Iranian Journal of Seed Research

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (Online); 2383-1251 (Print)

Improvement of Salt Stress Tolerance in Seed Germination and Early Seedling Growth of *Calendula officinalis* through Seed Priming

Fatemeh Fath Fathabadi[1], **Marzieh Etehadpour**[2]✉, and **Mohadeseh Shamsaddin Saied**[3]

1. Former MSc. Student of Medicinal Plants, Department of Plant Production, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: fatemeh.fathabadi7731@gmail.com
2. Corresponding author, Assistant Professr, Department of Plant Production, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: etehadpour@uk.ac.ir
3. Assistant Professr, Department of Plant Production, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: mohadesehsaid2014@ uk.ac.ir

Article Info

Article type:

Short Research Article

Article history:

Received: 25 December 2025
Received: 11 March 2026
Accepted: 16 March 2026

Keywords:

Abiotic elicitors
GABA
Germination
Medicinal plants
Salicylic acid

ABSTRACT

Objective: This study was conducted to evaluate the effects of seed priming with abiotic stimulants, including salicylic acid, proline, γ-aminobutyric acid (GABA), and melatonin, on improving salt stress tolerance in *Calendula officinalis* L.

Methods: The experiment was carried out under controlled laboratory conditions using a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. Treatments consisted of four salinity levels (0, 3, 6, and 9 dS m^{-1}) and six seed priming treatments: non-primed control, hydropriming (distilled water), salicylic acid (1.5 mM), proline (100 mg L^{-1}), GABA (10 mM), and melatonin (100 µM). Seeds were primed for 24 h in darkness at 20°C prior to exposure to salinity stress. Parameters evaluated included germination percentage and rate, seedling vigor index, root and shoot length, and dry weight of roots and shoot.

Results: Increasing salinity levels significantly reduced all measured germination and growth traits. Germination percentage decreased by 6.7%, 18.9%, and 24.5% at 3, 6, and 9 dS m^{-1}, respectively, compared with the control. Seed priming significantly mitigated the adverse effects of salinity stress. Among the tested stimulants, hydropriming consistently improved germination percentage, germination rate, seedling vigor index, and biomass accumulation across all salinity levels, and maintained its positive effect even under severe salinity stress (9 dS m^{-1}). GABA and salicylic acid produced the greatest increases in shoot dry weight, while proline, melatonin, and GABA also enhanced early seedling growth. Under severe salinity, primed plants showed lower performance reduction with increasing salt level, indicating improved stress tolerance.

Conclusions: Overall, seed priming with appropriate abiotic stimulants represents an effective, economical, and environmentally friendly strategy for reducing salinity-induced damage and improving the establishment and productivity of medicinal plants in salt-affected environments. The positive effects of priming treatments were dependent on both the type of stimulant and the severity of salinity stress.

Cite this article: Fath Fathabadi, F., Etehadpour, M., & Shamsaddin Saied, M. (2026). Improvement of salt stress tolerance in seed germination and early seedling growth of *Calendula officinalis* through seed priming. *Iranian Journal of Seed Research*, *12* (2), 249-270. https://doi.org/10.66224/yujs.12.2.249

© The Author(s).

Publisher: Yasouj University.

DOI: 10.66224/yujs.12.2.249

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

Highlights:

- Proline and GABA mitigated salinity effects on marigold germination.
- Hydropriming consistently enhanced biomass under all salinity levels.
- Elicitor effectiveness depended on salinity severity and trait type.

Introduction

Soil salinity is a major constraint on crop production in arid and semi-arid regions, affecting more than 1.38 billion hectares globally (Sarrafi and Majar, 2024). It disrupts physiological and biochemical processes through osmotic stress, ion toxicity, nutritional imbalance, and oxidative damage, thereby impairing germination, growth, and photosynthesis, especially during early development (Munns & Tester, 2008).

Medicinal plants are particularly sensitive to stress, which reduces biomass and may alter bioactive compound synthesis. *C. officinalis* L. (Asteraceae) is widely used in pharmaceutical, cosmetic, and food industries due to its flavonoids, carotenoids, saponins, and other secondary metabolites (Preethi & Kuttan, 2009). In Iran, medicinal plants have considerable health, economic, and cultural value (Abbasi et al., 2025). However, marigold is moderately sensitive to salinity, especially during germination and early seedling growth, limiting its establishment in salt-affected soils (Bayat & Aminifard, 2021).

Seed priming is an effective, low-cost, and environmentally friendly technique to improve seed performance and stress tolerance. It involves controlled hydration that activates germination-related metabolism without radicle protrusion, resulting in faster, more uniform germination, improved seedling vigor, and enhanced stress tolerance (Paparella et al., 2015). Priming can also improve antioxidant activity, osmotic balance, and ion homeostasis under saline conditions (Badawy et al., 2021).

Among abiotic stimulants, salicylic acid (SA), proline, γ-aminobutyric acid (GABA), and melatonin are key regulators of plant stress physiology. SA regulates stress-responsive genes, enhances antioxidant enzymes, and maintains redox homeostasis, improving membrane stability and ion balance (Ignatenko et al., 2023). Proline acts as an osmoprotectant, stabilizing proteins and membranes, scavenging ROS, and supporting metabolic recovery (Ali et al., 2007; Szabados & Savouré, 2010). GABA regulates osmotic balance, pH, carbon–nitrogen metabolism, and ion homeostasis (Qian et al., 2024). Melatonin enhances antioxidant defense, preserves chlorophyll, and maintains membrane integrity (Arnao & Hernández-Ruiz, 2019; Zhan et al., 2019).

Previous studies on *C. officinalis* have shown that priming improves germination and growth under stress (Bayat & Aminifard, 2021; Helali Soltan Ahmadi et al., 2018). However, comparative assessments of different stimulants across salinity levels remain scarce.

Therefore, this study evaluated the effects of seed priming with hydropriming, SA, proline, GABA, and melatonin on germination and early seedling growth of *C. officinalis* under varying salinity. We hypothesized that priming would alleviate salinity effects, with efficacy

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

depending on stress level. These findings may help improve marigold establishment in salt-affected environments.

Method

Experimental design and plant material

This study was conducted during 2023–2024 under controlled laboratory and greenhouse conditions at the Faculty of Agriculture, Bardsir Research Station, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. The experiment used a factorial arrangement in a completely randomized design (CRD) with three replications. Factors included seed priming treatments and salinity stress levels.

Certified seeds of *C. officinalis* L. were used. Before the experiment, seeds were surface-sterilized with 5% sodium hypochlorite for 5 min, rinsed thoroughly with distilled water, and air-dried at room temperature.

Seed priming treatments

Six priming treatments were applied: (1) non-primed control, (2) hydropriming with distilled water, (3) salicylic acid (1.5 mM), (4) proline (100 mg L^{-1}), (5) γ-aminobutyric acid (GABA; 10 mM), and (6) melatonin (100 µM). Seeds were soaked in the respective solutions for 24 h in darkness at 20°C, then rinsed three times with distilled water (when applicable) and dried at room temperature to their original moisture content before sowing.

Salinity stress application

Salinity stress was imposed using NaCl solutions at four electrical conductivity levels: 0 (control), 3, 6, and 9 dS m^{-1}. Salinity levels were prepared by dissolving appropriate amounts of NaCl in distilled water. Treatments were applied at germination by adding equal volumes of the respective solutions to the germination media.

Germination and growth conditions

The experiment was conducted under controlled laboratory conditions. For each treatment, 20 seeds per replicate were placed in sterile Petri dishes lined with Whatman No. 1 filter paper. Filter papers were moistened with the corresponding salinity solutions and maintained at optimal moisture throughout the experiment. Petri dishes were incubated at 25/20 ± 1°C with a 12-h light/12-h dark photoperiod and 40% relative humidity.

Measured traits

Germination was recorded daily, and a seed was considered germinated when the radicle reached at least 2 mm. Germination parameters included germination percentage, germination rate, and seedling vigor index. Early seedling growth traits were measured at the end of the germination period, including radicle length, plumule length, dry weight of roots, and dry weight of shoot. Dry weights were determined after oven-drying at 70°C for 48 h until constant weight.

Data collection and statistical analysis

All data were collected directly from experimental observations; no secondary data sources were used. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS 9.1 statistical

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

software. Mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 5% probability level. Graphs were plotted using Excel software.

Results

Salinity stress significantly reduced germination performance and seedling growth. As salinity increased from 0 to 9 dS m^{-1}, germination percentage decreased progressively. Compared with the non-saline control, germination percentage was reduced by approximately 6.7%, 18.9%, and 24.5% at 3, 6, and 9 dS m^{-1}, respectively. Germination rate and seedling vigor index showed similar declining trends with increasing salinity.

Seed priming significantly improved germination and growth traits compared with the non-primed control across all salinity levels ($P < 0.05$). Hydropriming with distilled water consistently resulted in higher germination percentage, germination rate, seedling vigor index, and biomass accumulation under both saline and non-saline conditions. Notably, hydropriming maintained its positive effect even under severe salinity stress (9 dS m^{-1}).

Other priming agents, including salicylic acid, proline, melatonin, and GABA, also enhanced germination and early seedling growth relative to the non-primed control, although their effectiveness varied depending on the trait and salinity level. For instance, all priming treatments increased shoot dry weight; however, GABA and salicylic acid produced the greatest increases. In contrast, some priming agents showed reduced effectiveness or neutral responses for certain traits under higher salinity levels.

Overall, salinity stress adversely affects germination and early growth of *C. officinalis*, while seed priming—particularly hydropriming—significantly alleviates these negative effects. Detailed statistical outcomes for individual traits are presented in Tables and Figures.

Conclusions

Salinity stress is a major limitation to the establishment and productivity of medicinal plants in arid and semi-arid regions. This study clearly demonstrated that salinity severely impairs germination and early seedling growth of *C. officinalis*, highlighting the vulnerability of this economically and medicinally important species during early development. Beyond confirming these detrimental effects, the findings provide strong evidence that seed priming is an effective and practical approach for improving salt stress tolerance. The consistent improvement in germination indices and seedling growth of primed seeds indicates that pre-sowing physiological conditioning enhances seed resilience to osmotic and ionic stress, likely through improved early metabolic activation and seedling vigor.

