نیز کاربرد این سطوح مثبت و معنی دار بود و موجب بهبود معنی دار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر شد. شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی از مهمترین صفات ارزیابی تحمل به تنش خشکی در بذر محسوب می‌شوند. شاخص بنیه بذر رابطه مستقیم با درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارد و قدرت جوانه‌زنی نیز رابطه مستقیم با سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه دارد (ISTA, 2009). با توجه به نتایج این مطالعه، افزایش شاخص بنیه بذر و قدرت جوانه‌زنی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی را می‌توان به افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه در این سطوح نسبت داد.

خصوصیات رشدی مرتبط با جوانه‌زنی بذر: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر طول گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشت (جدول ٦). جدول ۷ مقایسه میانگین داده‌ها را نشان می‌دهد و برای طول گیاهچه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش خشکی، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی موجب افزایش معنی دار طول گیاهچه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در شرایط تنش ملایم و متوسط (۰/۳- و ۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره جلبکی برتری محسوس و معنی داری از لحاظ طول گیاهچه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی داشتند. در هر دو شرایط تفاوت معنی داری بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی وجود نداشت. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی مشاهده نشد و تنها مشاهده شد که کاربرد ۹ درصد حجمی از عصاره موجب کاهش

معنی دار طول گیاهچه در مقایسه با سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی شد (جدول ۷).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر پیاز در سطوح مختلف عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم در شرایط تنش خشکی

منابع تغییر	درجه آزادی	طول گیاهچه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه
		میانگین مربعات				
عصاره جلبک دریایی	۳	۱۳/۳۰۷**	۰/۰۰۰٤**	۰/۰۰۰۲**	۷/۹۹۱**	۱/۳۰۹**
تنش خشکی	۳	۹۲/٤۹٦**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۳**	٤٦/۱۱۲**	۱۰/۵۰۲**
عصاره× تنش	۹	۰/۳۰٦*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۱*	۰/۲۳۹*	۰/۰۷٦*
خطای آزمایش	۳۲	۱/٦۸۲	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۹۱۵	۰/۱٤۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۹/۸۳	۱۸/۳۱	۲۲/۹۳	۲۰/۸٤	۲۰/۰۲

ns، **، * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

در مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با وزن خشک ساقه‌چه مشاهده شد که تنش خشکی متوسط و شدید موجب کاهش معنی دار این صفت در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی شد. در شرایط بدون تنش خشکی، سطح ٦ درصد حجمی بیشترین میزان طول ساقه‌چه را داشت که نسبت به سطح ۹ درصد حجمی افزایش معنی داری داشت اما در مقایسه با سطوح شاهد و ۳ درصد حجمی عصاره اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط تنش ملایم، متوسط و شدید اختلاف معنی داری بین سطوح عصاره جلبکی مشاهده نشد (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن خشک ریشه چه نشان داد که در شرایط بدون تنش، سطح ٦ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی به صورت معنی داری وزن خشک ریشه چه بذرها را در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی افزایش داد. این سطح از عصاره تفاوت معنی داری با سطح ۳ درصد حجمی نداشت. در شرایط تنش ملایم، متوسط و شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح عصاره جلبک دریایی مشاهده نشد (جدول ۷). در بررسی اثرات متقابل عصاره جلبکی و تنش خشکی بر طول ساقه چه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، سطح ٦ درصد حجمی عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در جدول ۷، اختلاف معنی داری بین سطح ۳ و ٦ درصد حجمی در شرایط بدون تنش و تنش ملایم مشاهده نشد. در شرایط تنش متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی عصاره موجب افزایش معنی دار طول ساقه چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی تفاوت معنی داری مشاهده شد به طوری که سطح ٦ درصد حجمی نسبت به سطح ۳ درصد حجمی برتری محسوس و معنی داری داشت. در شرایط تنش خشکی شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی وجود نداشت اما سطح ۹ درصد حجمی عصاره جلبکی به صورت معنی داری طول ساقه چه را کاهش داد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر پیاز تحت تاثیر برهم‌کنش عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم و تنش خشکی

عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)
شرایط بدون تنش (شاهد)					
صفر (شاهد)	۸/۵۶ c	۰/۰۰۷۴ abc	۰/۰۰۲۲ bcd	۶/۰۶ bc	۲/۵۰ c
۳ درصد حجمی	۹/۸۳ b	۰/۰۰۸۱ ab	۰/۰۰۳۰ ab	۶/۷۳ ab	۳/۱۰ b
۶ درصد حجمی	۱۰/۹۳ a	۰/۰۰۹۲ a	۰/۰۰۳۶ a	۷/۴۰ a	۳/۵۳ a
۹ درصد حجمی	۸/۲۶ c	۰/۰۰۶۲ bcd	۰/۰۰۲۲ bc	۵/۶۳ cd	۲/۶۰ c
تنش خشکی ملایم (۰/۳- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	۷/۰۶ de	۰/۰۰۵۹ cd	۰/۰۰۱۶ cde	۵/۰۳ de	۲/۰۳ de
۳ درصد حجمی	۸/۲۰ c	۰/۰۰۶۸ bcd	۰/۰۰۲۱ bcd	۵/۹۰ bc	۲/۳۰ cd
۶ درصد حجمی	۸/۷۶ bc	۰/۰۰۶۹ bcd	۰/۰۰۲۴ bc	۶/۱۳ bc	۲/۶۳ c
۹ درصد حجمی	۶/۲۳ ef	۰/۰۰۵۳ cde	۰/۰۰۱۶ cde	۴/۴۳ ef	۱/۸۰ ef
تنش خشکی متوسط (۰/۶- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	۵/۴۳ f	۰/۰۰۴۹ de	۰/۰۰۱۲ ef	۳/۸۳ f	۱/۶۰ fg
۳ درصد حجمی	۶/۸۳ de	۰/۰۰۵۴ cde	۰/۰۰۱۵ cde	۴/۸۶ de	۱/۹۶ e
۶ درصد حجمی	۷/۹۰ cd	۰/۰۰۵۴ cde	۰/۰۰۱۹ cde	۶ bc	۱/۹۰ ef
۹ درصد حجمی	۵/۳۳ f	۰/۰۰۳۷ ef	۰/۰۰۱۳ de	۳/۹۳ f	۱/۴۰ g
تنش خشکی شدید (۰/۹- مگاپاسکال)					
صفر (شاهد)	۲/۵۳ gh	۰/۰۰۱۹ fg	۰/۰۰۰۳ f	۱/۸۶ g	۰/۶۶ h
۳ درصد حجمی	۳/۱۶ g	۰/۰۰۲۲ fg	۰/۰۰۰۳ f	۲/۲۳ g	۰/۹۳ h
۶ درصد حجمی	۳/۵۳ g	۰/۰۰۲۲ fg	۰/۰۰۱۱ ef	۲/۶۳ g	۰/۹۰ h
۹ درصد حجمی	۲/۰۳ h	۰/۰۰۰۶ g	۰/۰۰۰۳ f	۰/۷۳ h	۰/۳۰ i

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

آنالیز داده‌های مربوط به طول ریشه چه نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی و تنش ملایم، کاربرد سطوح ۳ و ۶ درصد حجمی عصاره جلبکی منجر به افزایش معنی دار طول ریشه چه در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی شد. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش ملایم، بین سطح شاهد و ۹ درصد حجمی عصاره جلبک تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در شرایط تنش متوسط، سطح ۳ درصد حجمی عصاره بیشترین طول ریشه چه را داشت که در مقایسه با سطوح شاهد و ۹ درصد حجمی افزایش معنی داری داشت و در مقایسه با سطح ۶ درصد حجمی تفاوت معنی داری نداشت. در شرایط تنش شدید، اختلاف معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ۶ درصد حجمی از عصاره جلبکی مشاهده نشد اما کاربرد سطح ۹ درصد حجمی از عصاره موجب کاهش معنی دار طول ریشه چه در مقایسه با سایر سطوح شد (جدول ۷).

فرآیندهای مربوط به خصوصیات رشدی در بذر نظیر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به کمبود آب قابل دسترس حساس‌اند، بدین صورت که با افزایش شدت تنش خشکی فرآیندهایی نظیر انبساط و طویل شدن سلول‌ها، سنتز کربوهیدرات‌های دیواره سلولی، تولید مواد غذایی و هورمونی مورد نیاز برای رشد سلول با کاهش معنی‌دار مواجه می‌شوند

(Hosseinzadeh, 2015). مطالعات در حوزه تاثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذرهای گیاهان زراعی نشان داده است که تنش خشکی در شدت پایین (تنش ملایم) از طریق کاهش انتقال مواد غذایی و تنش خشکی در شدت بالا (تنش متوسط و شدید) بوسیله عدم انتقال مواد غذایی از لپه به جنین منجر به کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود (Gamze et al., 2005; Armand et al., 2015). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب و از دسترس خارج شدن آب برای بذر در توقف رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش مهمی دارد، به‌طوری‌که با کمبود آب پیوندهای موجود در دیواره سلول‌های ریشه‌چه سخت‌تر شده و در نتیجه توسعه‌پذیری، رشد طولی و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه محدود می‌شود (Hosseinzadeh, 2015; Ahmadpour et al., 2016). در مطالعه دیگر گزارش شد که علت کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیرلپه (هیپوکوتیل) است که در نهایت می‌تواند منجر به کاهش معنی‌دار طول گیاهچه شود (Rahbarian et al., 2012). تجمع ماده خشک (وزن خشک) و رشد طولی اندام‌ها همبستگی مثبت و بسیار بالایی با یکدیگر دارند، به‌طوری‌که کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌گردد (Armand et al., 2015; Hosseinzadeh et al., 2016). در این مطالعه نیز مشاهده شد که تنش خشکی متوسط و شدید در مقایسه با شرایط بدون تنش موجب کاهش معنی‌دار خصوصیات رشدی نظیر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد.

طبق نتایج این مطالعه، کاربرد عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (به خصوص سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) تاثیر مثبت و افزایشی بر طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه داشت. در زمینه استفاده از عصاره جلبکی در مطالعات متعددی گزارش شده که جلبک آسکوفیلوم نودوسوم دارای ویزیکول‌های متعددی در بخش ساقه بوده که این بخش‌ها غنی از هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین و سیتوکینین، اسیدهای آلی، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی هستند (Jannin et al., 2013; Ahmadpour et al., 2019). در فرآیند خالص‌سازی عصاره این جلبک، ترکیبات موجود در وزیکول‌ها بدون هیچگونه تغییر همراه با شیره سلولی استخراج می‌شوند (Jannin et al., 2013). بنابراین، با توجه به مقادیر بالای عناصر مغذی و هورمون‌های گیاهی به‌ویژه سیتوکینین در عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم افزایش طولی گیاهچه، ساقه‌چه و ریشه‌چه به دلیل تغذیه مستقیم از این ترکیبات و فعالیت سیتوکینین قابل پیش‌بینی است (Ramarajan et al., 2012). مهمترین آنزیم در فرآیند فیزیولوژیک جوانه‌زنی آنزیم آلفا–آمیلاز است که قادر است با اتصال به باندهای گلیکوزیدی آمیلوز (پلی‌ساکارید ذخیره‌ای در بذرهای گیاهان) در تجزیه نشاسته و تأمین انرژی مورد نیاز برای فرآیندهای رشدی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نقش داشته باشد (Farooq et al., 2007). قناد و همکاران در مطالعه بر روی عصاره جلبک‌های قهوه ای گزارش کردند که کاربرد این عصاره‌ها در کشاورزی می تواند در افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های مهم در جوانه‌زنی نظیر آلفا و بتا آمیلاز نقش داشته باشد (Ghanad et al., 2017). نتایج این مطالعه همسو با مطالعات ذکر شده بود و کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی توانست منجر به افزایش طول گیاهچه شود. کاهش معنی دار خصوصیات رشدی در سطح ۹ درصد حجمی را می توان به اثرات سمی عصاره جلبکی در

غلظت‌های بالا نسبت داد. در حالت کلی افزایش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در این مطالعه را می‌توان با افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه مرتبط دانست. کاربرد عصاره جلبکی بر روی بذرهای سویا و برنج موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشدی نظیر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد. این محققان گزارش کردند که هورمون‌های گیاهی موجود در عصاره‌های جلبکی (اکسین و سیتوکینین) عامل اصلی در افزایش معنی‌دار رشد طولی گیاهچه و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌باشد (Kord Firouzjai et al., 2012; Ramarjan et al., 2012). یکی دیگر از ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) آلجینات است که از مهمترین ویژگی‌های آن نقش مستقیم در ژله‌ای شدن دیواره سلولی و افزایش توسعه‌پذیری است، بنابراین استفاده از عصاره جلبکی در شرایط تنش خشکی می‌تواند تاثیر مثبت در رشد طولی و تجمع ماده خشک گیاه داشته باشد (Zodape et al., 2001; Kumar and Sahoo, 2011). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که کاربرد عصاره جلبکی در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی به ویژه در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش متوسط تأثیر مثبت و معنی‌داری بر پارامترهای رشدی از قبیل طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و طول گیاهچه داشت اما در شرایط تنش شدید کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم تاثیر معنی داری بر صفات رشدی نداشت که به نظر می‌رسد استفاده از عصاره جلبک دریایی در غلظت‌های بالاتر از ٦ درصد حجمی اثرات منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مشاهده شد که افزایش شدت تنش خشکی از صفر تا ۰/۹- مگاپاسکال موجب کاهش معنی‌دار کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی مورد بررسی شد. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با خصوصیات مفید فراوان نظیر مواد مغذی، پلی‌ساکارید، پروتئین و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی توانست، موجب افزایش معنی‌دار صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، سطح ریشه‌چه، قطر ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در مقایسه با سطح بدون استفاده از عصاره جلبکی شود. در بررسی اثرات متقابل عصاره جلبک آسکوفیلوم و تنش خشکی بر پارامترهای جوانه‌زنی به صورت کلی و خلاصه مشاهده شد که در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد عصاره در سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی موجب افزایش معنی دار در کلیه صفات مورد بررسی شد. در این شرایط سطح ٦ درصد حجمی در مقایسه با سطح ۳ درصد حجمی برتری محسوس و معنی داری در درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه و طول ریشه چه داشت. در شرایط تنش ملایم (۰/۳- مگاپاسکال) و تنش متوسط (۰/٦- مگاپاسکال)، سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی در مقایسه با سطح بدون کاربرد عصاره (شاهد) موجب افزایش معنی دار درصد جوانه‌زنی، قدرت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه شد. در مقایسه بین سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی از عصاره جلبکی نیز سطح ٦ درصد حجمی در صفات درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر برتری معنی داری داشت. در شرایط تنش شدید تفاوت معنی داری بین سطوح شاهد، ۳ و ٦ درصد حجمی در کلیه صفات مورد بررسی به جز درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر مشاهده نشد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد عصاره جلبک آسکوفیلوم نودوسوم (سطوح ۳ و ٦ درصد حجمی) که به فراوانی

در سواحل خلیج فارس مشاهده می شود، توانست در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی به خصوص در شرایط تنش ملایم و متوسط نقش داشته باشد. با توجه به توسعه کشت پیاز در شهرستان بهبهان و گزارش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر بذرهای پیاز (رقم بومی بهبهان)، استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در خاک می‌تواند در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی و بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات رشدی و استقرار مناسب گیاهچه نقش مهمی ایفا کند و در نهایت موجب افزایش عملکرد و محصول این گیاه گردد.

سپاسگزاری

بجا و شایسته است از مدرسه فرزانگان دکتر عادلی شهرستان بهبهان به دلیل حمایت مالی در اجرای این طرح تشکر نماییم.

References

Agrawal, R. L. (1991). Seed Technology. Oxford and IBH publication. New York, USA. P 320.

Ahmadpour, R., Armand, N., Hoseinzadeh, S., Chashiani, S. (2016). Selection drought tolerant cultivars of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by measuring germination parameters. Iranian Journal of Seed Sciences and Research. 3(3): 75-87. [In Persian with English Summary].

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., Armand, N. and Fani, E. (2015). Effect of methanol on germination characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under drought stress. Iranian Journal of Seed Research. 2: 83-96. [In Persian with English Summary].

Ahmadpour, R., Mohamadi, F and Armand, N. (2020). Interactions of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and drought stress on seed germination indicators of tomato (*Lycopersicon esculentom*.L). Journal of Seed Research.10(35): 31-44.

Ahmadpour, R., Salimi, A., Zeidi, H., Armand, N and Hosseinzadeh, S. R. (2019). Effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on the stimulation of germination indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Nova Biologica Reperta. 6(2): 206-216. [In Persian with English Summary].

Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S. R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). Compost Science and Utilization. 26: 1-14.

Armand, N., Amiri, H. and Ismaili A. (2015). Effect of methanol on germination characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) under drought stress condition. Iranian Journal of Pulses Research. 6: 42-53. [In Persian with English Summary].

Arvin, M.J. and Kazemi-Pour, N. (2003). Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of 4 Onion (Allium cepa) cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 5(4): 41-51.

Brune, D.E., Lundquist, T.J. and Benemann, J.R. (2009). Microalgal biomass for greenhouse gas reductions: Potential for replacement of fossil fuels and animal feeds. Journal of Environmental Engineering. 135: 1136–1144.

Caffagni, d.e., Camargo, E., Casali, C.A., Lombardi, A.T. and Lima, M.I.S. (2015). Coupling microalgal cultures with hydroponics: Prospection for clean biotechnology processes. Journal of Algal Biomass and Utilization. 6: 88-94.

Craigie JS. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Apply Phycology. 23:371–393.

Di Girolamo, G. and Barbanti, L. (2012). Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy. 7(2): 178-188.

Dini, I., G.C. Tenore, and Dini, A. (2008). Chemical composition, nutritional value and antioxidant properties of Allium cepa L. var. tropeana (red onion) seeds. Food Chemistry. 107(2): 613-621.

Farooq, M., Basra S.M. and Ahmad, A.N. (2007). Imporoving the performance of transplanted rice by seed priming. Plant Growth Regulation. 51: 129-137.

Fritsch, RM. And Friesen, N. (2002). Evolution, domestication and taxonomy. Allium Crop Science: Recent advances. Osnabruk. Germany. 26 pp.

Gamze, O. K. U., Mehmet Demir, K. A. Y. and Mehmet A.T.A. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.), Turkish Journal of Agriculture. 29: 237-242.

Ghannad, R., Akbari, F and Madadkar Haghjou, M. (2017). Effect of blue-green and green algae *Spirulina*, *Chlorella*, *Dunaliella* and minerals on the stimulation of metabolic and biochemical processes of germination in Dracocephalum kotschyi Boiss. Seeds. Nova Biologica Reperta. 3(4): 295-307. [In Persian with English Summary].

Ghodrati, M., Chaparzadeh, N. and Dilmaghani, K. (2013) Interactive effects of copper and ascorbic acid on some physiological characters in *Allium cepa* L.. Iranian Journal of Plant Biology. 5(18): 37-52 [In Persian with English Summary].

Hosseinzadeh, S.R. (2015). Effect of vermicompost on germination, morphophysiological and biochimical characteristics of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L., cv. Pirouz) and (*Cicer arietinum* L., cv. Karaj) under drought stress. Ph.D Dissertation, Lorestan University, Iran.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost extract on germination characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Journal of Plant Researches. 29(3): 589-598. [In Persian with English Summary].

ISTA: International Seed Testing Association. (2009). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 49: 86-41.

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laıne, P., Goux, D. and Garnica, M. (2013). Brassica napus growth is promoted by Ascophyllum nodosum. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. Journal Plant Growth Regulation. 32: 31-52.

Kalefetoglu Macar, T., Turan, O. and Ekmekci, y. (2009). Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stage. Journal of science. 22: 5-14.

Khan, W., Subramanian, S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extract as biostimulants of plant growth and development. Journal of growth regulation. 28 (4):386-399.

Kord Firouzjai, G., Habibi, H., Sodai Mashai, S. And Fotoukian, M. H. (2012). The effect of foliar application of fertilizers containing nutrients and growth stimulants on the germination factors of rice. Journal of Science and Technology Seed. 2(2): 1-10.

Kumar, G. and Sahoo, D. (2011). Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. Journal of Applied Phycology. 23: 251-255.

Mensah, J. K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G. and Onome, F. (2006). Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). African Journal Biology. 5: 1249-1253.

Michael B. E. and Kaufman M. R. (1976). The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology. 51: 914-916.

Mokhtari, I., Abrishamchi, P., Ganjeali, A. (2009). The effects of Calcium on amelioration of injuries salt stress on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentom.*L). Journal of Agricultural Science and Technology. 22(1): 89-100. [In Persian with English Summary].

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., Najafi, F. (2012). Drought stress effect on germination and seedling for drought tolerance in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under control condition. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(3): 522-531. [In Persian with English Summary].

Ramarajan, S., Joseph, L.H. and Ganthi, A.S. (2012). Effect of seaweed liquid fertilizer on the germination and pigment concentration of soybean. Journal of Crop Science and Technology. 1(2): 1-5.

Zhang, X.E. and Ervin, H. (2008). Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. Crop Science. 48: 364-370.

Zhang, X.Z. and Ervin, E.H. (2004). Cytokinin–containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. Crop Science. 44: 1737-1745.

Zodape, S.T. (2001). Seaweeds as a biofertilizer. Journal of Science and Industrial Research. 60(5): 378-382.

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

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

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

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

Article Info

Article type:
Research Full Paper

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

Keywords:
Antioxidant enzymes
KNO3
Priming
Sodium chloride

Abstract

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

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

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

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

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

هما زارعی[۱]، محمد صدقی[۲*]، سلیم فرزانه[۳]، هانیه سعادت[۴]

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت
پرایمینگ
کلرید سدیم
نیترات پتاسیم

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح مختلف شوری با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار و سطوح مختلف محلول نیترات پتاسیم با غلظت‌های صفر، ۱/۵ و ۳ درصد بود. نتایج نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری حاصل شد. میانگین مدت جوانه‌زنی ۵۳ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسمیوتاز در پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳ درصد و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد به‌ترتیب ۵۶، ۶۸ و ۶۷ درصد افزایش نشان دادند. شوری موجب کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز شد، ولی پرایمینگ با نیترات پتاسیم فعالیت این آنزیم را افزایش داد. محتوای کل پروتئین بذر در پیش تیمار نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری حدود ۶۳ درصد افزایش داشت. به‌طورکلی، پرایمینگ با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار برای بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت تحت تنش شوری در نظر گرفت.

استناد: زارعی، هما؛ صدقی، محمد؛ فرزانه، سلیم؛ سعادت، هانیه. (۱۴۰۲). تاثیر غلظت‌های مختلف نیترات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط تنش شوری. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۴۵-۳۱.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

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

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

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

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

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

مواد و روش‌ها

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

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

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

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

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

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

N: تعداد بذر جوانه‌زده، M: تعداد کل بذور

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

$$R50 = 1/D50$$

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

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

N: تعداد دفعات شمارش، Ni: تعداد بذر جوانه زده در روز D

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

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

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

فعالیت آنزیم پراکسیداز

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

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

داشـــتن واکنش خود به خودی و تشـــکیل فورمازان توسط SOD است.

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

ســـنجش فعـالیـت آلفـا آمیلـاز: چهـار روز پس از جوانه‌زنی و مطـــابق روش دومـــان و همکـــاران (Doman et al., 1982) مشـخص شـد. بذرها در بافر فسـفات ٦٠ میلی‌مولار (pH= ٦/٨) هموژنیزه شدند و سـپس بـا سـانتریفوژ g ١٢٠٠٠ و بـه مدت ١٥دقیقه فیلتر شـدند. فعالیت آنزیم در محیط واکنش که حاوی ٦٠ میلی مـــولار بـــافر فســـفات(pH= ٦/٨)، ٤٠٠ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلسیم کلراید و٥٠٠ میکروگرم بر میلی‌لیتر نشاسته بـــود، مشـــخص شـــد. عصـــاره آنـــزیم (یـک میلی‌لیتر) پس از٢٠ دقیقه انکوباسیون در حمام آب گرم به محیط آزمایش اضافه شد. فعالیـــت آنـــزیم آلفـــا آمـــیلاز بـا استفاده از نشاسته و با طول موج ٦٢ نانومتر به صـورت میکروگرم نشاسته و گرم بر دقیقه مواد تازه مشخص شد.

