

Foliar application effect of mother plant on the germination traits of shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) in field conditions and feasibility study of dormancy breaking of produced seeds

Arghavan Matin¹, Farzad Hosseinpanahi^{*2}, Adel Siosemardeh³

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2. Department of Plant Production and Genetics, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

*Corresponding Author Email: f.hosseinpanahi@uok.ac.ir

Abstract

Introduction: Shallot is one of the important medicinal plants in Iran, and the nutrition of its mother plant plays a significant role in the germination and vigor of the produced seeds. Although shallot propagation is done by planting mother bulbs, sexual propagation of this plant through seeds is a suitable solution for domestication, prevention of extinction, and proliferation due to the possibility of storing seeds in suitable storage conditions, being cheap, adaptable to different environmental conditions, and not transmitting viral diseases. However, at present, shallot propagation through seeds has limitations due to the presence of dormancy in the seeds, poor germination, and improper establishment of the plant. Therefore, this study was conducted to spray the mother plant with some organic and mineral compounds in order to increase seed yield and improve germination characteristics, as well as to assess the feasibility of breaking seed dormancy in the laboratory.

Material and methods: field experiment was conducted to evaluate the effects of foliar spraying of mother plants on the yield and germination characteristics of shallot, and two laboratory experiments were conducted to assess the feasibility of breaking dormancy of the produced seeds. The field experiment was conducted in a randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications. Foliar spray treatments included: humic acid (3 g.lit⁻¹), zinc sulfate (4 g.lit⁻¹), urea (10 g.lit⁻¹), gibberellic acid (0.1 g.lit⁻¹), salicylic acid (0.25 g.lit⁻¹), Vitasprin (3 g.lit⁻¹), macro fertilizers (10 g.lit⁻¹), boron (5 g.lit⁻¹) and control (spraying solution with water). In the laboratory section, which was conducted as a factorial based on a completely randomized design, different treatments for breaking seed dormancy from the field included: scarification of the seeds with a sandpaper for three minutes and then placing the seeds at two temperatures of four and eight degrees Celsius for 45 days (first experiment), placing the seeds in boiling water for 20 seconds and immediately placing the seeds in ice water for 20 seconds and then placing the seeds at two temperatures of four and eight degrees Celsius for 45 days (second experiment).

Results and Discussion: The results of the first experiment regarding the effect of foliar spray treatments on yield and yield components under field conditions showed that the highest number of seeds per plant, total number of seeds, and total yield were observed in the humic acid treatment. Seeds harvested from the field experiment without pretreatment were unable to germinate under standard laboratory conditions. To this end, in two separate experiments, the effect of alternating exposure of seeds in boiling and cold water, as well as their mechanical scarification with sandpaper, was investigated. Following applying the two aforementioned treatments, the seeds were incubated at 4 and 8 degrees Celsius for 45 days under moist condition to assess their germination characteristics. The results of this study showed that alternating exposure of seeds in boiling and cold water was not successful and no seeds germinated under these conditions. However, scarification by sandpaper led to significant results. In the current treatment, although storing seeds at 4°C resulted in the highest germination percentage and seed vigor index, the highest germination rate, number of normal seedlings, seedling weight and length were obtained under conditions of storing seeds at 8°C.

Conclusion: The results of this study, in summary, indicated two important findings: first, that maternal plants nutrition significantly affected the subsequent germination characteristics of the seeds under laboratory conditions, and second, it was found that scarification of shallot seeds overcomes this plants germination problem.

Keywords: Humic acid, Boron, Gibberellic acid, Salicylic acid, Zinc sulfate, Vitasprin

Received: 04-05-2025

Accepted: 17-09-2025

Citation: Matin, A., Hosseinpanahi, F., & Siosemardeh, A. (2025). Foliar application effects of mother plant on the germination characteristics of shallot (*Allium hirtifolium* Boiss) in field conditions and feasibility study of dormancy breaking of produced seeds. *Plant Production and Genetics*, 6(2), 345-364. <https://doi.org/10.22034/plant.2025.143621.1158>

Copyrights:

Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



تولید و ژنتیک گیاهی

<https://doi.org/10.22034/plant.2025.143621.1158>

اثر محلول پاشی گیاه مادری بر خصوصیات جوانه زنی موسیر (*Allium hirtifolium* Boiss.) در شرایط مزرعه و امکان سنجی شکست خواب بذور تولیدی

ارغوان متین^۱، فرزاد حسین پناهی^{۲*}، عادل سی و سه مرده^۱

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: f.hosseinpanahi@uok.ac.ir

چکیده

مقدمه: موسیر یکی از گیاهان مهم دارویی در ایران بوده که تغذیه گیاه مادری آن نقش بسزایی در جوانه زنی و بنیه بذور تولیدی دارد. اگرچه تکثیر موسیر با کاشت پیازهای مادری انجام می شود، اما تکثیر جنسی این گیاه از طریق بذر به دلیل امکان انبار کردن بذور در شرایط مناسب انبار، ارزان بودن، سازگار بودن به شرایط محیطی متفاوت و عدم انتقال بیماری های ویروسی راه حل مناسبی برای اهلی کردن، جلوگیری از انقراض و ازدیاد آن است. با این وجود در حال حاضر تکثیر موسیر از طریق بذر به دلیل وجود خواب در بذر، داشتن جوانه زنی ضعیف و استقرار نامناسب گیاه، دارای محدودیت می باشد. لذا این مطالعه با هدف محلول پاشی گیاه مادری با برخی ترکیبات آلی و معدنی، به منظور افزایش عملکرد بذر و بهبود خصوصیات جوانه زنی و همچنین امکان سنجی شکست خواب بذور در آزمایشگاه صورت گرفته است.

مواد و روش ها: یک آزمایش مزرعه ای به منظور ارزیابی اثرات محلول پاشی گیاه مادری بر عملکرد و خصوصیات جوانه زنی موسیر، و دو آزمایش آزمایشگاهی برای امکان سنجی شکست خواب بذور تولیدی انجام شد. آزمایش مزرعه ای به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای محلول پاشی شامل: اسیدهیومیک (3 g.lit^{-1})، سولفات روی (4 g.lit^{-1})، اوره (10 g.lit^{-1})، جیبرلیک اسید (0.1 g.lit^{-1})، سالیسیلیک اسید (0.25 g.lit^{-1})، ویتاسپرین (3 g.lit^{-1})، کودهای ماکرو (10 g.lit^{-1})، بور (5 g.lit^{-1}) و شاهد (محلول پاشی با آب معمولی) بود. در بخش آزمایشگاهی که به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت، تیمارهای مختلف شکستن خواب بذر حاصل از مزرعه شامل: خراش دهی بذور با سمباده به مدت سه دقیقه و سپس قرار دادن بذور در دو دمای چهار و هشت درجه سانتی گراد به مدت ۴۵ روز (آزمایش اول) و قرار دادن بذور در آب جوش به مدت ۲۰ ثانیه و بلافاصله قرار دادن بذور در آب یخ به مدت ۲۰ ثانیه و سپس قرار دادن بذور در دو دمای چهار و هشت درجه سانتی گراد به مدت ۴۵ روز (آزمایش دوم) بود.

نتایج: نتایج حاصل از آزمایش اول در ارتباط با تاثیر تیمارهای محلول پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط مزرعه نشان داد که بالاترین تعداد دانه به ازای هر بوته، تعداد کل دانه ها و عملکرد کل در تیمار اسیدهیومیک مشاهده گردید. بذور برداشتی از آزمایش مزرعه ای بدون اعمال پیش تیمار در شرایط عادی آزمایشگاه قادر به جوانه زنی نبودند. بدین منظور در دو آزمایش جداگانه اثر قرارگیری بذور به صورت متناوب در آب جوش و سرد و همچنین خراش دهی مکانیکی آنها توسط سمباده مورد بررسی قرار گرفت. پس از اعمال دو تیمار مذکور، بذرها در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتی گراد به مدت ۴۵ روز تحت شرایط مرطوب قرار گرفتند تا وضعیت جوانه زنی آنها بررسی گردد. نتایج این مطالعه نشان داد که قرارگیری متناوب بذور در آب جوش و سرد موفقیت آمیز نبود و هیچ بذری در این شرایط جوانه نزد. با این حال خراش دهی مکانیکی توسط سمباده منجر به حصول نتایج قابل توجه گردید. در تیمار خراش دهی بذور با سمباده، اگرچه نگهداری بذور در دمای ۴ درجه سانتی گراد منجر به حصول بیشترین درصد جوانه زنی و شاخص بنیه بذر گردید، اما بیشترین سرعت جوانه زنی، تعداد گیاهچه های نرمال، وزن و طول گیاهچه در شرایط نگهداری بذور در دمای ۸ درجه سانتی گراد به دست آمد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه در مجموع حاکی از دو نتیجه مهم بود، اول اینکه تغذیه گیاه مادری بر روی خصوصیات جوانه زنی بعدی بذور در شرایط آزمایشگاه تاثیر معنی دار گذاشت و دوم اینکه مشخص شد که خراش دهی مکانیکی بذور موسیر مشکل جوانه زنی بذور این گیاه را مرتفع می سازد.

کلید واژگان: اسیدهیومیک، بور، جیبرلیک اسید، سالیسیلیک اسید، سولفات روی، ویتاسپرین

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴

منبع: متین، ا.، حسین پناهی، ف. و سی و سه مرده، ع. (۱۴۰۴). اثر محلول پاشی گیاه مادری بر خصوصیات جوانه زنی موسیر (*Allium hirtifolium* Boiss.) در

شرایط مزرعه و امکان سنجی شکست خواب بذور تولیدی، *مجله تولید و ژنتیک گیاهی*، ۶ (۲)، ۳۴۵-۳۶۴. <https://doi.org/10.22034/plant.2025.143621.1158>



مقدمه

گیاهان دارویی یکی از مهم‌ترین منابع برای بهبود سلامت انسان و درمان بیماری‌های مختلف می‌باشند. این گیاهان به دلیل داشتن ترکیبات طبیعی، عوارض جانبی کم‌تری در مقایسه با داروهای شیمیایی دارند و در حال حاضر به‌طور گسترده جهت تهیه داروهای آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Papari Moghadam Fard et al., 2020). ایران از نظر موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی از بهترین مناطق جهان برای پرورش گیاهان دارویی به شمار می‌رود. با این وجود، عمده بهره‌برداری از گیاهان دارویی در ایران به صورت سنتی و در قالب گیاهان خودرو بوده و کشت گیاهان دارویی به صورت زراعی کم‌تر از سایر کشورها می‌باشد (Samsam Shariat, 1994).