Among the evaluated priming strategies, hydropriming emerged as the most robust and reliable method, maintaining its positive effects even under severe salinity stress. This has important practical implications, as hydropriming is simple, low-cost, and environmentally friendly, requiring no specialized inputs. Biochemical priming agents such as salicylic acid, proline, and GABA also showed potential to enhance specific growth traits, although their effectiveness depended on salinity intensity and the trait evaluated. Therefore, seed priming—particularly hydropriming—can be integrated into salinity management strategies to improve

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

the establishment and early growth of medicinal plants in salt-affected environments. Further research is needed to assess long-term effects on plant development, secondary metabolite production, and yield under field conditions, as well as the physiological and molecular mechanisms underlying the variable responses of different priming agents.

Acknowledgements

The authors would like to thank to the Agricultural Faculty of Bardsir - Shahid Bahonar University of Kerman for providing research facilities and technical assistance during the research work.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Ethical Considerations

This study did not involve human participants or animal subjects; therefore, ethical approval and informed consent were not required. The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

پژوهش‌های بذر ایران

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (Online); 2383-1251 (Print)

بهبود تحمل تنش شوری در جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) از طریق پرایمینگ بذر

فاطمه فتح‌آبادی[۱]، مرضیه اتحادپور[۲]✉ و محدثه شمس‌الدین سعید[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: fatemeh.fathabadi7731@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: etehadpour@uk.ac.ir

۳. استادیار گروه تولیدات گیاهی، مرکز آموزش عالی کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. رایانامه: mohadesehsaid2014@ uk.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کوتاه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:
اسید سالیسیلیک
جوانه‌زنی
گابا
گیاهان دارویی
محرک‌های غیرزیستی

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف ارزیابی اثر پرایمینگ بذر با محرک‌های غیرزیستی شامل اسید سالیسیلیک، پرولین، گابا (γ–آمینوبوتیریک اسید) و ملاتونین بر بهبود تحمل تنش شوری در گل همیشه بهار انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تحت شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و شش نوع پرایمینگ بذر (شاهد بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ با آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار، پرولین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، گابا ۱۰ میلی‌مولار و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار) بودند. بذرها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۰ درجه سلسیوس پرایم شدند و سپس تحت تنش شوری قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، و وزن خشک اندام هوایی و ریشه بودند.

یافته‌ها: افزایش سطح شوری موجب کاهش معنی‌دار تمام صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد، به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی در سطوح شوری ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۶/۷، ۱۸/۹ و ۲۴/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. پرایمینگ بذر به‌طور معنی‌داری اثرات منفی شوری را کاهش داد. در میان تیمارها، هیدروپرایمینگ به‌طور پیوسته درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه و تجمع زیست‌توده را در همه سطوح شوری بهبود بخشید و حتی در شوری شدید (۹ دسی‌زیمنس بر متر) نیز اثر مثبت خود را حفظ کرد. گابا و اسید سالیسیلیک بیشترین افزایش وزن خشک اندام هوایی را ایجاد کردند، در حالی که پرولین، ملاتونین و گابا نیز رشد اولیه گیاهچه را بهبود بخشیدند. در شرایط شوری شدید، گیاهان پرایم‌شده کاهش عملکرد کمتری با افزایش سطح نمک نشان دادند که بیانگر بهبود تحمل به تنش است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، پرایمینگ بذر با محرک‌های غیرزیستی مناسب، راهکاری مؤثر، اقتصادی و سازگار با محیط‌زیست برای کاهش خسارات ناشی از شوری و بهبود استقرار و بهره‌وری گیاهان دارویی در محیط‌های شور است. اثر مثبت تیمارهای پرایمینگ به نوع محرک و شدت تنش شوری وابسته بود.

جنبه‌های نوآوری:

- پرولین و گابا اثرات بازدارنده شوری بر جوانه‌زنی همیشه بهار را کاهش دادند.
- هیدروپرایمینگ تجمع زیست‌توده را در همه سطوح شوری بهبود بخشید.
- اثربخشی محرک‌ها به شدت شوری و نوع صفت وابسته بود.

استناد: فتح‌آبادی، فاطمه؛ اتحادپور، مرضیه؛ و شمس‌الدین سعید، محدثه (۱۴۰۴). بهبود تحمل تنش شوری در جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه گل همیشه بهار (*Calendula officinalis*) از طریق پرایمینگ بذر. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۲(۲)، ۲۷۰-۲۴۹.
https://doi.org/10.66224/yujs.12.2.249

ناشر: دانشگاه یاسوج.

© نویسندگان.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

مقدمه

شوری خاک یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود و در حال حاضر بیش از ۱/۳۸ میلیارد هکتار از اراضی جهان را تحت تأثیر قرار داده است (صرارفی و ماجار[1]، ۲۰۲۴). این تنش با ایجاد فشار اسمزی، سمیت یونی و اختلالات تغذیه‌ای، فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه را مختل می‌کند. در مرحله جوانه‌زنی، تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محیط و ممانعت از جذب آب توسط بذر، موجب افت شدید درصد و سرعت جوانه‌زنی، تأخیر در خروج ریشه‌چه و کاهش بنیه گیاهچه می‌شود. از دیگر پیامدهای مهم تنش شوری می‌توان به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، کاهش فعالیت سامانه پاد اکساینده، افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت آسیب به غشای سلولی اشاره کرد (لیو[2] و همکاران، ۲۰۲۴). گیاهان دارویی نیز به‌شدت تحت‌تأثیر این تنش قرار می‌گیرند و تغییرات قابل‌توجهی در رشد اولیه و استقرار آن‌ها مشاهده می‌شود (لمساعدی[3] و همکاران، ۲۰۲۴).

گل همیشه بهار[4] از گیاهان دارویی مهم خانواده *Asteraceae* است که کاربردهای گسترده‌ای در صنایع دارویی، آرایشی–بهداشتی و غذایی دارد. وجود ترکیبات فعالی نظیر فلاونوئیدها، ساپونین‌ها و کاروتنوئیدها سبب اهمیت بالای این گیاه شده است (پریتی و کوتان[5]، ۲۰۰۹). با این حال، حساسیت بالای بذر این گونه به تنش شوری، به‌ویژه در مراحل جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاهچه، لزوم استفاده از روش‌های مدیریتی و حمایتی برای افزایش تحمل آن را برجسته می‌کند (علام[6] و همکاران، ۲۰۲۵).

پرایمینگ بذر یکی از روش‌های کم‌هزینه و کارآمد برای بهبود جوانه‌زنی و افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی است. این روش با سازوکارهای دقیقی از جمله فعال‌سازی فرآیندهای متابولیکی پیش از خروج ریشه‌چه، تنظیم اسمزی، تقویت سامانه دفاعی پاداکسیدانی و تنظیم هورمونی، موجب افزایش بنیه گیاهچه و یکنواختی رشد می‌شود (پاپارلا[7] و همکاران، ۲۰۱۵ ؛ بداوی[8] و همکاران، ۲۰۲۱).

در میان مواد محرک، ترکیباتی مانند اسید سالیسیلیک، ملاتونین، گابا و پرولین در افزایش تحمل گیاهان به شوری عملکرد مؤثری دارند. اسید سالیسیلیک با کاهش تنش اکسیداتیو و تقویت سامانه دفاعی، موجب بهبود رشد گیاهچه در شرایط شور می‌شود (ایگناتنکو[9] و همکاران، ۲۰۲۳). ملاتونین نیز از طریق افزایش ظرفیت پاد اکساینده و تنظیم هموستازی یونی به کاهش اثرات شوری کمک می‌کند (ژان[10] و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین، گابا به‌عنوان ترکیبی مؤثر در تنظیم اسمزی و کاهش سمیت یونی شناخته شده است (کیان[11] و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، پرولین با نقش حفاظتی ویژه خود در تثبیت غشا و حفظ تعادل اسمزی، از مهم‌ترین اسمولیت‌های مؤثر در تقابل با شرایط شوری به شمار می‌رود (علی[12] و همکاران، ۲۰۰۷).

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که پرایمینگ می‌تواند شاخص‌های رشدی گل همیشه بهار را بهبود بخشد. برای مثال، هلالی سلطان احمدی[13] و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کاربرد پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک در مقایسه با گیاهان شاهد، موجب بهبود چشمگیر رشد و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو در گل همیشه بهار تحت تنش خشکی شد. همچنین، باقری[14] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی بر روی بذر گل همیشه بهار نشان دادند که پرایمینگ بذر می‌تواند اثرات منفی شوری را کاهش داده و موجب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه گردد. این نتایج نشان‌دهنده نقش مؤثر پرایمینگ در افزایش تحمل گل همیشه بهار به تنش شوری است. با وجود این شواهد، ضرورت انجام پژوهش حاضر با تمرکز بر بذر گل همیشه بهار از آنجا ناشی می‌شود که استقرار

[1] Srarfi & Majar
[2] Liu
[3] Lamsaadi
[4] *Calendula officinalis* L.
[5] Preethi & Kuttan
[6] Allam
[7] Paparella
[8] Badawy
[9] Ignatenko
[10] Zhan
[11] Qian
[12] Ali
[13] Helali Soltan Ahmadi
[14] Bagheri

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

موفق این گیاه در مناطق شور وابستگی شدیدی به مرحله جوانه‌زنی دارد. بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از مطالعات پیشین بر تنش خشکی متمرکز بوده است. بنابراین، یک شکاف تحقیقاتی واضح در این زمینه وجود دارد، به‌طوری‌که تاکنون مطالعه مقایسه‌ای جامعی روی اثر این پنج محرک مختلف (آب مقطر، پرولین، اسید سالیسیلیک، گابا و ملاتونین) بر شاخص‌های جوانه‌زنی این گیاه در شرایط شوری انجام نشده است.