اندازه‌گیری میزان پروتئین: برای استخراج پروتئین کل از ســـاقـه‌چـه از روش برادفورد (Bradford, 1976) اسـتفاده شد. جهت تهیه معرف پروتئین برادفورد ١٠٠ میلی‌گرم کومـاســـی برلیـانت بلوجی در ٥٠ میلی‌لیتر اتانول ٩٥٪ به مدت زمان حداقل یک ســـاعت حل و پس از آن، ١٠٠ میلی‌لیتر اســـید فســـفریک ٨٥٪ قطره قطره به آن اضـافه شد و با آب مقطر حجم محلول به ١٠٠٠ میلی‌لیتر رسـانده شد. برای حذف ذرات معلق، محلول از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد. در نهایت ٥ میلی‌لیتر معرف برادفورد همراه با ١٠٠ میکرولیتر از عصـاره پروتئینی مخلوط شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٥٩٥ نانومتر با اسـتفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید. عدد حاصـل براســاس میلی‌گرم برگرم وزن نمونه بذری محاســـبه گردید. تجزیه واریانس با اســـتفاده از نرم افزار SAS9.1 انجام گردید. میانگین‌ها براســـاس آزمون دانکن در ســـطح احتمال ٥ درصـــد مقایسه گردید.

بحث و نتایج

درصـد و سرعت جوانه‌زنی: جدول تجزیه واریانس نشـان داد که اثر سـاده نیترات پتاسـیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی درصـد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ١). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین درصـد جوانه‌زنی (٩٣/٣ درصـد) و سرعت جوانه‌زنی (٠/٢٧٨ بذر در روز) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ٣ درصد و بدون شوری و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب ٣٨/٣ درصـد و٠/١٣٢ بذر در روز در شـاهد (آب مقطر) و شوری ٢٠٠ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول٣). تنش شـوری از طریق کاهش پتانسـیل آب و کاهش جذب آب توسط بذرها و سمیت یون‌های سدیم و کلر سبب کاهش جوانه‌زنی بذرها می‌شـــود (Tenikecier and Ates, 2022). پرایمینـگ منجر به افزایش ســـرعت تنفس در گیاهچه‌ها شـــده و از طریق بالابردن فعالیت آنزیم‌هـایی مـانـنـد پروتئـاز و لیپاز در طول جوانه‌زنی بـذرهـای ذرت، جـوانـه‌زنـی را افـزایش می‌دهـد (Mansouri Gandomani et al., 2019). هـمچنین، پرایمینـگ بـذور بـه‌دلیـل افزایش فعـالیـت آنزیمی و نفوذپذیری غشا و فراهمی عناصرغذایی و داشتن مواد مغذی موجب تحریک جوانه‌زنی می‌شـوند (Shen et al., 2020; Gomes et al., 2021). افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ بذر، ناشی از افزایش فعـالیـت متـابولیـک اســـت که طی جذب آب اتفاق می‌افتد. پرایمینگ از طریق بازسازی و ترمیم سلول‌های آسیب دیده، کاهش موانع رشد جنین، افزایش کمی و کیفی ســـنتز پروتئین‌ها و ایجاد دامنه دمایی وســـیع‌تر برای جوانـه‌زنی، بـاعـث افزایش درصـــد جوانـه‌زنی می‌گردد (Madady et al., 2016). هم‌چنین، پرایمینگ بـا تغییرات فیزیولوژی از قبیـل تغییر در مقـدار قنـد، ترکیبات آلی و یون‌های تجمع یافته در بذر ســـرعت جوانـه‌زنی را افزایش داد (Shekari et al., 2010). گزارش‌ها نشان داده است که شوری درصد جوانه‌زنی، ســـرعـت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی را کاهش

داد، ولی پرایمینگ این صفات را بهبود بخشید (Saadat et al., 2023a; Saadat et al. 2023b; Ahmadi, et al., 2022).

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

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

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده نیترات پتاسیم و شوری و اثر متقابل آن‌ها روی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۵/۲۰ گرم) و ساقه‌چه (۲/٦٦٧ گرم) در پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم ۳ درصد و بدون شوری و کم‌ترین طول ریشه‌چه (۰/۵۷ گرم) و ساقه‌چه (۰/۳۹۰گرم) در شاهد (آب مقطر) و شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول۳). کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تنش شوری را می توان به کاهش میزان و سرعت جذب اولیه آب، تأثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی و کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌چه نسبت داد (Safarnejad and Hamidi, 2008; Shahbazi and Golkar, 2016). در تحقیقی روی گیاه لوبیا و برنج مشخص شد که شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش می‌دهد (Saadat et al., 2023a; Saadat et al. 2023b). افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت پرایمینگ می‌تواند به علت افزایش تقسیمات سلولی و طویل شدن سلول باشد (Cheong and Choi. 2003). پرایمینگ با تسریع و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده اندوخته بذری از جمله آمیلاز و پروتئاز سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه طی پرایمینگ با نیترات پتاسیم تحت شرایط تنش شوری توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Seyedi, 2021; Rahimi et al., 2016). پرایمینگ با ایجاد فضای بین

سلولی و بازسازی غشای سلولی در داخل بذر، موجب جذب بیش‌تر آب توسط جنین و افزایش فشار تورژسانس سلول‌های جنینی شده که در نهایت افزایش رشد گیاهچه را به دنبال دارد (Argerich et al., 1989).

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

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

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

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

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

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

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

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

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

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

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

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

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

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

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

P1: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰٪، P2: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۱/٥ ٪، P3: پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۳٪، S1: بدون شوری، S2: شوری ۱۰۰ میلی‌مولار S3: شوری ۲۰۰ میلی‌مولار

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

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

نتیجه‌گیری

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

References

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Madady, M., Khomari, S., Javadi, A. and Sofalian, A. 2016. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth of corncockle under salinity stress, J. Plant Proc. Fun. 5(15): 169-179.

Mansouri Gandomani, V., Omidi, H. and Bostani, A. A. 2019. Study on effects of pretreatment nanoparticle silicon dioxide (SiO2) on seed germination and biochemical indicate of soybean (*Glycine max* L.) cultivars Williams under salinity. Iran. J. Seed Sci. 6(3): 299-315.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023c. The Effect of Priming with Different Levels of Chitosan on Physiological and Biochemical Traits in French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Salinity Stress. Phant Pro. Technol. 14(2):75-89

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

Evaluation of the effect of priming on germination and growth characteristics of sugar beet cultivars (*Beta Vulgaris* L.) under salinity conditions

Seyed GholamReza Salehi[1], Heshmat Omidi[2*], Mehdi Hasani[3], Mohammad Hosein Bijeh Keshavarzi[4]

[1] M.Sc, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Email: s.salehi14@gmail.com
[2] Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Email: omidi@shahed.ac.ir
[3] Assistant Professor, Ph.D., Sugar Beet Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: m.hasani@areeo.ac.ir
[4] PhD student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran, Email: mohammadhosein.keshavarzi@shahed.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-1-24
Revised: 2024-5-1
Accepted: 2024-5-12

Keywords:
Hydropriming
Potassium nitrate
Sugar beet cultivars
Germination speed

ABSTRACT

Salinity stress prevents the absorption of water for seed germination by creating a negative potential. In stressful conditions, if the seed passes through the germination stage, the resulting seedlings will have more chances to continue growing and developing and will find a higher ability to tolerate and overcome adverse environmental conditions. This study aims to investigate the effect of priming treatments (control without priming, hydropriming, priming with 0.25% potassium nitrate and priming with 0.5% potassium nitrate) on the germination characteristics of sugar beet cultivars and growth characteristics under five levels of salinity (0, 4, 8, 12, and 16 dS/m) on germination and seedling growth in four replicates in a petri dish in laboratory conditions, in 2023 and as a factorial experiment based on a completely randomized design. The results showed that the effect of seed priming and salinity stress on the average germination time, germination speed coefficient, germination variance, germination uniformity, root length, stem length, stem and root dry weight, water content relatively, chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids were significant. The results showed that in all three genotypes, the number of germinated seeds decreased with the increase in salinity level, and in the control levels and the use of water as a priming factor, this decrease was moderated. With the increase of salt concentration up to 12 ds level, the relative water content increased sigmoidally and showed a relatively stable trend at two levels of 12 and 16 ds. In most of the investigated traits, Shokofa variety has shown less reaction than other genotypes. In the investigation of the reaction process of genotypes to the speed, variance and homogeneity of germination in prime and salinity levels, it has shown a decrease with increasing salinity concentration.

Cite this article: Salehi, S.Gh.R., Omidi, H., Hasani, M., Bijeh Keshavarzi, M.H. (2023). Evaluation of the effect of priming on germination and growth characteristics of sugar beet cultivars (*Beta Vulgaris* L.) under salinity conditions. *Seed Research*, 13 (2), 46-61.

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

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

بررسی اثر پرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشدی ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط شوری

سیدغلامرضا صالحی[۱]، حشمت امیدی[۲*]، مهدی حسنی[۳]، محمد حسین بیجه کشاورزی[٤]

[۱] کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: s.salehi14@gmail.com
[۲] استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: omidi@shahed.ac.ir
[۳] استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، رایانامه: m.hasani@areeo.ac.ir
[٤] دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، رایانامه: mohammadhosein.keshavarzi@shahed.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۱/۰٤
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۲/۲۳

واژه‌های کلیدی:
ارقام چغندرفند
سرعت جوانه زنی
نیترات پتاسیم
هیدروپرایمینگ

چکیده

تنش شوری با ایجاد پتانسیل منفی، از جذب آب برای جوانه‌زنی بذور جلوگیری می‌کند. در شرایط تنش، اگر بذر بتواند از مرحله جوانه زنی عبور کند، گیاهچه های حاصل شانس بیشتری برای ادامه رشد و نمو خواهند داشت و در برابر شرایط نامساعد محیطی مقاوم تر خواهند بود. این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای پرایمینگ (شاهد بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) بر ویژگی‌های جوانه زنی و رشدی گیاهچه ارقام چغندرقند (شامل رقم شکوفا، رقم حسنا، لاین SBSI 284) در شرایط شوری در پنج سطح (۰، ٤، ۸،۱۲ و ۱٦ دسی‌زیمنس بر متر) در چهار تکرار در شرایط آزمایشگاهی در سال ۱٤۰۲، به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی اجرا گردید. نتایج نشان داد که تاثیر پرایمینگ بذر و تنش شوری بر میانگین مدت جوانه زنی، ضریب سرعت جوانه زنی، واریانس جوانه زنی، یکنواختی سبز شدن، طول ریشه چه، طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه، محتوای آب نسبی، کلروفیل a کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که در هر سه رقم تعداد بذور جوانه زده با افزایش سطح شوری، کاهش نشان داده و در سطوح شاهد و استفاده از آب در عامل پرایمینگ، این کاهش به نسبت تعدیل شده است. با افزایش غلظت نمک تا سطح ۱۲ دسی زیمنس بر متر، محتوای نسبی آب به طور سیگموئیدی افزایش یافته و در دو سطح ۱۲ و ۱٦ دسی زیمنس بر متر، روند نسبتا ثابتی نشان داد. در اکثر ویژگی‌های مورد بررسی، رقم شکوفا نسبت به دیگر رقم‌ها، واکنش کمتری نشان داد. در بررسی روند واکنش رقم‌ها به سرعت، واریانس و همگنی جوانه زنی در سطوح پرایم و شوری با افزایش غلظت شوری، کاهش نشان داد.

استناد: صالحی، سیدغلامرضا؛ امیدی، حشمت؛ حسنی، مهدی؛ بیجه کشاورزی، محمد حسین. (۱٤۰۲). بررسی اثر پرایمینگ بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشدی ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط شوری. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ٦۱-٤٦.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

چغندرقند به‌عنوان یک گیاه صنعتی و استراتژیک، اصلی‌ترین منبع تولید شکر مورد نیاز کشور می‌باشد. استان های آذربایجان‌غربی، خراسان‌رضوی، فارس وکرمانشاه مهمترین تولیدکنندگان چغندرقند در ایران محسوب می‌شوند (Abdollahian et al., 2005). همگام با افزایش جمعیت جهان بایستی میزان تولیدات کشاورزی و مواد غذایی افزایش یابد از طرف دیگر میزان تولید در گیاهان به علت وجود تنش های محیطی که از مهمترین آنها می‌توان به خشکی، سرما و شوری اشاره کرد، تحت تاثیر قرار گرفته است. در اکثر مناطق دنیا تنش شوری عمده‌ترین تنش محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصر غذایی رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود می‌کند. یکی از اولین اثرات تنش شوری کاهش آب قابل دسترس برای گیاه خواهد بود که این شرایط به علت اختلاف اسمزی ناشی از یونهای نمک در خاک است (Srivastava et al., 2010) و این عامل سبب کاهش سرعت رشد گیاه می‌شود. همچنین افزایش یونهای سدیم و کلر موجب کاهش جذب یون‌های ضروری ازجمله یونهای پتاسیم، کلسیم، آمونیم و نیترات شده و از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشاء را برهم می‌زند (Shah Rajabianand Moradi, 2009).

پرایمینگ بذر یکی از روش‌های کاهش اثرات منفی تنش‌ها ازجمله شوری است (که باعث القاء مقاومت اولیه به تنش‌های محیطی می‌شود Yagmur Chen and et al., 2011; and Kaydan, 2008). علت تسریع جوانه‌زنی در بذور پرایم شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده مثل آلفا-آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتزDNA و RNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها می‌باشد (Afzal and et al., 2002).

امروزه پرایمینگ بذر به‌طور گسترده و توسعه یافته، با هدف بهبود جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه‌چه تحت تنش‌های محیطی در گستره زیادی از گیاهان استفاده می‌شود. پرایمینگ شامل استفاده از تکنیک‌های مختلفی می‌باشد که سبب تحریک فعالیت جنینی شده و به دنبال آن رشد ریشه‌چه صورت می‌گیرد و درنهایت قبل از ظهور ریشه‌چه بذرها دوباره خشک شده (به رطوبت اولیه برگردانده می‌شوند)، سپس ذخیره و یا کاشته می‌شوند (Rajjou and et al., 2012).

جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه به‌خصوص در زمان مواجه با تنش‌های محیطی، یکی از بحرانی‌ترین مراحل زندگی گیاه به شمار می‌رود (Cavusoglu and Kabar, 2010). تنش شوری با ایجاد پتانسیل منفی از جذب آب برای جوانه‌زنی بذور جلوگیری می‌کند (Soltani et al., 2006). از طرف دیگر اثرات مخرب مستقیم یونهای سدیم و پتاسیم نیز شرایط را برای رشد اولیه گیاه زراعی با مشکل مواجهه می‌سازد (Khajeh-Hosseini and et al., 2003). امکان دارد که غلظت‌های بالای نمک باعث توقف کامل این مرحله از رشد شود (Yagmur and Kaydan, 2008 و Cavusoglu and Kabar, 2010). در شرایط تنش، در صورت عبور بذر از مرحله جوانه‌زنی، گیاهچه‌های حاصل شانس بیشتری برای ادامه رشد و توسعه داشته و توانایی بالاتری جهت تحمل و غلبه بر شرایط نامساعد محیطی خواهند یافت (Ghassemi-Golezani et al.,2010). تنش شوری عموماً باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی، تأخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نتیجه کاهش رشد گیاهچه‌ها در محیط‌های شور می‌گردد (Schabes and

Sigstad, 2008). از آنجا که پرایمینگ بذور روشی ساده و کم‌هزینه برای تسریع و یکنواختی جوانه‌زنی بخصوص در شرایط نامساعد خاک است و با توجه به افزایش روز افزون شوری خاک و آب کشاورزی در ایران و اهمیت گسترش ارقام ایرانی چغندرقند در نقاط مختلف کشور، این پژوهش با هدف تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ نیترات پتاسیم بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در سه رقم چغندرقند در شرایط تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای آزمایش: این آزمایش در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، در سال ۱۴۰۱ بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی و در ٤ تکرار (مجموعاً ۲٤۰ پتری دیش) انجام شد. بذور ارقام چغندرقند (شامل رقم شکوفا، رقم حسنا، لاین SBSI 284.) بهاره- مونوژم- دیپلوئید از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ایران تهیه شده‌اند.

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- عامل و پیش تیمار اول پرایمینگ در ٤ سطح (۱- صفر یا کنترل به عنوان شاهد، ۲-هیدروپرایمینگ با آب مقطر به مدت یک ساعت و در دمای زیر ۱۵ درجه سانتی گراد، ۳- نیترات پتاسیم ۰/۲۵ درصد (w/v) به مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه، ٤- نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد (w/vبه مدت ۱۲ ساعت در دمای زیر ۱۵ درجه)

۲- عامل و پیش تیمار دوم عامل شوری در ۵ سطح (۰، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ دسی زیمنس بر متر)

۳-عامل سوم ۳ ژنوتیپ چغندرقند (رقم شکوفا، رقم حسنا، لاین SBSI 284)

قبل از شروع آزمایش، بذور چغندر قند با استفاده از محلول هیپوکلریدسدیم ۱۰ درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی شدند و سپس به‌منظور حذف مواد ضدعفونی کننده، سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند و همزمان در این مرحله، وسایل مورد نیاز به همراه کاغذهای جوانه‌زنی در اتوکلاو با دمای ۱۸۰ سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت استریل شدند. تیمار پرایمینگ با بهره‌گیری از محلول نیترات پتاسیم با غلظت های ذکر شده انجام شد. بعد از خارج کردن بذور از محلول های نیترات پتاسیم، جهت رفع مواد باقیمانده بر روی بذور، به مدت دو دقیقه با آب مقطر شستشو شدند. بذور تیمار شده برای رسیدن به وزن اولیه در دمای اتاق و شرایط تاریکی خشک شدند تا فرایند پرایمینگ پایان یابد. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، دستگاه ژرمیناتور و قفسه‌های آن با پنبه الکل ضدعفونی شدند. پس از قرار دادن دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک (ISTA, 2013) به ابعاد (۱۰×۱/۵ سانتی متر) در هر تکرار از تیمار داخل هر پتری‌دیش، ۱۰۰ عدد بذر با پراکنش یکنوا خت قرار داده شد. جهت اعمال تنش شوری، به هر پتری دیش ۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ دسی‌زیمنس‌برمتر کلریدسدیم اضافه شد. دهانه پتری‌ها جهت کاهش میزان تبخیر آب، با پارافیلم پوشانده شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذور در داخل ژرمیناتور با شرایط استاندارد جوانه‌زنی (۱٦ ساعت روشنایی، با شدت ۱۰۰۰ لوکس نوری و ۸ ساعت تاریکی، در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد (ISTA, 2013) و رطوبت نسبی ۷۰ درصد به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. توالی مراحل انجام آزمایش شامل پرایم بذور چغندر قند با ترکیب نیترات پتاسیم، بررسی شاخص های جوانه زنی و اعمال تنش شوری در مرحله رشد گیاهچه چغندر قند در محیط هوگلند بود.

روش نمونه‌گیری وحجم نمونه: نمونه‌گیری از هر پلات جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی چغندر قند صورت گرفت. خصوصیات

مورد بررسی در این مرحله از رشد گیاهچه چغندر قند عبارتند از:

ثبت تعداد بذور جوانه زده چغندر قند در هر روز:

شمارش بذور جوانه‌زده، از روز دوم و هر ۲۴ ساعت یک بار در ساعتی معین بمدت ۱۵ روز صورت گرفت و معیار جوانه‌زنی جهت شمارش، رشد ریشه‌چه به میزان ۲ میلیمتر و یا بیشتر در نظر گرفته شد.

درصد جوانه زنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$GP= ((No\ of\ germinated\ seeds)/ (Total\ no\ of\ seeds)) \times 100$$

همگنی زمان جوانه زنی

$$UG=(1/VMGT) \times 100$$

برای تعیین واریانس زمان جوانه زنی از رابطه زیر استفاده شد.

$$Variance(X) = \left(\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2\right) \Big/ (n-1)$$

از رابطه زیر برای اندازه‌گیری انحراف استاندارد میانگین مدت زمان جوانه زنی استفاده شد.

$$S_e = \sigma/\sqrt{n}$$

در ادامه برای تعیین ضریب سرعت جوانه زنی (CVG) که مشخصه سرعت و شتاب جوانه زنی بذر است از رابطه زیر استفاده شد.

$$\mathrm{CVG} = \frac{G_1+G_2+\cdots+G_n}{(1\times G_1)+(2\times G_2)+\cdots+(n+G_n)}$$

صفات طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و ارتفاع کل گیاهچه‌های با جوانه زنی طبیعی با استفاده از کولیس دیجیتال بر حسب میکرومتر تعیین شدند.

در پایان وزن تر ریشه‌چه‌ها و ساقه چه ها و نسبت وزنی اندام زمینی به هوایی و سپس وزن خشک با قرار دادن آنها در آون ۷۵ درجه سانتیگراد بمدت ۲۴ ساعت با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. میانگین مدت زمان جوانه زنی از سرعت و شتاب جوانه زنی محسوب می شود و از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$MTG = (\mathrm{A1D1} + \mathrm{A2D2} + \cdots + \mathrm{AnDn}) / (\mathrm{A1} + \mathrm{A2} + \cdots + \mathrm{An})$$

که در آن A: تعداد بذر جوانه‌زده در زمان D، و n کل تعداد روزها تا آخرین روز شمارش هستند.

محتوی نسبی آب (RWC) اندام هوایی (Levitt, 1980)

$$RWC=((FW-DW)/(TW-DW)) \times 100$$

در این رابطه، FW وزن‌تر برگ‌ها، DW وزن خشک برگ‌ها، TW وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوی نسبی رطوبت می‌باشد. برای محاسبه شاخص طولی و وزنی بنیه بذر از روابط زیر استفاده شد.

اندازه گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به روش آرنون (۱۹۶۷) انجام شد. مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b، و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه به دست آمد.

$$Chlorophylla = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645}) /100$$

$$Chlorophyll\ b = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663}) /100$$

$$Chlorophyll\ Total = Chlorophyll\ a + Chlorophyll\ b$$

$$Carotenoids = 100(A470) - 3.27(mg\ chl.\ a) - 104(mg\ chl.\ b)/227$$

V = حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاص از سانتریفیوژ)

A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر.

W: وزن‌تر نمونه بر حسب گرم

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پایان تجزیه واریانس داده‌ها و محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات، تعیین ضرایب رگرسیونی، تجزیه آماری و مقایسه میانگین به ترتیب با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.4 و SPSS و آزمون چند دامنه‌ایی دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی تجزیه واریانس صفات: اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از محتوای آب نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر پرایمینگ بذر و تنش شوری نیز بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اثر متقابل دوگانه تیمار بر شاخص جوانه‌زنی و طول گیاهچه در سطح احتمال یک درصد و طول ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین اثر رقم، پرایمینگ و شوری بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی و صفات فیزیولوژیک ارقام چغندر قند در شرایط شوری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		میانگین مدت جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی	واریانس جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	طول ریشه	طول ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه
رقم	۲	۱۲/۹۷**	٦۹۳۷۲/۱۰**	۱۰/۹۹۲**	۰/۲۳۱**	۱٦/۲٤**	۱۵۲/٦۵**	۰/۰۰۰٤**	۰/۰۳۳**
پرایم	۳	۸٦/۳۰**	۹۱۳۸۲/۹٦**	۰/۷۹۵**	۰/۰۲٤**	٤/۹۹**	۱۳۷۸/۲۸**	۰/۰۰۰٦**	۰/۰۲۸**
شوری	٤	۹/٦۵**	۲٤۵۰۸/۲۰**	۰/۱۹٦**	۰/۱۳٤**	۹/۱۷**	۱۳۵۸/۸۵**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۲۱**
ژنوتیپ × پرایم	٦	۱۲/۳۹**	٦۵۰۳۹/۵۲**	۰/٤۵٦**	۰/۰۲۹**	۵/۸٤**	۹۵/۲۰**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۲**
رقم × شوری	۸	٦/۳۱**	۱۹۲۰۷/٤۹**	۰/۹۳۱**	۰/۰۱٦**	۱/۲۱**	۵۲/٤۰**	۰/۰۰۰۰٤**	۰/۰۰۲**
پرایم × شوری	۱۲	۱/۳۱**	۱۸۳۲۹/۷۲**	۰/۱۰۵**	۰/۰۱۰**	۱/۲*	۱۰۹/۱۳**	۰/۰۰۰۰٦**	۰/۰۰۲**
رقم × پرایم × شوری	۲٤	۱/٤۲**	۱٤٤۱٦/۵٤**	۰/۹۰۰**	۰/۰٤۱**	۱/۳٦**	۳٤/۲۸**	۰/۰۰۰۰٤**	۰/۰۰۰۹**
خطا	۱۰۰	۰/۲۲	۹٤۵/۵۲	۰/۰۷٦	۰/۰۰۲	۰/۵۲	۹/۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات		۱۲/۰۱	۳۲/۷۱	۹/۲۲	۱۲/۹٦	۱۸/۱٤	۱۰/۸٤	۲٦/۳۱	۱۵/۳۰

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی و صفات فیزیولوژیک ارقام چغندر قند در شرایط شوری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	محتوای نسبی آب
رقم	۲	۱٤/٤۰**	۷/۳۰**	۲۲۳۳۷٦/۹۸**	۱٦۸۰/۹۹**
پرایم	۳	۲/۵٦**	۱/٤۲**	۱٦۷۱۵/٦٦**	۲۹۸/۱۱**
شوری	٤	٤/۹۷**	۲/۲٤**	۸۰۰۵۹/۲۹**	۵۳٤۰/۹۹**
رقم × پرایم	٦	۳/۵۸**	۰/٦۱**	۳۲۳۳۳/٤۵**	٦۲۵/٦۵**
رقم × شوری	۸	۱/۲۷**	۱/۰۱**	۱۸۹۰۰/۲۸**	۲۲۲/۱۹**
پرایم × شوری	۱۲	۰/٤۷ ^{ns}	۰/۵۸**	۸۵۹۲/۹٤*	۱٤۹/٦٤^{ns}
رقم × پرایم × شوری	۲٤	۱/۱۲**	۰/٦٦**	۱۳۸۹۸/۹۲**	۲۰۲/٤۰**
اشتباه	۱۰۰	۰/۲٦	۰/۱۹	۳۷۱۱/۲۵	۹/٤۹
ضریب تغییرات		۲٦/۲٦	۳۲/۳۸	۱٦/۷۷	۱۱/۹۱

میانگین مدت جوانه‌زنی: در مطالعه حاضر رقم حسنا و پرایمینگ بذر به صورت معنی‌دار به متوسط زمان جوانه‌زنی افزود به‌طوری‌که تحت شوری ۰ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر و بدون پرایمینگ و همچنین سطوح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد طولانی‌ترین متوسط زمان جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند و کوتاه‌ترین متوسط زمان جوانه‌زنی در رقم شکوفا با

سطوح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و شاهد (بدون پرایمینگ) دیده شد.