موسیر گیاهی با نام علمی *Allium hirtifolium* Boiss از جنس *Allium* و از خانواده Liliaceae، با خصوصیات رشدی چندساله، پیازدار، با ارتفاع ۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر و عمق ریشه ۱۵-۱۲ سانتی‌متر می‌باشد. این گیاه دارای یک ساقه بارور، گل آذین چتر مرکب با گل‌هایی به رنگ بنفش یا ارغوانی بوده و معمولاً عقیم می‌باشند. موسیر از لحاظ گسترش جهانی، انحصاری ایران است و از رویشگاه‌های طبیعی به دست می‌آید. موسیر به دلیل داشتن خواص خوراکی، دارویی و صنعتی به صورت بی‌رویه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است (Ebrahimi et al., 2009). در حال حاضر گیاه موسیر به علت برداشت بیش از حد، چرای بیش از اندازه و تخریب مراتع در حال انقراض می‌باشد. بنابراین تکثیر موسیر برای حفظ بقای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Allahmoradi et al., 2013). اگرچه تکثیر موسیر با کاشت پیازهای مادری انجام می‌شود، اما تکثیر جنسی این گیاه از طریق بذر به دلیل امکان انبار کردن بذور در شرایط مناسب انبار، ارزان بودن، سازگار بودن به شرایط محیطی متفاوت و عدم انتقال بیماری‌های ویروسی راه حل مناسبی برای اهلی کردن، جلوگیری از انقراض و ازدیاد آن است. با این وجود در حال حاضر تکثیر موسیر از طریق بذر به دلیل وجود خواب در بذر، داشتن جوانه‌زنی ضعیف و استقرار نامناسب گیاه، دارای محدودیت می‌باشد (Hossein Bour-Askarian et al., 2019). وجود خواب بذر به دلیل عدم یکنواختی در بستر بذر سبب کاهش در عملکرد می‌شود، به همین دلیل این خصوصیت در نظام‌های زراعی یک خاصیت نامطلوب محسوب می‌شود، که باید با شکستن

خواب بذرها زمینه را برای حداکثر یکنواختی و عملکرد فراهم کرد. در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی روی شکستن خواب بذر گیاهان دارویی در ایران انجام شده است. در برخی از این آزمایش‌ها اثر تیمارهای مختلف مانند خراش‌دهی (فیزیکی و شیمیایی)، برداشتن پوسته بذر، سرمادهی مرطوب، اسیدجیبرلیک، نیترات پتاسیم و تیمارهای ترکیبی بر شکستن خواب و جوانه‌زنی گیاهان دارویی بررسی شده است (Sharifi et al., 2015).

در آزمایش (Dashti et al., ۲۰۱۲) که در مرکز تحقیقات استان همدان صورت گرفت، اثر تیمارهای خراش‌دهی با اسیدسولفوریک، خراش‌دهی با کاغذ سمباده، سرمادهی مرطوب، کاربرد اسیدجیبرلیک و همچنین ترکیب این تیمارها بر شکست خواب بذور موسیر بررسی شد و نتایج نشان داد که تیمارهای اعمال شده به تنهایی تأثیری بر جوانه‌زنی بذر نداشتند و مشخص گردید بذور موسیر علاوه بر خواب فیزیکی دارای خواب فیزیولوژیکی نیز هستند. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۸۶/۶ درصد) پس از ۵ دقیقه قرارگیری در اسیدسولفوریک و سرمادهی مرطوب به مدت ۶۰ روز مشاهده شد. جیبرلین‌ها، دی‌ترپنوئیدها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه ترکیبات بسیار کارآمدی هستند که باعث رشد فعال ساقه می‌شوند. اسید جیبرلیک (GA3) به طور گسترده برای افزایش رشد گیاه، بهبود کیفیت میوه و جوانه‌زنی بذر استفاده می‌شود. گزارش شده است که این هورمون به طور موثری خواب بذر را می‌شکند و جوانه‌زنی زودرس را تسهیل می‌کند (Ashraf & Foolad, 2005).

در آزمایشی که در شهرستان کوهدشت استان لرستان انجام گرفت، بالاترین درصد جوانه‌زنی بذور موسیر (۸۹ درصد) در تیمار سرمادهی مرطوب به مدت ۹۰ روز و در دمای ۴ درجه به دست آمد (Sharifi et al., 2015). در بذور موسیر به دلیل داشتن خواب فیزیکی، خراش‌دهی پوسته بذر با کاغذ سمباده باعث تخریب پوشش بذر و سلول‌های اسکله‌ای می‌گردد و این امر به نفوذ آب به درون بذر و بهبود جوانه‌زنی کمک می‌کند (Sharifi et al., 2015). در بررسی اثرات شکستن خواب بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر دو گونه گیاه دارویی موسیر و روناس نشان دادند که تأثیر تیمارهای مختلف شکستن خواب بذر بر صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر در هر دو گونه موسیر و روناس معنی‌دار

گردید. بذور موسیر و روناس در تیمار شاهد جوانه نزدند. همچنین تیمارهای مختلف جیبرلیکاسید و سرمادهی به مدت ۱۰ و ۲۰ روز تأثیر معنی‌داری بر خواب بذر دو گونه مورد نظر نداشت. در دو گونه موسیر و روناس بیش‌ترین مقادیر درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب ۶۴ و ۸۹ درصد، بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۹/۵ و ۱۱ بذر در روز، و بیش‌ترین بنیه بذر با میانگین ۱۵۴ در تیمار ۹۰ روز سرمادهی مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد که سرمادهی مرطوب به نحوی هورمون‌های رشد را در بذور هر دو گونه افزایش می‌دهد و با ایجاد یک تعادل هورمونی مناسب فرآیند جوانه‌زنی را بهبود می‌بخشد. همچنین ممکن است که قرار دادن بذر در دمای پایین و سپس انتقال آن‌ها به دمای نرمال، بذر را در معرض شوک دمایی قرار داده که باعث کاهش مقاومت پوسته بذر شده و جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد. همچنین گزارش شده است که آب داغ با نفوذپذیرتر کردن پوسته بذر مقاومت مکانیکی را در برابر خروج گیاهچه کم‌تر و با ورود آب و اکسیژن بیش‌تر به داخل بذر باعث جوانه‌زنی می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت که استفاده متعادل و مناسب از آب داغ می‌تواند بهترین نتیجه را در جوانه‌زنی بذر به همراه داشته باشد (Nabei et al., 2013).

تغذیه گیاه مادری احتمالاً می‌تواند سبب افزایش کیفیت بذور تولیدی گشته و در کشت بذور سال بعد گیاه زمینه استقرار بهتر گیاهچه‌ها را فراهم آورد. محلول‌پاشی با اسیدهیومیک باعث افزایش رشد و عملکرد سبزیجات مختلف می‌شود. نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد کاربرد اسیدهیومیک سبب بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه موسیر گردید (Shoja, 2018).

نتایج یک مطالعه با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی اسیدهیومیک، ویتاسپرین و سولفات‌روی بر عملکرد و محتوی کلروفیل گندم دیم منطقه زربنه در استان کردستان نشان داد که محلول‌پاشی ویتاسپرین+ سولفات‌روی در هر دو سال زراعی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد و از دلایل عمده آن بهبود محتوای کلروفیل، افزایش تعداد سنبله در واحد سطح، افزایش عملکرد بیولوژیک و افزایش وزن هزار دانه عنوان گردید (Daraei et al., 2022). در آزمایشی هشت تیمار پرایمینگ بذر شامل شاهد (بدون پرایمینگ بذر)، آب (هیدروپرایمینگ)، اوره (۲ درصد)، سولفات‌روی (۰/۶

درصد)، کلریدپتاسیم (۱ درصد)، کلریدکلسیم (۱/۴درصد)، ویتاسپرین (۱ گرم) و سیتوکینین (۵۰ میلی‌گرم لیتر) به همراه محلولپاشی برخی ترکیبات مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که در هر دو فصل زراعی، پرایمینگ بذر همراه با محلول‌پاشی کلریدکلسیم و ویتاسپرین جزء تیمارهای برتر از نظر عملکرد دانه بودند (Sharifi Kalyani et al., 2023). تحقیقات نشان داده‌اند که تغذیه گیاهان با فسفر می‌تواند بهبود قابل توجهی در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بذرها ایجاد کند (Mahmoodi et al., 2013).

بذره‌های حاصل از گیاهانی که با مقدار مناسب فسفر تغذیه شده‌اند، معمولاً دارای درصد بالاتری از مواد مغذی مانند پروتئین، روغن و قند هستند که به کیفیت بذر کمک می‌کند. همچنین، پژوهشگران نشان داده‌اند که فسفر می‌تواند بر رشد و توسعه بذرها نیز تأثیر بگذارد. وجود بور در تغذیه گیاهان به بهبود فرایند جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرها کمک می‌کند. بذرهایی که در گیاهانی با تغذیه مناسب با بور تولید می‌شوند، سریع‌تر جوانه می‌زنند و دارای رشد قوی‌تری هستند (Patra, 2023). این به دلیل نقش بور در تنظیم هورمون‌های رشد و بهبود متابولیسم داخل سلول‌هاست. همچنین گزارش شده است که بهترین روش برای استفاده از روی، محلول‌پاشی است، زیرا مستقیماً از طریق سطح برگ جذب می‌شود، به آوند آبکش منتقل می‌شود و سپس به دانه‌های در حال رشد منتقل می‌شود. این امر با افزایش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی باعث بهبود اجزای عملکرد می‌گردد در آزمایش (۲۰۱۴) Daneshmand et al تنش خشکی درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه را به صورت منفی تحت تأثیر قرار داد، ولی تیمار ۰/۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار کلیه صفات و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی گردید. با توجه به اهمیت گیاه موسیر و ضرورت کشت و کار آن از طریق بذر، مطالعات تکمیلی جهت یافتن با دو هدف تغذیه گیاه مادری و بررسی تأثیر آن بر عملکرد و خصوصیات جوانه‌زنی بذور تولیدی و امکان‌سنجی شکستن خواب بذور تولیدی صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر شامل یک آزمایش مزرعه‌ای و دو آزمایش آزمایشگاهی بود. آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در یک مزرعه‌ی تولیدی واقع در امیرآباد موچش با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی واقع در ۶۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان سنندج اجرا شد. مطالعات آزمایشگاهی نیز در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان اجرا گردید. آزمایش مزرعه‌ای به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل: اسیدهیومیک با غلظت ۳ گرم در لیتر (Zeinali & Moradi, 2015)، سولفات روی با غلظت ۴ گرم در لیتر (Bayburdi, 2007)، اوره با غلظت ۱۰ گرم در لیتر (Gerjes et al., 2011)، جیبرلیکاسید با غلظت ۰/۱ گرم در لیتر (Jyoti and Kumar, 2018)، سالیسیلیکاسید با غلظت ۰/۲۵ گرم در لیتر (Cavusoglu et al., 2022)، (Özyazıcı et al., 2023)، ویتاسپرین با غلظت ۳ گرم در لیتر (Daraei et al., 2022)، کودهای ماکرو (NPK) با غلظت ۱۰ گرم در لیتر (Shinde et al., 2013)، بور با غلظت ۵ گرم در لیتر (Manna et al., 2014) و شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود. ابعاد هر کرت ۲×۶ متر در نظر گرفته شد. آماده‌سازی زمین در ابتدای پاییز سال ۱۳۹۹ شامل شخم، دو دیسک عمود برهم و تسطیح با استفاده از ماله صورت گرفت. کاشت موسیر در آبان‌ماه با استفاده از بنه‌های موسیر (با میانگین وزن ۴۰ گرم به بالا)، در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و به روش خطی با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر انجام شد. بعد از زمستان‌گذرانی محلول‌پاشی گیاه مادری در فصل بهار و در زمان گل‌دهی انجام گردید. برای هر مترمربع از بوته‌های موسیر در مرحله گلدهی ۴۰ میلی‌لیتر از محلول مربوطه با استفاده از سمپاش دستی محلول‌پاشی شد. برای تعیین حجم محلول مصرفی در هر مترمربع و محلول‌پاشی ترکیبات مختلف، سمپاش کالیبره گردید. بذور در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت شدند و بعد از فرآیند بوجاری، عملکرد و اجزای عملکرد (شامل تعداد دانه در هر بوته و وزن هزار دانه) بذور اندازه‌گیری شد و سپس بذور برای انجام تست‌های جوانه‌زنی به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی منتقل شد. در آزمایشگاه ابتدا یک آزمون جوانه‌زنی روی بذور کلیه تیمارها صورت گرفت و