بنابراین، هدف پژوهش حاضر ارزیابی و مقایسه اثر پرایمینگ بذر با محرک‌های مختلف (هیدروپرایمینگ، پرولین، اسید سالیسیلیک، گابا و ملاتونین) بر شاخص‌های جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و صفات رشدی اولیه گل همیشه بهار تحت سطوح مختلف تنش شوری است تا مؤثرترین ترکیب برای غلبه بر اثرات بازدارنده شوری معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

طرح پژوهش: این پژوهش طی سال‌های ۱۴۰۲–۱۴۰۳ در آزمایشگاه فیزیولوژی بذر دانشکده کشاورزی پردیس بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. بذر گل همیشه بهار مورد استفاده در این آزمایش از شرکت پاکان بذر (اصفهان، ایران) تهیه گردید. پیش از آغاز مراحل کشت، تمامی پتری‌ها و شیشه‌آلات مورد استفاده در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۰ دقیقه سترون شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو عامل و در سه تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل موارد زیر بودند:

۱) تیمار پرایمینگ بذر در ۶ سطح: شامل تیمار شاهد (بدون پرایمینگ)، هیدروپرایمینگ (آب مقطر)، اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی‌مولار)، ملاتونین (۱۰۰ میکرو مولار)، پرولین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و گابا (۱۰ میلی مولار).

۲) تنش شوری در چهار سطح بدون تنش، شوری کم، متوسط و شدید (شامل صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) با استفاده از کلرید سدیم با درجه خلوص آزمایشگاهی اعمال شد. سطوح شوری بر اساس رابطه بین هدایت الکتریکی و غلظت مواد جامد محلول محاسبه گردید (رابطه ۱). محلول‌های شوری در ابتدای آزمایش برای مرطوب کردن کاغذ صافی داخل پتری‌ها استفاده شدند و به منظور جلوگیری از تبخیر و تغییر غلظت، پتری‌ها در طول دوره آزمایش بسته نگهداری شدند، بنابراین محلول‌های شوری در طول دوره آزمایش تجدید نگردیدند.

$$TDS(mgL^{-1}) = EC(dSm^{-1}) \times 640$$ رابطه ۱)

نحوه کشت و اعمال تیمارها:

در هر واحد آزمایشی (پتری‌های استاندارد ۹ سانتی‌متری)، تعداد ۲۰ بذر قرار داده شد. بذرها پس از اعمال تیمارهای پرایمینگ و افزودن محلول‌های شوری، جهت طی کردن دوره رشد به دستگاه ژرمیناتور منتقل شدند.

ضدعفونی و پرایمینگ بذر: بذرها ابتدا به‌مدت ۵ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی و سپس چندین بار با آب مقطر شست‌وشو داده شدند. تیمارهای پرایمینگ با خیساندن بذرها در محلول‌های مربوطه به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد. پس از پایان پرایمینگ، بذرها سه بار با آب مقطر شست‌وشو داده شده و در شرایط دمای اتاق تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک شدند.

اعمال تنش شوری: محلول‌های شوری با حل کردن کلرید سدیم در آب مقطر تهیه شدند. برای هر پتری، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول شوری مربوط به تیمار افزوده شد. در تیمار شاهد (شوری صفر)، تنها از آب مقطر استفاده گردید.

شرایط جوانه‌زنی: بذرها به‌مدت ۱۵ روز در ژرمیناتور تحت شرایط کنترل‌شده شامل دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز، ۲۰ درجه سلسیوس در شب و رطوبت نسبی ۴۰ درصد قرار گرفتند. این شرایط مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد جوانه‌زنی اعمال شد (دولت ایالت کوئینزلند[1]، ۲۰۱۸).

اندازه‌گیری صفات

درصد جوانه‌زنی: از تقسیم تعداد کل بذرهای جوانه‌زده بر تعداد کل بذرها و ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد.

[1] Queensland Government

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

سرعت جوانه‌زنی: بر اساس رابطه ارائه‌شده توسط علیزاده و عیسوند[1] (۲۰۰۱) محاسبه گردید:

رابطه ۲) $R_s=(N_i/D_i)\times n$

که در آن N_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش، D_i تعداد روز پس از کشت و n تعداد دفعات شمارش است.

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه: طول ساقه‌چه از محل گردن ریشه تا رأس ساقه و طول ریشه‌چه از گردن ریشه‌چه تا انتهای ریشه‌چه با خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. هر اندازه‌گیری دو بار انجام و میانگین آن‌ها ثبت گردید. طول ساقه‌چه از محل یقه (گردن ریشه) تا انتهای ساقه‌چه، و طول ریشه‌چه از محل یقه تا نوک ریشه‌چه با خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شد. هر اندازه‌گیری دو بار انجام و میانگین آن‌ها ثبت گردید.

شاخص بنیه گیاهچه: از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی در مجموع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌دست آمد (عیسوند و علیزاده[2]، ۲۰۰۳).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه: برای تعیین وزن‌خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. پس از سرد شدن در دسیکاتور، وزن خشک با ترازوی دیجیتال دقیق ثبت گردید.

تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد تجزیه واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی: با افزایش شدت شوری از صفر به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۶/۷، ۱۸/۹ و ۲۴/۵ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

واکنش جوانه‌زنی بذر گیاه همیشه بهار به انواع پرایمینگ متفاوت بود. پرایمینگ بذر با آب مقطر، سالیسیلیک اسید، ملاتونین، پرولین و گابا به‌ترتیب باعث افزایش ۲۲/۱، ۱۹/۰، ۱۸/۵، ۱۶/۷ و ۱۶/۷ درصدی جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پرایمینگ شد، اما بین تیمارهای مختلف پرایمینگ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲).

سرعت جوانه‌زنی: نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری از صفر به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب سرعت جوانه‌زنی ۸/۸، ۲۸/۵ و ۳۵/۳ درصد کاهش یافت (شکل ۳).

واکنش سرعت جوانه‌زنی بذر گل همیشه بهار به پرایمینگ مختلف، متفاوت بود. استفاده از پرایمینگ بذر با محلول‌های مختلف آب مقطر، سالیسیلیک اسید، ملاتونین، پرولین و گابا به‌ترتیب باعث افزایش ۵۷/۰، ۵۲/۷، ۴۷/۸، ۴۴/۱ و ۴۳/۰ درصدی سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پرایمینگ شد، اما بین تیمارهای مختلف مورد استفاده در پرایمینگ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴).

طول ساقه‌چه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل تنش شوری و پرایمینگ بذر قرار گرفت.

نتایج نشان داد در شرایط عدم تنش شوری، پرایمینگ بذر با آب مقطر، اسید سالیسیلیک، پرولین، گابا و ملاتونین به ترتیب باعث افزایش ۱۶/۷، ۱/۴، ۲/۴، ۳۱/۰ و ۰/۵ درصد طول ساقه‌چه شد (شکل ۵). همچنین در شرایط تنش شوری شدید و متوسط نیز اثر مثبت پرایمینگ بر طول ساقه‌چه مشاهده شد. به‌گونه‌ای که درشرایط تنش متوسط پرایمینگ با آب مقطر و سالیسیلیک اسید باعث افزایش ۱۵/۴ و ۹/۵ درصدی و پرایمینگ با آب مقطر، سالیسیلیک اسید، پرولین، گابا و ملاتونین باعث افزایش ۹۴/۴، ۴/۳، ۱۵/۴، ۰/۵ و ۸/۰ درصدی طول ساقه‌چه شد (شکل ۵).

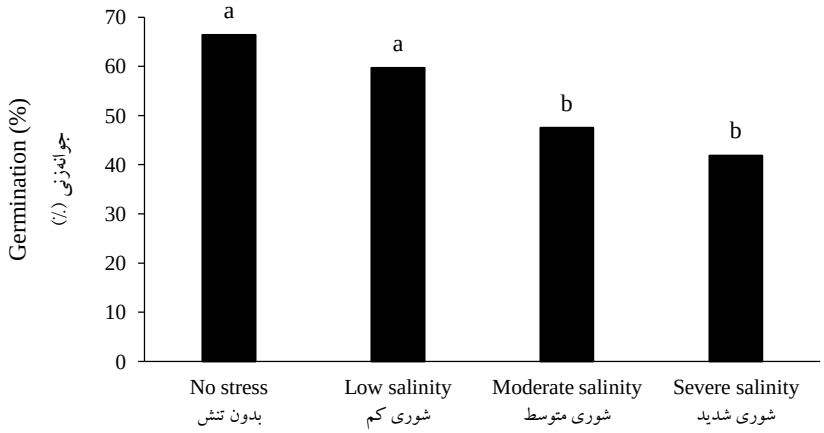
در سطح شوری صفر دسی زیمنس بر متر همه مواد به‌ویژه گابا باعث افزایش طول ساقه‌چه شدند. دلیل این امر این است که در شرایط بدون شوری (صفر dS/m)، گیاهان در وضعیت طبیعی و بدون تنش قرار دارند، بنابراین رشد بهینه است. همه تیمارها، به‌ویژه آب مقطر، موجب افزایش طول ساقه شد، زیرا در غیاب تنش شوری، محدودیت اسمزی و سمیت یونی وجود نداشته و جذب