Jamil و ShekRha (2008) اظهار داشتند تنش شوری مدت زمان جوانه‌زنی را در بذور چغندرقند افزایش داد. پرایمینگ می‌تواند یک ساز و کار مهم برای شروع آماده‌سازی غشاء و سوخت و ساز داخلی بذر برای جوانه‌زنی را از طریق افزایش میزان آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی و افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، حفظ تعادل یونی و نیز ایجاد تعادل هورمونی، از گیاه در برابر اثرات نامطلوب تنش محافظت کرده و آن را تحت چنین شرایطی بهبود می‌بخشد.

Jamin and ShekRha (2008) در مطالعه اثر پرایمینگ با جیبرلیک اسید بر مقدار جذب آب، جوانه‌زنی، رشد اولیه گیاهچه در چغندرقند تحت شرایط تنش شوری اظهار داشتند که پرایمینگ بذر درصد جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی را تحت شرایط تنش شوری افزایش داد، جیبرلیک اسید اثرات منفی تنش شوری را بر طول ر یشه‌چه و ساقه‌چه و وزن‌تر گیاه تعدیل نموده است.

در برخی موارد درصد سبز شدن نهایی بذرهای پرایم شده و پرایم نشده برابر است اما سبز شدن بذرهای پرایم شده با سرعت بیشتری نسبت به پرایم نشده هاست. Demir and Mavi (2004) با کار بر روی بذرهای پرایم شده و پرایم نشده هندوانه مشاهده کردند که بذرهای پرایم نشده با ٤ روز تأخیر نسبت به بذرهای پرایم شده سبز شدند.

در بررسی Saadatian و همکاران (2012) بذور مرزه تحت تنش شوری پرایم شده با نیترات پتاسیم از نظر میانگین مدت جوانه‌زنی، برتری معنی‌داری نسبت به بذور هیدروپرایمینگ و شاهد نشان دادند. Kaya و همکاران (2006) با کار روی جوانه زنی آفتابگردان تحت تنش خشکی و شوری بیان کردند که هیدروپرایمینگ باعث بهبود سرعت جوانه زنی و متوسط زمان جوانه زنی در شرایط تنش شوری و خشکی می‌شود. Shivankar و همکاران (2003) نیز به این نتیجه رسیدند که هیدروپرایمینگ دارای پتانسیل بالا در بهبود سبز شدن یکنواخت و تضمین زود گلدهی و برداشت در شرایط تنش به ویژه در مناطق خشک است.

آزمایش‌های متعددی بر روی گیاهان مختلف ازجمله مرزه (Saadatian et al., 2012) و ریحان (Mousavi and Jouyban, 2012) صورت گرفته که حاکی از اثرات منفی تنش شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی است، که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین توانایی بالاتر جذب آب در بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده، به علت تأثیر مثبت پرایمینگ بذر بر میانگین جوانه‌زنی است (Balochi and AhmadpourDehkordi, 2013). افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذور پرایم شده را می‌توان به‌وسیله افزایش سرعت تقسیم سلولی و تحریک برخی فعالیت‌های متابولیکی درگیر در فاز اولیه جوانه‌زنی بذر، توجیه نمود. علاوه بر این فعالیت‌های متابولیکی انجام شده طی فرایند پرایمینگ، تولید ترکیباتی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها را در پی دارد که نقش مهمی در کاهش اثرات تنش و رشد بهتر گیاهچه خواهد داشت (Saadatian et al., 2012).

آب‌شویی و رفع ترکیبات بازدارنده اطراف پوسته بذر و افزایش جذب اکسیژن ممکن است یکی دیگر از دلایل مهم در افزایش جوانه‌زنی بذر باشد (Bahmani et al., 2014). همچنین نمک نیترات پتاسیم سبب انباشت نیتروژن و پتاسیم در بذر شده و تعادل هورمونی در بذر را به هم زده و مواد بازدارنده رشد را کاهش می‌دهد (Bahmani et al., 2014). اثرات مطلوب پرایمینگ بذرها را می‌توان به افزایش متابولیسم پروتئین و RNA بذرهای پرایم شده، افزایش فعالیت‌های آنزیمی از قبیل فسفاتاز،

فسفوگلیسیرید که متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذرها را در پی دارند و منجر به افزایش جوانه‌زنی می‌شوند و افزایش سنتز پروتئین در جنین مرتبط دانست (Balochi and AhmadpourDehkordi, 2013). در بررسی Rostami و همکاران (2018) پرایمینگ کردن بذور با آب مقطر بیشترین تأثیر را بر درصد جوانه‌زنی ریحان داشت.

سرعت جوانه‌زنی: سرعت جوانه‌زنی در رقم شکوفا با تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و شاهد بدو پرایمینگ و بعد از آن با اختلاف معنی‌دار در رقم شکوفا و تحت تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر شوری و شاهد بدون پرایمینگ دیده شد و کمترین ضریب رقم حسنا و شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر و شاهد (بدون پرایمینگ) به خود اختصاص داد که با برخی از تیمارها در یک گروه آماری قرار داشت.

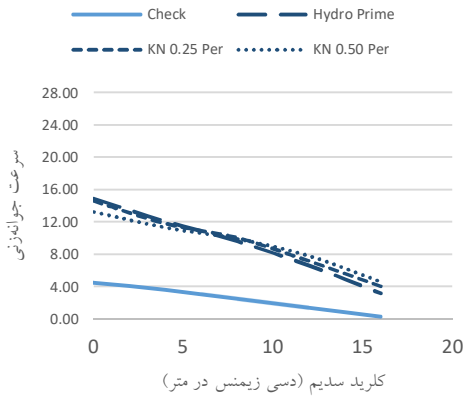
در تحقیق (Pedram et al., 2019) با افزایش سطح شوری از ضریب سرعت جوانه‌زنی کاسته شد و در بین تیمارهای پرایمینگ تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) و کلرید کلسیم کمترین و تیمارهای کلرید سدیم و اسید سالیسیلیک بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند.

Bybordi and Tabatabaei (2009) بیان داشتند که تنش شوری در جذب آب توسط بذر در مرحله آبگیر و تورژسانس بذر اختلال ایجاد کرده و موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن بذر می‌شود. کاهش در صفات مرتبط با جوانه‌زنی درگندم (Ghaderi- Mousavi and Omidi 2017) همسو با نتایج تحقیق حاضر است. بررسی Ghotbi و همکاران (2019) همبستگی مثبت میزان آنزیم آلفا آمیلاز با درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان می‌دهد که این آنزیم نقش مهمی را در بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی چغندرقند دارد. در بررسی مشابهی (Mori et al, 2012) و (Tajlil et al., 2014) نشان دادند که پرایمینگ بذرهای برنج و نخود با آهن و روی باعث افزایش معنی‌دار میزان آنزیم آلفا آمیلاز می‌شود. این آنزیم با تجزیه نشاسته موجود در لپه‌ها و انتقال آن به گیاهچه‌ها، نقش کلیدی در جوانه‌زنی بذر گیاهان دارد.

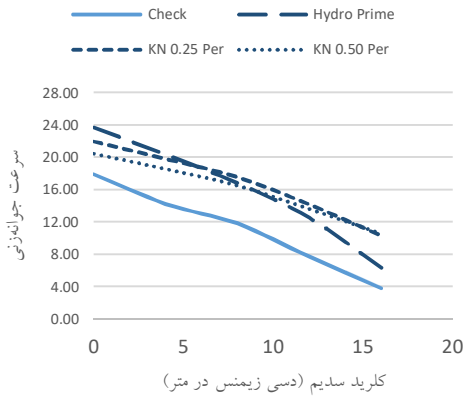
در بررسی نمودارهای ۱، کمترین سرعت جوانه زنی در تیمار شاهد (بدون پرایمینگ) در هر سه ژنوتیپ مشاهده شد. در رقم شکوفا، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط هیدروپرایمینگ بوده است و پرایم با نیترات پتاسیم در دو سطح به کار رفته، (با تفاوت ناچیزی از هم) با شرایط کاربرد هیدروپرایمینگ تفاوت آماری نشان نداد. در بررسی روند واکنش ژنوتیپ‌ها به سطوح پرایم و شوری رقم شکوفا کاهش بارزی در سطوح هر دو فاکتور نسبت به رقم حسنا و لاین نشان داد. رقم حسنا سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به لاین SBSI 284 داشت، با افزایش غلظت شوری، سرعت جوانه زنی کاهش نشان داده است.

واریانس جوانه‌زنی: بیشترین واریانس جوانه‌زنی در هر سه رقم با شوری صفر و تیمار پرایمینگ نیترات پتاسیم ۰/۲۵ درصد و همچنین ارقام حسنا و لاین SBSI 284 با شوری صفر و تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد ب.د و کمترین آن در رقم شکوفا با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و شاهد (بدون پرایمینگ) مشاهده شد.

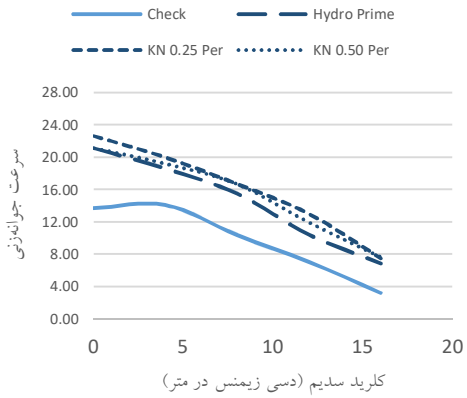
یکنواختی جوانه‌زنی: مقایسه میانگین تیمارهای شوری و پرایمینگ بر ارقام چغندرقند نشان داد رقم شکوفا و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط بدون پرایمینگ (شاهد) با متوسط یکنواختی معادل ۰/۸۷ درصد و رقم حسنا با شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر و بدون پرایمینگ (شاهد) بالاترین رقم حسنا در شوری صفر و پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲۵ درصد با متوسط ۰/۲۳ درصد کمترین یکنواختی سبز شدن را به خود اختصاص دادند.



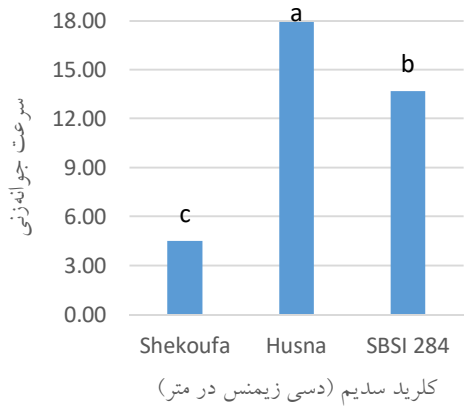
الف. رقم شکوفا



ب. رقم حسنا



ج. لاین SBSI 284



د. مقایسه ژنوتیپ‌ها در سطح صفر پرایم و شوری

شکل ۱- سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در اثرات متقابل پرایم و شوری

طی آزمایشی نشان داده شد که شوری درصد و سرعت یکنواختی جوانه زنی را کاهش داد، ولی این اجزاء به طور یکسان تحت تأثیر تنش شوری قرار نگرفتند (Reggiani et al., 1995). Beheshti و همکاران (2000) نیز بیان کردند که با افزایش شوری درصد و سرعت جوانه زنی برای همه ارقام یونجه تحت بررسی، روند کاهشی داشت. Hosseini and Koochaki (2007) در مطالعه اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی چهار رقم بذر چغندرقند نشان دادند استفاده از آب مقطر و اسیدکلریدریک، بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را در پی داشت. به نظر می‌رسد هیدروپرایمینگ باعث از بین رفتن ترکیبات شیمیایی ممانعت کننده جوانه‌زنی موجود در پوسته بذر شده است. با برطرف شدن آثار منفی این مواد در روند جوانه‌زنی، بذرهای پرایم شده هنگام قرار گرفتن در شرایط مزرعه سریعتر جوانه‌زده و با بهره‌گیری از شرایط مساعد نوری، سطح کانوپی خود را سریعتر و یکنواخت‌تر گسترش می‌دهند.

علت برتری بذرهای پرایم شده نسبت به پرایم نشده در گونه‌های مختلف گیاهی را می‌توان چنین استنباط نمود که اولاً پیش تیمار بذر با آب سبب

توسعه فاز دو از سه فاز جوانه‌زنی، از طریق کاهش مدت زمان سوخت و ساز شده و بدین ترتیب باعث تسریع جوانه‌زنی می‌شود و ثانیاً در طی پرایمینگ بذر سنتز پروتئین و دی‌نوکلئیک اسید افزایش یافته و همچنین بر فسفولیپیدهای سلول‌های غشائی جنین تأثیرگذار می‌باشد (Nelson 2000).

Rashid و همکاران (2006) بهبود جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده تحت تأثیر تنش شوری را ناشی از عواملی نظیر تنظیم جذب یون‌ها و جلوگیری از اختلال در فرایندهای غشایی تحت تاثیرات تحریک پروتئین‌های حفاظتی بیان نمودند. همچنین در این روش افزایش انعطاف‌پذیری دیواره سلول نیز گزارش شده است (Akram-Ghaderi et al., 2008).

طول ریشه‌چه: در مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه ژنوتیپ، پرایمینگ و تنش شوری بر طول ریشه‌چه چغندرقند تیمارهای رقم شکوفا با پرایم ۰/۲۵ درصد نیترات پتاسیم و شوری ۰، ٤ و ۸ دسی‌زیمنس بر متربه ترتیب بامتوسط طول ریشه‌چه ٦/۸۵، ٦/۰۲، ٦/۰۱ و ۵/۸۱ میلیمتر در تیمار شکوفا با هیدروپرایمینگ و شوری صفر بالاترین طول ریشه‌چه و تیمار رقم حسنا با هیدرو پرایمینگ و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با متوسط ۲/۵۲ میلیمتر به همراه تعدادی از تیمارها کمترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند.

طول ساقه‌چه: بیشترین طول ساقه برابر با ٤۳/٤۳ میلی‌متر در تیمار اثر متقابل رقم شکوفا، نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد و شوری صفر بود که با برخی دیگر از تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین مقدار معادل ۱٤/۸۷ میلیمتر در تیمار اثر متقابل رقم حسنا، هیدروپرایمینگ و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر مترمشاهده شد و با برخی از تیمارها تفاروت بارزی نشان نداد.

وزن خشک ریشه: حداکثر مقدار وزن خشک ریشه برابر با ۰/۰۲۵ گرم در رقم شکوفا و شوری صفر در شرایط تیمار با هیدروپرایمینگ بود که البته با برخی تیمارها در یک گروه آماری قرار داشت و حداقل مقدار آن برابر با صفر در رقم شکوفا تحت شرایط عدم تنش شوری وهمچنین شوری ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و عدم پرایمینگ (شاهد) و همچنین و تیمارهای لاین SBSI 284 و سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متردر شرایط بدون پرایمینگ (شاهد) و رقم حسنا با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ بود.

بررسی طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش شوری از معیارهای تحمل به تنش شوری است زیرادرشرایط تنش شوری تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها کاهش یافته و می‌تواند منجر به کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه شود (Munns, 2002). بررسی طول ریشه‌چه لاین‌های چغندرقند تحت تأثیر تنش شوری در غربالگری ارقام متحمل به شوری این گیاه در مرحله جوانه‌زنی مؤثر است (Khayamimet al., 2014). در آزمایش Farhoudi and Khyamim (2020) بررسی واکنش ارقام تجاری ایرانی چغندرقند به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی نشان داد ارقام شکوفا و آریا در سطوح بالای شوری از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کمتری برخوردار بودند که مؤید حساسیت این ارقام به تنش شوری است.

کاهش رشد در اثر غلظت زیاد نمک حاصل عواملی نظیر ایجاد تنش آبی، اثر سمییت ها، عدم تعادل یونی و یا کاهش مواد غذایی می‌باشد (Nun et al., 2003). Farhoudiet and Sharifzadeh (2006) گزارش کردند که پرایمینگ بذر کلزا با محلول کلرید سدیم سبب افزایش رشد گیاهچه، کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم در گیاهچه کلزا تحت تأثیر تنش شوری شد.

Jamil and ShekRha (2008) گزارش کردند پرایمینگ بذور چغندرقند با اسید جیبرلیک اثرات منفی تنش شوری را بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن‌تر گیاه تعدیل نمود. با توجه به اینکه ریشه به‌صورت مستقیم در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، کاهش رشد ریشه در اثر تنش شوری دور از انتظار نبود. از طرفی سرعت بالای جوانه‌زنی در تیمارهای پرایمینگ می‌تواند باعث افزایش سرعت استفاده از مواد ذخیره‌ای در بذر شده و افزایش طول ریشه‌چه را به دنبال داشته باشد. بهبود خصوصیات رشدی ریشه‌چه در بررسی (Pedram et al., 2019) گزارش شد. این پژوهشگران بیان داشتند بالاترین طول ریشه‌چه چغندر قند در شرایط تنش شوری در تیمار پرایمینگ کلرید سدیم و آب مغناطیسی مشاهده شد. Alavi و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر چغندرقند، آزمایشی بر روی چهار ژنوتیپ چغندرقند با تیمارهای نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد و نیترات پتاسیم ۰/۱ درصد انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که اسموپرایمینگ در مقایسه با هیدروپرایمینگ، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ر یشه‌چه و ساقه‌چه را افزایش داد.

وزن خشک ساقه: بالاترین و وزن خشک ساقه با متوسط ۰/۱۵ گرم به رقم حسنا درسطوح ٤ دسی زیمنس و هیدروپرایمینگ اختصاص داشت. پایین‌ترین آن در رقم شکوفا در شوری ٤، ۸ و ۱۲ و بدون پرایمینگ (شاهد) بود که بالاین SBSI 284 تحت شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و بدون پرایمینگ (شاهد) اختلاف معنی‌داری نداشت.

محتوای کلروفیل a: در مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم در تنش شوری و پرایمینگ بیشترین محتوی کلروفیل aدر رقم شکوفا تحت تنش شوری صفردسی‌زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ با میانگین ٤/۱۳ میکروگرم بر گرم وزن‌تر گیاهچه به دست آمد که با لاین SBSI 284 در شوری صفر و ۱۲ وپرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد از نظر آماری در یک گروه بودند. کمترین میانگین این صفت در رقم SBSI 284 با سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ با میانگین ۰/۹۷ میکروگرم بر گرم وزن‌تر گیاهچه مشاهده شد که با برخی تیمارهای از نظر آماری در یک گروه بود.

محتوای کلروفیل b: در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بیشترین محتوی کلروفیل b در رقم شکوفا، تنش شوری صفرو هیدروپرایمینگ و تیمار لاین SBSI 284، شوری ۱۲ دسی‌زیمنس و نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد و کمترین میانگین این صفت در هر سه ژنوتیپ با سطوح شوری صفر، ٤ و ۸ و هیدروپرایمینگ بود که با برخی تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت.

یکی از اثرات منفی شوری کاهش محتوای کلروفیل روی گیاهان است که باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی در گیاه می‌شود و آن نیز موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاهش جذب کربن دی‌اکسید و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد (Francis et al., 2002). Cha-um and Kirdmanee (2009) گزارش کردند که شوری در گیاه ذرت غلظت کلروفیل را کاهش داد. در بررسی Sheikhi and Amini Deheghi (2018) بیشترین محتوای کلروفیل در زیره سبز در تنش شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ به مدت ٤۸ ساعت به دست آمد. کاهش میزان کلروفیل با اعمال تنش شوری بامطالعه بر روی گوجه‌فرنگی (Mostofi and Khavarinejad, 1998) و برگ‌های درخت چندل (Parida et al., 2000) گزارش شد.

محتوای کارتنوئید: بیشترین محتوای کارتنوئید بترتیب برابر با ٥/٦٤ و ٥/٥٧ در رقم شکوفا، و شوری صفر با هیدروپرایمینگ و لاین SBSI 284، شوری ۱۲

دسی‌زیمنس بر متر و پرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲۵ درصد بود و کمترین مقدار برابر با ۲۳۱/۰۵ در رقم شکوفا و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در شرایط هیدروپرایمینگ بود. افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان حاصل از پرایمینگ نتیجه پویایی و اثر محافظتی آن بر فتوسنتز، شاخص کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان تحت تنش شوری است (EL-Tayeb, 2005).

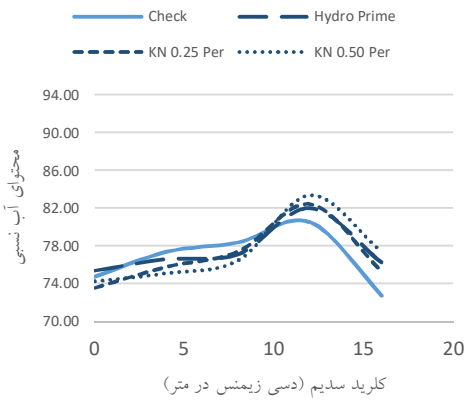
محتوای رطوبت نسبی: بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ مقدار برابر با ۱۰۲/۹ و لاین SBSI 284 با شوری صفر و تیمار نیترات پتاسیم ۰/۵ درصد بود که با برخی تیمارها در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین مقدار برابر با ٤۹/۹ لاین SBSI 284 با شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر وپرایمینگ با نیترات پتاسیم ۰/۲۵ درصد بود که با برخی تیمارهای در یک گروه بود (شکل ۲).

در بررسی Rostami و همکاران (2018) بر روی تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ و تحمل به شوری ریحان بیشترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ مربوط به شرایط بدون تنش شوری و گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با نیترات پتاسیم به دست آمد و در این آزمایش با افزایش تنش شوری از میزان محتوای رطوبت نسبی برگ کاسته شد. مطابق با پژوهش حاضر در آزمایشی پرایمینگ بذر تحت شرایط تنش‌های محیطی سبب بهبود روند واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر شده و درنتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی در این بذور را به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارتقا می‌دهد (Kaya et al., 2006).

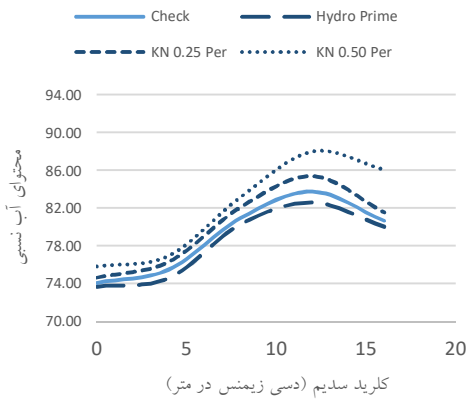
محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی بالایی با پتانسیل آب برگ دارد و کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در ابتدا به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و با افزایش به دلیل توقف انتقال الکترون و ممانعت نوری در چرخه فتوسنتزی است (Kamali et al., 2012). محققان افزایش محتوای رطوبت نسبی بذور گندم را با افزایش سطوح پرایمینگ گزارش کردند (Singhand Usha, 2003).