مشخص شد که بذور بدون اعمال پیش‌تیمار قادر به جوانه‌زنی نبودند. لذا به منظور رفع خواب بذور دو آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی طراحی شد. در آزمایش اول بذورهای حاصل از ۹ تیمار مزرعه‌ای به عنوان فاکتور اول به صورت متناوب در آب جوش و یخ قرار گرفتند و سپس تحت دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد (فاکتور دوم) به مدت ۴۵ روز تحت شرایط سرمادهی مرطوب قرار گرفتند. در آزمایش دوم نیز بذورهای حاصل از ۹ تیمار مزرعه‌ای به عنوان فاکتور اول مورد خراش‌دهی قرار گرفتند و سپس تحت دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد (فاکتور دوم) به مدت ۴۵ روز تحت شرایط سرمادهی مرطوب قرار گرفتند. برای هر واحد آزمایشی ۴ دسته ۲۵ تایی بذر برداشته شد و بعد از ضدعفونی با الکل ۷۰ درصد و هیپوکلرید ۳ درصد به مدت ۱۰ دقیقه، در پتری‌دیش‌های از قبل استریل شده با قطر دهانه هفت سانتی‌متر و حاوی کاغذ صافی واتمن شماره یک و میزان ۵ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفت. به منظور جلوگیری از تبخیر آب، پتری‌دیش‌ها به وسیله پارافیلیم بسته شد (ISTA, 2013). پیش تیمار خراش‌دهی با سمباده یک دستگاه مکانیکی که شامل دو طرف سمباده بود طراحی گردید و بذور به مدت سه دقیقه در درون این دستگاه خراش داده شدند. برای اعمال تیمار آب جوش و یخ متناوب ابتدا بذورهای هر تکرار به مدت ۲۰ ثانیه در آب داغ و بلافاصله ۲۰ ثانیه در آب سرد با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (Mc Donnell et al., 2012). در این بخش صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی (Singh et al., 2018)، (GP)، سرعت جوانه‌زنی (Singh et al., 2018)، (GR)، متوسط زمان جوانه‌زنی (Damalas et al., 2019)، شاخص بنیه گیاهی (ISTA, 2011) (SVI) و وزن تر و خشک گیاهیچه اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی طبق معادله ۱ محاسبه گردید (Singh et al., 2018).

$$\text{معادله (۱)} \quad GP = (\sum n) / N \times 100$$

در این معادله $\sum n$ تعداد بذور جوانه‌زده و N تعداد کل بذور می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی طبق معادله ۲ محاسبه گردید (Singh et al., 2018).

$$\text{معادله (۲)} \quad GR = \sum ni / di$$

در این معادله $\sum ni$ تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز، di تعداد روز از آغاز آزمایش هستند.

جهت تعیین متوسط زمان جوانه‌زنی از معادله ۳ استفاده شد (Matthews & Khajeh-Hosseini, 2007).

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{MGT} = (F \cdot X) / F$$

در این معادله: MGT متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)، F:

تعداد بذر جدید جوانه زده در روز و X: شماره روز بود.

در پایان آزمایش ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهچه‌های مربوط به هر تیمار به صورت جداگانه در پاکت قرار داده شد و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و وزن خشک آنها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای محاسبه شاخص بذر نیز از معادله ۴ استفاده گردید (Megawati et al., 2020).

معادله (۴)

$$\text{Viability} = \frac{\text{Number of normal}}{\text{The number of seeds germinated sprouts}} \times 100$$

در این معادله number of normal تعداد گیاهچه‌های نرمال و The number of seeds germinated sprouts تعداد کل بذرهای جوانه‌زده می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بعد از انجام آزمایش‌ها و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها انجام گرفت. برای تجزیه آماری و مقایسات میانگین‌ها از نرم افزار آماری SAS 9.2 استفاده شد. هم‌چنین مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD و رسم

نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

آزمایش مزرعه‌ای

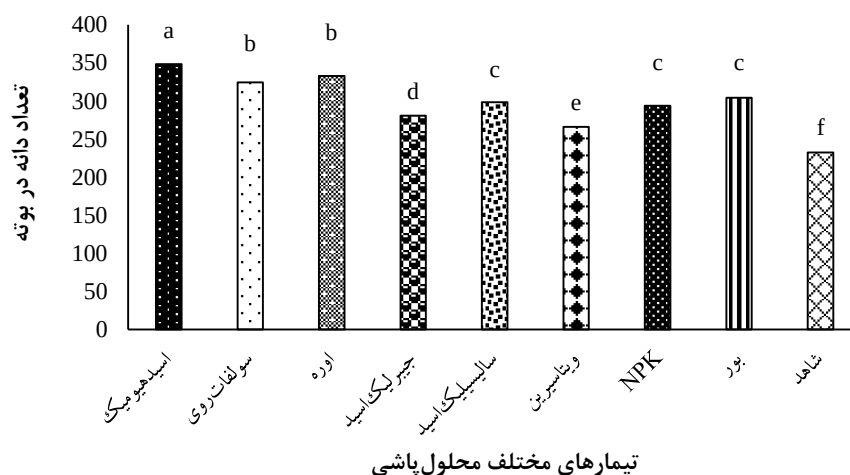
تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر تعداد دانه به ازای هر بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بوته به تیمار اسید هیومیک و کم‌ترین مقدار به تیمار شاهد مربوط بود. تیمارهای سولفات‌روی و اوره با سالیسیلیک‌اسید، کودهای ماکرو و بور اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). از آنجایی که بیش‌ترین عملکرد تک بوته به محلول‌پاشی با اسید هیومیک مربوط می‌باشد، این نشان‌دهنده رشد بهتر بوته‌ها در طول فصل رشد بوده است. اسید هیومیک رشد قسمت هوایی را تحریک کرده و بخش اعظمی از تولید، صرف تولید و پرشدن دانه‌ها در مرحله زایشی شده است. که در نهایت باعث افزایش تعداد دانه به ازای بوته شده است. نتایج (Shabani Armin & Armin, 2016) نشان داد، بیش‌ترین تعداد دانه در بوته نخود با محلول‌پاشی اسید هیومیک و اوره به‌دست آمد.

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد بذر موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در شرایط مزرعه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد کل بذر	عملکرد تک بوته	وزن صد دانه	تعداد دانه در متر مربع	تعداد دانه در بوته		
۰/۴۸۵ ^{ns}	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۲۷ ^{ns}	۲۵۳۷/۴ ^{ns}	۱۴/۲۸ ^{ns}	۲	بلوک
۶۹/۹۶ ^{**}	۰/۳۹۳ ^{**}	۰/۰۰۵۶ ^{ns}	۶۷۵۹۱۷/۹ ^{**}	۳۸۰۳/۹ ^{**}	۸	تیمار
۰/۰۶۲	۰/۰۳۴	۰/۰۰۳۱۵	۱۲۴۱۹۸/۲	۶۹۸/۹	۱۶	خطا
۷/۹	۷/۹	۷/۲	۸/۸	۸/۸	-	ضریب تغییرات (/.)

^{ns}، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

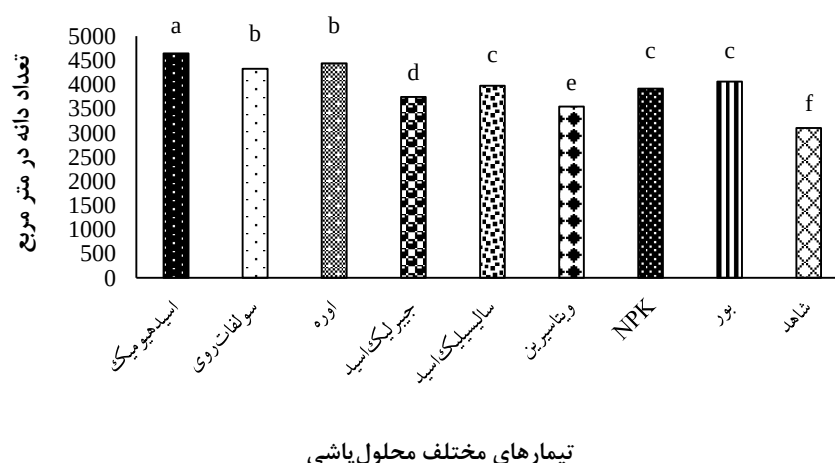


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول پاشی بر تعداد دانه به ازای هر بوته گیاه موسیر در شرایط مزرعه

۲). از آنجایی که اسید هیومیک تعداد دانه به ازای هر بوته را افزایش داد (شکل ۱)، به تبع آن تعداد کل دانه‌ها در واحد سطح نیز افزایش پیدا کرده است. نتایج (2022) *Alizadeh et al* نشان داد محلول پاشی با اسید هیومیک به افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا منجر شد. (2019) *Alabdulla* در آزمایشی مشاهده کرد که با استفاده از محلول پاشی اسید هیومیک، بیشترین عملکرد دانه در گیاه جو به دست آمد. همچنین (2014) *Ehsan et al* گزارش کردند استفاده از ۴۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد دانه در گیاه گندم شد.