[1] Alizadeh & Isvand
[2] Isvand & Alizadeh

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

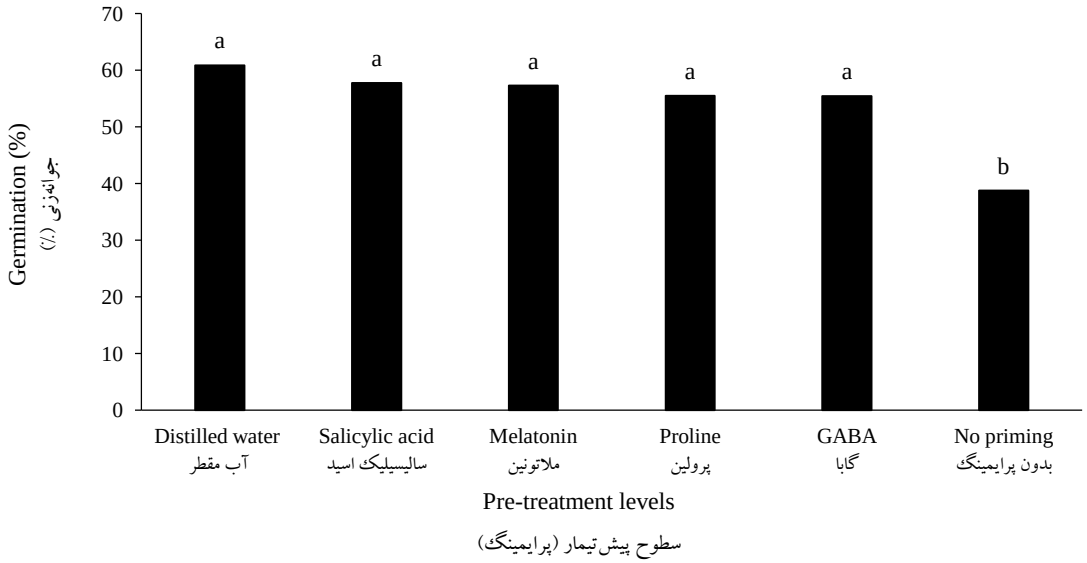
آب، تقسیم و طویل شدن سلولی به‌طور طبیعی انجام می‌شود؛ در نتیجه شرایط فیزیولوژیکی مناسبی برای رشد گیاهچه فراهم می‌گردد (ژائو[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

در شوری ۳ دسی زیمنس بر متر (شوری کم)، آب مقطر، سالیسیلیک اسید و گابا موجب افزایش طول ساقه شدند، اما پرولین و ملاتونین کاهش طول را نشان دادند (شکل ۵). با افزایش شوری به سطح ۳، گیاهان با تنش خفیف مواجه می‌شوند که می‌تواند فرآیندهای فیزیولوژیکی را مختل کند. در این شرایط، ترکیباتی مانند سالیسیلیک اسید و گابا، با تحریک مسیرهای پاد اکساینده و کمک به تعادل اسمزی، موجب بهبود رشد شدند، در حالی که پرولین و ملاتونین ممکن است به‌دلیل دوز یا زمان مصرف نامناسب، یا اختلال در تعادل تنظیم‌کننده‌ها، اثر منفی بر رشد داشته باشند.



شکل ۱. اثر سطوح مختلف تنش شوری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر درصد جوانه‌زنی گل همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 1. Effect of different levels of salinity stress (0, 3, 6, and 9 dS/m) on the germination percentage of marigold. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.



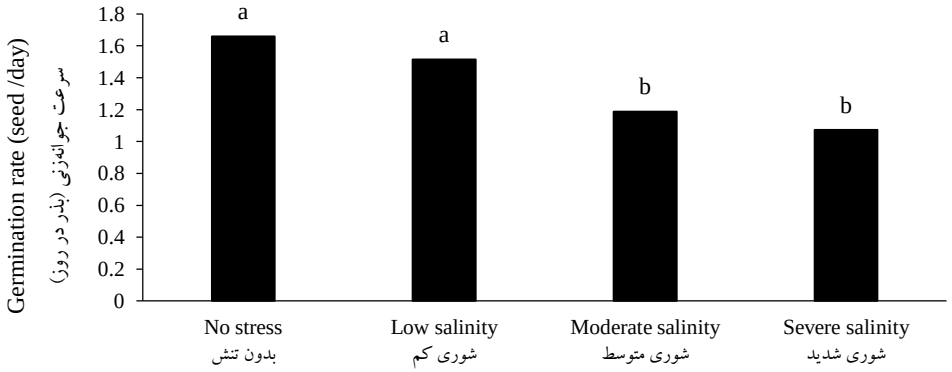
شکل ۲. اثر پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی بذر همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 2. Effect of priming on the germination percentage of marigold seeds. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

[1] Zhao

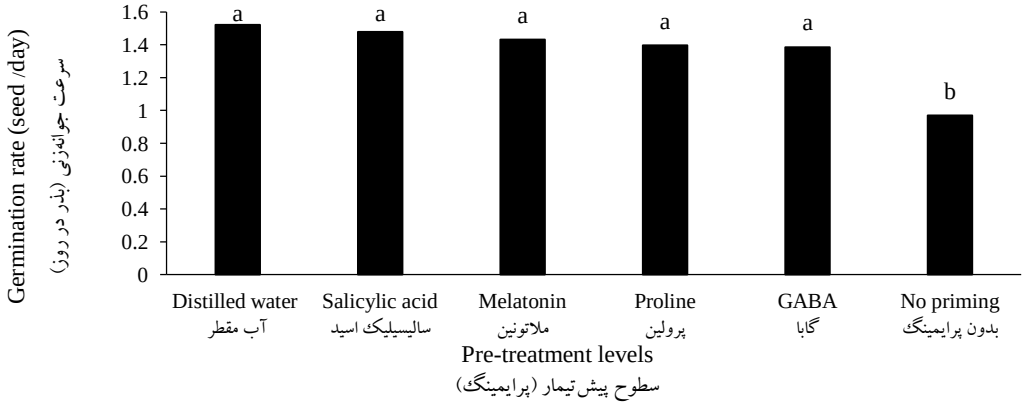
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]



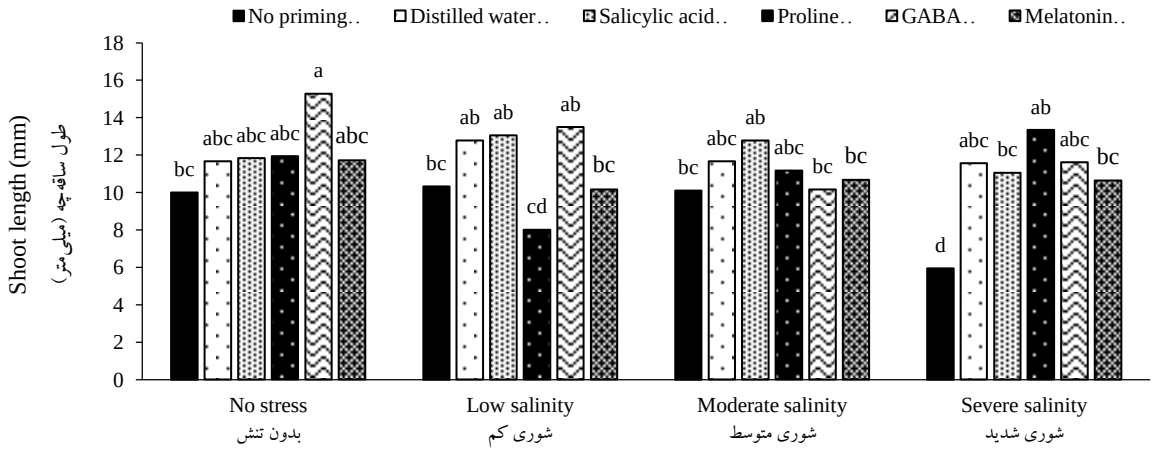
شکل ۳. اثر سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر سرعت جوانه‌زنی گل همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 3. Effect of different levels of salinity stress (0, 3, 6, and 9 dS/m) on the germination rate of marigold. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level



شکل ۴. اثر پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی بذر همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 4. Effect of priming on the germination rate of marigold seeds. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.



شکل ۵. اثر محرک‌های غیرزیستی بر صفت طول ساقه‌چه گل همیشه بهار تحت تنش شوری. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

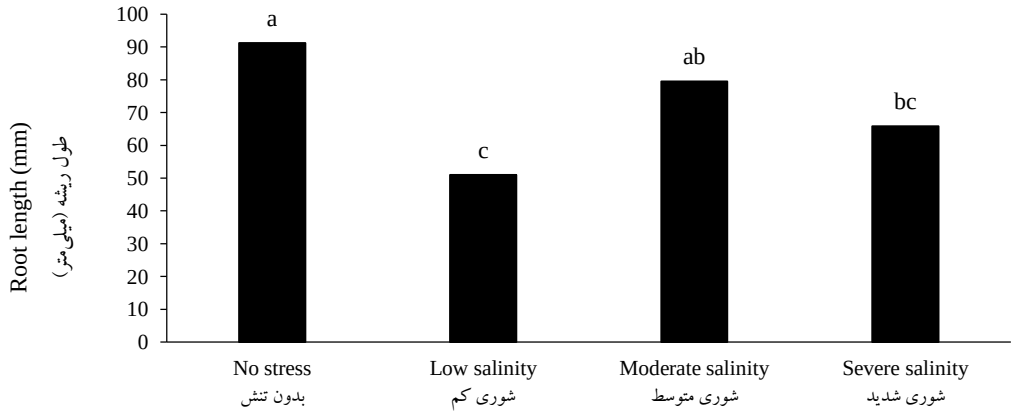
Figure 5. Effect of abiotic stimuli on the trait of marigold shoot length under salt stress. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

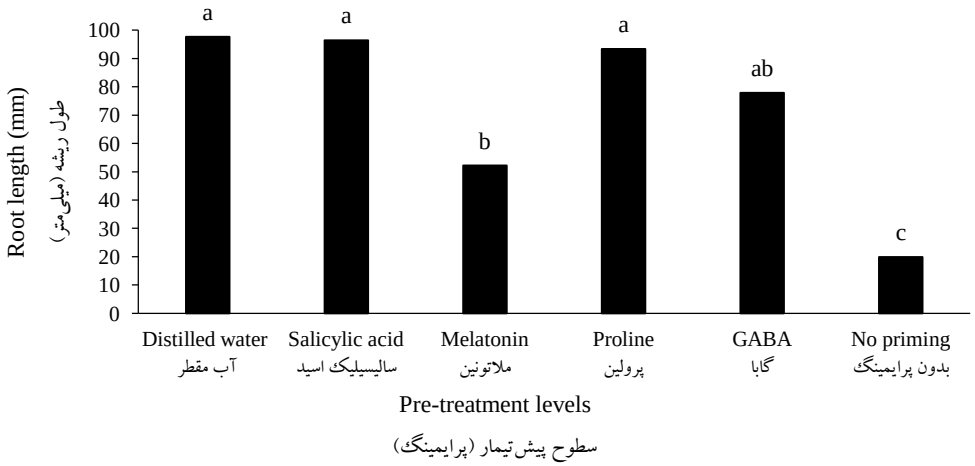
در شوری ۶، افزایش جزئی با آب مقطر، سالیسیلیک اسید و پرولین مشاهده شد، در حالی که گابا اثر کاهشی داشتند (شکل ۵). در شوری متوسط (۶ دسی‌زیمنس بر متر)، فشار اسمزی و سمیت یونی افزایش می‌یابد و تنها ترکیباتی که توانایی تقویت تحمل گیاه در برابر این تنش را دارند، مانند سالیسیلیک اسید و پرولین، می‌توانند تا حدودی از کاهش رشد جلوگیری کنند، ولی تأثیرشان نسبت به سطوح پایین‌تر کمتر است.