Rostami و همکاران (2018) بیان داشتند بیشترین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ ریحان مربوط به شرایط بدون تنش شوری و گیاهان حاصل از بذور پرایم شده با نیترات پتاسیم می‌باشد. در بررسی نمودارهای ۲، روند افزایش محتوای آب نسبی در تیمارهای پرایمینگ در هر سه ژنوتیپ به طور نسبتاً موازی با افزایش سطوح نیترات پتاسیم، افزایش نشان داد. در هر سه ژنوتیپ، در سطوح ۸، ۱۲ و ۱٦ دسی زیمنس بر متر به ترتیب هیدرو پرایمینگ و نیترات پتاسیم در دو مقدار ۰/۲۵ و ۰/۵ به کار رفته بالاترین محتوای آب نسبی را به خود اختصاص داده‌اند.

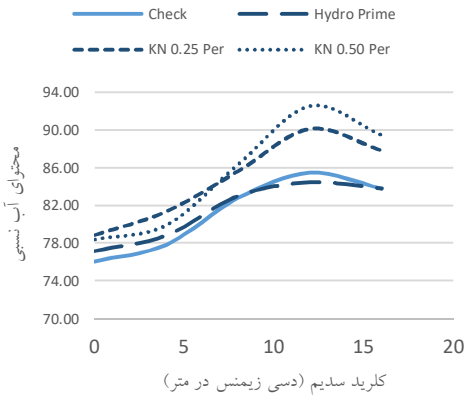
سطح شاهد عامل پرایم با هیدروپرایمینگ در هر سه ژنوتیپ واکنش یکسانی نشان دادند. اما در استفاده از دیگر سطوح عامل‌های پرایمینگ، محتوای آب نسبی افزایش قابل توجه‌ای داشته است. نتایج نشان داد که در هر سه ژنوتیپ با افزایش غلظت نمک تا سطح ۱۲ دسی زیمنس بر متر محتوای آب نسبی به طور سیگموئیدی افزایش یافته و در دو سطح ۱۲ و ۱٦ دسی زیمنس بر متر، روند نسبتاً ثابتی نشان داد. در رقم شکوفا نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها، واکنش کمتری نشان داده است. در شرایط شوری، گیاه یکسری متابولیت تولید می‌کند که منجر به افزایش ظرفیت جذب آب در گیاه شده و محتوای آب نسبی افزایش نشان می‌دهد.



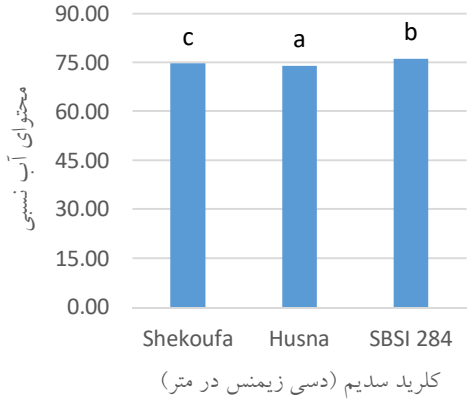
الف. رقم شکوفا



ب. رقم حسنا



چ. لاین SBSI 284



د. مقایسه ژنوتیپ‌ها در سطح صفر پرایم و شوری

شکل ۲- محتوای آب نسبی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در اثرات متقابل پرایم و شوری

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد کـه تـأثیر پرایمینـگ بـذر و تـنش شوری بر میانگین مدت جوانه زنی، ضـریب سـرعت جوانه زنی، واریانس جوانه زنی، یکنواختی سبز شدن، طول ریشه چه، طول ساقه وزن خشک ساقه و ریشـه محتوای آب نسبی، کلروفیل a کلروفیل b و کارتنوئید معنی‌دار بود. در هر سه ژنوتیپ تعداد بذور جوانه زده با افزایش سطح شوری، کاهش نشان داده و در سطوح شاهد و استفاده از آب در عامل پرایمینگ، این کاهش نسبتاً تعدیل شده بود. با افزایش غلظت نمک تا سطح ۱۲ دسی زیمنس بر متر محتوای آب نسـبی بـه طـور سیگموئیدی افـزایش یافتـه و در دو سـطح ۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر، روند نسـبتاً ثـابتی نشـان داد. در اکثر صفات مورد بررسی، رقم شکوفا نسبت به دیگـر ژنوتیپ‌ها، واکنش کمتری نشان داده است. در بررسی روند واکنش ژنوتیپ‌ها به سرعت، واریانس و همگنی جوانه زنی در سطوح پرایم و شوری با افزایش غلظت شوری، کاهش نشان داده است.

References

Abdollahian Noghabi, M., Sheykholeslami, R. and Babaei, B. 2005. Terms and meanings of technological quantity and quality of Sugar beet. Sugar beet Journal. 21: 101-104. (In Persian, abstract in English)

Akram-Ghaderi, F., Soltani, E., Soltani, A. and Miri, A.A. 2008. Effect of priming on response of germination to temperature in cotton. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 15: 44-51. (In Persian).

Alavi, Z.S., Roushanfekr, H., Hasibi, P. and Mesgarbashi, M. 2012. Effect of Osmo and Hydro-priming on the rate and percent of germination of sugar beet genotypes under salt stress. Proc. Second Conf. Seed Sci. Technol. Mashhad.

Bahmani, M., Jalali, Gh. and Tabari, M. 2014. Effects of halopriming on germination traits of medicinal plant caper small shrub (*Capparis spinosa* var. parviflora) seeds. Arid Biome Scientific and Research Journal. 4(1): 79-82. [In Persian with English summary].

Balochi, H.R. and Ahmadpour Dehkordi, S. 2013. Effect of different seed priming on germination traits in black cumin (Nigella sativa) under salinity stress. Journal of Plant Production. 20(3): 1-25. [In Persian with English summary].

Beheshti, A., Tavakoli, H.R. and Kochaki, A. 2000. Combination effect of salinity stress and temperature on the germination of Alfalfa cultivars. Agricultural Sciences and Technology Journal. 14(1): 71-79.

Bybordi, A. and Tabatabaei, J. 2009. Effect of salinity stress on germination and seedling properties in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 37(2): 71- 76.

Cavusoglu, K. and Kabar, K. 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. EurAsian Journal of Bioscience. 4: 70-79.

Cha-um, S. and Kirdmanee, C. 2009. Effect of salt stress on prolin accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Journal of Botany. 41: 87-98.

Chen, K., Fessehaie, A. and Arora, R. 2011. Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in Spinaciaoleracea L. cv. Bloomsdale: Possible role in stress tolerance. Plant Science. 48: 1-11.

Demir, I. and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds. Scientia Horticulturae 102: 467-473.

EL-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 3: 215-225.

Farhoudi, R. and Khyamim, S. 2020. Evaluation of Iranian sugar beet commercial varieties under salinity stress in germination and establishment growth stages. Plant Process and Function. 9(36): 397-412

Farhoudi, R. and Sharifzadeh, F. 2006. The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (Brassica napus L.) seedlings grown under saline conditions. Indian Journal Crop Science. 1(1–2): 74-78.

Francis, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C. and James, P.S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na and Cl accumulation in sunburst mandarin grafted on different root stocks. Plant Science. 35: 314-320.

Fujikura, Y., Kraak, H.L., Basra, A.S. and Karssen, C.M. 1993. Hydropriming, a simple and inexpensive priming method. Seed Sci. Technol. 21: 639– 642.

Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrullahzadeh, S. and Moghaddam, M. 2010. Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research. 5(9): 893-897.

Hossini, A. and Koochaki, A. 2007. The effect of different priming treatments on germination rate and percentage of four varieties of sugar beet seed. Journal of Iranian Agriculture Research. 9: 69-76 (In Persian).

ISTA. 2003. International Seed Testing Association. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3rd ed.

Jamil, M. and ShekRha, E.S. 2008. Gibberellic acid (GA3) enhance seed water uptake, germination and early seedling growth in sugar beet under salt stress. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10(4): 654-658

Kamali, M., Kharazi, M., selahverzi, Y. and Tehranifar, A. 2012. Effect of salycilic acid on growth and some morphophysiologic characteristics of *Gomphrena globosa* L. under salt stress. Journal of Horticultural Science. 26(1): 104-112. [In Persian with English summary].

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). Europ. J. Agronomy. 24: 291-295.

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). European Journal. Agronomy. 24: 291-295.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A and Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed Science and technology. 31(3): 715-725

Khayamim, S., Jahadakbar, M.R., Noshad, H., Rozbeh, F. and Zavieh Mavadat, L. 2014. Effect of salt stress on photosynthetic components of sugar beet in the greenhouse and field conditions. Journal of Sugar Beet. 30(1): 33-41.

Mori, S., Fujimoto, H., Watanabe, S., Ishioka, G., Okabe, A., Kamei, M. and Yamauchi, M. 2012. Physiological performance of iron-coated primed rice seeds under submerged conditions and the stimulation of coleoptile elongation in primed rice seeds under anoxia. Soil Science and Plant Nutrition. 58: 469-478.

Mousavi, S.A. and Omidi, H. 2017. Effect of Biomedical Treatments on Germination, Growth and Physiologic Parameters of Paper Pumpkin Seedling in Salinity. Journal of Seed Research. 7(2): 10-20. (in Persian, abstract in English)

Mousavi, S.G. and Jouyban, Z. 2012. Effect of salinity stress on germination and growth parameters of seedlings of basil (*Ocimum basilicum* L.). Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2(4): 84- 87.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment 25(2): 239-250.

Nelson, C.P. 2000. Water potential: The key to successful seed priming. Decagon Devices, Inc. 2000. AN4101- 10.

Nun, N.B., Plakhine, D., Joel, D.M. and Mayer, A.M. 2003. Changes in the activity of the alternative oxidase in orobanche seeds during conditioning and their possible physiological function. Phytochemistry. 64(1): 235-241.

Parida, A.K. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, Ecotoxicology and Environmental Safety. 60: 324-349.

Pedram, A., Tajbakhsh, M., Taleghani, D. and Ghiyasi, M. 2019. Effect of seed priming on sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) seedlings growth under salinity stress. Journal of Suger Beet. 35(1): 35-62.

Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J. and Job, C. 2012. Seed Germination and Vigor. Annual Review of Plant Biology. 63: 507–33.

Rashid, A., Hollington, P.A., Harris, D. and Khan, P. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline–sodic soils in North West Frontier Province, Pakistan. European journal of agronomy. 24(3): 276-281.

Reggiani, R., Bozo, S. and Bertani, A. 1995. Effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. Can. J. Plant Sci. 75: 175-177.

Rostami, Gh., Moghaddam, M., Narimani, R. and Mehdizadeh, L. 2018. The effect of different priming treatments on germination, morphophysiological, and biochemical indices and salt tolerance of basil (*Ocimum basilicum* L. cv. Keshkeni Levelou). Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences. 11(4): 1107-1123.

Saadatian, B., Ahmadvand, G. and Soleimani, F. 2012. Effect of seed priming on germination traits of Satureja hortensis under drought and salinity stress. Journal of Seed Science and Technology. 2(2): 33-44. [In Persian with English summary].

Saadatian, B., Ahmadvand, G. and Soletmani, F. 2012. Effect of Seed Priming on Summer Savory (*Satureja Hortensis*) Germination Characteristic Under Drought and Salinity Stress. Seed Research (Journal of Seed Science and Technology). 2(2): 35-44.

Schabes, F.I. and Sigstad, E.E. 2008. Calorimetric studies of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Seed Science. 13: 121-138.

Shah Rajabian, M.H. and Moradi, K. 2009. The effect of hydropriming time on tomato seed germination percent and seedling early growth in salinity stress. Agricultural bulletin. Islamic Azad University, Takestan unit. 1(3): 26-32. (In Persian, abstract in English)

Sheikhi, M.R. and Amini Deheghi, M. 2018. The effect of priming on some physiological traits of cumin medicinal plant (*Cuminum Cyminum* L) of Sabzevar massif under salt stress. The 6th Scientific Congress on the Development and Promotion of Agricultural Sciences and Natural Resources in Iran.

Shivankar, R.S., Deore, D.B. and Zode, N.G. 2003. Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of unflower. J. Oilseeds Res.20, 299–300.

Singh, B. and Ushu, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulators. 39(2): 137-141.

Singh, B.G. and Rao, G. 1993. Effect of chemical soaking of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed on vigour index. Indian J. Agric. Sci. 63: 232–233.

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, M.E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55: 195-200.

Srivastava, A.K., Suprasanna, P., Srivastava, S.D. and Souza, S.F. 2010. Thiourea mediated regulation in the expression profile of aquaporins and its impact on water homeostasis under salinity stress in Brassica juncea roots. Plant Science. 178: 517–522.

Tajlil, A.H., Pazoki, A. and Eradatmand Asli, D. 2014. Effects of seed priming by mannitol and zinc sulfate on biochemical parameters and seed germination of chickpea. International Journal of Farming and Allied Sciences. 3: 294-298.

Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology. 7 (13): 2156-2162.

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

The effect of temperatur and seed moistuer content on seed germination and seedling growth characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.)

Farzane Bagheri Mejdar[1*], Rasoul Fakhari[2], Parisa Sheikhzadeh[3], Nasser Zare[3], Mahrokh Bolandi[4]

[1] MSc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: fmbagheri198@gmail.com
[2] Plant Protection Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Ardabil, Iran, Email: r.fakhari68@gmail.com
[3] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: parisashk_naz@yahoo.com
[4] Ph. D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: mahrokhbolandi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-2-1
Revised: 2024-5-10
Accepted: 2024-5-30

Keywords:
Antioxidant enzymes
Borago officinalis
Germination
Length of seedling

Abstract

This research was carried out to investigate the effect of seed storage temperature and moisture content on germination characteristics, growth and biochemical characteristics of *Borago officinalis* seedlings, In factorial arrangement in a completely randomized design with 4 replications. The treatments included five levels of seed moisture (5, 10, 15, 20, 25%) and eight temperature levels (10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 degrees Celsius) and 12 storage levels (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 and 84 day). The results showed that with increase in storage time, percentage and seed germination rate, length decreased, and also the abnormal seedlings, amount of proline seedlings and activity of peroxidase enzymes were increased. The highest germination and seedling growth were obtained in the control treatment and 7 days after storage with 10% seed moisture after 7 days of storage. The lowest germination percentage was seen 84 days after storage with %15 seed moisture at 15°C. The maximum length of seedlings was obtained at 25°C temperature and 20% humidity with 7 days of storage. The results showed that at the temperature of 25 degrees, the peroxidase enzyme activity was the highest at the beginning of the storage period (28 days of storage), but with the continued influence of adverse conditions during storage, the enzyme activity decreased significantly. The results showed that the lowest amount of proline was obtained at a temperature of 15°C with a humidity level of 25% and at the 28th day of storage. Based on the results, with increasing storage time, the moisture content of seeds and the storage temperature of the quality of Borago officinalis seedlings are reduced. Since these seeds contain oil, it should be considered to be sufficient to store, survive and maintain its maximum quality.

Cite this article: Bagheri Mejdar, F., Fakhari, R., Sheikhzadeh, P., Zare, N., Bolandi, M. (2023). The effect of temperatur and seed moistuer content on seed germination and seedling growth characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.). *Seed Research*, 13 (2), 62-76.

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

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

تاثیر دما و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

فرزانه باقری مجدر[1*]، رسول فخاری[2]، پریسا شیخ‌زاده[3]، ناصر زارع[3]، ماهرخ بلندی[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: fmbagheri198@gmail.com

[2] بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران، رایانامه: r.fakhari68@gmail.com

[3] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: parisashk_naz@yahoo.com

[4] دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: mahrokhbolandi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۰

واژه‌های کلیدی:
آنزیم‌های آنتی اکسیدان
جوانه‌زنی بذر
طول گیاهچه
گاوزبان اروپایی

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر دمای نگهداری و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات بیوشیمیایی گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل پنج سطح رطوبت بذر (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد)، هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد) و ۱۲ سطح مدت نگهداری (۷، ١٤، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ٤۲، ٤۹، ٥٦، ٦۳، ۷۰، ۷۷ و ۸٤ روز) بود. نتایج نشان داد که با افزایش مدت نگهداری درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش یافت ولی درصد گیاهچه‌های غیرنرمال، فعالیت آنزیم پراکسیداز و محتوای پرولین گیاهچه‌ها افزایش یافتند. بیشترین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در تیمار شاهد و ۷ روز پس از نگهداری با رطوبت ۱۰ درصد بذری پس از ۷ روز نگهداری حاصل شد. کمترین جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ۸٤ روز پس از نگهداری با ۱۵ درصد رطوبت بذری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید. بیشترین طول گیاهچه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۲۰ درصد با ۷ روز نگهداری بدست آمد. نتایج نشان داد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در اوایل مدت نگهداری (مدت ۲۸ روز نگهداری) بیشترین میزان فعالیت را نشان داد ولی با ادامه تاثیر شرایط نامطلوب طی انبارداری از فعالیت آنزیم به طور معنی‌داری کاسته شد. نتایج نشان داد کمترین میزان پرولین به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با سطح رطوبتی ۲۵ درصد و روز ۲۸ انبارداری تعلق گرفت. بطور کلی با افزایش مدت زمان نگهداری و دمای نگهداری کیفیت بذور گاوزبان اروپایی کاهش یافت و از آنجایی که بذر این گیاه حاوی روغن می‌باشد بایستی به انبارداری، زنده‌مانی و حفظ حداکثر کیفیت آن توجه کافی داشت.

استناد: باقری مجدر، فرزانه؛ فخاری، رسول؛ شیخ‌زاده، پریسا؛ زارع، ناصر؛ بلندی، ماهرخ. (۱٤۰۲). تاثیر دما و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۷٦-٦۲.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) از خانواده گاوزبان است و آرامبخش بوده و در کاهش استرس تأثیری فوق‌العاده دارد. همچنین غنی از مواد معدنی و پتاسیم است و از آن در تسکین درد، برطرف نمودن اختلالات کلیه و مثانه، تصفیه و دهیدروژنه کردن خون، درمان التهاب روده، رماتیسم و عوارض ناشی از یائسگی و برونشیت استفاده می‌گردد (Karimi et al., 2018).

پیش‌بینی کیفیت بذر در طی انبارداری به درک رابطه بین سه عامل رطوبت بذر، دمای نگهداری و زمان نگهداری آن بستگی دارد که در واقع بر میزان زنده‌مانی بذر موثر هستند. فرسودگی بذر که در طی انبارداری اتفاق می‌افتد باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت عملکرد در مزرعه می‌گردد (Kirshnan et al., 2003). بذرها در توازن با رطوبت محیط هستند. بنابراین در صورتی که رطوبت نسبی محیط بیشتر از رطوبت بذرها باشد، بذرها تا رسیدن به این موازنه رطوبتی آب جذب می‌کنند. با افزایش مقدار رطوبت بذر میزان زوال افزایش می‌یابد (Pradidwong et al., 2004). بنابراین در صورت بالا بودن دما و رطوبت نسبی محیط، بذرها سریع‌تر زوال یافته و ضمن کاهش کیفیت به مرگ نزدیکتر می‌شوند (Gregg et al., 1994).

تغییرات مختلف بیوشیمیایی و متابولیکی در طی فرآیند زوال بذر رخ می‌دهد از جمله تغییر در اسید چرب و پراکسیداسیون لیپید، اختلال در فعالیتهای تنفسی (McDonald, 2004). تخلیه ذخایر غذایی، محرومیت غذایی سلول‌های مریستمی، اختلال در سازوکارهای مسئول تحریک جوانه‌زنی (Copeland et al., 1985) و غیره که نتیجه نهایی آن کاهش توان جوانه‌زنی و نمو بذر است (McDonald, 1999).

لارسن و همکاران (Larsen et al., 1998) در تحقیقی بر روی بذور کلزا اظهار داشتند که با بالا رفتن دما و رطوبت نسبی بذر باعث افزایش زوال در بذور کلزا گردید. عالیوند و همکاران (Alivand et al., 2013) بیان داشتند که با افزایش زوال کنترل شده بر روی بذور کلزا شاخص‌های جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافتند. شرایط نگهداری متفاوت، سبب اختلافات معنی‌داری در جوانه‌زنی و سبزشدن گیاهان می‌شود (Marshal et al., 2004). بصرا و همکاران (Basra et al., 2003) در پژوهشی بر روی بذور پیر شده پنبه، دریافتند که کاهش فسفولیپیدهای غشاء سلولی به علت پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد و تغییرات پراکسیداتیو در ترکیب اسیدهای چرب و لیپیدهای غشاء باعث اختلال در عملکرد غشاء سلولی در نتیجه افزایش ویسکوزیته و نفوذپذیری غشاء و متورم شدن میتوکندری می‌شود. در بذرهای فرسوده شده به علت اختلال‌های ایجاد شده در اندامک‌های سلولی مانند میتوکندری و گلی‌اکسیزوم‌ها، میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و رادیکال سوپر اکسید افزایش می‌یابد. آزاد شدن گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌های غشایی شده و با تخریب ساختار غشا، فرسودگی بذر افزایش می‌یابد که به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی انبارداری نیز قرار می‌گیرد (Ellis et al., 2007).

هدف از آزمون‌های قدرت بذر فراهم نمودن اطلاعات در مورد ارزش کاشت توده‌های بذری در دامنه وسیعی از شرایط محیطی و یا قابلیت نگهداری آن‌ها می‌باشد (ISTA, 2010). با توجه به اهمیت گیاه دارویی گاوزبان و روند رو به رشد مصرف آن در طب سنتی و صنایع داروسازی، یافتن شرایط مناسب جهت نگهداری این بذور در محیط نگهداری، با حفظ کیفیت بذرها تا زمان کاشت ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به منظور بررسی تاثیر دمای نگهداری و رطوبت بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی، در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل پنج سطح رطوبت بذر (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد)، هشت سطح دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد) و ۱۲ سطح نگهداری (۷، ١٤، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ٤٢، ٤٩، ٥٦، ٦٣، ۷۰، ۷۷ و ٨٤ روز) بودند. برای ایجاد رطوبت‌های موردنظر از رابطه w2 = w1 استفاده شد که B درصد رطوبت اولیه بذر، A رطوبت موردنظر، w1 جرم اولیه توده بذر (g) و w2 جرم آب مقطر (g) می‌باشد (ISTA, 2008). سپس بذرها را درون پاکت‌های فویل آلومینیوم قرار داده و سپس مقدار آب موردنیاز به آن اضافه و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون، درب آنها را بسته و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا بذرها هم رطوبت گردیدند (Moeinzadeh et al., 2018).

آزمون جوانه‌زنی استاندارد در ظرف‌های پتری و به روش روی کاغذ در دمای متناوب ۲۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ایستا (ISTA, 2010) انجام گرفت. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز اول در ساعتی معین صورت گرفت. در پایان دوره ۱۰روزه پس از شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده، از هر پتری ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب شد. بعد از اتمام مدت زمان جوانه‌زنی، تعداد جوانه‌های نرمال، غیرنرمال شمارش شد و درصد جوانه‌زنی آن‌ها تعیین گردید. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Ellis et al., 1980).

$$R = \frac{\Sigma n}{\Sigma Dn}$$

دراین فرمول R: سرعت جوانه‌زنی، n: تعداد بذور جوانه‌زده در روز مورد نظر و D: تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش می‌باشد. متوسط زمان جوانه‌زنی بر اساس روش ماوی محاسبه شد (Mavi et al., 2010).

$$MGT = \frac{\Sigma Dn}{n}$$

در این فرمول MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی، D: تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش و n: تعداد بذور جوانه‌زده در روز مورد نظر می‌باشد. در پایان آزمون جوانه‌زنی، گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال حاصل از بذرهای هر تیمار و تکرار از یکدیگر جدا شدند. طول گیاهچه‌های نرمال با استفاده از خط کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

فعالیت پراکسیداز به روش چانس و ماهلی اندازه‌گیری شد (Chance et al., 1955). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم بر پایه تشکیل تتراگایاکول و گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن و آنزیم گایاکول است مخلوط واکنش شامل ۳ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (PH=۷)، ۵۰ میکرولیتر گایاکول ۲۰ میلی‌مولار، ۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره سلولی، کاهش جذب در طول موج ٤٧٠ نانومتر به مدت یک دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی (Ɛ=26.6 mM-1cm) برای تتراگایاکول بر حسب واحد در میلی‌لیتر عصاره آنزیمی محاسبه گردید.

$$\text{Unit/ml enzyme} = \frac{(\Delta A470)(1)(df)}{(26.6)(0.05)}$$

که در آن، ΔA470 میزان جذب قرائت شده از هر نمونه توسط اسپکتروفتومتر،۱ مقدار حجم واکنش، df ضریب رقت که از طریق تقسیم حجم نهایی واکنش مورد استفاده یعنی ۱ میلی‌لیتر (۱۰۰۰ میکرولیتر) بر

حجم اولیه عصاره آنزیمی مورد استفاده یعنی ۵۰ میکرولیتر محاسبه می‌شود، ۲۶/۶ ضریب خاموشی تتراگایاکول و ۰/۰۵ هم حجم عصاره آنزیمی مورد استفاده بر حسب میلی‌لیتر است.