تعداد دانه در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول پاشی بر صفت تعداد دانه در متر مربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر محلول پاشی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در واحد سطح به تیمار اسید هیومیک و کمترین مقدار به تیمار شاهد مربوط بود. تیمارهای سالیسیلیک اسید، کودهای ماکرو و بور با تیمارهای سولفات روی و اوره اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل

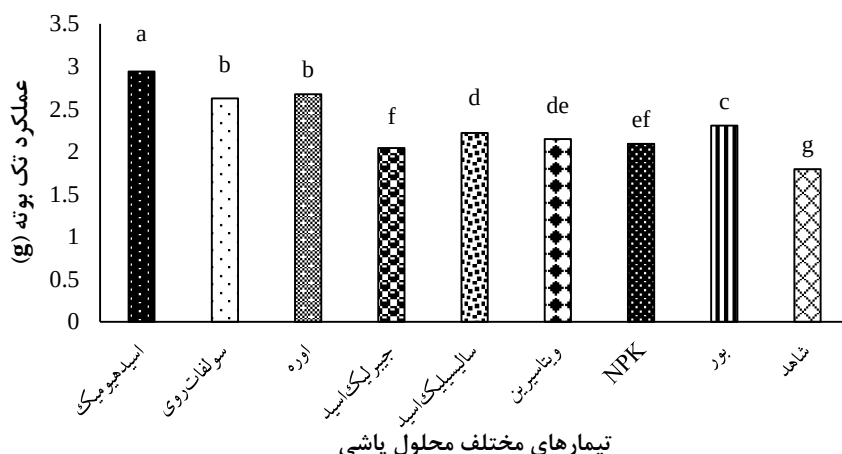


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول پاشی بر تعداد کل دانه‌ها گیاه موسیر در شرایط مزرعه

عملکرد تک بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر عملکرد تک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد تک بوته مربوط به تیمار اسیدهیومیک و کم‌ترین عملکرد به تیمار شاهد مربوط بود. تیمارهای اوره و سولفات‌روی اختلاف معنی‌داری نداشتند و

در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). به دلیل افزایش سطح تغذیه در تک بوته‌ها در تراکم‌های پایین‌تر، عملکرد افزایش می‌یابد، اما با افزایش تراکم به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها، از عملکرد تک بوته کاسته می‌شود، درحالی‌که در این پژوهش بدون در نظر گرفتن تراکم، محلول‌پاشی با اسیدهیومیک به خوبی توانسته است که عملکرد تک بوته در شرایط رقابتی با سایر بوته‌ها را افزایش دهد که به تبع آن به افزایش عملکرد نهایی منجر گردیده است (شکل ۳).

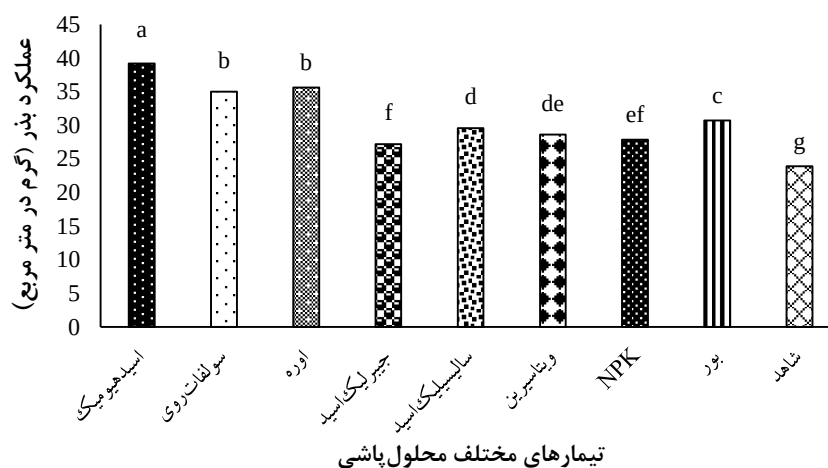


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد تک بوته گیاه موسیر در شرایط مزرعه

عملکرد کل بذر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر صفت عملکرد کل بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد کل به تیمار اسیدهیومیک و کم‌ترین به تیمار شاهد مربوط بود. تیمارهای اوره و سولفات‌روی اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۴). از نتایج چنین استنباط می‌شود که می‌توان اوره و سولفات‌روی را هم تیمار موفق در افزایش عملکرد نهایی نام برد. به نظر می‌رسد که اسیدهیومیک باعث فراهمی عناصر غذایی ضروری در زمان گلدهی شده است که دانه‌های بیشتری تشکیل شده است. به دلیل فراهم بودن عناصر ضروری در مرحله گلدهی موسیر تعداد بیشتری از گل‌ها تلقیح شدند و دانه‌های بیشتری تشکیل گردید. در پژوهش (Jan et al., 2020) بیش‌ترین عملکرد بوته در گیاه فلفل قرمز با استفاده از محلول‌پاشی با اسیدهیومیک به میزان ۵۰ گرم در لیتر به دست آمد. از سوی دیگر گزارش شده است که در میان هورمون‌های

گیاهی، سالیسیلیک اسید و مشتقات آن نقش مهمی در انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، از جوانه‌زنی بذر تا گلدهی و رسیدن محصول برعهده دارند. به این صورت که بیش‌ترین نقش آن بر القای سیستم‌های دفاعی گیاه در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی بوده است (Koo et al., 2020). در تأیید مطالب مذکور گزارش شد که محلول‌پاشی یک میلیمول سالیسیلیک اسید روی گیاه موسیر در شرایط تنش خشکی (در کشت دیم) باعث افزایش ۱۵/۱۲ درصدی عملکرد پیاز این گیاه شد که نشان دهنده اثر مثبت هورمون سالیسیلیک اسید برای مقابله با شرایط تنش کمبود آب بود (Yousefvand et al., 2022). در پژوهشی دیگر گزارش شد که کاربرد اسید جیبرلیک روی موسیر به طور قابل توجهی بر وزن تر گیاه تأثیر نگذاشت، اما باعث افزایش تعداد برگ و ارتفاع بوته شد و توانست تراکم بوته بالاتر و در نتیجه عملکرد کل بالاتری را فراهم آورد (Helaly et al., 2016). در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که اسیدجیبرلیک می‌تواند با افزایش رشد ساقه و پیاز، عملکرد موسیر را افزایش دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش متفاوت است (Marlin et al., 2019).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول پاشی بر عملکرد بذر گیاه موسیر در شرایط مزرعه

درصد جوانه زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد جوانه زنی گیاه موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول پاشی و دمایی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که پس از انجام خراش-دهی، قرارگیری بذور تحت دو تیمار دمایی ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد سبب بروز اختلاف معنی‌دار از نظر درصد جوانه زنی گردید، به‌طوری‌که بالاترین درصد جوانه زنی در تیمار ۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید (شکل ۵). بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی به تیمار جیبرلیک‌اسید و اوره مربوط بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند. همچنین تیمار سولفات روی در مقایسه با تیمار ویتاسپرین از نظر تاثیر بر درصد جوانه زنی تفاوت آماری معنی‌داری را نشان داد (شکل ۵). یکی از انواع خواب اولیه، خواب فیزیولوژیکی می‌باشد که توسط سرما و اسیدجیبرلیک قابل کنترل است. مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی در ایجاد و کنترل خواب فیزیولوژیکی بذر، نقش کلیدی دارند. یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد، اسید جیبرلیک می‌باشد که از طریق القاء جوانه زنی در شکست خواب بذر تأثیر می‌گذارد (Shahmoradi et al., 2014). تیمار دمای پایین، سبب کاهش هورمون‌های بازدارنده و افزایش هورمون‌های محرک رشد و در نتیجه، موجب افزایش پتانسیل جوانه زنی بذر می‌شود؛ این رویدادها به‌طور همزمان رخ می‌دهد یعنی جوانه زنی در بذر، نتیجه توازن هورمون‌هاست (Naser Abad et al., 2020).

بخش آزمایشگاهی

آزمایش اول (قرارگیری بذور به صورت متناوب در آب جوش و سرد به مدت ۲۰ ثانیه)

علی‌رغم اینکه در بسیاری از گیاهان قرارگیری متناوب بذور در آب جوش و سرد سبب رفع خواب ناشی از پوسته بذر می‌گردد، در این آزمایش این تیمار هیچگونه تاثیری در جوانه زنی بذور موسیر نداشت. وجود مشکلات فیزیکی در بذرها مانند تغییر شکل، آسیب به پوسته، یا آلودگی‌های ثانویه می‌تواند جوانه زنی را در این شرایط مختل کند (Mc Donnell et al., 2012). گزارش شده است که شکستگی بیش از حد پوسته بذر تحت تاثیر آب جوش می‌تواند مانع جوانه زنی گردد (Sheida Karkaj et al., 2020). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که استفاده از تیمار متناوب آب جوش و سرد در بذرهای موسیر موفقیت‌آمیز نیست و در مطالعات آینده تمرکز بر سایر روش‌ها می‌تواند در اولویت تحقیقات قرار گیرد.

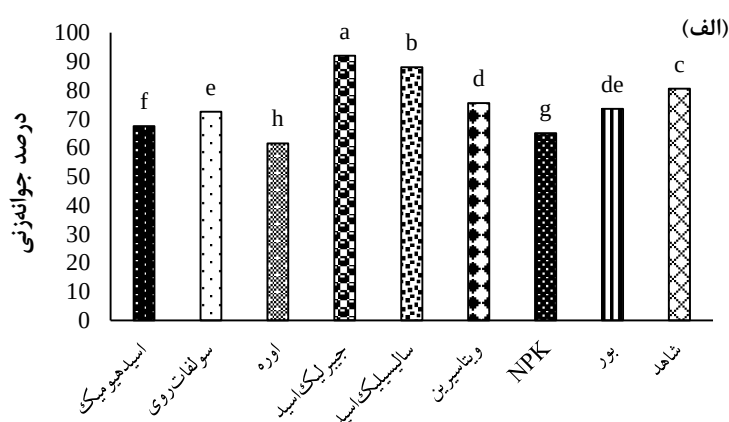
آزمایش دوم: خراش دهی مکانیکی توسط سمباده

خراش دهی می‌تواند پوسته بذر را شکسته و به جوانه زنی سریع‌تر منجر شود. خراش دهی می‌تواند نفوذپذیری پوسته بذر را افزایش داده و به رشد ریشه و ساقه کمک کند و از این طریق نسبت سبز شدن بذر را افزایش داده و رشد گیاه را تسریع نماید (Sheteiwy et al., 2018). در این پژوهش شکستن خواب بذر از طریق خراش دهی توسط سمباده موفقیت‌آمیز بود.