در نهایت، در شوری ۹، پرولین بیشترین افزایش طول ساقه (٪ ۹۴/۴) را ایجاد کرد، اما تأثیر گابا و آب مقطر محدودتر بود (شکل ۵). در شوری شدید، گیاه با فشارهای شدید اسمزی و سمیت شدید یون‌هایی مانند سدیم و کلر مواجه است که رشد را به شدت محدود می‌کند. در این سطح، تنها آب مقطر که ممکن است با رقیق‌سازی یون‌ها یا کاهش موقتی غلظت نمک‌ها اثر مثبتی داشته باشد، موجب افزایش رشد شده و اثر اسید سالیسیلیک و ملاتونین کاهش یافته باشد زیرا ظرفیت آن‌ها برای مقابله با تنش شدید محدود است.



شکل ۶. اثر سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹دسی‌زیمنس بر متر) بر طول ریشه‌چه گل همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 7. Effect of different levels of salinity stress (0, 3, 6, and 9dS/m) on the root length of marigold. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.



شکل ۷. اثر پرایمینگ بر طول ریشه‌چه بذر همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 7. Effect of priming on radicle length of marigold seeds. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

این نتایج نشان می‌دهند که اثر مواد زیستی به‌شدت وابسته به سطح تنش شوری، ویژگی‌های فیزیولوژیکی ماده، و پاسخ گیاه به آن‌ها است. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر متفاوت مواد در شرایط شوری مختلف بر رشد طول ساقه است (هوانگ و جین[1]، ۲۰۲۴).

طول ریشه‌چه: طول ریشه‌چه گل همیشه بهار تحت تاثیر اثرات ساده شوری و پرایمینگ قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری از صفر به ۶، ۹ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب طول ریشه‌چه ۱۲/۹، ۲۷/۹ و ۴۴/۱ درصد کاهش یافت (شکل ۶).

واکنش بذر گل همیشه بهار به پرایمینگ مختلف، متفاوت بود. استفاده از پرایمینگ بذر با محلول‌های مختلف آب مقطر، سالیسیلیک اسید، پرولین، گابا و ملاتونین به‌ترتیب باعث افزایش ۴/۹۱، ۴/۸۵، ۴/۷۰، ۳/۹۲ و ۲/۶۳ برابری طول ریشه‌چه نسبت به تیمار عدم پرایمینگ شد، اما بین تیمارهای آب مقطر، اسید سالیسیلیک و پرولین مورد استفاده در پرایمینگ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. استفاده از تیمارهای گابا و ملاتونین در پرایمینگ به‌ترتیب باعث کاهش ۲۰/۳ و ۴۶/۶ درصدی طول ریشه‌چه نسبت به تیمار آب مقطر شد (شکل ۷).

شاخص بنیه گیاهچه: شاخص بنیه گیاهچه گل همیشه بهار تحت تاثیر اثرات ساده شوری و پرایمینگ قرار گرفت. در تیمار شاهد شاخص بنیه گیاهچه به ترتیب ۱/۵۸، ۱/۶۴ و ۱/۸۰ برابر تیمارهای تنش شوری ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۸).

واکنش بذر گل همیشه بهار به پرایمینگ مختلف، متفاوت بود. استفاده از پرایمینگ بذر با محلول‌های مختلف آب مقطر، سالیسیلیک اسید، پرولین، گابا و ملاتونین به‌ترتیب باعث افزایش ۴/۷۳، ۴/۶۷، ۴/۳۰، ۳/۷۳ و ۲/۹۲ برابری شاخص بنیه جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پرایمینگ شد. (شکل ۹).

وزن خشک اندام هوایی: نتایج نشان داد با افزایش تنش شوری از صفر به ۳ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک اندام هوایی، ۴/۳ درصد کاهش یافت اما با افزایش تنش شوری از صفر به ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب وزن خشک اندام هوایی ۱۷/۹ و ۳۰/۲ درصد افزایش یافت (شکل ۱۰).

واکنش بذر گل همیشه بهار به پرایمینگ مختلف، متفاوت بود. استفاده از پرایمینگ بذر با محلول‌های مختلف گابا، سالیسیلیک اسید، آب مقطر، پرولین و ملاتونین به‌ترتیب باعث افزایش ۲۸/۸، ۲۲/۷، ۱۹/۱، ۱۷/۵ و ۱۱/۵ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار عدم پرایمینگ شد. استفاده از تیمارهای گابا و سالیسیلیک اسید در پرایمینگ به‌ترتیب باعث افزایش ۸/۱ و ۳/۰ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار آب مقطر شد اما استفاده از پرولین و ملاتونین به‌ترتیب باعث کاهش ۱/۴ و ۶/۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار آب مقطر شد (شکل ۱۱).

وزن خشک ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن ریشه تحت تاثیر اثر متقابل تنش شوری و پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار قرار گرفت.

در شرایط عدم تنش شوری، تأثیر مواد مختلف بر وزن خشک ریشه به‌ترتیب شامل افزایش ۳/۴ برابری با آب مقطر نسبت به شاهد، ۳/۶ برابری با اسید سالیسیلیک، ۳/۸ برابری با پرولین، ۳/۲ برابری با گابا و کاهش ۳ برابری با ملاتونین نسبت به آب مقطر بود (شکل ۱۲).

در شرایط تنش شوری کم، اسید سالیسیلیک موجب افزایش ۲۴/۵ درصدی، پرولین کاهش ۳۲/۷ درصدی، گابا افزایش ۳۰/۶ درصدی و ملاتونین کاهش ۱۴/۳ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به تیمار با آب مقطر می‌شود (شکل ۱۲).

در شرایط تنش شوری متوسط، اثرات مواد مختلف بر وزن خشک ریشه به‌ترتیب شامل افزایش ۹/۵۰ برابری وزن خشک ریشه با آب مقطر نسبت به شاهد، کاهش ۲۱/۶ درصدی با سالیسیلیک اسید، افزایش ۰/۶ درصدی با پرولین، کاهش ۷۵/۴ درصدی با گابا و کاهش ۵۶/۱ درصدی با ملاتونین نسبت به آب مقطر است (شکل ۱۲).

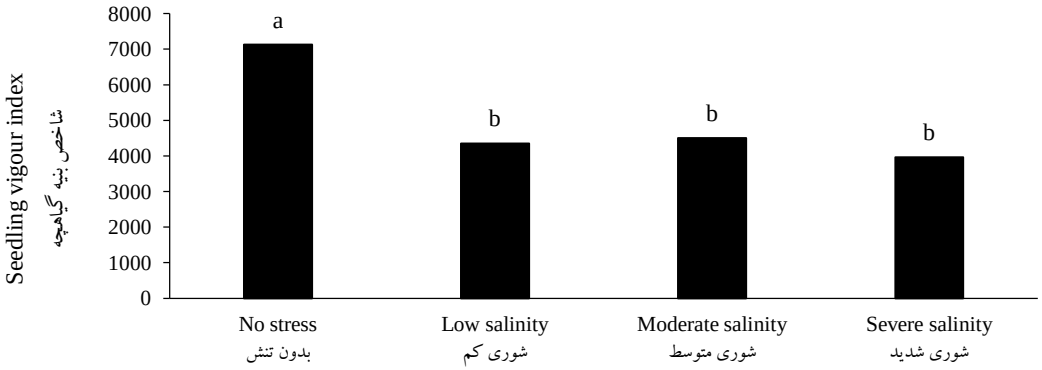
در شرایط تنش شوری شدید نیز آب مقطر موجب افزایش ۷/۳۷ برابری وزن خشک ریشه نسبت به شاهد و پرولین افزایش ۴/۳ درصدی، گابا کاهش ۱۸/۶ درصدی و ملاتونین کاهش ۱۵/۳ درصدی وزن خشک ریشه نسبت

[1] Huang & Jin

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

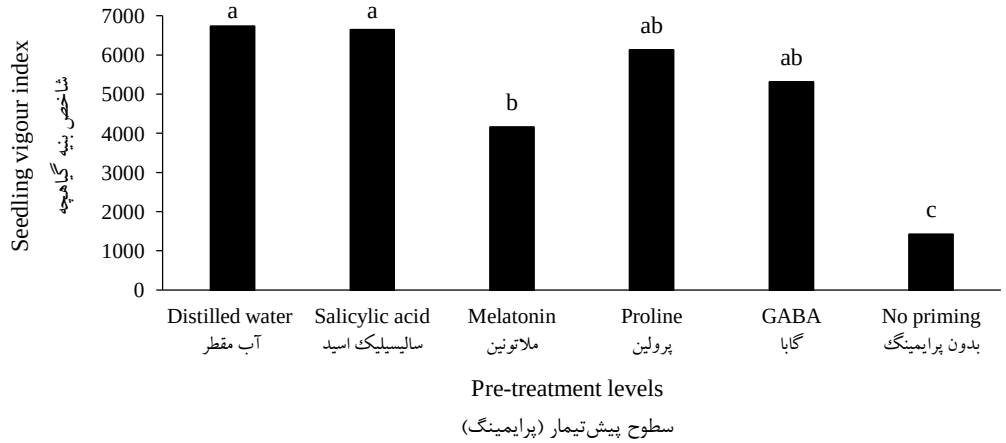
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

به آب مقطر می‌شود، درحالی‌که سالیسیلیک اسید تأثیری نسبت به تیمار با آب مقطر ندارد (شکل ۱۲).