استخراج پرولین با استفاده از روش بایتس صورت گرفت (Bates, 1973). برای سنجش غلظت پرولین نیم گرم برگ بخوبی پودر شده و در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۸۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. برای تهیه اسید نااین هیدرین ۱/۲۵ گرم پودر اسید نااین هیدرین را در ۳۰ میلی‌متر اسید استیک گلایسیال حل نموده و حرارت داده تا خوب مخلوط شوند و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک شش مولار به آن اضافه گردید. دو میلی‌لیتر عصاره، دو میلی‌لیتر اسید استیک و دو میلی‌لیتر اسد نااین هیدرین مخلوط و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در بن ماری قرار گرفتند. سپس چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شده و به خوبی به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. فاز بالایی به کووت منتقل و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد (Bates, 1973). داده‌های بدست آمده توسط نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین استفاده شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و درصد گیاهچه‌های غیرنرمال معنی‌دار گردید (جدول ۱). نتایج آزمایش نشان داد در سطح رطوبت ۵ درصد و دمای نگهداری ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت ۲۸ روز از انبارداری درصد جوانه‌زنی افت ۱۰۰ درصدی نشان داد. این اتفاق در دیگر سطوح رطوبتی که ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد را شامل می‌شود در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد بعد از ٥٦ روز و در دمای نگهداری ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از ٨٤ روز انبارداری حاصل شد. می‌توان علت از دست رفتن درصد جوانه‌زنی بذور گاوزبان اروپایی را در رطوبت ۵ درصد، تجزیه ساختار غشا و در نتیجه تسریع زوال بذر عنوان کرد که نشان‌دهنده شروع علائم فرسودگی و کاهش تعداد جوانه‌های نرمال و افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال می‌باشد. بطوری‌که در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح رطوبتی بیشترین میزان به ۷ روز انبارداری و کمترین میزان در تیمار ۵ درصد رطوبت بذری پس از ۲۸ روز نگهداری و در سایر سطوح رطوبتی به ٥٦ روز نگهداری اختصاص یافت. در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی با ۵ درصد رطوبت به مدت ۲۸ روز انبارداری است که کاهش ۷۸/٤۸ درصدی جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد رخ داده است. در این دما کاهش درصد جوانه‌زنی در تمام سطوح رطوبتی اعم از ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد بذری پس از ۷ روز نگهداری نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار مشاهده شد. در دمای نگهداری ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی با کاهش ۸۲/۵۷ درصدی در تیمار بذری با ۲۵ درصد رطوبت به مدت ٨٤ روز نگهداری اتفاق افتاد. در دمای نگهداری ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح رطوبتی (۵ تا ۲۵ درصد) با افزایش مدت انبارداری و نزدیک شدن به اواخر دوره نگهداری کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بذرها مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده شروع علائم فرسودگی و کاهش تعداد جوانه‌های نرمال و افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال است. می‌توان چنین بیان داشت علی‌رغم افزایش مدت انبارداری تا ٥٦ روز بهترین

شـرایط نگهداری در این دما با محتوی رطوبت ۱۰ تا ۱۵ درصـد حادث شـد. در دمای نگهداری ۳۰ درجه سـانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی به جز رطوبت ۵ درصـد که ۵۶ روز بعد از نگهداری رخ داد در سـایر سطوح رطوبتی به ۸۴ روز نگهداری تعلق گرفت. لازم به ذکر است که روند کاهشی در دماهای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سـانتی‌گراد چشمگیر بود به این ترتیب که پس از ۲۸ روز انبارداری تعداد گیاهچه‌های نرمال کاهش ۱۰۰ درصدی را نشان داد.

انصاری و همکاران (۱۳۹۴) طی پژوهشی با چهار سطح دمایی شامل ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و سه سطح رطوبتی ۱۰، ۱۲ و۱۴ درصد عنوان کردند کـه بـا افزایش در رطوبت و دمای محیط انبارداری درصـد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در آزمایشـی دیگر بر روی ماش در یک دوره ۱۸ ماهه انبارداری مشـخص شـد که با افزایش رطوبت بذر و دمـای نگهـداری جوانـه‌زنی بـذر کـاهش یـافـت (Pradidwong et al., 2004).

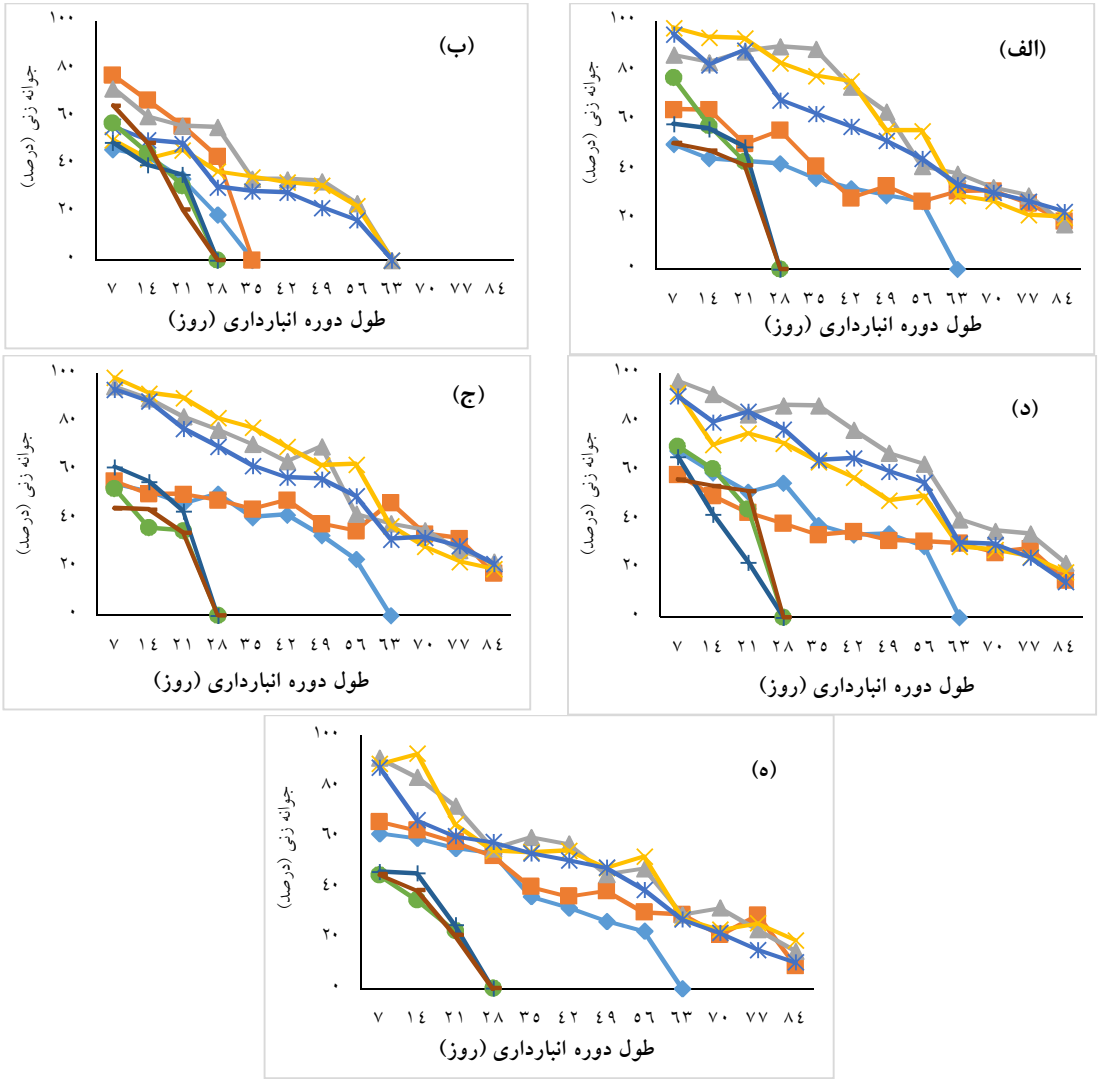
جدول ۱: تجزیه واریانس اثر دما، رطوبت و زمان نگهداری بذور گاوزبان اروپایی بر شـاخص‌های جوانه‌زنی و رشـد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول گیاهچه	درصد گیاهچه غیرنرمال
دمای نگهداری (A)	۷	۶۰۷۸۹/۵۳**	۱/۱۷۱**	۷۵۲/۷۱**	۲۰۳۹۹/۹۲**
رطوبت بذر (B)	۴	۱۵۷۷۲/۳۳**	۰/۲۹**	۱۹۱/۷۷**	۴۷۵۴/۲۷**
مدت زمان نگهداری (C)	۱۱	۴۵۵۸۲/۳۸**	۰/۶۶**	۴۶۷/۱۹**	۱۱۷۸۰/۳۵**
A × B	۲۸	۱۶۸۲/۹۹**	۰/۰۳۳**	۱۷/۶۴**	۲۰۹۳/۰۴**
A × C	۷۷	۱۵۴۷/۲۳**	۰/۰۶۵**	۲۱/۳۷**	۸۱۴۲/۷۷**
B × C	۴۴	۱۹۱/۱۹**	۰/۰۱۵**	۱/۳۸**	۲۰۶۷/۷**
A × B × C	۳۰۸	۲۰۳/۲۱**	۰/۰۰۴**	۱/۰۶۴**	۵۹۰/۷۳**
خطا	۹۶۰	۳۹/۸	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۸۷	۳۹/۸۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۰/۶۳	۴/۸۵	۸/۲۷	۱۹/۶۶

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

سـرعت جوانه‌زنی: نتایج آزمایش نشـان داد در سطح رطوبت ۵ درصـد و دمای نگهداری ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد بعد از گذشت ۲۸ روز از انبارداری سرعت جوانه‌زنی کمترین بود (شـکل ۲- الف). این اتفاق در دیگر سـطوح رطوبتی که ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد را شامل می‌شود در دمای نگهداری ۱۰ درجه سانتی‌گراد بعـد از ۵۶ روز و در دمـای نگهـداری ۱۵ درجـه سـانتی‌گراد بعد از ۸۴ روز انبارداری این نتیجه حاصل شد (شکل ۲- ب، ج، د و ه). در دمای نگهداری ۲۰ و ۳۰ درجه سـانتی‌گراد، کمترین سـرعت جوانه‌زنی در سطح رطوبت ۵ درصد پس از ۵۶ روز نگهداری و در مابقی سـطوح رطوبتی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد) پس از ۸۴ روز انبارداری مشاهده گردید. در دمای نگهداری ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به بذور گاوزبان اروپایی با ۱۰ درصد رطوبت بذری و به مدت ۸۴ روز پس از انبارداری به‌دسـت آمد (شکل ۲- ب). در دماهای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سـانتی‌گراد کمترین سرعت جوانه‌زنی در همه سطوح رطوبتی بعد از ۲۸ روز انبارداری به‌دسـت آمد. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد با افزایش رطوبت و مدت زمان انبارداری،

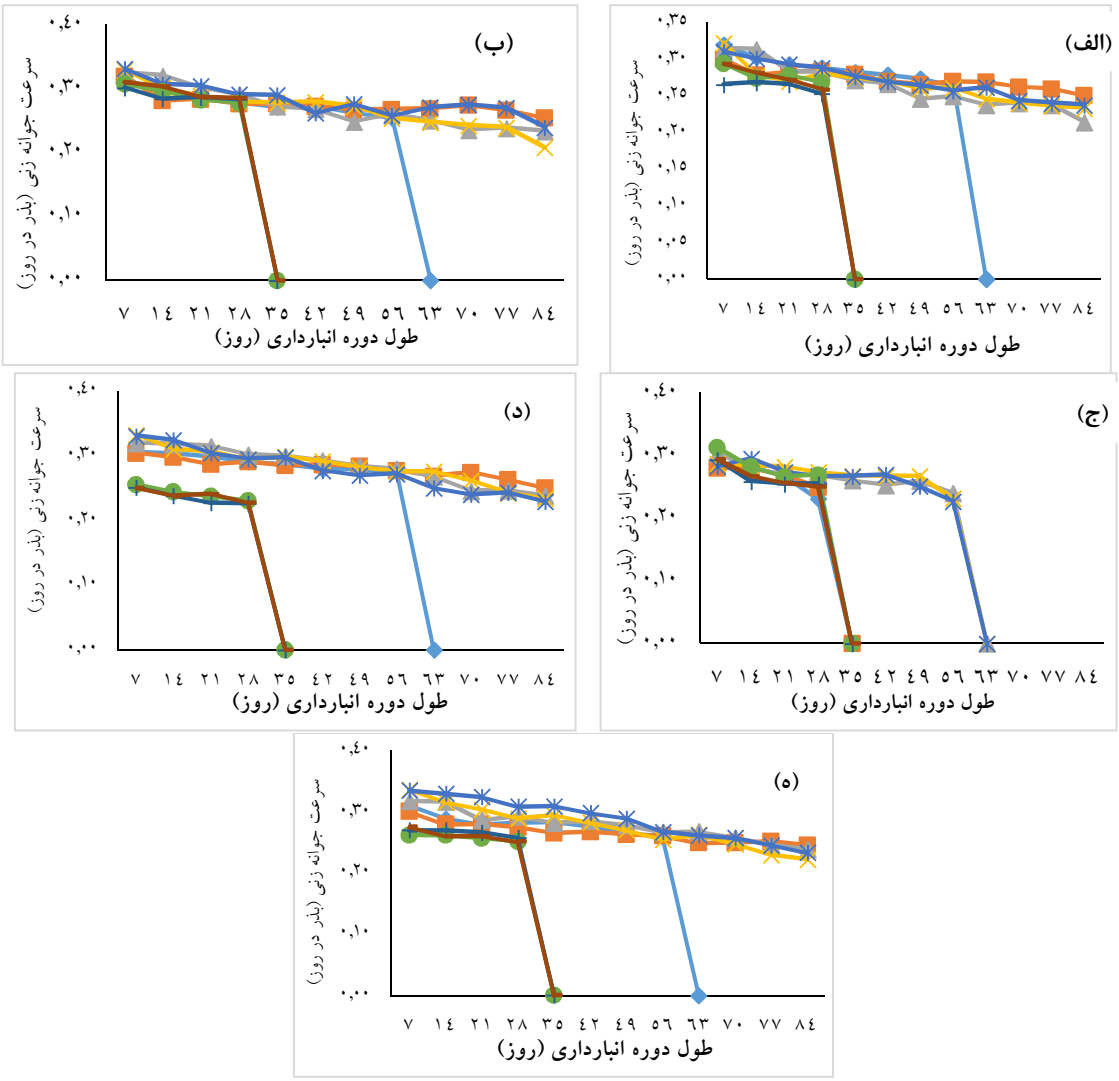
به دلیل فرسودگی، در اندامک‌های سلولی اختلال‌هایی ایجاد شـده و باعث تولید گونه‌های فعال اکسـیژن و تخریب سـاختارهای مهم بذر شـده اسـت. از این رو سـبب کاهش سرعت جوانه‌زنی، قدرت بذر و کاهش اسـتقرار گیاهچه گاوزبان شـده است. این امر موجب می‌شـود بذور ضـعیف شـده سـرعت جوانه‌زنی پایین داشته باشند. شرایط انبارداری متفاوت، سبب اختلافات معنی‌داری در جوانه‌زنی و سـبز شـدن بذور می‌شـود (Marshal et al., 2004). در نهایت علایم زوال بذر در کارکرد پایین‌تر آن‌ها در طول جوانه‌زنی بروز می‌یابد. تاخیر در سبز شدن از اولین علایم قابل مشاهده می‌باشد که سرعت کندتر رشد گیاهچه و کاهش جوانه‌زنی را به همراه دارد. با تداوم فرسودگی بذر، شرایط محیطی که بـذرها در آن جوانه خواهند زد، محدودتر می‌شـود (Soltani et al., 2006).



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✱)، سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (–)

شکل ۱: روند درصد جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوای رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوای رطوبتی ۲۵٪



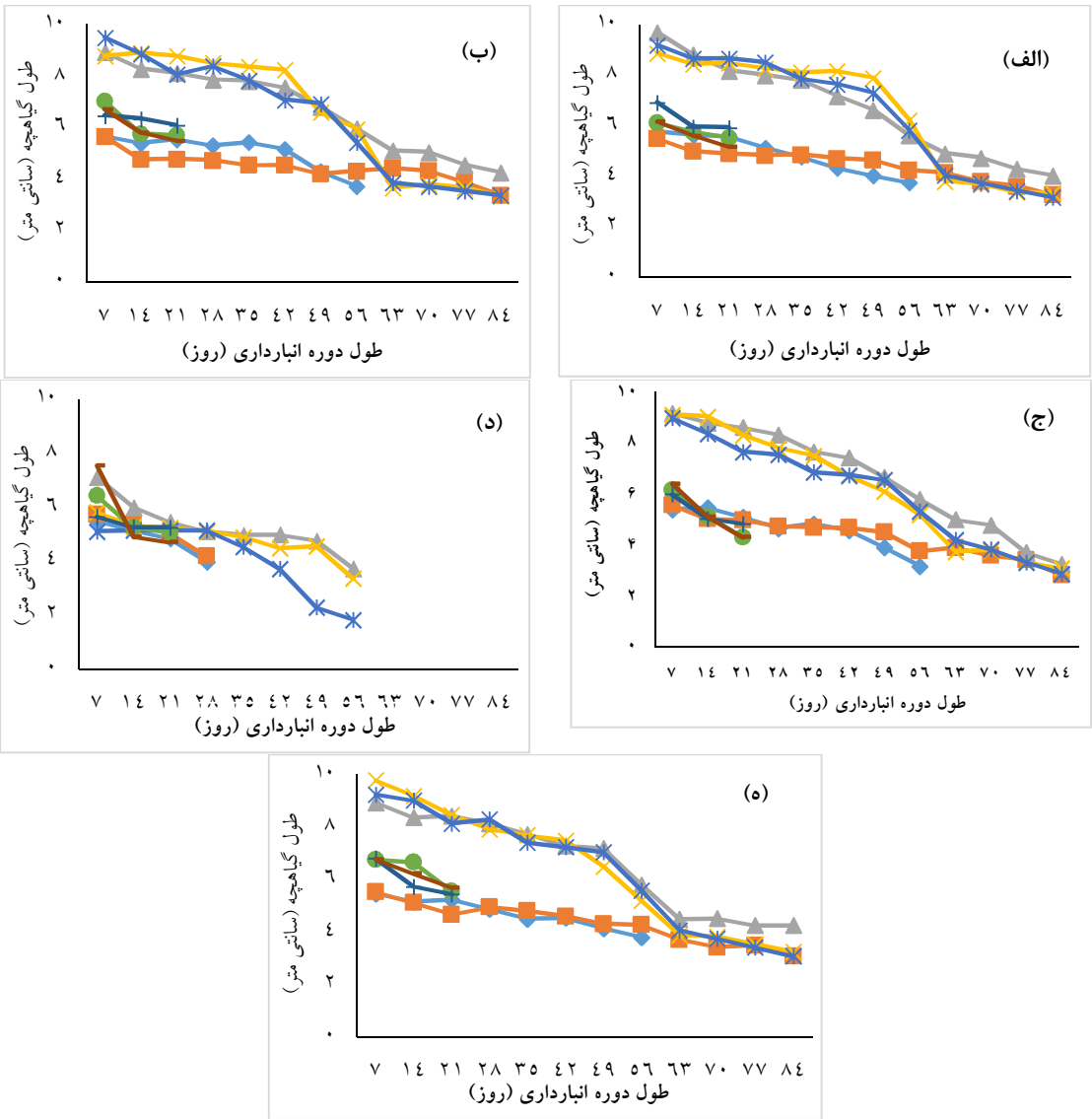
سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✱)،
سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (-)

شکل ۲- روند سرعت جوانه‌زنی بذر گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

طول گیاهچه: نتایج آزمایش نشان داد در دماهای ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمترین طول گیاهچه‌ها با اختلاف معنی‌داری، مربوط به تیمار رطوبت ۲۵ درصد با مدت نگهداری ۵۶ روز انبارداری می‌باشد (شکل ۳- ه). در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمترین طول گیاهچه‌ها مربوط به تیمار رطوبت ۲۵ درصد و مدت نگهداری ۸۴ روز می‌باشد. کمترین طول گیاهچه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با تفاوت معنی‌داری بعد از ۵۶ روز انبارداری با تیمار رطوبت ۵ درصد بذری حاصل شد. با این توضیح که در این سطح رطوبتی طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی نسبت به سایر سطوح کمترین بود (شکل ۳- الف). در محتوی رطوبت ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد بذری با گذشت ۱۴ روز از مدت نگهداری کاهش در طول گیاهچه‌ها معنی‌دار نشان داد (شکل ۳- ب، ج و ه). اما در رطوبت بذری ۲۰ درصد این اتفاق در ۲۱ روز پس از نگهداری رخ داد (شکل ۳- د). همانطور که انتظار می‌رفت در دماهای بالا (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) بذور

بیشتر تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. بطوری که با گذشت مدت نگهداری از ۲۱ به ۲۸ روز همه بذور جوانه زده تولید گیاهچه‌های غیرنرمال کردند که قابل اندازه‌گیری نبودند. در این دماها با اختلاف معنی‌داری در سطح رطوبت ۲۵ درصد کمترین طول گیاهچه حاصل شد (شکل ۳- ه). بطور کلی انبارداری در دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و دماهای بالا (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) افت آشکار طول گیاهچه را موجب شد. طبق مطالعات انجام گرفته می‌توان چنین بیان داشت در صورت بالا بودن دما و رطوبت محیط انبار، بذرها سریع‌تر فرسوده می‌شود که این امر موجب کاهش یکپارچگی غشای پلاسمایی و کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولتیک شده که این تغییرات منجر به کاهش کیفیت بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی، کاهش رشد گیاهچه و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (Basra et al., 2003).