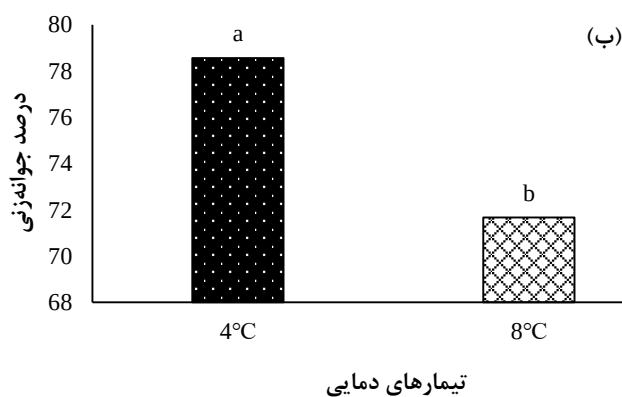
جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش‌دهی توسط سمباده

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت زنی جوانه	میانگین مربعات	
				متوسط	شاخص
محلول‌پاشی	۸	۸۳۵/۳**	۰/۲۷۵**	۱۱/۴۶*	۸۷۷/۳**
دما	۱	۸۵۴/۳*	۲/۴۲۷*	۱۰۹/۷**	۷۱۶/۹**
دما × محلول‌پاشی	۸	۱۷۹/۷ ^{ns}	۰/۲۲۱ ^{ns}	۹/۲۵ ^{ns}	۱۲۱۲/۵**
خطا	۵۴	۱۵۳/۹	۰/۱۲۷	۵/۱۳	۸۳/۵۰
ضریب تغییرات (%)	-	۱۶/۵	۹/۵	۸/۶	۲۰/۲

***، **، * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار



تیمارهای مختلف محلول‌پاشی

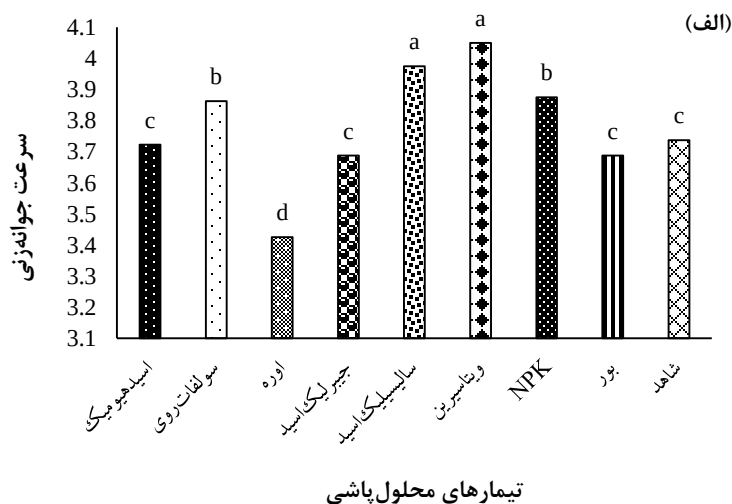


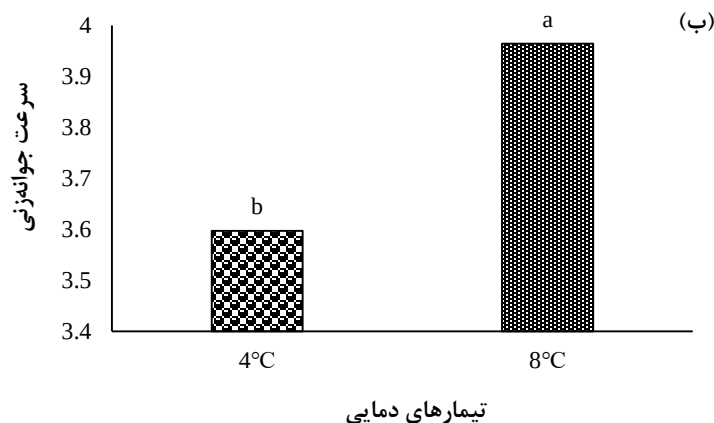
شکل ۵- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذر موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی گیاه مادری (الف) و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد (ب) در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش‌دهی توسط سمباده

سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی تحت تاثیر اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول‌پاشی در جدول (۲) به ترتیب در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار شده اند. مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد، بذور محلول‌پاشی شده با سالیسیلیک‌اسید، ویتاسپرین، سولفات‌روی و کودهای ماکرو دارای بیشترین و تیمار اوره دارای کمترین سرعت جوانه‌زنی بود (شکل ۶). اثر تیمار دمایی حاکی از آن است که بیشترین سرعت جوانه‌زنی به تیمار دمایی ۸ درجه سانتی‌گراد و کمترین سرعت جوانه‌زنی به تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد اختصاص یافت (شکل ۶). به عبارت بهتر با افزایش دما از ۴ به ۸ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت، اگرچه همانطور که در شکل ۵ نشان داده شد این موضوع سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نگردید.

در تحقیقی نتایج حاصل از تجزیه واریانس درجه حرارت‌های ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی به تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد مربوط بود که به‌طور معنی‌داری از میزان جوانه‌زنی در ۸ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر بود و در سایر صفات دماهای ۸ درجه‌ای سانتی‌گراد میزان بالاتری را نشان داد (Zafarian *et al.*, 2011). درجه حرارت از فاکتورهای مهم محیطی مؤثر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان در کلیه مراحل رشد و نمو از جمله جوانه‌زنی می‌باشد (Kamkar *et al.*, 2006). کاهش مقاومت پوسته بذر هنگام تسريع جذب آب باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (Baskin & Baskin, 2014). این فرآیند که بطور همزمان رخ می‌دهد باعث شروع جوانه‌زنی و افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. دمای چهار درجه سانتی‌گراد منجر به افزایش بیان ژن و تولید اسید جیبرلیک در ریشه‌چه و لایه آلورن می‌شود (Yamauchi *et al.*, 2004).





شکل ۶- مقایسه میانگین سرعت جوانه زنی بذر موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی گیاه مادری (الف) و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد (ب) در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش دهی توسط سمباده

متوسط زمان جوانه زنی شده است که نشان دهنده تاثیر مثبت ویتاسپرین می باشد. متوسط زمان جوانه زنی مطلوب نشان می دهد که هرچه زمان جوانه زنی کوتاه تر باشد، امکان خروج به موقع ریشه چه از پوسته بذر و همچنین استقرار بهتر گیاهچه افزایش می یابد (Evers, 1991). متوسط زمان جوانه زنی معیاری از سرعت جوانه زنی و بنیه بذر محاسبه می گردد، به طوری که در بسیاری از گونه های مقاوم همبستگی بین طول گیاهچه و شاخص بنیه آن مشخص شده و بنابراین معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن می باشد (ISTA, 2013). این صفت بر حسب روز ولی در ارقام دارای جوانه زنی سریع بر حسب ساعت بیان می شود و پایین بودن آن نشان دهنده افزایش کیفیت و قدرت بذر است (Warraich *et al*, 2002). اختلال یا کندی در جذب آب توسط بذر، منجر به کاهش سرعت انجام فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی در داخل بذر شده و سپس مدت زمان لازم برای خروج ریشه چه از بذر افزایش و سرعت جوانه زنی کاهش یافته و در نتیجه متوسط زمان جوانه زنی بذر نیز افزایش می یابد (Zamani & Amiri, 2018).

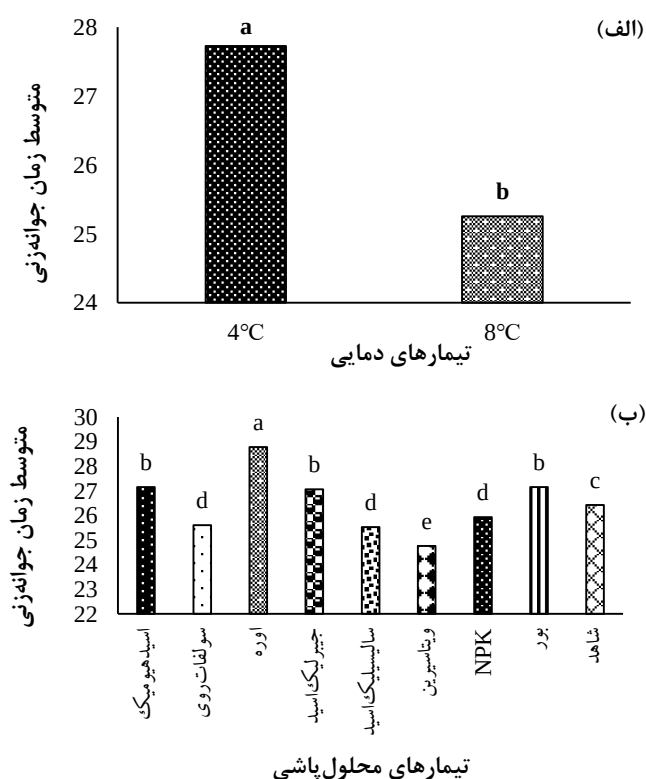
متوسط زمان جوانه زنی

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که متوسط زمان جوانه زنی تحت اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول پاشی و دمایی به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که در بین تیمارهای دمایی بیشترین متوسط زمان جوانه زنی به دمای ۴ درجه سانتی گراد مربوط بود که با افزایش دما به ۸ درجه سانتی گراد متوسط زمان جوانه زنی ۱۰ درصد کاهش یافت که این نشان دهنده اثر مطلوب افزایش دما بر روی جوانه زنی بذور موسیر است. به طور کلی بیشترین متوسط زمان جوانه زنی به تیمار محلول پاشی اوره و کمترین آن به تیمار ویتاسپرین مربوط بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشتند (شکل ۷). همچنین تیمارهای بور، جیبرلیکاسید و هیومیکاسید در یک گروه آماری قرار گرفته و با هم تفاوت معنی داری نداشته اند، اما با تیمارهای سولفات روی، سالیسیلیکاسید و کودهای ماکرو از نظر آماری اختلاف معنی داری را نشان دادند (شکل ۷). نتایج نشان می دهد که ویتاسپرین با افزایش سرعت جوانه زنی (شکل ۶) باعث کاهش