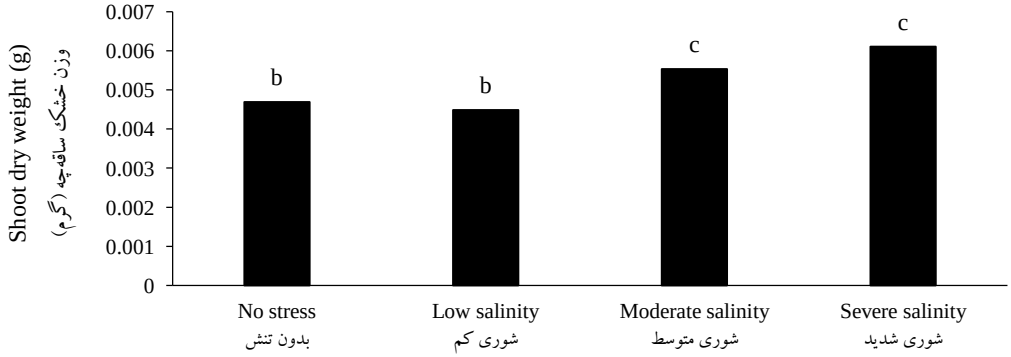
شکل ۸. اثر سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر شاخص بنیه گیاهچه گل همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 8. Effect of different levels of salinity stress (0, 3, 6, and 9 dS/m) on the seedling vigor index of marigold. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.



شکل ۹. اثر پرایمینگ بر شاخص بنیه گیاهچه همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 9. Effect of priming on the seedling vigor index of marigold seeds. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

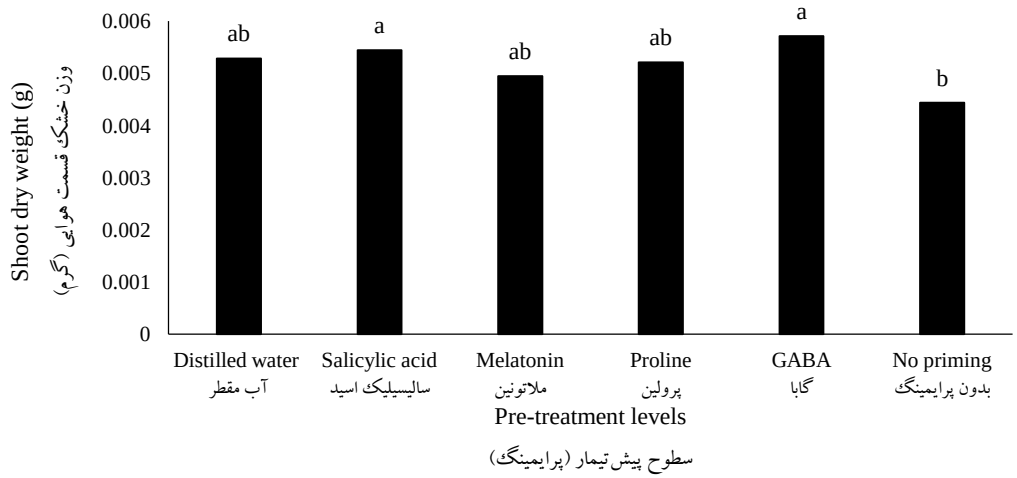


شکل ۱۰. اثر تنش شوری بر وزن خشک اندام هوایی همیشه بهار (صفر، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر). حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 10. Effect of salinity stress on the dry weight of shoot of marigold (0, 3, 6, and 9 dS/m). Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

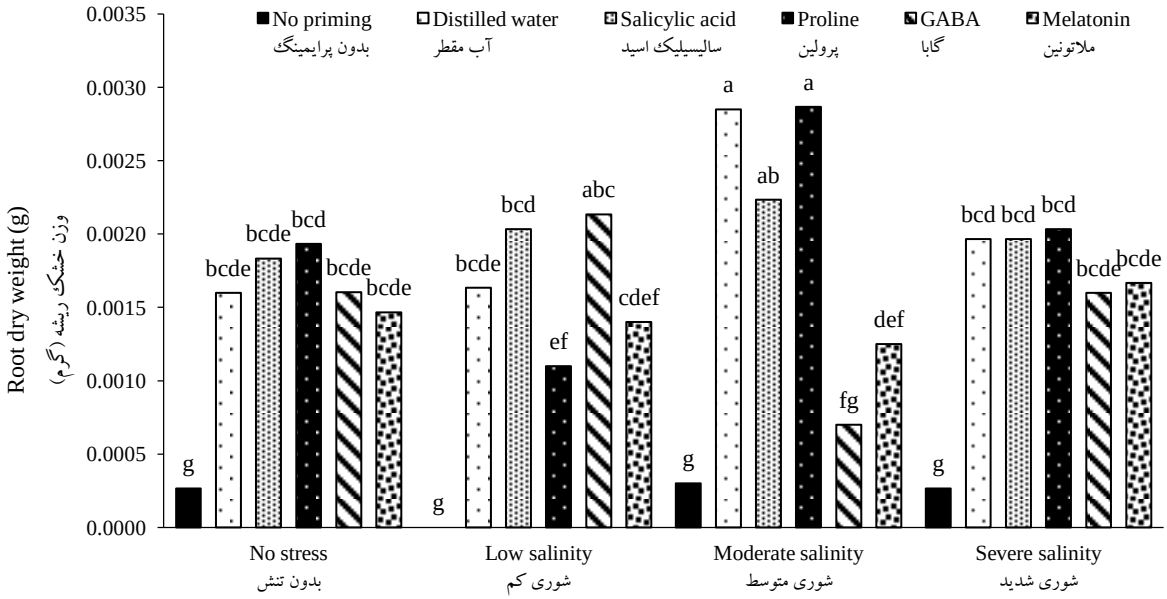
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]



شکل ۱۱. اثر پرایمینگ بر وزن خشک اندام هوایی بذر همیشه بهار. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 11. Effect of priming on the dry weight of shoot of marigold seeds. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.



شکل ۱۲. اثر محرک‌های غیرزیستی بر صفت وزن خشک ریشه گل همیشه بهار تحت تنش شوری. حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد بود.

Figure 12. Effect of abiotic stimuli on the dry weight trait of marigold roots under salt stress. Means with similar letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% level.

نتایج پژوهش حاضر در خصوص کاهش صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه گل همیشه بهار تحت تنش شوری، با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد. جعفری[1] (۲۰۱۴) در بررسی اثر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی گل همیشه بهار گزارش کرد که افزایش غلظت کلرید سدیم به‌طور معنی‌داری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه و طول کل گیاه شد. این کاهش به‌ویژه در سطوح بالاتر شوری شدیدتر بود که نشان‌دهنده حساسیت مراحل اولیه رشد این گیاه به تنش شوری است.

[1] Jafari

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

تبیین این نتایج را می‌توان در القای تنش اکسیداتیو ناشی از شوری دانست، به‌گونه‌ای که افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) سبب آسیب به غشاهای سلولی و اختلال در فرایندهای حیاتی می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۲۴). در چنین شرایطی، بقای گیاه و تداوم جوانه‌زنی به کارایی سامانه دفاع پاد اکساینده بستگی دارد. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) به عنوان اولین سد دفاعی، وظیفه تبدیل رادیکال‌های سوپراکسید به پروکسید هیدروژن (H_2O_2) را بر عهده دارد. در ادامه، آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POD)با تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن، از تجمع این ماده سمی و بروز آسیب‌های ثانویه در سلول جلوگیری می‌کنند. کاهش مشاهده‌شده در صفات رشدی در سطوح بالای شوری احتمالاً ناشی از غلبه سرعت تولید ROS بر ظرفیت مهار این آنزیم‌هاست که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش پایداری غشاهای سلولی می‌گردد. این سازوکارها کاهش مشاهده شده در صفات رشدی را به‌خوبی توجیه می‌کنند و با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارند (حسن‌الزمان[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

آقاسی یزدی[2] و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت کلرید سدیم، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه و همچنین وزن تر و خشک دانه‌رست‌های گل همیشه بهار به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آن‌ها بیان کردند که شوری از طریق اختلال در متابولیسم سلولی، به‌ویژه در مسیرهای تنفسی و تولید انرژی، توان رشد گیاه را محدود می‌کند. از آنجا که گیاه در شرایط شوری برای حفظ تعادل اسمزی و یونی به انرژی بیشتری نیاز دارد، کاهش کارایی متابولیکی منجر به افت رشد و توسعه می‌شود. افزون بر این، کاهش جذب عناصر غذایی ضروری مانند پتاسیم و کلسیم در شرایط شور، موجب اختلال در تقسیم سلولی و رشد اندام‌های رویشی، به‌ویژه ریشه و ساقه‌چه، می‌گردد که این مسئله کاهش وزن تر و خشک گیاه را به دنبال دارد. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر در خصوص کاهش صفات جوانه‌زنی و رشد تحت شوری مطابقت کامل دارد (آقاسی یزدی و همکاران، ۲۰۱۲).