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)، سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (-)

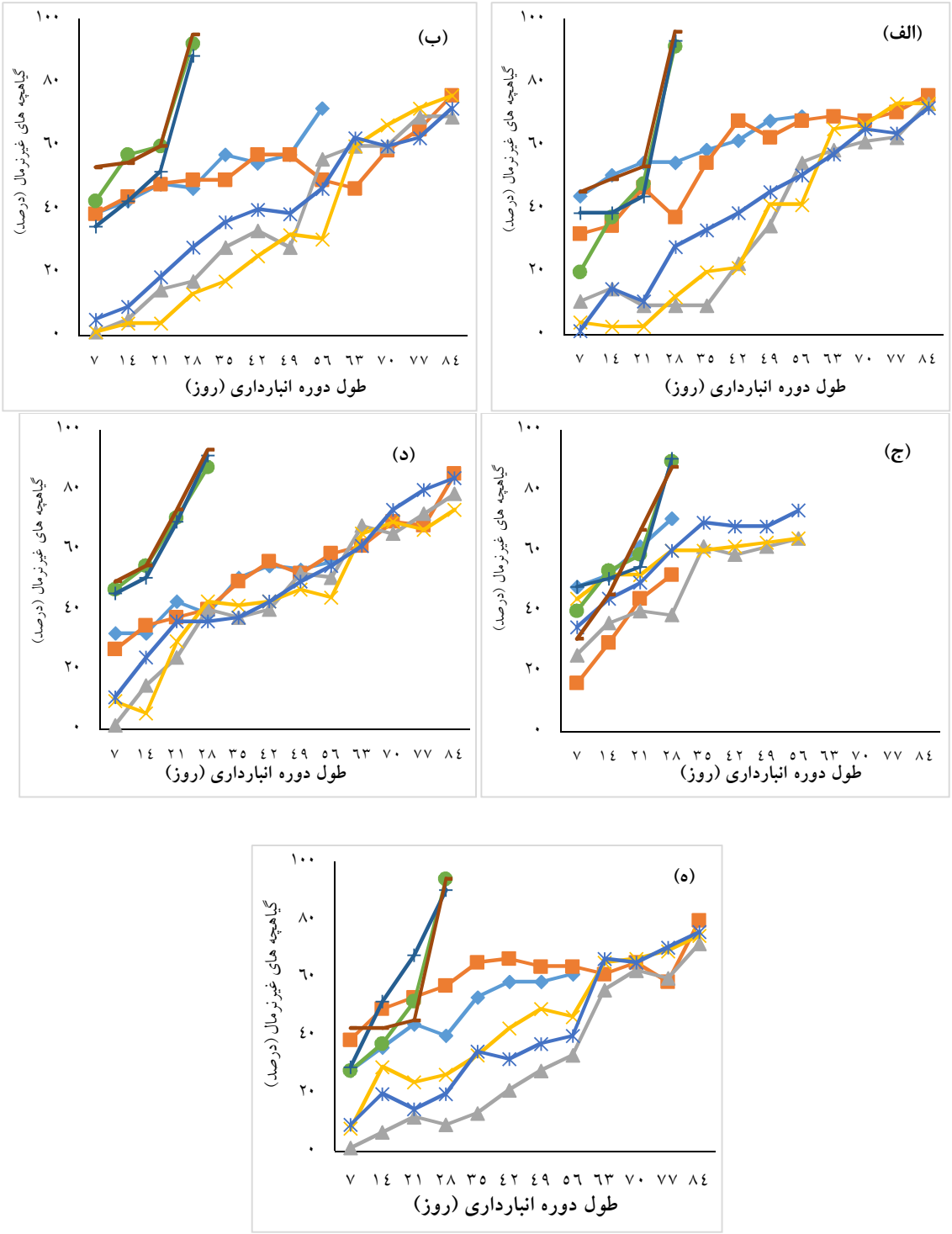
شکل ۳: روند طول گیاهچه گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

درصد گیاهچه‌های غیرنرمال: فرسودگی یکی از عوامل مهم در افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال محسوب می‌شود. در همین راستا نیز نتایج آزمایش نشان داد با افزایش طول دوره نگهداری و دمای نگهداری گیاهچه‌های غیرنرمال افزایش می‌یابد. بطوری که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در سطح رطوبتی ۱۵ درصد مربوط به ٥٦ روز پس از نگهداری است که با سطوح رطوبتی ۲۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشت. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، در سطوح رطوبتی ۵ و ۲۰ درصد بذری، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال با افزایش مدت نگهداری از ۷ به ١٤ روز معنی‌دار شد، درحالیکه این اتفاق در محتوی رطوبت بذری ۱۰ درصد با افزایش مدت نگهداری از ۷ به ۲۱ روز نگهداری اتفاق افتاد. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در روز ٨٤ انبارداری سطح رطوبت ۲۵ درصد بذری بیشترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد نداشت. در سطوح رطوبتی ۵ و ۲۵ درصد با افزایش مدت نگهداری پس از ١٤ روز افزایش درصد گیاهچه‌های غیرنرمال معنی‌دار بود. در محتوی رطوبتی ۱۰ درصد روند افزایشی تا ۳۵ روز پس از نگهداری معنی‌دار نشد. افزایش معنی‌دار درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در سطوح رطوبتی ۱۵ و ۲۰ درصد با افزایش مدت نگهداری از ١٤ به ۲۱ روز شروع شد. در دمای نگهداری ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح رطوبتی، با افزایش مدت انبارداری، درصد گیاهچه‌های غیرنرمال افزایش یافت. در تیمار رطوبت بذری ۵ درصد در ٥٦ روز و در سایر تیمارها ٨٤ روز پس از نگهداری بیشترین میزان گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده شد. دماهای ۳۵، ٤٠ و ٤٥ درجه سانتی‌گراد بالاترین درصد گیاهچه‌های غیرنرمال در ۲۸ روز پس از نگهداری مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده شد.

طی انبارداری، کیفیت بذر کاهش می‌یابد و منجر به جوانه‌زنی نامطلوب می‌شود. در این راستا کاهش درصد، سرعت جوانه‌زنی و درصد گیاهچه‌های طبیعی سویا را در شرایط فرسودگی بذر گزارش نمودند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد (Mohammadi et al., 2011) فرسودگی به صورت کاهش درصد جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه‌های حاصل از این بذرها آشکار می‌شود (Veselova et al., 2003).

آنزیم پراکسیداز: نتایج آزمایش نشان داد نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز و پرولین معنی‌دار گردید (جدول ۲). طبق شکل ۵ کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد، سطح رطوبتی ۲۵ درصد در مدت نگهداری ۲۸ روز بود. با توجه به شکل (۵) می‌توان چنین نتیجه گرفت که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در اوایل مدت نگهداری (مدت ۲۸ روز نگهداری) بیشترین میزان فعالیت را نشان داد. با تاثیر شرایط نامطلوب انبارداری و با کاهش سطح کیفیت بذور طی انبارداری از فعالیت پراکسیداز گیاهچه گاوزبان اروپایی به طور معنی‌داری کاسته شد. این در حالیست که در سایر دماها، گیاهچه‌های حاصل از بذور تیمار شده تحت تاثیر عوامل موثر در انبارداری قرار گرفتند و این امر سبب شد از همان ۲۸ روز نگهداری در مقایسه با تیمار شاهد بطور معنی‌داری کاهش در سطح کیفیت بذور و همچنین فعالیت آنزیم پراکسیداز بطور معنی‌داری اتفاق افتد.



سطح دمای ۱۰°C (◆)، سطح دمایی ۱۵°C (■)، سطح دمایی ۲۰°C (▲)، سطح دمایی ۲۵°C (×)، سطح دمای ۳۰°C (✳)،
سطح دمای ۳۵°C (●)، سطح دمای ۴۰°C (+)، سطح دمای ۴۵°C (–)

شکل ٤: روند درصد گیاهچه‌های غیرنرمال گاوزبان اروپایی تحت تأثیر دما و زمان‌های مختلف نگهداری

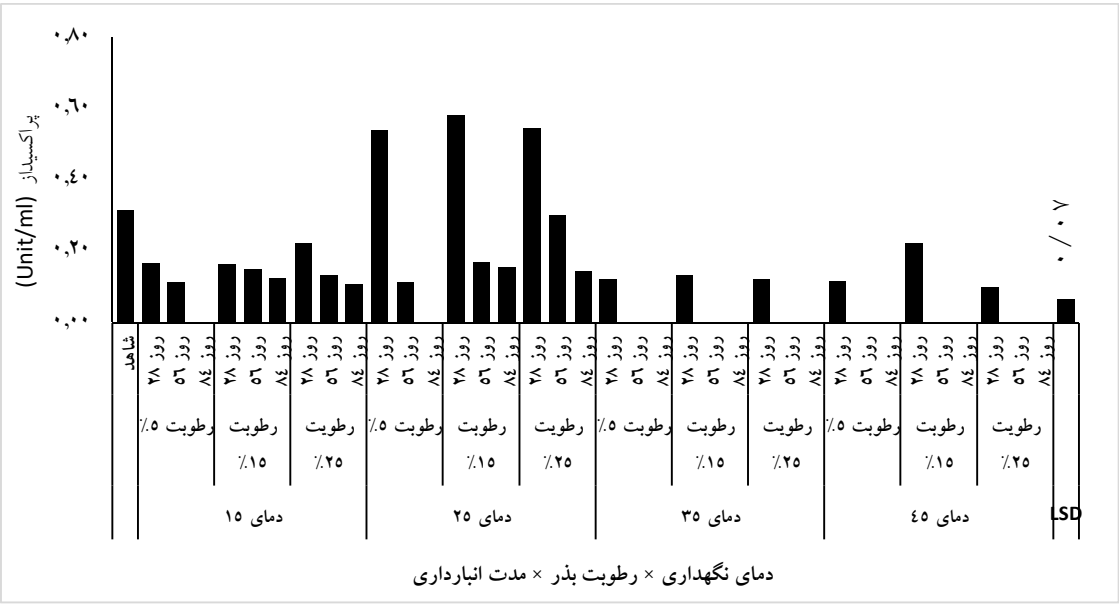
الف) محتوای رطوبتی ۵٪، ب) محتوای رطوبتی ۱۰٪، ج) محتوی رطوبتی ۱۵٪، د) محتوای رطوبتی ۲۰٪، ه) محتوی رطوبتی ۲۵٪

آنتی اکسیدانت‌ها می‌توانند با کم کردن میزان رادیکال‌های آزاد از فرسودگی بذر جلوگیری و روند آن را کندتر کنند ولی کاهش مقدار آنتی اکسیدانت‌ها پس از ادامه یافتن روند فرسودگی می‌تواند نشان‌دهنده شکست مکانیسم دفاعی سیستم‌های آنتی اکسیدانت بذر در برابر این رادیکال‌ها باشد. آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بذر در روزهای نخست فرسودگی افزایش می‌یابند، اما با افزایش روند فرسودگی قابلیت دفاع را از دست می‌دهند و از مقدار آنها کاسته می‌شود (Kaewnaree et al., 2011).

جدول ۲- تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور گاوزبان اروپایی بر خصوصیات بیوشیمیایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		پراکسیداز	پرولین
دما (A)	۳	۰/۳٤**	۳/٤٦**
رطوبت (B)	۲	۰/۰۲۳**	۰/۵۷**
زمان (C)	۲	۰/٤۵**	۵/۹٦**
A × B	٦	۰/۰۰۷۹**	۰/٦۷**
A × C	٦	۰/۰۷۱**	۵/۳۵**
B × C	٤	۰/۰۰٤۰**	۲/٤۸**
A × B × C	۱۲	۰/۰۰٤۹**	۰/٦۷**
خطا	۷۲	۰/۰۰۱۰	۰/۰۳۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۵/۱۰	۱۹/۰۵

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار درسطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

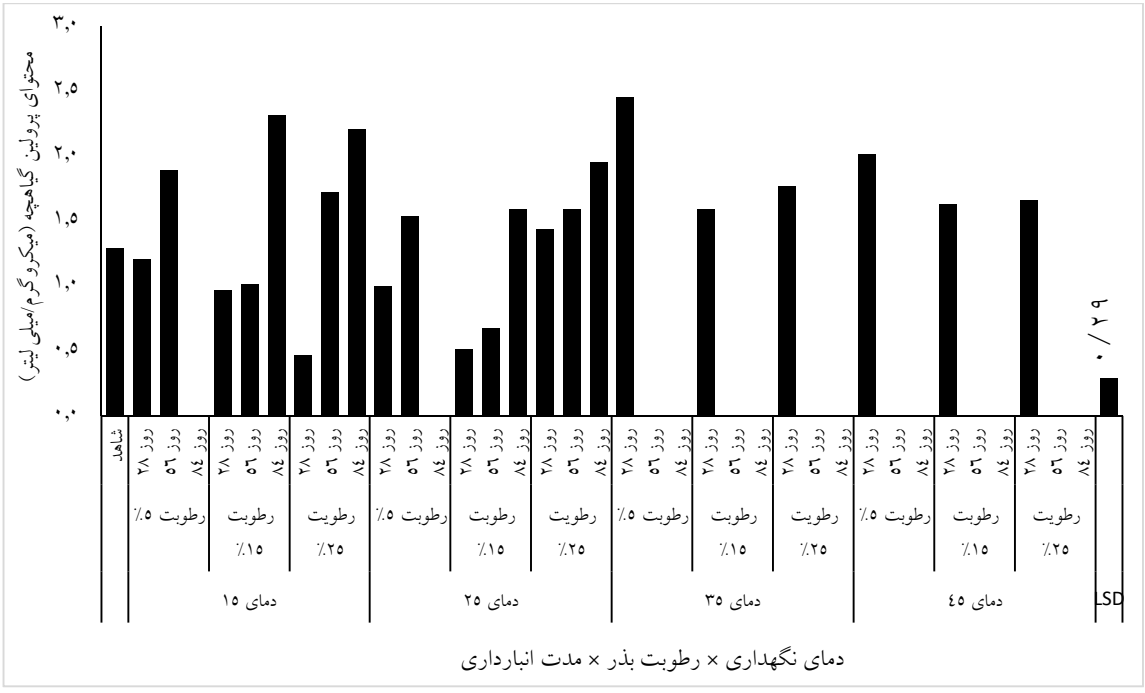


شکل ۵: تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

پرولین: نتایج آزمایش نشان داد با افزایش مدت نگهداری بذور با سطح رطوبت و دماهای متفاوت میزان پرولین گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. بطوری‌که بیشترین

میزان پرولین در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به ۸٤ روز بعد از انبارداری بود که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر مدت‌های نگهداری در دماهای مذکور حاصل شد. اما بیشترین میزان این اسیدآمینه در دمای ۳۵ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد پس از ۲۸ روز انبارداری و تیمار رطوبت ۵ درصد مشاهده گردید که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح رطوبتی در این دماها بود. این نتایج نشان داد که با افزایش مدت انبارداری میزان پرولین نیز افزایش یافت. با این توضیح که کمترین میزان پرولین به دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با سطح رطوبتی ۲۵ درصد و روز ۲۸ انبارداری تعلق گرفت و بیشترین میزان پرولین در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۵ درصد و ۲۸ روز پس از انبارداری حاصل شد (شکل ٦).

یک ارتباط مثبت بین تجمع پرولین و مقدار آنتی‌اکسیدان بافت وجود دارد، بطوری‌که در نتیجه تنش‌های مختلف مقدار رادیکال آزاد افزایش می‌یابد و باعث تجمع پرولین در بافت گیاهی می‌شود. با توجه به این مطلب، افزایش غلظت پرولین گیاهچه‌های حاصل از بذور گاوزبان اروپایی می‌تواند پاسخی در برابر افزایش رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر طول نگهداری بذر باشد (Zhang et al., 2000).



شکل ٦: تاثیر رطوبت بذر، دما و زمان نگهداری بذور بر میزان پرولین گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

نتیجه‌گیری

نتایج و یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که بذور گاوزبان اروپایی تحت‌تاثیر دمای نگهداری و مدت زمان انبارداری قرار گرفتند. این روند مخصوصا در اواخر دوره نگهداری بصورت مشهودتری مشاهده گردید. بذور حاصل از دماهای پایین (۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و دماهای بالا (۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی‌گراد) قابلیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های کمتری داشتند. درحالیکه بذور نگهداری شده در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با سطوح رطوبتی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بذری، قابلیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها بیشتر بود. از این رو، به نظر می‌رسد در شرایط انبارداری گاوزبان اروپایی محتوی رطوبت و دمای

نگهداری نباید به موازات هم افزایش یابند. از آنجایی که با افزایش محتوی رطوبتی بذور به‌دلیل دانه روغنی بودن این گیاه، آلودگی شدت می‌گیرد به این سبب می‌توان از طریق بسته‌بندی غیر قابل نفوذ که باعث سلب امکان مبادله رطوبت با محیط می‌گردد، از افزایش خسارت در مدت انبارداری جلوگیری به عمل آورد.

References

Alivand, R., Tavakkol Afshari, R. and Sharifzadh, F. 2013. Investigation germination process ofdeterioration canola seed (*Brassica napus*). J. Field Crop Sci. 44(1): 63-83. (In Persian, with English Abstract.).

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M. A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. Seed Science and Technology. 31: 531-540.

Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bradford, K.J. 2004. Seed production and quality. California. USA. p 138.

Chance, B. and A.C. Maehly, 1955. Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymolog. 2: 764-775.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald, 1985. Principles of seed science and technology. John Wiley and Sons. New York.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany. 45(1): 13-30.

Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. Journal of Experimental Botany. 37: 1503–1515.

Gregg, B., Wanis, S.A.E., Bishaw, Z. and Gastel, A.J.G. 1994. Safe seed storage. WANA Seed Net work. 594.

ISTA, 2008. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Bassersdorf. 30: 683-687.

International Seed Testing Association. 2010. International rules for seed testing, Zurich, Switzerland.

Kaewnaree, P., Vichitphan, S., Klanrit, P., Siri, B. and Vichitphan. K. 2011. Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Seed Biotechnol. 10(2): 175-182.

Karimi, E., Oskoueian, E., Karimi, A., Noura, R. and Ebrahimi, M. 2018. *Borago Officinalis* L. flower: a comprehensive study on bioactive compounds and its health- promoting properties. J. Food Meas. Charact. 12: 826-838.

Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani. M. and A.V. Moharir. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. Seed Science and Technology. 31(3): 541-550.

Larsen, S.U. and Povlsen. F.V. 1998. The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of applicability of the controlled deterioration vigour test in oil-seed rape (*Brassica napus* L.) and pea (*Pisum sativum* L.). Seed Sci. Technol. 26: 627-41.

Marshal, A.H. and Lewis, D.N. 2004. Influnence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. Seed Science and Technology. 32: 493-501.

Mavi, K., Demir, I. and Matthews, S. 2010. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. Seed Science and Technology. 38: 14-25.

Martin, L.M. and Wilsey, B.J. 2006. Assessing grassland restoration success: relative roles of seed additions and native ungulate activities. Journal of Applied Ecology. 43(6): 1098-1109.

McDonald, M.B. 1998. Seed quality assessment. Seed Science Research. 8(2): 265-276.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Sci. Technol. 27(1): 177-237.

McDonald, M.B. 2004. Orthodox seed deterioration and its repair. Pp. 273-304. In: Benech-Arnold, R.L.

Moeinzadeh, A., Tavakkol Afshari, R., Moghadam, H. and Baghizadeh, A. 2018. The effect of storage conditions on seed germination indices and viability constant of lentil (*Lens culinaris*) and pea (*Cicer arientinum*) seed. Iranian Journal of Field Crop Science. 49(2): 71-92. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour H.R. and Zeinali, H. 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production. 5(1): 65-70.

Neto, N.M., Custodio, C.C. and Takaki, M. 2001. Evaluation of naturally and artificially aged seeds of Phaseolus vulgaris L. Seed Science and Technology. 29(1): 137-150.

Pradidwong, S., Suriyong, S. and Pawelzik, E. 2004. Mungbean Seed Longevity and Quality Influenced by Initial Seed Moisture Content and Storage Temperature. Cornell Univ. Press, Ithaca. 200-321.

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55(1): 195-200.

Veselova, T.V. and Veselovsky, V.A. 2003. Investigation of atypical germination changes during accelerated ageing of pea seeds. Seed Science and Technology. 31(3): 517-530.

Zhang, Y., Wang, H., Li, X., Jing, J., Xie, C. and Peng, K. 2000. Experimental generation of bright two-mode quadrature squeezed light from a narrow-band nondegenerate optical parametric amplifier. Physical Review A. 62(2): 238-113.

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Journal of Seed Research

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

Investigating the effect of bacteria PGPR in stimulating germination and improving the growth components of seeds *Cerasus mahaleb* (L.) Mill- (Study area: Faridunshahr, Isfahan province)

B. Zamani Kebrabadi[1*], Z. Jaberalansar[2], M. Esmaeili Sharif[3]

[1] PhD in forestry and forest ecology, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran, Email: Zamanikebrabadi67@gmail.com

[2] Expert Researcher, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran, Email: zaryansary@gmail.com

[3] Research Division of Natural Resources Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Isfahan, Iran, Email: masoudesmaeilisharif@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-12-23
Revised: 2024-2-5
Accepted: 2024-3-14

Keywords:
PGPR
Cerasus mahaleb
Bacillus sp
Azotobacter sp

ABSTRACT

One of the most important techniques for improving the quality and quantity of seedlings is the use of seed treatment with PGPR, which can increase the plant's resistance to adverse conditions. For this purpose, the effect of seed inoculation of *Cerasus mahaleb* in 10 forest provenances of Fereydunshahr city, Isfahan province with the most important rhizosphere bacteria that stimulate plant growth, on the components of seed germination in a factorial experiment in the form of a randomized complete block design It was done with three replications in the greenhouse, seed inoculation with five levels including no bacterial inoculation (as a control), inoculation with (Bacillus sp.), (Azotobacter sp.), (Pseudomonas fluorescens) and a combination treatment of three growth stimulating (MIX) and calculation of different components of *Cerasus mahaleb* seed germination was done. The results showed that mixed inoculation treatment (MIX) had the greatest effect on the indicators of germination speed (0.039 per day), seed germination (39.20), germination strength (20.38 percent) and The root length was (8.66 mm) compared to other treatments. P. fluorescens bacteria treatment also showed the best performance in germination percentage index (17.55%) and stem length (8.76 mm). On the other hand, the weakest performance among the bacterial treatments was related to the growth promoting bacteria (Bacillus sp.). Among the 10 areas of *Cerasus mahaleb* seed collection, Chal Khalil 1 and 2 forest reserve areas as well as Peshtkoh Som Durak 2 showed better seed germination indicators than other areas. In general, seed inoculation with PGPR can be a suitable solution for producing healthy and strong seedlings, better establishment, and also increasing the success of planting seedlings in disturbed and degraded habitats of *Cerasus mahaleb* in Zagros forests.

Cite this article: Zamani Kebrabadi, B., Jaberalansar, Z., Esmaeili Sharif, M. (2023). Investigating the effect of bacteria PGPR in stimulating germination and improving the growth components of seeds *Cerasus mahaleb* (L.) Mill -(Study area: Faridunshahr, Isfahan province). *Seed Research*, 13 (2), 77-91.

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

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

بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد در تحریک جوانه‌زنی و بهبود مولفه‌های رشدی بذر پرووانانس‌های گونه محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill) (منطقه مطالعاتی: فریدونشهر–استان اصفهان)

بهمن زمانی کبرآبادی[1*]، زهرا جابرالانصار[2]، مسعود اسماعیلی شریف[3]

[1] دکتری جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، رایانامه: Zamanikebrabadi67@gmail.com

[2] محقق، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، رایانامه: zaryansary@gmail.com

[3] استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، رایانامه: masoudesmaeilisharif@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۴

واژه‌های کلیدی:
باکتری محرک رشد
محلب
پرووانانس
جوانه زنی

چکیده

از مهم‌ترین تکنیک‌های بهبود کمی و کیفی نهال استفاده از تیمار بذر با باکتری‌های محرک رشد است که می‌تواند مقاومت گیاه را در برابر شرایط نامساعد افزایش دهد. به همین منظور اثر تلقیح بذر گونه محلب در ۱۰ پرووانانس جنگل‌های شهرستان فریدونشهر استان اصفهان با مهم‌ترین باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، بر مولفه‌های جوانه زنی بذر در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در آزمایشگاه بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی استان اصفهان در سال ۱۳۹۹ با سه تکرار انجام گرفت، تلقیح بذر با پنج سطح شامل عدم تلقیح باکتریایی (به عنوان شاهد)، تلقیح با باکتری‌های (*Bacillus* sp.)، (*Azotobacter* sp.)، (*Pseudomonas fluorescens*) و تیمار ترکیبی از سه باکتری محرک رشد (MIX) و محاسبه مولفه‌های مختلف جوانه زنی بذر گونه محلب انجام شد. نتایج نشان داد تیمار تلقیح ترکیبی (MIX) بیش‌ترین تأثیر را بر شاخص‌های سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۳۹ عدد در روز)، بنیه بذر (۳۹/۲۰)، قدرت جوانه‌زنی (۲۰/۳۸ درصد) و طول ریشه‌چه (۸/۶۶ میلی‌متر) نسبت به سایر تیمارها داشت. تیمار باکتری *P. fluorescens* نیز بهترین عملکرد را در شاخص درصد جوانه‌زنی (۱۷/۵۵ درصد) و طول ساقه‌چه (۸/۷۶ میلی‌متر) از خود نشان داد. از سوی دیگر ضعیف‌ترین عملکرد در بین تیمارهای باکتری محرک رشد مربوط به باکتری (*Bacillus* sp.) بود. از بین ۱۰ منطقه جمع‌آوری بذر گونه محلب مناطق ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۱ و ۲ و همچنین پشتکوه سوم دورک ۲ شاخص‌های جوانه‌زنی بذر بهتری نسبت به مناطق دیگر نشان دادند. بطورکلی، تلقیح بذر به وسیله باکتری‌های محرک رشد می‌تواند راهکاری مناسب در جهت تولید نهال سالم و قوی، استقرار بهتر و همچنین افزایش موفقیت نهال‌کاری در رویشگاه‌های آشفته و تخریب یافته گونه محلب در جنگل‌های زاگرس باشد.

استناد: زمانی کبرآبادی، بهمن؛ جابرالانصار، زهرا؛ اسماعیلی شریف، مسعود. (۱۴۰۲). بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد در تحریک جوانه‌زنی و بهبود مولفه‌های رشدی بذر پرووانانس‌های گونه محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill) (منطقه مطالعاتی: فریدونشهر–استان اصفهان). *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۲)، ۹۱-۷۷.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) گونه‌ای از جنس Cerasus و خانواده Rosaceae است که در جنگل‌های زاگرس به‌طور طبیعی رویش دارد. این گونه به دلایلی از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، سرنوشتی مشابه گونه‌های دیگر اکوسیستم زاگرس پیدا کرده است و در معرض خطر نابودی قرار دارد که استقرار و زادآوری آن را با مشکل مواجه کرده است (Sabeti, 1976). محلب از نظر قانون ملی شدن جنگل‌ها از جمله درختان و درختچه‌های خودرو ایران محسوب گردیده است که در قانون منابع طبیعی کشور همراه با گونه‌هایی چون زربین، ارس، شمشاد، سرخدار و ... در دسته اول از جهت اهمیت حفاظت قرار گرفته است (Zanganeh, 1999).