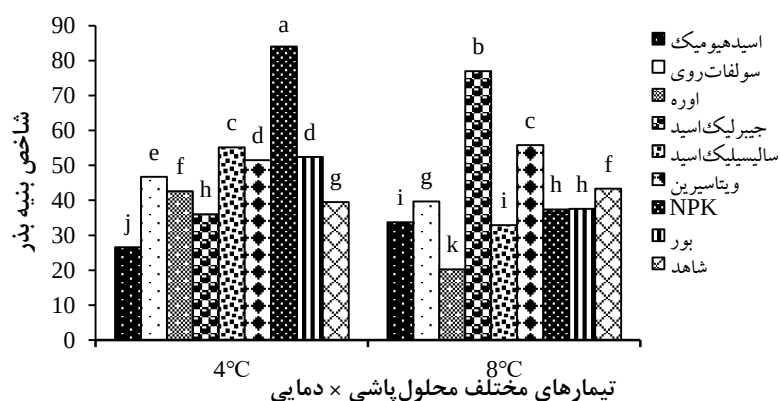
شاخص بنیه‌ی بذر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص بنیه بذر تحت اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و دمایی و اثر متقابل محلول‌پاشی $\times$ دمایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین شاخص بنیه بذر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به تیمار کودهای ماکرو و کم‌ترین شاخص به تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک تعلق داشت. در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین شاخص بنیه بذر به تیمار محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید و کم‌ترین آن به تیمار اوره مربوط بود (شکل ۸). چنانچه مشاهده می‌شود تغییرات دمایی از ۴ درجه به ۸ درجه در برخی تیمارهای محلول‌پاشی باعث کاهش صفت مذکور گردیده است (شکل ۸)، لذا کم‌ترین شاخص بنیه بذر به تیمار محلول‌پاشی اوره تحت دمای ۸ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت که اختلاف معنی‌داری نسبت

به سایر تیمارهای محلول‌پاشی نشان داد (شکل ۸). یکی از عوامل و معیارهای قدرت بذر مقدار مواد ذخیره‌ای موجود در دانه است. در تحقیقی شاخص بنیه بذر تحت تأثیر دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و تیمار هورمونی جیبرلیک‌اسید بیش‌ترین مقدار را داشت و کاهش مقدار شاخص بنیه بذر با افزایش دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و تیمار هورمونی جیبرلیک‌اسید گزارش شد (Ahmadi et al, 2022). شاخص بنیه بذر به درصد و طول گیاهچه وابسته است، از طرف دیگر بذرهایی که سریع‌تر جوانه می‌زنند بایستی طول گیاهچه بیش‌تری داشته باشند (Abdual-baki & Anderson, 1973). بنابراین انتظار می‌رود تیمارهایی که بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را دارند بالاترین شاخص بنیه بذر را نیز داشته باشند. تیمار دمای پایین، باعث کاهش اثر هورمون‌های بازدارنده و افزایش هورمون‌های محرک رشد و در نتیجه، افزایش پتانسیل جوانه‌زنی می‌شود (Tipirdamaz & Gomurgen, 2000).



شکل ۷- مقایسه میانگین متوسط زمان جوانه‌زنی بذر موسیر تحت تأثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی گیاه مادری (الف) و فرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد (ب) در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش‌دهی توسط سمباده



شکل ۸ - مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش دهی توسط سمباده بر روی شاخص بنیه بذر

جیبرلیک اسید مربوط بود و کمترین تعداد نیز به تیمار محلول پاشی اوره تعلق داشت که کاهش معنی داری نسبت به سایر تیمارها داشت (شکل ۹). امروزه جیبرلین‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی شناخته شده‌اند که به‌طور طبیعی در گیاهان عالی وجود دارند. جیبرلین برای شکستن دوره کمون دانه‌ها و شروع جوانه‌زنی ضروری است. جیبرلین یکی از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در مراحل رشد اثرات متنوع و متفاوتی بر رشد و نمو بسیاری از گیاهان دارد. استفاده از جیبرلین در غلظت‌های بالا، رشد بعضی از گیاهان را تشدید می‌کند (Abbasi et al., 2019). جیبرلین‌ها دی‌ترپنوئیدها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه بسیار کارآمد هستند که باعث رشد فعال ساقه می‌شوند.

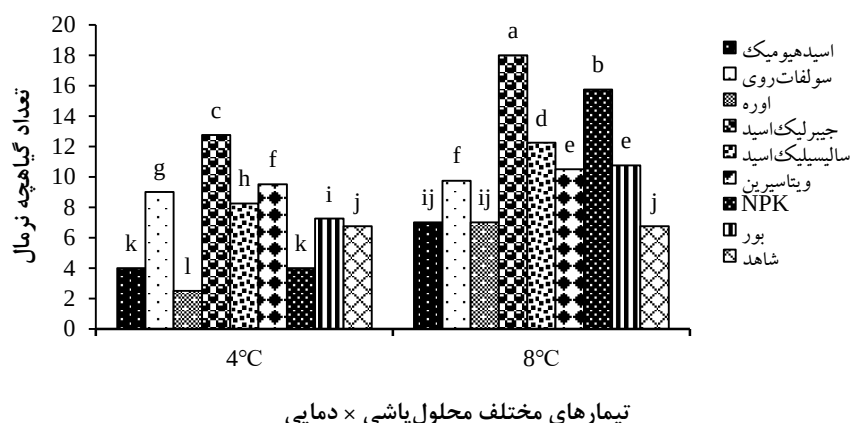
تعداد گیاهچه‌های نرمال

نتایج تجربه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد گیاهچه‌های نرمال تحت اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول پاشی و دمایی و همچنین اثر متقابل دوگانه محلول پاشی × دمای در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیش‌ترین تعداد گیاهچه‌های نرمال تحت تیمار دمایی ۸ درجه و کم‌ترین تعداد تحت تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (شکل ۹). در مجموع، بیش‌ترین تعداد گیاهچه‌های نرمال به تیمار محلول پاشی جیبرلیک اسید در تیمار دمایی ۸ درجه سانتی‌گراد مربوط بود و کم‌ترین تعداد به تیمار شاهد تعلق داشت (شکل ۹). بیش‌ترین تعداد گیاهچه‌های نرمال در تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد به تیمار محلول پاشی

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش دهی توسط سمباده

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن گیاهچه	طول گیاهچه	گیاهچه غیر نرمال	گیاهچه نرمال		
۲۶۶/۳**	۳۴۰/۴**	۴۵/۵۶**	۷۹/۹۴**	۸	محلول پاشی
۱۳/۴۲ ^{ns}	۱۰۷۴/۴**	۳/۶۹ ^{ns}	۴۲/۰۱**	۱	دما
۱۴۱/۰۶**	۲۰۴/۰۵**	۳۰/۴۴**	۵۰/۹۲**	۸	دما × محلول پاشی
۶/۱۳	۲۷/۱۲	۳/۶۰	۳/۸۱	۵۴	خطا
۱۸/۴	۲۰/۷	۱۷/۵	۲۱/۷	-	ضریب تغییرات (%)

ns، *، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

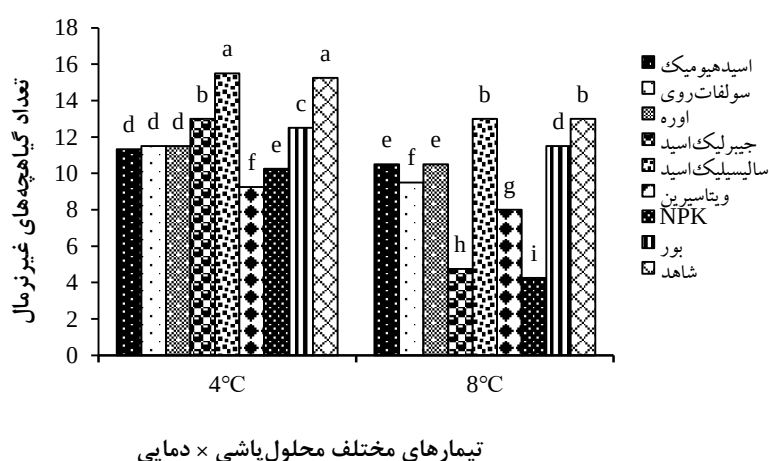


شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش دهی توسط سمباده بر روی تعداد گیاهچه‌های نرمال

سانتی‌گراد به تیمار محلول پاشی سالیسیلیک اسید و شاهد مربوط بود و کم‌ترین تعداد به تیمار محلول پاشی کودهای ماکرو تعلق داشت. در مجموع بین تیمار دمایی ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده گردید (شکل ۱۰). پیش‌تیمار بذر بامیه با سالیسیلیک اسید سبب افزایش معنی‌دار تمامی صفات‌های اندازه‌گیری شده بامیه اعم از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص‌های طولی و وزنی بنیه و تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال در دماهای متفاوت شد که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد (Bahadori et al., 2017).

تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال

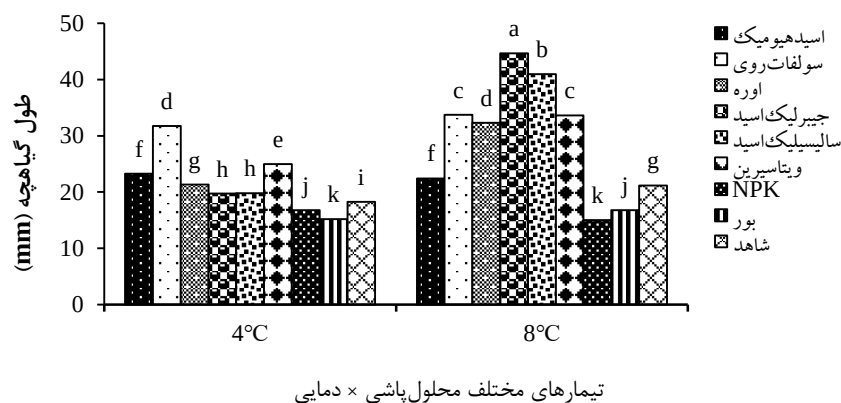
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال توسط اثر ساده تیمارهای مختلف محلول پاشی و اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول پاشی × دمایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال در تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد به تیمار سالیسیلیک اسید مربوط بود که نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین تعداد به تیمار محلول پاشی ویتاسیرین تعلق داشت. بیش‌ترین تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال تحت تیمار دمایی ۸ درجه



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش دهی توسط سمباده بر روی تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال

طول گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول گیاهچه تحت اثرات ساده تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و دمایی و برهم‌کنش تیمارهای مختلف محلول‌پاشی × دمایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیش‌ترین طول گیاهچه در تیمار دمایی ۴ درجه سانتی‌گراد به تیمار محلول‌پاشی سولفات‌روی مربوط بود. کم‌ترین طول گیاهچه به تیمار محلول‌پاشی بور تعلق داشت. بیش‌ترین طول گیاهچه تحت تیمار دمایی ۸ درجه سانتی‌گراد به تیمار محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید مربوط بود و کم‌ترین طول گیاهچه به تیمار محلول‌پاشی کودهای ماکرو تعلق داشت. نتایج نشان داد که طول گیاهچه تحت تیمار دمای ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (شکل



شکل ۱۱ - مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول‌پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش‌دهی توسط سمباده بر روی صفت طول گیاهچه