[1] Hasanuzzaman
[2] Aghasi Yazdi

مطالعه کلهر[3] و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که افزایش شوری موجب کاهش قابل توجه ارتفاع گیاه گل همیشه بهار می‌شود. آن‌ها این کاهش را به افزایش فشار اسمزی محیط ریشه و محدود شدن جذب آب نسبت دادند. کاهش جذب آب به‌طور مستقیم رشد اندام‌های هوایی را تحت تأثیر قرار داده و انتقال عناصر غذایی از خاک به بافت‌های در حال رشد را محدود می‌کند. علاوه بر این، اختلال در فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تقسیم و طویل‌شدن سلولی در شرایط شور می‌تواند منجر به کاهش رشد طولی ساقه‌چه‌ها و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه شود. این تفسیر با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، به‌ویژه کاهش طول ساقه‌چه در سطوح بالاتر شوری، همسو است (کلهر و همکاران، ۲۰۱۸).

در این پژوهش مشاهده شد که وزن خشک اندام هوایی در سطوح شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت که در نگاه اول با روند کاهشی رشد طولی همسو به نظر نمی‌رسد. این یافته را می‌توان به تجمع اسمولیت‌های سازگار (نظیر پرولین و قندهای محلول) و افزایش جذب یون‌های معدنی جهت تنظیم اسمزی نسبت داد. در واقع، گیاه با صرف انرژی و تولید کربن بیشتر برای سنتز ترکیبات محافظتی، سعی در حفظ پتانسیل آب بافت‌ها دارد که این امر منجر به افزایش توده خشک سلولی می‌گردد (چن و جیانگ[4]، ۲۰۱۰). علاوه بر این، استفاده از محرک‌های رشد در این تحقیق احتمالاً با تقویت سامانه پاد اکساینده و بهبود کارایی فتوسنتزی، پدیده‌ای مشابه هورمسیس[5] را ایجاد کرده که در آن سطوح متوسط تنش نه تنها بازدارنده نبوده، بلکه منجر به افزایش بیوماس شده است (آگاتوکلیوس و کالابرس[6]، ۲۰۱۹). این نتایج نشان می‌دهد که علیرغم کاهش رشد طولی (ارتفاع)، گیاه توانسته است محتوای ماده خشک خود را از طریق سازوکارهای دفاعی حفظ کرده یا ارتقا دهد.

همچنین، چاپارزاده[7] و همکاران (۲۰۰۴) کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه را در پاسخ به افزایش شوری گزارش کردند. به‌گفته آنان، شوری با ایجاد اختلال در

[3] Kalhor
[4] Chen & Jiang
[5] Hormesis
[6] Agathokleous & Calabrese
[7] Chaparzadeh

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

فرآیندهای متابولیکی و تنفسی، تأمین انرژی لازم برای رشد ریشه را محدود کرده و از سوی دیگر با کاهش سرعت تقسیم سلولی در ناحیه مریستمی ریشه، رشد و انباشت ماده خشک را کاهش می‌دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ریشه به‌عنوان نخستین اندام در تماس با تنش شوری، به‌شدت تحت تأثیر این تنش قرار می‌گیرد که این امر در نتایج پژوهش حاضر نیز به‌وضوح مشاهده شد.

به‌طور کلی می‌توان اذعان داشت که تنوع پاسخ بذر گل همیشه بهار به محرک‌های مختلف در سطوح متفاوت شوری را می‌توان با تفاوت در سازوکار عمل این ترکیبات تبیین کرد. هیدروپرایمینگ از طریق آغاز کنترل‌شده فرایندهای پیش‌جوانه‌زنی، بهبود ترمیم غشاها، فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولیتیک و تسهیل جذب آب، بدون تحمیل بار شیمیایی اضافی، می‌تواند در شرایط شوری، به‌ویژه در سطوح بالاتر، موجب بهبود استقرار اولیه گیاهچه شود. به همین دلیل، برتری آب مقطر در برخی صفات به‌ویژه در شوری‌های بالاتر احتمالاً ناشی از فراهم کردن شرایط مناسب برای آغاز متابولیسم بذر و کاهش تأخیر جوانه‌زنی بوده است (ابراهیم[1]، ۲۰۱۶).

پرولین به‌عنوان یک اسمولیت سازگار در تنظیم فشار اسمزی، حفظ پایداری غشاها و پروتئین‌ها و کاهش آسیب‌های ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارد، ازاین‌رو در برخی سطوح شوری، به‌ویژه شوری متوسط، سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه شد. بااین‌حال، کارایی پرولین به شدت تنش و غلظت کاربردی آن وابسته است و در برخی شرایط ممکن است مصرف خارجی آن نتواند با نیاز واقعی گیاه هماهنگ شود یا حتی تعادل متابولیکی را مختل کند (حیات[2] و همکاران، ۲۰۱۲).

گابا نیز به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان و تنظیم‌کننده متابولیکی در تعدیل تعادل کربن و نیتروژن، کاهش تنش اکسیداتیو و پایداری نسبی وضعیت اسمزی نقش دارد. اثر مثبت آن در برخی شرایط را می‌توان به نقش آن در تنظیم سریع پاسخ‌های تنشی نسبت داد. با این حال، کاهش اثر یا حتی پاسخ منفی گابا در سطوح بالاتر شوری ممکن است ناشی از محدودیت ظرفیت گیاه در بهره‌گیری از این مسیر تنظیمی تحت تنش شدید یا به‌هم‌خوردن تعادل متابولیکی در اثر مصرف برون‌زاد آن باشد (رامش[3] و همکاران، ۲۰۱۷; ژو[4] و همکاران ۲۰۲۱).

اسید سالیسیلیک از طریق تحریک سامانه دفاع پاد اکساینده، تنظیم بیان ژن‌های پاسخ‌دهنده به تنش و بهبود تحمل به تنش‌های محیطی می‌تواند در شرایط شور مفید باشد، اما این ترکیب در همه سطوح شوری اثر مثبت یکنواختی نشان نداد. این موضوع احتمالاً به آن دلیل است که فعال‌سازی مسیرهای دفاعی در شرایطی که شدت تنش پایین است یا دوز ماده با نیاز فیزیولوژیک گیاه تناسب کامل ندارد، می‌تواند هزینه متابولیکی اضافی ایجاد کرده و بخشی از انرژی بذر را از فرایند جوانه‌زنی و رشد منحرف سازد (خان[5] و همکاران، ۲۰۱۵; هو[6] و همکاران ۲۰۲۲).

ملاتونین نیز به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی و تنظیم‌کننده رشد، معمولاً در حفاظت از ساختارهای سلولی، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و تعدیل پاسخ‌های تنشی نقش دارد، با این حال، نتایج این پژوهش نشان داد که پاسخ به آن یکنواخت نبود. این نوسان در پاسخ احتمالاً ناشی از وابستگی شدید اثر ملاتونین به غلظت مصرف، ویژگی‌های گونه گیاهی، مرحله رشدی و شدت تنش است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت عملکرد محرک‌ها در این پژوهش حاصل برهم‌کنش پیچیده میان شدت شوری، نوع ترکیب، غلظت مصرفی و ظرفیت فیزیولوژیک بذر گل همیشه بهار برای فعال‌سازی مسیرهای سازگاری بوده است (آرنائو و هرناندز-روئیز[7]، ۲۰۲۱; ژانگ[8] و همکاران، ۲۰۲۱).

در مجموع، شواهد حاصل از مطالعات پیشین و نتایج پژوهش حاضر تأیید می‌کند که تنش شوری از طریق ایجاد فشار اسمزی، سمیت یونی، اختلال در متابولیسم انرژی و افزایش تنش اکسیداتیو، موجب کاهش چشمگیر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گل همیشه بهار می‌شود. این همخوانی نتایج، ضرورت به‌کارگیری راهکارهای مدیریتی نظیر پرایمینگ بذر برای کاهش

[1] Ibrahi Ibrahim m
[2] Hayat
[3] Ramesh
[4] Zhou
[5] Khan
[6] Hu
[7] Arnao & Hernández-Ruiz
[8] Zhang

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

اثرات منفی شوری و بهبود استقرار اولیه این گیاه دارویی را برجسته می‌سازد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری یکی از عوامل محدودکننده اصلی جوانه‌زنی و رشد اولیه گل همیشه بهار بوده و افزایش شدت شوری موجب کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه شد. این کاهش‌ها بیانگر حساسیت بالای مراحل اولیه رشد گل همیشه بهار به تنش شوری و تأثیر منفی تجمع یون‌های سمی و اختلالات اسمزی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیکی بذر و گیاهچه است. بنابراین، نتایج حاصل به‌وضوح نشان داد که شوری می‌تواند استقرار اولیه این گیاه دارویی را به‌شدت محدود کرده و در نهایت بر رشد و تولید آن در مناطق شور اثر منفی بگذارد.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پرایمینگ بذر می‌تواند به‌عنوان راهکاری ساده، کم‌هزینه، کاربردی و سازگار با محیط‌زیست برای کاهش خسارات ناشی از شوری و بهبود استقرار اولیه گل همیشه بهار مورد استفاده قرار گیرد. از میان تیمارهای بررسی‌شده، هیدروپرایمینگ به دلیل سهولت اجرا، هزینه پایین و پایداری عملکرد، مناسب‌ترین گزینه برای کاربرد عملی در شرایط شور معرفی می‌شود. همچنین استفاده از پرولین و اسید سالیسیلیک می‌تواند به‌عنوان مکمل‌های مؤثر در شرایط تنش شدید مورد توجه قرار گیرد. این نتایج علاوه بر اهمیت کاربردی در تولید گل همیشه بهار، می‌تواند در مدیریت کشت سایر گیاهان دارویی حساس به شوری نیز مورد استفاده قرار گیرد و به توسعه کشاورزی پایدار در اراضی شور کمک کند.