بنابراین در جنگل‌های زاگرس باید گونه‌های موجود را حفظ و از نابودی گونه‌های در حال انقراض جلوگیری کرد. با عنایت به در معرض تهدید بودن ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی جنگل‌های زاگرس، لزوم تحقیق در مورد راهکارهای تولید بذر و در نتیجه نهال مطلوب و مقاوم جهت گسترش و واکاری در جنگل‌های زاگرس با گونه‌های بومی امری اجتناب‌ناپذیر است.

بذر مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش گیاه است که در بازسازی، حفظ و انتقال مواد ژنتیکی گیاه و همچنین مکانیزم‌های پراکنش، تکثیر و بقای گیاه در شرایط بسیار سخت نقش اساسی دارد. (Tavakol afshari et al., 1999). بیوپرایمینگ یک تکنیک جدید تیمار کردن بذر می‌باشد که با ادغام دو جنبه زیستی (تلقیح بذر با موجودات زنده مفید) و فیزیولوژیکی باعث بهبود مولفه‌های جوانه زنی بذر می‌باشد (Reddy, 2013). در سال‌های اخیر رویکرد استفاده از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری (باکتری محرک رشد ریشه و قارچ) همزیست با گیاهان جهت شکستن خواب، تسریع در جوانه‌زنی بذر و بهبود صفات رویشی نهال‌های جنگلی افزایش پیدا کرده است. میکروارگانسیم‌ها با تأثیر بر پوسته سخت بذر، درصد جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهند (Rathnan et al., 2013). در میان شیوه‌های بهبود بذر، استفاده از باکتری‌ها به ویژه در کشت‌های فشرده و خاک‌های فقیر از لحاظ عناصر غذایی، برای حفظ ارزش کیفی خاک مناسب به نظر می‌رسد (Ali et al., 2005).

موثرترین، متداول ترین و اقتصادی ترین روش کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه تلقیح بذر می‌باشد (Rosas et al., 2019). (احمدلو و همکاران، ۱۳۹٤؛ Ahmaadlo et al., 2015) اثر باکتری‌های محرک رشد ریشه (PGPR) و تیمار سرمایی را بر صفات جوانه‌زنی بذور زالزالک (*Crataegus pseudoheterophylla Pojark*) بررسی کردند. این مطالعه با باکتری‌های مختلف*Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum Bacillus subtilis*،*lipoferum* و *Pseudomonas fluorescens* انجام شد. نتایج نشان داد تیمارهای تلقیح با باکتری‌ها باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی بذر این گونه شد (بهمنی و همکاران، ۲۰۱۵؛ Bahmani et al., 2015) نشان دادند که تلقیح *P. putida* بر جوانه زنی بذر و رشد رویشی نونهال‌های استبرق (*Calotropis procera*) تاثیر مثبت داشت. تأثیر رویزوباکتری‌های *Bacillus licheniformis*، *Sinorhizobium saheli* و *S. kostiense* (جدا شده از ریشه گونه‌های آکاسیا و کهور بومی منطقه خشک) بر جوانه‌زنی بذر و صفات رشد دو ژنوتیپ آکاسیا (*Acacia Senegal*) توسط (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ Singh et al., 2011) بررسی شد. نتایج نشان داد که *B.licheniformis* به دلیل تولید جیبرلیک اسید تأثیر زیادی بر شکستن

خواب بذر، قدرت جوانه‌زنی و رشد نهال‌ها دارد. تلقیح ترکیبی (همزیستی) دو باکتری *Bacillus licheniformis* (محلول‌کننده فسفر) و *S. kostiense* (تثبیت‌کننده ازت) تأثیر زیادی در جوانه‌زنی بذر داشتند در حالی که باکتری *S. saheli* (تثبیت‌کننده ازت) تأثیر منفی بر جوانه‌زنی داشت. ترکیب دو باکتری *B. licheniformis* و *S. saheli* تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد نهال‌ها داشتند.

اهمیت روابط باکتری‌های محرک رشد در احیاء و ترمیم زیست‌بوم‌های تخریب شده توسط جوامع علمی به خوبی درک شده است. با این وجود، استفاده از فناوری استفاده از باکتری‌ها در احیا و اصلاح جنگل‌های تخریب شده هنوز در بسیاری از نقاط جهان مورد توجه واقع نشده است. به این منظور پژوهشی که بتوان تأثیر باکتری‌های محرک رشد به منظور بهبود مولفه‌های جوانه زنی و استقرار اولیه گیاه ، جهت بالا بردن کیفیت نهال‌های پرورش یافته را بررسی کند، ضروری و دارای اهمیت می‌باشد که با بررسی مولفه‌های مربوط به جوانه زنی و اتکا به یافته‌های پژوهش پیش‌رو در جهت مهندسی ریشه (تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد) می‌توان به پرورش نهال‌های سالم و مقاوم از طریق افزایش و بهبود ویژگی‌های رویشی نونهال‌های گونه محلب اقدام نمود تا گامی مهم در راستای تولید نهال‌های مقاوم با ژنوتیپ مطلوب در حضور باکتری‌های محرک رشد در امر جنگل‌کاری و واکاری در جنگل‌های زاگرس با این گونه جنگلی با ارزش برداشته شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای پژوهش مورد نظر در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شد. این پژوهش با دو فاکتور شامل: ۱- بذر گونه محلب (۱۰ منطقه متفاوت جنگلی فریدونشهر)، ۲- پنج سطح باکتری محرک رشد در چهار سطح (*Bacillus* sp.)، (*Azotobacter* sp.) و (*Pseudomonas fluorescens*) به صورت مجزا و تلفیق سه باکتری (به نسبت مساوی) و نمونه شاهد (بدون باکتری) با سه تکرار انجام گرفت.

جهت تعیین صفات کمی و کیفی بذور، از هر منطقه ۱۰۰ عدد میوه محلب انتخاب و سپس وزن بذر محلب با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. جهت اطلاع از درصد قوه‌نامیه بذور، آزمون تترازولیون بر اساس دستورالعمل ISTA (۲۰۱۱) انجام شد. همچنین در هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. بعد ۳ مرتبه با آب مقطر استریل شستشو گردیدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. شایان ذکر است که برای حذف کلیه میکروارگانیسم‌های طبیعی و تعیین اثرات هریک از میکروارگانیسم‌های (باکتری‌ها) مورد استفاده، خاک مورد استفاده در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت اتوکلاو شد (بستر مورد استفاده ماسه الک شده (با قطر متوسط ۲ میلی‌متر) بوده که پیش از استفاده به‌مدت ۱۵ دقیقه، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل شد. برخی از ویژگی‌های خاک مورد آزمایش به شرح ذیل می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

پارامترها	مقدار
عمق (Cm)	۰-۲۰
قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m^{-1})	۱/۵
اسیدیته (pH)	۷/۷۲
ازت کل (Total N) ٪	۰/۱۶
کربن آلی (O.C) ٪	۱/۶
فسفر قابل جذب (P) $mg\ kg^{-1}$	۱۴/۵
پتاسیم قابل جذب (K) $mg\ kg^{-1}$	۲۵۷
مس قابل جذب (Cu) $mg\ kg^{-1}$	۱/۸
روی قابل جذب (Zn) $mg\ kg^{-1}$	۵/۹
منگنز قابل جذب (Mn) mg kg-1	۳/۸۸
آهن قابل جذب (Fe) $mg\ kg^{-1}$	۱/۱
شن (Sand)	۵۰
سیلت (Silt) ٪	۳۰
رس (Clay) ٪	۲۰
بافت (Texture) ٪	لوم

زادمایه ریزوباکتریایی (*Bacillus* sp.)، (*Azotobacter* sp.) و (*Pseudomonas fluorescens*) با جمعیت 10^8 واحد کلنی سلول در هر میلی‌لیتر از بخش بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. و بر اساس شیوه‌نامه مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور در خصوص تلقیح بذر با باکتری، ۱ تا ۲ میلی‌لیتر واحد کلنی با باکتری‌های *Bacillus* sp.، *Azotobacter* sp. و *P. fluorescens* به صورت مجزا و تلفیق سه باکتری (به نسبت مساوی) با بذر گونه محلب انجام شد. بذرها در عمق پنج سانتی‌متری خاک بستر کشت هر گلدان به حجم ۲۰ میلی‌لیتر واحد کلنی با باکتری‌های (*Bacillus* sp.)، (*Azotobacter* sp.) و (*Pseudomonas fluorescens*) آغشته شد. تعداد ۱۲۰ بذر (۱۰ جمعیت منتخب از ۴۰ منطقه موجود در سه تکرار) انتخاب و در کف پتری‌دیش‌ها روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. سپس به هر پتری ۲ میلی‌لیتر از محلول سوسپانسیون یک نوع از باکتری‌ها اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه بذرها در محلول باکتری غوطه‌ور شدند تا عمل تلقیح به طور کامل انجام شود (برای تلقیح بذور با تیمار ترکیبی باکتری‌ها از هر نوع باکتری به مقدار مساوی استفاده شد). بذرهای تیمار شاهد در محیط کشت مایع بدون حضور باکتری قرار داده شدند (۳۰ بذر). پتری‌دیش‌های محتوی بذور به داخل ژرمیناتورهایی با دمای ثابت ۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. ظروف کشت به‌طور مرتب بازدید و در صورت کاهش رطوبت بستر، به اندازه لازم آب مقطر (دیونیزه) روی بستر اسپری شد. بذرهایی که جوانه زده و از بستر کاشت بیرون آمدند، به عنوان بذر جوانه زده محسوب شدند. تمامی مراحل کشت باکتری و تلقیح بذور در شرایط استریل و در زیر هود لامینار انجام گرفت (Bored et al., 1998). پس از اعمال تیمارهای تلقیح باکتریایی، آزمون جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه شدند. بدین منظور، تعداد بذور جوانه‌زده به صورت روزانه شمارش و در نهایت شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی با استفاده از روابط (۱) تا (۵) محاسبه گردید.

شماره معادله	شاخص‌های مورد مطالعه	نحوه محاسبات شاخص‌ها	منابع
۱	قدرت جوانه زنی	$GE= Mcgr/(N \times 100)$	(Bahardvaj and Panvar, 2005)
۲	بنیه بذر	$GVI = GP \times Mean(PL+RL)/100$	(ISTA, 2011)
۳	سرعت جوانه زنی	$GR = \sum(Gt / Dt)$	(Karsa and Aibi, 2012)
٤	درصد جوانه زنی	$GP=(NG / TN) \times 100$	(Aiek et al., 2012)
۵	طول ریشه چه و ساقه چه	اندازه گیری (میلی‌متر)	-

(Mcgr) ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، (Gt) تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز tام، (Dt) تعداد روزهای پس از کاشت، (N) حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه، (PL) طول ساقه‌چه به سانتی‌متر، (RL) طول ریشه‌چه سانتی‌متر، (NG) تعداد بذر جوانه‌زده، (TN) تعداد کل بذر کشت شده

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار و ۱۰ نونهال در مجموع ۱۵۰ گلدان انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. برای نرمال بودن داده‌ها از آزمون نرمالیته Shapiro-Wilk و برای تعیین معنی‌دار بودن اثر تیمارهای مختلف با صفات مورفولوژیکی از آزمون تجزیه واریانس در قابل طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس در بخش آزمایشگاهی نشان داد اثر منطقه (جمعیت های مختلف بذر)، تلقیح باکتریایی و اثر متقابل آن‌ها بر تمامی مولفه‌های بررسی شده شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر، قدرت جوانه زنی، طول ریشه چه و طول ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. در بین مولفه‌های اندازه گیری شده اثر متقابل مناطق (جمعیت) مختلف بذر و تلقیح باکتریایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نبود، در حالی که به تنهایی هر دو تیمار باکتری و منطقه (جمعیت‌های مختلف) بر تمامی مولفه‌های جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس اثر مناطق(جمعیت) و باکتری بر برخی از ویژگی‌های جوانه زنی بذر گونه محلب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی‌بذر	سرعت جوانه زنی بذر	شاخص بنیه بذر	قدرت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
منطقه	۹	٤۲۰/٦**	۰/۰۰۲۵**	٤٦۹/۷**	۳۵۵/٤**	۱۹/۱۲**	۲۰/۰٦**
باکتری	٤	۸۵/۹۲**	۰/۰۰۰٤**	۳۰۱۳/٤**	۱٦۵/٤**	۲۹/۷۰**	۱۸/۹۲**
منطقه × باکتری	۳٦	۱/٤۹**	۰/۰۰۰۰۱**	۱٤/۸۵**	۲/۷۷**	۰/۲٦**	۰/۰۵
خطا	۱۰۰	۰/٦۲	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۹۲	۰/٤۱	۰/۰٤	۰/۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۵/۱۰	٤/٦۷	٤/۰٤	۳/٦۹	۲/۵٦	۳/۲٤

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار شدن در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.

نتایج جدول مقایسه میانگین اثر جمعیت‌های مختلف بذر بر مولفه‌های جوانه زنی بذر نشان داد، در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۱ بیشترین درصد جوانه‌زنی با مقدار عدد ۲۳/۶۹٪ و درصد جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۲ و پشتکوه سوم-دورک ۲ در رتبه بعدی قرار گرفتند (باهم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند). در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل۱ بیشترین شاخص بنیه بذر با مقدار عدد ۳۴/۰۹ بود. کمترین مقدار شاخص بنیه بذر برخلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ چال چرانه ۲ با مقدار عدد ۱۶/۸۴ مشاهده شد. در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل۱ بیشترین قدرت جوانه‌زنی بذر با مقدار عدد ۲۴/۹۸ و قدرت جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های پشتکوه سوم-دورک ۲ (۲۳/۳۳) و ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۲ (۲۱/۴۷) در رتبه بعدی قرار گرفتند (با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، در منطقه ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل۱ بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر با مقدار عدد ۰/۰۶ و مقدار سرعت جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۲ در رتبه بعدی با مقدار عددی ۰/۰۴۸ قرار گرفت. همچنین منطقه ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل۱ بیشترین طول ریشه‌چه بذر با مقدار عدد ۹/۵ میلی‌متر را نشان داد. در این منطقه بیشترین طول ساقه‌چه بذر با مقدار عدد ۹/۷۲ میلی‌متر و طول ساقه‌چه بذر در ژنوتیپ‌های پشتکوه سوم‌دورک ۲ (۹/۵۱ میلی‌متر) و ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۲ (۹/۰۲ میلی‌متر) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند). همچنین کمترین طول ساقه‌چه بذر در منطقه پشندگان-دره سه پستان ۲ با مقدار عدد ۶/۴ میلی‌متر مشاهده شد، که بین مناطق(جمعیت) پشندگان-دره سه پستان و کاهگانک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر منطقه (جمعیت) بر برخی از ویژگی‌های جوانه زنی بذر گونه محلب

منطقه	درصد جوانه‌زنی بذر	سرعت جوانه‌زنی بذر	شاخص بنیه بذر	قدرت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل۱	۲۳/۶۹ a	۰/۰۶۰ a	۳۴/۰۹ a	۲۴/۹۸ a	۹/۵۰ a	۹/۷۲ a
ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل۲	۲۱/۶۱ b	۰/۰۴۸ b	۲۷/۳۱ c	۲۱/۴۷ c	۸/۴۱ c	۹/۰۲ c
چال‌چرانه	۱۷/۶۵ c	۰/۰۴۴ c	۲۵/۴۰ d	۱۹/۴۱ d	۷/۸۱ d	۸/۴۲ d
پشتکوه سوم-دورک	۱۰/۸۰ g	۰/۰۲۶ f	۱۸/۱۳ h	۱۳/۱۵ f	۶/۴۷ f	۷/۰۹ g
ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۳	۱۰/۳۷ g	۰/۰۲۳ g	۱۶/۸۴ i	۱۲/۳۹ g	۶/۲۸ g	۶/۶۳ h
پشتکوه‌سوم-دورک۲	۲۱/۳۷ b	۰/۰۴۴ c	۲۹/۷۷ b	۲۳/۳۳ b	۸/۵۹ b	۹/۵۱ b
پشتکوه‌دوم-دره سه‌پستان	۱۵/۵۱ d	۰/۰۳۲ d	۲۴/۰۵ e	۱۷/۹۱ e	۷/۸۲ d	۷/۸۹ e
پشندگان-دره سه‌پستان۱	۱۱/۶۹ f	۰/۰۲۷ e	۲۲/۸۴ f	۱۵/۵۹ f	۶/۹۳ e	۷/۶۳ f
پشندگان-دره سه‌پستان۲	۹/۵۰ h	۰/۰۲۱ h	۱۸/۳۲ h	۱۰/۳۳ i	۶/۰۳ h	۶/۴۰ i
کاهگانک	۱۲/۳۴ e	۰/۰۲۸ e	۲۰/۰۸ g	۱۵/۵۵ f	۷/۰۲ e	۷/۵۶ f
LSD	۰/۵۷	۰/۰۰۱۲	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۱۹

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

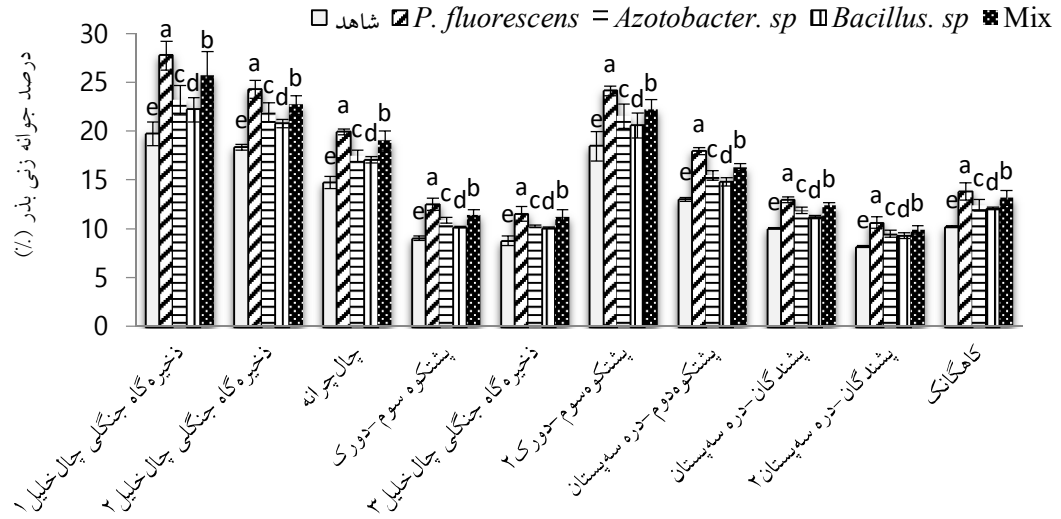
جدول مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر مولفه‌های جوانه زنی بذر نشان داد، تیمارهای باکتریایی باعث بهبود درصد جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق مختلف (پرووانس) بذر شدند، به طوری که

کم‌ترین درصد جوانه‌زنی در تیمار عدم تلقیح باکتریایی (۱۳/۰۵ درصد) مشاهده شد. در تمامی ژنوتیپ‌های مختلف بذر بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار باکتریایی *P. fluorescens* با مقدار ۱۷/۵۵٪ بود، همچنین تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) دارای اختلاف معنی‌دار با باکتری *P. fluorescens* و دارای مقدار عدد ۱٦/٤٪ بود. در تمام مناطق مختلف تیمار باکتریایی *P. fluorescens* بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد. به‌طوری‌که این باکتری درصد جوانه‌زنی را ۱/۳٤ برابر نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتریایی (شاهد) افزایش داد (شکل ۱). تیمارهای باکتریایی شاخص بنیه بذر را در تمام مناطق (جمعیت) مختلف بذر افزایش دادند. به طوری که کم‌ترین شاخص بنیه بذر در تیمار عدم تلقیح باکتریایی(۱٤/۹۱) مشاهده شد (شکل ۲). همچنین در تمامی مناطق (جمعیت) مختلف بذر بیشترین شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار ترکیب باکتریایی (تیمار MIX) با مقدار ۳۹/۲۰ بود. باکتری *P. fluorescens* نیز در رتبه بعدی با مقدار عددی شاخص بنیه بذر ۲۸/۱۳ قرار گرفت. تمامی تیمارهای باکتریایی باعث بهبود و افزایش قدرت جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق (جمعیت) مختلف بذر شدند، در تمامی مناطق (جمعیت) مختلف بذر بیشترین قدرت جوانه‌زنی مربوط به تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) با مقدار عددی ۲۰/۳۸ بود. تیمار باکتریایی *P. fluorescens* با مقدار ۱۸/۷۷ در رتبه دوم قرار گرفت. در تمام مناطق(جمعیت) مختلف بذر تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) بیش‌ترین قدرت جوانه‌زنی را نشان داد. تلقیح با باکتری سرعت جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق (جمعیت) مختلف بذر را افزایش دادند (شکل ۳). در تمام مناطق (جمعیت) مختلف بذر تیمار ترکیب باکتریایی (تیمار MIX) بیشترین سرعت جوانه‌زنی را نشان داد. همچنین کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار عدم تلقیح باکتریایی (تیمار شاهد) و در بین تیمارهای باکتریایی تیمار *Bacillus* sp. کمترین مقدار سرعت جوانه‌زنی بذر با مقدار عدد ۰/۰۳۵ را از خود نشان داد (شکل ٤). همچنین تیمارهای باکتریایی باعث بهبود و افزایش طول ریشه‌چه بذر در تمام مناطق(جمعیت) مختلف بذر شدند، به طوری که کم‌ترین طول ریشه‌چه بذر در تیمار عدم تلقیح باکتریایی (شاهد) با مقدار عدد ٦/۰۷ میلی‌متر مشاهده شد. نتایج نشان داد در تمامی مناطق(جمعیت) مختلف بذر بیشترین طول ریشه‌چه بذر مربوط به تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) با مقدار عددی ۸/٦٦ میلی‌متر بود.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر باکتری بر برخی از ویژگی‌های جوانه زنی بذر گونه محلب

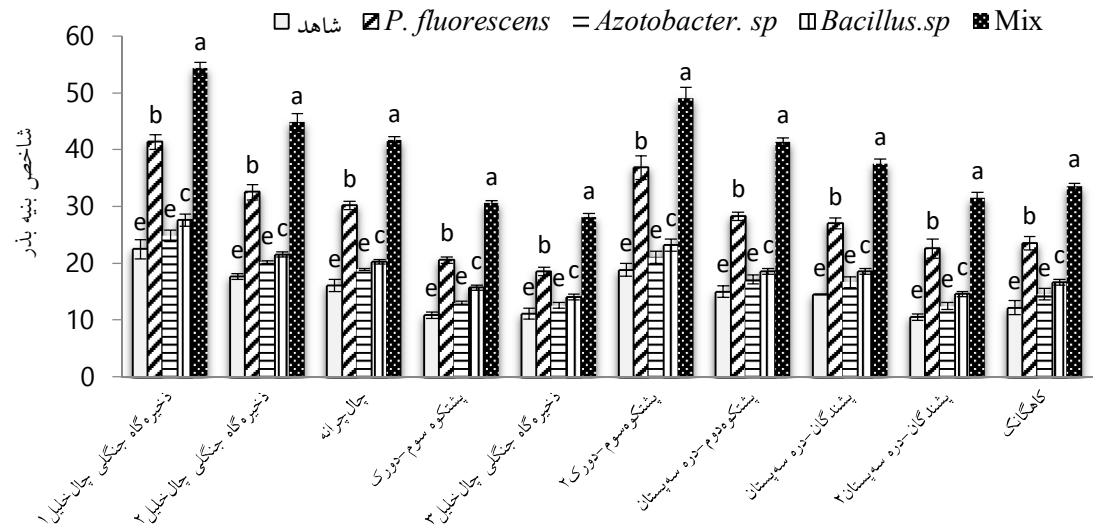
باکتری	درصد جوانه‌زنی بذر	سرعت جوانه‌زنی بذر	شاخص بنیه بذر	قدرت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
شاهد	۱۳/۰۵ e	۰/۰۲۹ e	۱٤/۹۱ e	۱٤/۲۱ e	٦/۰۷ d	٦/۷۸ e
P. fluorescens	۱۷/۵۵ a	۰/۰۳۸ b	۲۸/۱۳ b	۱۸/۷۷ b	۸/۱٦ b	۸/۷٦ a
Azotobacter. sp	۱۵/٤٤ c	۰/۰۳٦ c	۱۷/۱۳ d	۱٦/۳٤ d	۷/۲۳ c	۷/۷٤ d
Bacillus. sp	۱٤/۸۲ d	۰/۰۳۵ d	۱۹/۰۵ c	۱۷/۳٤ c	۷/۳۱ c	۸/۰٤ c
Mix	۱٦/٤۰ b	۰/۰۳۹ a	۳۹/۲۰ a	۲۰/۳۸ a	۸/٦٦ a	۸/٦۲ b
LSD	۰/٤۰	۰/۰۰۰۸	۰/٤۹	۰/۳۳	۰/۰۹	۰/۱۳

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.