وزن گیاهچه

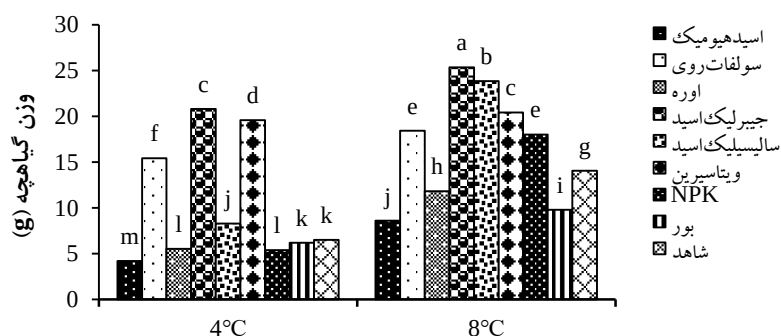
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن گیاهچه توسط اثر ساده تیمارهای محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول‌پاشی × دمایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن گیاهچه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به تیمار محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید مربوط بود و کم‌ترین مقدار به تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک تعلق داشت. بیش‌ترین وزن گیاهچه در تیمار دمایی ۸ درجه سانتی‌گراد به تیمار محلول‌پاشی جیبرلیک‌اسید مربوط بود و کم‌ترین به تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک اختصاص یافت. بین تیمار دمایی ۴ و ۸ درجه سانتی‌گراد بر وزن گیاهچه تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید به‌طوری‌که با افزایش دما میزان

(۱۱). جیبرلین‌ها موجب رشد طولی ساقه و ریشه در بسیاری از گیاهان می‌گردند. جیبرلین در مقایسه با اکسین در سلول‌های جوان‌تر عمل کرده و موجب تقسیم و طویل شدن سلول می‌گردد، درحالی‌که اکسین از طریق بهبود انبساط سلولی عمل می‌نماید (Zare et al., 2006). طول گیاهچه از مهم‌ترین شاخص‌های رشد و نمو و بنیه گیاهچه محسوب می‌شود و تغییرات آن به عنوان معیاری از بنیه گیاهچه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (ISTA, 2013). محلول‌پاشی گیاه مادری با سالیسیلیک‌اسید در شرایط تنش، می‌تواند تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحریک و به افزایش طول گیاهچه منجر گردد و شاخص طولی بنیه گیاهچه و عملکرد را افزایش دهد (Mahdavian, 2018).

وزن گیاهچه‌ها افزایش یافت (شکل ۱۲). (Bikian et al., 2008) گزارش کردند که وزن گیاهچه‌های حاصل از بونه مادری گیاه ماریتیغال تحت تاثیر وزن دانه قرار گرفت و بذره‌ای با وزن سنگین‌تر، گیاهچه‌های قوی‌تری تولید کردند. بذرهایی با وزن هزار دانه بیشتر از مواد ذخیره‌ای بیشتری برخوردار بوده؛ ایجاد گیاهچه‌هایی با طول بیشتر می‌کنند که بیانگر بنیه قوی‌تر بذرها و گیاهچه‌ها است و می‌تواند منجر به ظهور سریع‌تر گیاهچه‌های قوی‌تر در شرایط مزرعه گردد. تفاوت در وزن نهایی دانه به سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه علاوه بر عوامل ژنتیکی به عوامل شرایط محیطی نیز بستگی دارد. با تامین کافی عناصر غذایی بذره‌ای با وزن بالاتر که برخوردار از ذخایر مواد غذایی بیشتری می‌باشند، تشکیل شده است (Mahlooji, 2021). در بررسی اثر جیبرلیک‌اسید بر وزن

محافظت کرده و کاربرد آن می‌تواند یک استراتژی برای بهبود تحمل به تنش‌های محیطی باشد. به‌طوری‌که با کاهش آثار مخرب تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مزرعه، باعث بهبود رشد گیاه، افزایش وزن دانه و بهبود کیفیت بذر می‌شود (Dolatabadian et al., 2010).

خشک گیاهچه گزارش کرد که مصرف تنظیم‌کننده رشد جیبرلیک‌اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز در هنگام جوانه‌زنی جهت تجزیه نشاسته گردیده و این مسئله موجب تقویت بنیه بذر می‌شود که نتیجه آن، درصد سبز یکنواخت‌تر و سطح برگ بیش‌تر خواهد بود (Moghaddam, 2011). همچنین سالیسیلیک‌اسید به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، گیاه را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو



تیمارهای مختلف محلول‌پاشی × دمایی

شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف محلول‌پاشی گیاه مادری و قرارگیری در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد در شرایط آزمایشگاه پس از انجام خراش‌دهی توسط سمباده بر روی صفت وزن گیاهچه

حصول نتایج قابل توجه گردید. نتایج این مطالعه در مجموع حاکی از دو نتیجه مهم بود، اول اینکه تغذیه گیاه مادری بر روی خصوصیات جوانه‌زنی بعدی بذور در شرایط آزمایشگاه تاثیر معنی‌دار گذاشت و دوم اینکه مشخص شد که خراش-دهی مکانیکی بذور موسیر مشکل جوانه‌زنی بذور این گیاه را مرتفع ساخت. با این حال آزمایشات تکمیلی جهت تایید نتایج این مطالعه مورد نیاز است. همچنین آزمون جوانه‌زنی بذور پس از انجام خراش‌دهی در شرایط مزرعه‌ای نیز از اولویت‌های بعدی تحقیقات در این زمینه می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از تمامی حمایت‌ها و همکاری دانشگاه کردستان جهت فراهم آوردن امکانات مورد نیاز برای اجرای این پایان نامه کارشناسی ارشد، تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آزمایش اول در ارتباط با تاثیر تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط مزرعه نشان داد که بالاترین تعداد دانه به ازای هر بوته، تعداد کل دانه‌ها و عملکرد کل در تیمار اسید هیومیک مشاهده گردید. بذور برداشتی از آزمایش مزرعه‌ای بدون اعمال پیش‌تیمار در شرایط عادی آزمایشگاه قادر به جوانه‌زنی نبودند. بدین منظور در دو آزمایش جداگانه اثر قرارگیری بذور به صورت متناوب در آب جوش و سرد و همچنین خراش‌دهی مکانیکی آنها توسط سمباده مورد بررسی قرار گرفت. پی از اعمال دو تیمار مذکور، بذرها در دو دمای ۴ و ۸ درجه سانتیگراد به مدت ۴۵ روز تحت شرایط مرطوب قرار گرفتند تا وضعیت جوانه‌زنی آنها بررسی گردد. نتایج این مطالعه نشان داد که قرارگیری متناوب بذور در آب جوش و سرد موفقیت‌آمیز نبود و هیچ بذری در این شرایط جوانه نزد. با این حال خراش‌دهی مکانیکی توسط سمباده منجر به

منابع

- Abbasi, A., Maleki, A., Babaei, F., Safari, H., & Rangin, A. (2019). The role of gibberellic acid and zinc sulfate on biochemical performance relate to drought tolerance of white bean under water stress. *Cellular and Molecular Biology* (Noisy-leGrand, France), 65(3), 1-10. <https://doi.org/10.14715/cmb/2019.65.3.1>
- Abdual-baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seed. *Crop Science*, 13, 222-226.
- Ahmadi, R., Rahimi-Jafari, S., Olfati, M., Javaheripour, N., Emamian, F., Ghadami, M. R., & Sepehry, A. A. (2022). Insomnia and post-traumatic stress disorder: A meta-analysis on interrelated association (n= 57,618) and prevalence (n= 573,665). *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 141, 104850. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104850>
- Alabdulla, S. A. (2019). Effect of foliar application of humic acid on fodder and grain yield of oat (*Avena sativa* L.). *Research on crops*, 20(4), 880-885.
- Alizadeh, S., Roozbahani, A., Rad, A. H. S., & Seyedhadi, M. H. (2022). Foliar application of humic acids improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes at well-time and late planting dates. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 549-559. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00670-2>
- Allahmoradi, M., Ghanbarian, G. A., & Ghasemi, F. (2013). Habitat characteristics of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) in Fars Province. *Journal of Rangeland*, 7(4), 282-291. (In Persian).
- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2005). "Presowing seed treatment, a shot gun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions." *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
- Bahadori, S., Esmaeilpour, B., Javadi, A., & Khorramdel, S. (2017). The Effect of Growth Promoting Bacteria and Salicylic Acid Pretreatment on Germination Indices of Okra cultivar at low temperature. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 3(4), 77-93. <https://doi.org/10.22124/jms.2017.2509>
- Baskin, C., J. M. (2014). Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Second edition. San Diego: Elsevier/Academic Press. 1600 p.
- Bayburdi, A. (2007). Effect of foliar nutrition of iron and zinc micronutrients on quantitative and qualitative traits of Qom white onion and red onion cultivars of Rey. *Journal of Research and Construction in Agronomy and Horticulture*, 20(1), 153-160. (In Persian).
- Bikiani, M., Haj Seyyed Hadi, M. R., & Delkhosh, B. (2008). Effect of different levels of plant density and nitrogen fertilizer on some of morphological characteristics of seeds resulting from *Silybum marianum*. *Journal Plants and Ecosystems*, 16, 46-60.
- Cavusoglu, a., özer-uyar, g. E., & ünal, f. (2022). An abiotic stress factor: phytotoxicity of high doses of salicylic acid on growth parameters of Tulipa sp. Under glasshouse and outdoor conditions. *Applied Ecology and environmental research*, 20(6), 4925-4934. https://doi.org/10.15666/aeer/2006_49254934
- Damalas, C. A., Koutroubas, S. D., & Fotiadis, S. 2019. Hydro-priming effects on seed germination and field performance of faba bean in spring sowing. *Agriculture*, 9(9), 201.
- Daneshmand, F., Arvin, M. J., Keramat, B., & Momeni, N. (2014). Interaction effects of salinity stress and salicylic acid on germination and growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Journal of Process and Plant Yield*, 1(1), 56-70. <https://doi.org/20.1001.1.23222727.1391.1.1.5.2>
- Daraei, G. K., Hossein Panahi Gharuchai, F., & 33 Mardeh, A. (2022). Effects of foliar application of humic acid, vitaspirin and zinc sulfate on yield and chlorophyll content of rainfed wheat under climatic conditions of Kurdistan province. *Journal of Applied Crop Research*, 35(2), 50-64. <https://doi.org/10.22092/AJ.2023.357061.1578>
- Dashti, F., Ghahremani-Majd, H., & Esna-Ashari, M. (2012). Overcoming seed dormancy of mooseer (*Allium hirtifolium*) through cold stratification, gibberellic acid, and acid scarification. *Journal of Forestry Research*, 23(4), 707-710.
- Dolatabadian, A., Modarresi Sanavy, S. A. M., & Asilan, K. S. (2010). Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(3), 45-50. <https://doi.org/10.15835/nsb.2.3.4717>
- Doolette, C. L., Read, T. L., Li, C., Scheckel, K. G., Donner, E., Kopittke, P. M., & Lombi, E. (2018). Foliar application of zinc sulphate and zinc EDTA to wheat leaves: differences in mobility, distribution, and speciation. *Journal of Experimental Botany*, 69(18), 4469-4481. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery236>
- Ebrahimi, R., Zamani, Z., & Kashi, A. (2009). Genetic diversity evaluation of wild Persian shallot (*Allium hirtifolium*) using morphological and RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 119(4), 345-351. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.032>
- Ehsan, S., Javed, S., Saleem, I., Habib, F., Majeed, T. (2014). Effect of humic acid foliar spraying and nitrogen fertilizers management on wheat yield. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4(4), 28-33.
- Evers, G. W. (1991). Germination response of subterranean, berseem and rose clovers to alternating temperatures. *Agronomy Journal*, 83, 1000-1004.
- Geries, L. S. M., Marey, R. A., & Morsy, M. G. (2011). Growth, yield and storability of onion as influenced by potassium fertilizer application time and urea as foliar spray. *Journal of Plant Production*, 2(8), <https://doi.org/10.21608/jpp.2011.85639>
- Helaly, A. A., Abdelghafar, M. S. Al-Abd, M. T., & Alkharpotly, A. A. (2016). Effect of soaked *Allium cepa* L. bulbs in growth regulators on their growth and seeds production. *Advances in plants and agriculture research*, 4, 00139. <https://doi.org/10.15406/apar.2016.04.00139>
- Hossein Bour-Askarian, A., Abbasi Sooraki, A., & Danesh Shahraki, A. (2019). Effect of seed priming with zinc and iron sulfate on dormancy break and germination indices of shallot (*Allium altissimum*). *Iranian Journal of Seed Research*, 6(1), 33-49. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/yujs.6.1.33>
- ISTA. (2013). Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- ISTA. (2011). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