با وجود نتایج امیدوارکننده این پژوهش، همچنان برخی جنبه‌ها نیازمند بررسی‌های بیشتر هستند. از آنجا که پژوهش حاضر در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه و تحت شرایط کنترل‌شده انجام شد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده اثر بلندمدت تیمارهای پرایمینگ بر رشد رویشی، عملکرد نهایی، تولید گل و تجمع متابولیت‌های ثانویه گل همیشه بهار بررسی شود. همچنین ارزیابی سازوکارهای فیزیولوژیک و مولکولی دخیل در افزایش تحمل به شوری، از جمله بررسی بیان ژن‌های مرتبط با تحمل تنش، تنظیم اسمزی و انتقال یونی، می‌تواند در درک دقیق‌تر نحوه عملکرد تیمارهای پرایمینگ مؤثر باشد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پاد اکساینده نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز، همراه با بررسی شاخص‌های تنش اکسیداتیو و میزان پراکسیداسیون لیپیدها، نیز می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره سازوکار کاهش آسیب‌های ناشی از شوری فراهم کند. افزون بر این، انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای در شرایط واقعی خاک‌های شور برای ارزیابی کارایی عملی این تیمارها و تعیین مناسب‌ترین روش پرایمینگ در مقیاس زراعی ضروری به نظر می‌رسد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از پایان‌نامه تقریباً به شکل زیر باشد:

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله

نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده کشاورزی مرکز آموزش عالی بردسیر در قالب پژوهانهٔ پایان نامه دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانهٔ برای سایر نویسندگان انجام شده است.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده کشاورزی مرکز آموزش عالی بردسیر به خاطر حمایت مالی پژوهش حاضر سپاسگزاری نمایند.

References منابع

Abbasi, S., Aghaie, P., Amiri, M.S., & Haerinasab, M. (2025). Investigation of commonly used medicinal plants in the herbal markets of Isfahan, Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, *17*(64), 1-22. https://doi.org/10.22108/tbj.2025.144121.1296

Agasi Yazdi, N., Mahmoudzadeh, H., & Abbaspour, H. (2012). Investigation of marigold seed germination under salt stress conditions (*Calendula officinalis* L). *Second National Conference on Seed Science and Technology*. Khorasan Razavi, Mashhad. [In Persian] https://civilica.com/doc/185620

Agathokleous, E., & Calabrese, E. J. (2019). Hormesis can enhance agricultural sustainability in a changing world. *Global Food Security*, *20*, 150–155. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.02.005

Ali, Q., Ashraf, M., & Athar, H. (2007). Exogenously applied proline at different growth stages enhances growth of two maize cultivars grown under water deficit conditions. *Pakistan Journal of Botany*, *39*, 1133–1144.

Alizadeh, M.A., & Isvand, H.R. (2001). Evaluation of percentage of germination, total speed of germination and vigor index of 9 medicinal plant species. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, *7*(1), 134–146. [In Persian] https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2001.115863

Allam, O.M., Kandeel, A.M., Hassan, S.E., & Abdelhamid, A.N. (2025). Effects of melatonin and bacterial bio-stimulants on *Calendula officinalis* under salinity stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *24*, 1. https://doi.org/10.1007/s44447-025-00002-1

Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2019). Melatonin: A new plant hormone and/or a plant master regulator? *Trends in Plant Science*, *24*(1), 38–48. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.010

Arnao, M.B., & Hernandez-Ruiz, J. (2021). Melatonin as a plant biostimulant in crops and during post-harvest: a new approach is needed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(13), 5297-5304. https://doi.org/10.1002/jsfa.11318

Badawy, A.A., Abdelfattah, N.A.H., Salem, S.S., Awad, M.F., & Fouda, A. (2021). Efficacy assessment of biosynthesized copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) on stored grain

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

insects and their impacts on morphological and physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Plant. Biology*, *10*(3), 233. https://doi.org/10.3390/biology10030233

Bagheri, A.R., Mondani, F., Geravandi, A. & Amiri, S. (2022). Evaluation of the effect of osmo and hydro priming on germination traits of polymorph seeds of Marigold compact petal variety (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *11*(1): 1-14. [In Persian] https://doi.org/10.22092/ijsst.2021.126923.1282

Bayat, H., & Aminifard, M. H. (2021). Seed priming with selenium improves growth, water relation and antioxidant activity of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under drought conditions. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, *20*(1), 27–36. https://doi.org/10.24326/ASPHC.2021.1.3

Chaparzadeh, N., D'Amico, M.L., Khavari-Nejad, R.A., Izzo, R., & Navari-Izzo, F. (2004). Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, *42*(9), 695–701. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.07.001

Chen, H., & Jiang, J.-G. (2010). Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews*, *18*, 309–319. https://doi.org/10.1139/A10-014

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M.B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S.M., Mahmud, J.A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, *9*(8), 681. https://doi.org/10.3390/antiox9080681

Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: a review. *Plant Signaling & Behavior*, *7*(11), 1456–1466. https://doi.org/10.4161/psb.21949

Helali Soltan Ahmadi, F., Amerian, M., Ghiyasi, M., & Abbas Dokht, H. (2018). Effects of seed priming on yield, yield components, and concentration of mineral phosphorus under drought stress in (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, *34*(4), 565–578. [In Persian] https://doi.org/10.22092/ijmapr.2018.116528.2214

Hu, Y., Zhi, L., Li, P., Hancock, J., & Hu, X. (2022). The role of salicylic acid signal in plant growth, development and abiotic stress. *Phyton*, *91*(12), 2591. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.023733

Huang, S., & Jin, S. (2024). Melatonin interaction with other phytohormones in the regulation of abiotic stresses in horticultural plants. *Antioxidants*, *13*(6), 663. https://doi.org/10.3390/antiox13060663

Ibrahim, E.A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, *192*, 38-46. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011

Ignatenko, A.A., Batova, Y.V, Kholoptseva, E.S., & Kaznina, N.M. (2023). Influence of presowing treatment of seeds with salicylic acid on growth and photosynthetic apparatus of barley with different zinc contents in substrate. *Russian Journal of Plant Physiology*, *70*(3), 35. https://doi.org/10.1134/S1021443723700115

Isvand, & Alizadeh. (2003). Evaluation of some physiological seed quality factors (germination percentage, germination rate and vigor index) of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) under accelerated aging test conditions. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding of Rangeland and Forest Plants*, *11*(2), 249–256. [In Persian] https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2003.115518

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

Jafari, F. (2014). Effect of salinity on germination indices of marigold. First Electronic Conference on New Findings in Environment and Agricultural Ecosystems. Tehran. [In Persian] https://civilica.com/doc/355941/

Kalhor, M., Dehestani Ardakani, M., Shirmardi, M., & Gholamnejad, J. (2018). Response of marigold (*Calendula officinalis* L.) to the interaction effects of salinity stress and soil organic matter amendments. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, *11*(4), 1005–1021. [In Persion] https://doi.org/10.22077/escs.2018.966.1194

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A., & Khan, N.A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, *6*, 462. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462

Lamsaadi, N., Farssi, O., El Moukhtari, A., & Farissi, M. (2024). Different approaches to improve the tolerance of aromatic and medicinal plants to salt stressed conditions. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *39*, 100532. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2024.100532

Liu, C., Jiang, X., & Yuan, Z. (2024). Plant responses and adaptations to salt stress: A review. *Horticulturae*, *10*(11), 1221. https://doi.org/10.3390/horticulturae10111221

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, *59*, 651–681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, *34*(8), 1281–1293. https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y

Preethi, K. C., & Kuttan, R. (2009). Wound healing activity of flower extract of *Calendula offlcinalis*. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, *20*(1), 73–79. https://doi.org/10.1515/jbcpp.2009.20.1.73

Qian, Z., Lu, L., Zihan, W., Qianyue, B., Chungang, Z., Shuheng, Z., Jiali, P., Jiaxin, Y., Shuang, Z., & Jian, W. (2024). Gamma-aminobutyric acid (GABA) improves salinity stress tolerance in soybean seedlings by modulating their mineral nutrition, osmolyte contents, and ascorbate-glutathione cycle. *BMC Plant Biology*, *24*, 365. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05023-6

Queensland Government. (2018). Measuring Soil Salinity: Electrical conductivity of waters. Science Notes Land Series L137, L137, Tables 3, 2, 1-Tables 3, 2, 1. https://www.publications.qld.gov.au/dataset/science-notes-soils/resource/6205ff5f-92b6-444b-95b7-f195fe4a64d6

Ramesh, S.A., Tyerman, S.D., Gilliham, M., & Xu, B. (2017). γ-Aminobutyric acid (GABA) signalling in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *74*(9), 1577-1603. https://doi.org/10.1007/s00018-016-2415-7.

Srarfi, F., & Majar, A. (2024). Global status of salt-affected soils. Global status of salt-affected soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1730916

Szabados, L., & Savouré, A. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, *15*(2), 89–97. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009

Zhan, H., Nie, X., Zhang, T., Li, S., Wang, X., Du, X., Tong, W., & Song, W. (2019). Melatonin: A small molecule but important for salt stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(3), 709. https://doi.org/10.3390/ijms20030709

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]

Zhang, Y., Fan, Y., Rui, C., Zhang, H., Xu, N., Dai, M., Chen, X., Lu, X., Wang, D., Wang, J., Wang, J., Wang, Q., Wang, S., Chen, C., Guo, L., Zhao, L. & Ye, W. (2021) Melatonin improves cotton salt tolerance by regulating ROS scavenging system and Ca^{2+} signal transduction. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 693690. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.693690

Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J.-K., & Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The innovation*, *1*(1), 100017. https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017

Zhou, M., Hassan, M.J., Peng, Y., Liu, L., Liu, W., Zhang, Y., & Li, Z. (2021). γ-aminobutyric acid (GABA) priming improves seed germination and seedling stress tolerance associated with enhanced antioxidant metabolism, DREB expression, and dehydrin accumulation in white clover under water stress. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 776939. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.776939

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.249]