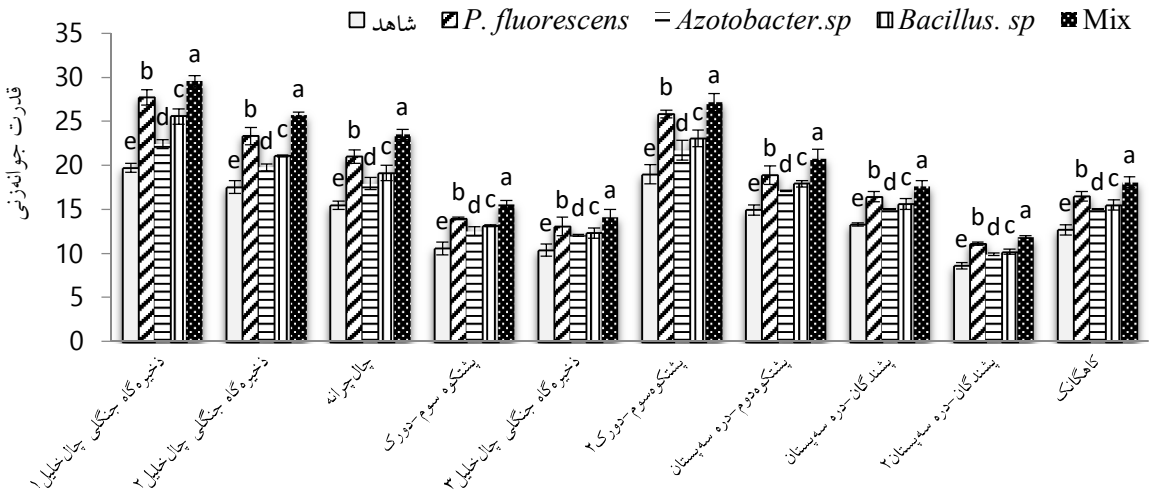


شکل ۱: اثر متقابل مناطق(جمعیت) مختلف و تلقیح باکتریایی بر درصد جوانه‌زنی بذر گونه محلب بر اساس آزمون LSD

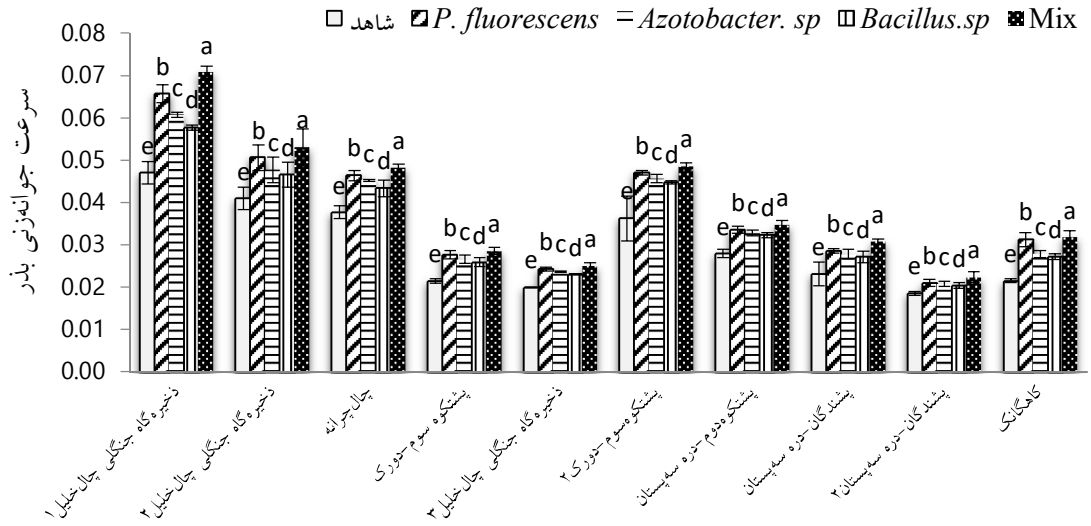
تیمار باکتریایی *P. fluorescens* با مقدار طول ریشه‌چه ۸/۱۶ میلی‌متر در رتبه دوم قرار گرفت. تمامی تیمارهای باکتریایی باعث بهبود و افزایش طول ساقه‌چه بذر در تمام مناطق (جمعیت) مختلف بذر شدند، در تمامی مناطق (جمعیت) مختلف بذر بیشترین طول ساقه‌چه بذر مربوط به تیمار باکتریایی *P. fluorescens* با مقدار ۸/۷۶ میلی‌متر بود همچنین تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) دارای اختلاف معنی‌دار با باکتری *P. fluorescens* و دارای مقدار عدد ۸/۶۲ میلی‌متر طول ساقه‌چه بذر بود.



شکل ۲: اثر متقابل مناطق(جمعیت) مختلف و تلقیح باکتریایی بر شاخص بنیه بذر گونه محلب بر اساس آزمون LSD



شکل ۳: اثر متقابل مناطق(جمعیت) مختلف و تلقیح باکتریایی بر قدرت جوانه‌زنی بذر گونه محلب بر اساس آزمون LSD



شکل ٤: اثر متقابل مناطق(جمعیت) مختلف و تلقیح باکتریایی بر سرعت جوانه‌زنی بذر گونه محلب بر اساس آزمون LSD

بحث

درصد جوانه زنی بذر: نتایج حاصل از این پژوهش در مناطق(جمعیت) مختلف بذر محلب نسبت به صفت درصد جوانه‌زنی بذر نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذر در تمامی مناطق (جمعیت) مختلف بذر در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت این در حالی بود که در تمامی مناطق(جمعیت) بذر تیمار شاهد کمترین درصد جوانه‌زنی بذر را نشان داد به‌طور کلی نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در تمامی مناطق(جمعیت) بذر گونه محلب شد، در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش باکتری *P. flurescens* بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد باکتری *P. flurescens* به صورت مجزا بیش

از تیمار ترکیبی از باکتری‌ها درصد جوانه‌زنی بذور را در مقایسه با شاهد افزایش داد به عبارت دیگر شاید بتوان گفت این باکتری، با تأثیر بر بخش‌های مختلف بذر، در بیوسنتز فیتوهورمون‌های رشد و کاهش نسبت آبسیزیک اسید به جیبرلین نقش دارد که این امر خواب رویان را کاهش داده و جوانه‌زنی را تحریک می‌کند. یکی از مهم‌ترین خصوصیت‌های باکتری محرک رشد از جمله باکتری‌های *P. flurescens* تولید فیتوهورمون‌های محرک رشد گیاه، پلی‌ساکارید، سیدروفور، سیانید هیدروژن، اسیدهای آمینه و محلول‌کننده فسفات می‌باشد (Ahmad and Khan, 2012).

در پژوهشی (کازاز و همکاران، ۲۰۱۰؛ Kazaz et al., 2010) نیز نشان دادند که تیمار بذور با باکتری‌های محرک رشد شامل سویه‌هایی از پسودوموناس فلورسنس سبب افزایش جوانه‌زنی در *Rosa damascene* Mill شد. پیش تیمار بذور گونه *Acacia Senegal* توسط باکتری پسودوموناس فلورسنس نیز باعث بهبود صفات جوانه‌زنی آن گردید (Singh et al., 2011).

همچنین (زولوتا –رودریگیوز و همکاران، ۲۰۱۵؛ Zolota-rodrigues et al., 2015) نشان دادند بیوپرایمینگ بذر *Abies hickelii* و *A. religigosa* به سه باکتری *P. putida*، *P. flurescens* و *B. subtilis* باعث افزایش جوانه‌زنی تا ۹۱ درصد در گونه *A. hickelii* و ۶۳ درصد در گونه *A. religigosa* گردید که با نتایج به دست آمده در این پژوهش همخوانی دارد. (رستمی کیا و همکاران، ۱۳۹۵. Rostamikia et al., 2016) بر روی بذر گونه فندق جنگلی به این نتیجه رسیدند که باکتری *P. putida* به صورت مجزا بیش از باکتری‌های *B. subtilis* و *E. cloacea* درصد جوانه‌زنی بذور را در مقایسه با شاهد افزایش داد که با نتایج این پژوهش در یک راستا بود.

سرعت جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بذر در تمامی مناطق(جمعیت) مختلف بذر در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت این در حالی بود که در تمامی این مناطق (جمعیت) بذر تیمار شاهد کمترین مقدار را نشان داد به طور کلی نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی در تمامی مناطق(جمعیت) بذر محلب شد، در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر را نشان داد. (لنین و جایانتی، ۲۰۱۲؛ Lanin and Jaianti, 2012) با تیمار بذور *Catharanthus roseus* با باکتری‌های آزوسپریلوم، ازتوباکتر، سودوموناس و باسیلوس (تیمار ترکیبی) شاهد افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر بودند.

مزایای اضافه کردن باکتری‌ها PGPR (تلفیقی) برای رشد گیاه شامل افزایش سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه و افزایش تعداد ریشه‌های جنینی و جانبی، عملکرد سطح‌برگ، میزان کلروفیل، میزان نیتروژن، میزان پروتئین، تحمل به خشکی، وزن ریشه و ساقه و تاخیر در پیری گیاه است (Kakmaki et al., 2007). اثر باکتری‌های محرک رشد ریشه (PGPR) و چینه سرمایی بر صفات جوانه‌زنی و بذور زالزالک (Crataegus pseudoheterophylla Pojark) توسط (احمدلو و همکاران، ۲۰۱۴؛ Ahmadlo et al., 2014) بررسی شد. نتایج نشان داد، تلقیح بذرها با ترکیبی از تلقیح چهار باکتری محرک رشد، بیشترین تأثیر را در افزایش سرعت جوانه‌زنی دارد (شاکوات و همکاران، ۲۰۰۶؛ Shakvat et al., 2006) گزارش کردند تأثیر انواع و سویه‌های مختلف باکتری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گونه گیاهی متفاوت است. آزوسپریلیوم، سودوموناس و ازتوباکتر (تلفیقی) بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تأثیر مثبت و معنی‌دار برخوردار

است. همچنین نتایج تحقیقات نشان داده است که باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه می‌شوند (Mayac, 2004). (حمزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Hamzi et al., 2012)، گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد گیاه بر سرعت جوانه‌زنی بذر اسفرزه در سطح احتمال یک درصد نسبت به تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند.

طول ریشه‌چه: طول‌ریشه چه در تمامی مناطق (جمعیت) مختلف بذر در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت این در حالی بود که در تمامی این مناطق (جمعیت) بذر تیمار شاهد کمترین مقدار را نشان داد به طور کلی نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش طول ریشه‌چه در تمامی ژنوتیپ‌های بذر محلب شد، در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) بیشترین طول ریشه‌چه را در تمامی مناطق(جمعیت) بذر محلب نشان داد. استقرار سریع ریشه‌چه‌ها از طریق افزایش طول ریشه‌های ابتدایی و چه با تکثیر ریشه‌های جانبی و نابجا یک راه مناسب برای گیاهچه‌های جوان است که توانایی خود را برای استقرار در خاک و جذب مواد غذایی افزایش دهند (Kloper, 2003). تلقیح بذور کاج چتری .*Pinus pinea* L با باکتری‌های باسیلوس پومیلوس و باسیلوس لیشنیفورمیس (ترکیبی) باعث بهبود طول ریشه‌چه (احتمالاً با تولید جیبرلین) گردید (Probanza et al., 2002).

جیبرلین‌ها سبب افزایش توسعه بافت‌های گیاهی به خصوص بافت ساقه و طویل شدن ریشه‌چه و گسترش ریشه جانبی می‌گردند. تولید جیبرلین توسط باکتری‌های محرک رشد از جمله ازتوباکتر و باسیلوس گزارش شده است (Macknil et al., 2009). آنچنان که تلقیح بذور *Jatrophis carcass* با باکتری‌های ازتوباکتر، سودوموناس و باسیلوس (ترکیبی) سبب افزایش طول ریشه‌چه گردید (Patel and saref, 2013). (رستمی کیا و همکاران، ۱۳۹۵؛ Rostamikia et al., 2016) در پژوهشی روی بذر گونه فندق جنگلی نشان دادند بیشترین میانگین صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، به باکتری *P. putida* و تیمار تلفیقی سه جنس باکتریایی تعلق داشت. رخا و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند باکتری‌های P. putida و B. subtilis (ترکیبی) افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه *Lectuca sativa* را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاه، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القاء مقاومت سیستماتیک به آن را افزایش می‌دهند.

طول ساقه‌چه: در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش باکتری پسودموناس فلورسنس بیشترین طول ساقه‌چه را ایجاد کرد. باکتری پسودموناس فلورسنس به صورت مجزا بیش از تیمار ترکیبی طول ساقه‌چه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Ahteshami et al., 2012) گزارش کردند که جدایه ۳۶ باکتری سودوموناس تأثیر معنی‌داری بر صفت مربوط به طول ساقه‌چه، درصد آب بافت گیاهچه گذاشتند، در همین راستا نتایج مشابهی نیز در مورد گندم و سیب زمینی توسط (دلگوسانچز و همکاران، ۲۰۰۶؛ Delgosanches et al., 2006) گزارش شده است. باکتری جنس سودوموناس دارای قابلیت تولید ایندول استیک اسید، سیتوکینین و جیبرلین بوده و با کمک این هورمون‌های محرک رشد به تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها و رشد و نمو گیاهچه کمک می‌کنند (Asgharzade et al., 2009, Naderi, 2012, Banchio et al., 2008). (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Ahteshami et al., 2011) نشان دادند پرایمینگ

بذرهای گیاه سورگوم با باکتری پسودوموناس فلورسنس، شاخص طول ساقه‌چه را افزایش می‌دهد. (معین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰؛ Moeinzade et al., 2010) با تیمار بذور آفتابگردان با باکتری سودوموناس فلورسنس شاهد افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رشد گیاهچه از جمله ساقه‌چه و مقدار ریشه‌های جانبی بودند. در مطالعه‌ای که بر روی کلزا انجام گرفت مشخص شد که گونه‌های سودوموناس پوتیدا و سودوموناس فلوروسنت منجر به افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (Glik,1998).

شاخص بنیه بذر: در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) بیشترین شاخص بنیه بذر را در تمامی ژنوتیپ‌های بذر محلب نشان داد. (یونسی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Yonesi et al., 2012) در ارزیابی بذرهای یونجه اظهار داشتند که تفاوت شاخص بنیه بذر بین سطوح پیش تیمار باکتریایی معنی‌دار بود. تیمار باکتریایی تلفیقی چهار جنس از باکتری‌های محرک رشد از بالاترین و تیمار شاهد از کمترین شاخص بنیه بذر برخوردار بودند (پاکومانامووا، ۲۰۱۳؛ Pakomanamova, 2013) گزارش کرد که تلقیح بذرهای ذرت با جدایه‌های باکتری سودوموناس فلوروسنت و سودوموناس پوتیدا (تیمار ترکیبی) باعث افزایش بنیه بذر و تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفروم اثر مثبت بر طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه نشان دادند.

قدرت جوانه‌زنی بذر: نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش بنیه و قدرت جوانه‌زنی بذر در تمامی مناطق (جمعیت) بذر محلب شد، در بین تیمارهای باکتریایی مورد استفاده در این پژوهش تیمار ترکیبی از باکتری‌ها (تیمار MIX) بیشترین بنیه و قدرت جوانه‌زنی بذر را در تمامی مناطق (جمعیت) بذر محلب نشان داد. تاثیر رویزوباکتری‌های *Bacillus licheniformis*، *Sinorhizobium saheli* و *S. kostiense* (جدا شده از ریشه گونه‌های آکاسیا و کهور بومی منطقه خشک) بر قدرت جوانه‌زنی بذر و صفات رشد دو ژنوتیپ آکاسیا (Acacia Senegal) توسط (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ Singh et al., 2011) بررسی شد. نتایج نشان داد که *B.licheniformis* به‌دلیل تولید جیبرلیک اسید تأثیر زیادی بر شکستن خواب بذر، قدرت جوانه‌زنی و رشد نهال‌ها دارد. تلقیح ترکیبی (همزیستی) دو باکتری *Bacillus licheniformis* (محلول‌کننده فسفر) و *S. kostiense* (تثبیت‌کننده ازت) تأثیر زیادی در قدرت جوانه‌زنی بذر داشتند در حالی که باکتری S. saheli (تثبیت‌کننده ازت) تأثیر منفی بر جوانه‌زنی داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش به‌طور کلی بیانگر دو مسئله مهم بود که عبارتند از: نونهال‌های گونه محلب از هر ۱۰ منطقه نسبت به تلقیح با باکتری‌های محرک رشد اثرات مثبت نشان داد و ویژگی‌های رشدی بذر تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد قرار گرفت که به جز چند ویژگی تمامی مولفه‌های بذر تحت تأثیر تیمار توأم و تلفیقی باکتری‌های محرک رشد قرار گرفت و هم‌چنین در بین ۱۰ منطقه مورد مطالعه ویژگی‌های رشدی بذر گونه محلب، ذخیره‌گاه‌های جنگلی نسبت به تلقیح واکنش بهتری داشته و رویش بذر حاصل شده شرایط مورفولوژیکی بهتری نشان دادند. مناطق حفاظت شده نمونه‌های بکر و دست نخورده‌ای از بوم سازگان‌های طبیعی و دارای صفات ژنتیکی برتر در اکوسیستم‌های طبیعی هستند که به دلیل ذخایر با ارزش گیاهی دارای ویژگی‌های استثنایی می‌باشند که می‌توانند باعث تولید و زادآوری با کیفیت‌تر بذور جهت ایجاد نونهال‌های برتر باشند. مصرف توأم و تیمار ترکیبی از باکتری‌های محرک رشد به دلیل

افزایش تنوع این ریزموجودات در خاک و توانایی هر گونـه یا جنس از باکتری در افزایش صـــفات کمی و کیفی مولفـه‌های بذر می‌تواند بهترین گزینه و راه حل بـه منظور تلقیح بـاکتری‌هـای محرک رشـــد با بذور گونـه‌هـای جنگلی جهـت افزایش و بهبود صـــفـات مورفولوژیکی جهت بهبود استقرار و در نهایت واکاری و بهبود شرایط جنگلی شود.

References

Ahemad, M., Khan, M.S. 2012a. Effect of fungicides on plant growth promoting activities of phosphate solubilizing *Pseudomonas putidaisolated* from mustard (*Brassica compestris*) rhizosphere.Chemosphere 86:945–950.

Asgharzadeh, A., Hamidi, A., Polo, R., Dehghan Shaar, M., Qalavand, A. and Malkuti, M. 2018. Investigating the effect of the application of plant growth-enhancing bacteria on the emergence and establishment of seedlings and the seed yield of late hybrids of corn in the field. Journal of Seedling and Seed Agriculture, Volume 25 (Number 2), Pages 183 to 206

Bahmani, R., Incomparable, M., Habibi, D. and Hasibi, A. 2013. Investigating the effect of growth-promoting bacteria on the hormone content of plant hormones in different genotypes of bean plants under cadmium stress. The 12th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, 14-16 Shahrivar, Islamic Azad University, Karaj branch.

Bahmani, M., Jalali, G.A., Asgharzadeh, A., and Tabari, M. 2015. Efficiency of Pseudomonus putida 169 on improvement few growth characters of Calotropis procera seedling under drought stress. Soil Biology, 2(3): 107-116.

Banchio, E., Bogino, P., Zygadlo J. and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Biochemical Systematics and Ecology 36:766–771.

Delgado-sanchez, P., Saucedo-Ruiz, M., Guzman-maldonado, S. H. and Villordo- pineda, E. 2006. An organogenic plant system for common bean. Plant Science, 170: 822-827.

Ehtashami, M.R., Pourabrahimi, M. and Khavazi, K. 2013. The effect of Pseudomonas fluorescens strain 103 along with phosphorus fertilizer on the concentration of nutrients and biological performance of two varieties of barley under greenhouse conditions. Journal of Science and Techniques of Cultivation of Greenhouse Crops, fourth year (number 16), pages 15-26

Glick, B. R. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentration by PGPR. Journal of Theorical and Biology, 190: 63-68.

Hamzi, S., A. Sorouszadeh, A. Asgharzadeh, and H. Naqdi Abadi 2018. The effect of growth-promoting bacteria on the germination and growth of saffron seedlings at different temperatures. Quarterly Journal of Medicinal Plants, 11(2):115-104

ISTA (International Seed Testing Association). 2011. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Karsa K.K. and Abebie B. 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. dasycarpa (Ten.). African Journal of Agricultural Research 7(21):3202-3208.

Kazaz S. Sabri Erbas S. and Baydar H. 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (*Rosa damascena* Mill.) by microbial inoculation. African Journal of Biotechnology Vol 9(39):6503-6508.

Kazaz, S., Erba, S., Baydar, H., 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (Rosa damascenaMill.) by microbial inoculation. Afr. J. Biotechnol. 9 (39):6503–6508.

Klopper, J. W. 2003. A review of mechanisms for plant gowth promoting by PGPR. Aurburn University, Auburn Alabama 36849USA.

Lenin G. and Jayanthi M. 2012. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on enhancement of growth, yield and nutrient content of *Catharanthus roseus*. International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology 2(4): 37-42.

Mayak S. Tirosh T. and Glick B.R. 2004. Plant growth promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomato and pepper. Plant Science 166: 525–530.

Mc Neill A. Richardson A. Barea j. and Combaret C. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogenin the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. Plant Soil 321:305–339..

Naderi M. R. 2013. Effect of rhizospheric bacteria promoting plant growth on plant remediation of lead by sunflower in a soil containing lead with a long history. Finalization of Master's thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

Pacome Noumavo A., K. Emeric, O. Yedeou Didagbe, A. Adolphe, Marcellin, S. Rachidatou, W. Emma Gachomo, O. Simeon Kotchoni, B. M. Lamine. 2013. Effect of Different Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Maize Seed Germination and Seedling Development. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 1013-1021.

Patel D. and Saraf M. 2013. Influence of soil ameliorants and microflora on induction of antioxidant enzymes and growth promotion of *Jatropha curcas* L. under saline condition. European Journal of Soil Biology 55:47-54.

Probanza a. Lucas Garc J.A. Palomino M. Ruiz. Ramos B. and Gutiérrez Mañero F.J. 2002. *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B .Licheniformis* CECT 5106 and *B.pumilus* CECT 5105). Applied Soil Ecology 20:75–84.

Rathnan, R.K., John, D., Balasaravanan, T., 2013. Isolation, screening, identifica-tion and optimized productionof extra cellular cellulose from Bacillus subtilisusing cellulosic waste as carbonsource. J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci,2 (6):2383–2386

Reddy, P. P. 2013.Recent Advances in crop protection. Springer, 259p.

Rekha,P.D,, Lai,W.A., Arun,A.B., Young,C.C.,2007. Effect of free and encapsulated Pseudomonas putidaCC-FR2-4 and Bacillus subtilisCC-pg104 on plant growth under gnotobiotic condition. Bio Resour Tech, 98:447–451.

Rudolph, N., N. Labuschagne and T. A. S. Aveling. 2015. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination and seedling growth of maize. Seed Science and Technology, 43:1-12.

Sabeti, H., (1976). Forests, Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Press, Yazd, 810p.

Shaukat, K., S. Affrasayab and S. Hasnain. 2006. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. Journal of Agriculture Research, 6:573-581.

Singh, S.K., Pancholy, A., Jindal, S.K., Pathak, R., 2011. Effect of plant growth promoting rhizobia on seed germination and seedling traits in Acacia senegal. Annals of Forest Research, 54 (2): 161–169.

Tawakal Afshari R, Abbasi Sorki A, Ghasemi A (translators). 2017. Seed technology and the basics of its biology. Tehran University Publications. 516 pages

Yonsei, A., K. Postini., M. R. Chai Chi and A. A. 2013. The application of growth-promoting bacteria on the characteristics of two types of alfalfa seeds under salt stress. Journal of Agronomy, 14(2): 83-79

Zanganeh, H. (1999). Report of existence Cerasus mahaleb (L.) Mill. in Kermanshah province forests. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 13p.