- Jan, J. A., Nabi, G., Khan, M., Ahmad, S., Shah, P. S., Hussain, S. (2020). Foliar application of humic acid improves growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(3), 461. <https://doi.org/0.17582/journal.pjar/2020/33.3.461.472>
- Jyoti, J., & Kumar, S. (2018). Innovative and novel strategy: Microsponges for topical drug delivery. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 8(5), 28-34. <http://dx.doi.org/10.22270/jddt.v8i5.1885>
- Kamkar, B., Koochaki, A., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P. (2006). Cardinal temperatures for germination in three millet species. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(2), 316-319.
- Koo, Y. M., Heo, A. Y., & Choi, H. W. (2020). Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. *The Plant Pathology Journal*, 36, 1-10. <https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.12.2019.0295>
- Mahdavian, K. (2018). Effect of different concentrations of salicylic acid on salinity tolerance of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Crop Physiology*, 9(36), 121-136. (In Persian).
- Mahlooji, M. (2021). Effect of saline water irrigation and foliar application of maternal plant on germination characteristics of three barley cultivars. *Crop Science Research in Arid Regions*, 2(2), 179-188.
- Mahmoodi, B., Mosavi, A. A., Daliri, M. S., Namdari, M. (2013). The evaluation of different values of phosphorus and sulfur application in yield, yield components and seed quality characteristics of soybean (*Glycine max* L.). *Advances in Environmental Biology*, 7(1), 170-176.
- Manna, D., Maity, T. K., Ghosal, A. (2014). Influence of foliar application of boron and zinc on growth, yield and bulb quality of onion (*Allium cepa*). *Journal of Crop and Weed*, 10(1), 53-55. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109099>
- Marlin, M., Maharijaya, A Purwito, A., Sobir, S. (2019). Secondary metabolite changes under vernalization and its relation to flowering competency in shallot (*Allium cepa* var. *Aggregatum*). *Rasayan Journal of Chemistry*, 12, 1418-1425. <https://doi.org/0.31788/RJC.2019.1235356>
- Matthews, S., & M. Khajeh Hosseini. (2007). Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35, 200-212. <https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.09>
- Mc Donnell, A., Grant, M., & Coons, J. M. (2012). Effects of hot water on breaking seed dormancy of the endangered Kankakee mallow (*Iliamna remota*). *Erigenia*, 25, 8-13.
- Megawati, S., Pardono., & Triharyanto, E. (2020). Study of shallot (*Allium ascalonicum* L) seed viability from true shallot seed (TSS). *IOP Conference Series Earth and Environmental Scienc*, 466(1), <https://doi.org/012016.10.1088/1755-1315/466/1/012016>
- Moghaddam, N. M., Arvin, M. J., Nezhad, G. R. K., & Maghsoudi, K. (2011). Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27(1), 41-55. <https://doi.org/10.22092/sppj.2017.110423>
- Nabei, M., Roshandel, P., & Mohammadkhani, A. R. (2013). The effect of different chemical treatments, hot water and running water on dormancy failure of *Arctium lappa* seeds. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 26(2), 217-225. (In Persian).
- Naser Abad, M., Moradi, A., Masoumi Asl, A., & Baluchi, H. R. (2020). Effect of gibberellic acid, germination temperature and chilling treatments on seed dormancy failure and seed germination of Avondol (*Smyrniun cordifolium*). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(2), 199-222. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.275448.654580>
- Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., & Özyazıcı, M. A. (2023). Effects of salicylic acid priming application in some switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 7(2), 137-146. <https://doi.org/10.47947/1400366>
- Papari Moghadam Fard, M., Ketabchi, S., & Farjam, M. H. (2020). Chemical composition, Antimicrobial and Antioxidant potential of essential oil of ziziphus spina-christ var aucheri grown wild in iran. *Journal of Medicinal Plants and By-product*, 9, 69-73. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/jmpb.2020.121752>
- Patra, S. (2023). Review an investigation of The effects of macro and micro elements on the production of high-quality seed. *Theoretical Biology Forum*, 12(2), 44-50.
- Samsam Shariat, H. (1994). Growth and Regeneration of Medicinal Plants. Mani publications, 34 Pp.
- Shabani, A., & Armin, M. (2016). Effect of foliar application of urea and humic acid fertilizer under rainfed conditions on yield and yield components of chickpea. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1), 77-88.
- Shahmoradi, S., Chai Yichi, M. R., Mozafari, J., Mazaheri, D., & Sharifzadeh, F. (2014). Seed dormancy failure in *Hordeum spontaneum* L. *Journal of Plant Research (Journal of Biology)*, 27(5), 23-56. (In Persian).
- Sharifi Kalyani, F., Siosemardeh, A., Hosseinpahani, F., & Jalali Honarmand, S. (2023). The effect of seed priming treatments and foliar application of vitaspirin and urea on wheat grain yield under dryland conditions. *Cereal Research Communications*, 51(3), 761-771. <https://doi.org/10.22126/cbb.2025.11566.1097>
- Sharifi, H., Khajeh Hosseini, M., & Rashid Mohassel, M. H. (2015). Investigation of seed dormancy in seven medicinal species of Apiaceae. *Iranian Journal of Seed Research*, 2(1), 25-36. (In Persian). <https://doi.org/5.121.231.28>, on 01/31/26.
- Sharifi, H., Nemati, A., & Gardkaneh, M. (2015). Effects of dormancy breaking on seed germination characteristics of two species of shallot (*Allium altissimum*) and *Rubia tinctorum* (*Rubia tinctorum*). *Journal of Seed Ecophysiology*, 1(2), 105-116. (In Persian).
- Sheida Karkaj, A., Amani, M., Younesi Hamzeh Khanloo, M., & Jahantab, A. (2020). The Effect of Different Treatments on Dormancy Failure and Seed Germination Indices of Licorice Drug. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 34(4), 967-980. <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1400.34.4.8.1> (In Persian).
- Sheteiwy, M. S., Gong, D., Gao, Y., Pan, R., Hu, J., & Guan, Y. (2018). Priming with methyl jasmonate alleviates polyethylene glycol-induced osmotic stress in rice seeds by regulating the seed metabolic profile. *Environmental and Experimental Botany*, 153, 236-248. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.001>

- Shinde, K. G., Bhalekar, M. N., & Patil, B. T. (2013). Response of foliar feeding of water-soluble fertilizer in Onion. *Journal of Agricultural Research and Technology*, 38(1), 11-14.
- Shoja, H. (2018). Effect of foliar application of humic acid and seaweed extract on yield and quality of shallots, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Gorgan. (In Persian).
- Singh, K., Gupta, N., & Dhingra, M. (2018). Effect of temperature regimes, seed priming and priming duration on germination and seedling growth on American cotton. *Journal of Environmental Biology*, 39, 83-91. <https://doi.org/10.22438/jeb/39/1/MRN-446>
- Tipirdamaz, R., & Gomurgen, N. (2000). The effects of temperature and gibberellic acid on germination of *Eranthis hyemalis* (L.) salisb seeds. *Turkish Journal of Botany*, 24(2), 143-145.
- Warraich, E. A., Basar, S.M.A., Ahmad, N., Ahmad, R., & Aftab, M. (2002). Effect of nitrogen on grain quality and vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 4, 517-520.
- Yamauchi, Y., Ogawa, M., Kuwahara, A., Hanada, A., Kamiya, Y., & Yamaguchi, S., (2004). Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibition of *Arabidopsis thaliana* seeds. *Plant Cell*. 16, 367-378. <https://doi.org/10.1105/tpc.018143>
- Yousefvand, P., Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., & Mastinu, A. (2022). Salicylic acid stimulates defense systems in *Allium hirtifolium* grown under water deficit stress. *Journal of Molecules*, 27, 1-23. <https://doi.org/10.3390/molecules27103083>
- Zafarian, S., Houshmand, S. A., & Rouhi, V. (2011). Effect of Temperature and Seed Life Treatments on Dormancy Break and Germination Characteristics of Seeds of Aromatic Celery (*Kelussia odoratissima* Mozaff). *Journal of Herbal Medicine*, 2(4), 255-259. (In Persian).
- Zamani, Z., & Amiri, H., Ismaeili A. (2018). Effect of drought stress on germination characteristics of two populations of Fenugreek (*Trigonella foenum subsp. graceum* L.). 5(2), 191-183. <https://doi.org/10.29252/nbr.5.2.191>
- Zare, M., Mehrabi, e., Oladi, A., & Sharaf Zadeh, S. H. (2006). Investigating the effect of gibberellic acid (GA3) and kinetin on germination and seedlings growth of wheat under salinity stress. *Journal of Agriculture Sciences*, 12(4), 855-865.
- Zeinali, A., & Moradi, P. (2015). The effects of humic acid and ammonium sulfate foliar spraying and their interaction effects on the qualitative and quantitative yield of native garlic (*Allium sativum*). *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4(12), 205-211.