

Effect of different hormonal and cold treatments on some biochemical and germination indices in seeds of three species of *Salvia* (*Salvia officinalis*, *S. leyiifolia*, *S. syriaca*)

Mehrab Yadegari^{1*}

Extended abstract

Introduction: *Salvia* sp. from Lamiaceae family is one of the important medicinal and pasture plants that have many uses in various medicinal and food industries. This study was performed to evaluate the effects of different hormonal treatments on germination in three species of *Salvia* including *S. officinalis*, *S. leyiifolia*, and *S. syriaca* under different wet stratification periods.

Materials and Methods: This research was conducted in factorial layout experiment in a completely randomized design (CRD) with 3 replications and 2 separate repetitions in Herbal Research Institute, Shahrekord Branch, Islamic Azad University in 2024. Experimental treatments included wet chilling (0, 10, 20, 30 day in 4°C and RH=45%) as first factor (A1-A4) and hormones inclusive (gibberellic acid (120 ppm), benzyl adenine (10⁻⁴ M), kinetin (10⁻⁴ M), gibberellic acid (120 ppm) + benzyl adenine (10⁻⁴ M), gibberellic acid (120 ppm) + kinetin (10⁻⁴ M), benzyl adenine (10⁻⁴ M) + kinetin (10⁻⁴ M), gibberellic acid (120 ppm) + benzyl adenine (10⁻⁴ M)+ kinetin (10⁻⁴ M) and control) as second factor (B1-B8). Biochemical indices such as hydrogen peroxide, α-amylase and beta-1,3glucanase and germination indices such as dry weight of seedlings, length of seedlings, germination percentage, mean of germination time, seed vigour, and germination uniformity were measured.

Results: The use of wet chilling and hormonal treatments had significant effectiveness on germination characters. Gibberellic acid in the most of measured characters had beneficial and increasing effects. The most and lowest important measured germination characteristics and decreased time needed for germination. The highest and lowest amounts for germination characteristics such as seedling length (5.56-2.1 cm), seed vigor (5.1-0.94), seedling dry weight (45.35-19.84 mg), germination percentage (91.74-38.22), germination uniformity (21.03-3.57 day) and biochemical characters such as content of α-amylase (12.94-2.6 mM/g FW of seed), beta-1, 3 glucanase (10.79-2.83 mM/g FW of seed) and hydrogen peroxide (0.69-0.21 mM/g FW of seed) were recorded under wet chilling treatment for 20 day + gibberellic acid (120 ppm) + benzyl adenine (10⁻⁴ M) + kinetin (10⁻⁴ M) and treatment of without wet chilling + without hormonal treatment, respectively. Also, increasing wet chilling treatment duration, increased some evaluated characteristics, but most of them reached the highest values after 20 days wet chilling treatment. The amounts of evaluated characters in this treatment improved more than 100% in comparison to control seeds. It can be concluded that wet chilling (20 day) along with the use of gibberellic acid, benzyl adenine, and kinetin resulted in improved seed germination indices of *Salvia* spp. Results showed that in most of measured characteristics, the *Salvia* species have various amounts of biochemical and germination indices. Finally, the treatment of wet chilling (20 day) and use of gibberellic acid, benzyl adenine, and kinetin hormones, suggest to obtain of the best germination indices in seeds of *Salvia* spp. Germination percentage and most of the other measured characters in this research in *S. officinalis* were more than *S. syriaca*, and *S. leyiifolia*, respectively.

Conclusion: Results showed that the most of measured characteristics of *Salvia* species have various amounts of biochemical and germination indices. Generally, wet chilling (20 day) with the use of gibberellic acid, benzyl adenine, and kinetin suggest to best seed germination of *Salvia* spp.

Keywords: Benzyl adenine, Gibberellic acid, Medicinal plant, Phytohormone, Seed germination

Highlights:

- 1- Study the various periods of wet chilling and hormonal treatments on biochemical and germination indices of *Salvia officinalis*, *S. leyiifolia*, *S. syriaca*.
- 2- Wet chilling (20 day) with the use of gibberellic acid, benzyl adenine, and kinetin suggest to best seed germination of *Salvia* spp.

Research center of nutrition and organic products, ShK.C.
Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

<http://dx.doi.org/10.61882/yujs.11.2.189>



CrossMark

ISSN: 2383-1480 (On-Line); 2383-1251 (Print)



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Received: 5.1.2025; Revised: 28.2.2025;
Accepted: 18.3.2025; Online Published: 21.3.2025

*Corresponding author, E-mail: kazemkazem1357@iau.ac.ir

تأثیر تیمارهای مختلف هورمونی و سرماده‌ی بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی (*Salvia officinalis*, *S. leyiifolia*, *S. syriaca*) بذرهای سه گونه مریم‌گلی

مهراب یادگاری*

چکیده مبسوط

مقدمه: مریم‌گلی گیاهی ارزشمند و دارویی از خانواده نعناعیان دارای مصارف متعدد دارویی و غذایی است. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات تیمارهای هورمونی و دوره‌های سرماده‌ی مرتبط روی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذرهای سه گونه *S. syriaca*, *S. leyiifolia*, *S. officinalis*.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح یا به کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ و بطور دو بار مجزا انجام شد. سطوح سرماده‌ی مرتبط (A1-A4) به عنوان عامل اول و تیمارهای هورمونی (B1-B8) به عنوان عامل دوم قرار گرفتند. سطوح سرماده‌ی مرتبط شامل عدم سرماده‌ی، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز سرماده‌ی (دماهی ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۵ درصد) بود. تیمارهای هورمونی شامل اسید جیبرلیک (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)، بنزیل آدنین (۱۰ مولار)، کینتین (۱۰ مولار)، اسید جیبرلیک (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)+بنزیل آدنین (۱۰ مولار)، اسید جیبرلیک (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)+کینتین (۱۰ مولار)، بنزیل آدنین (۱۰ مولار)+کینتین (۱۰ مولار)، اسید جیبرلیک (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)+بنزیل آدنین (۱۰ مولار)، اسید جیبرلیک (۱۲۰ میلی گرم در لیتر)+بنزیل آدنین (۱۰ مولار)+کینتین (۱۰ مولار)+بنزیل آدنین (۱۰ مولار) و شاهد (آب مقطر) بودند. صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش شامل شاخص‌های بیوشیمیایی مقادیر آنزیمه‌های آلفا آمیلаз، بتا-۱ و -۳ گلوکوناز و پراکسید هیدروژن و شاخص‌های جوانه‌زنی از جمله طول و وزن خشک گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر، میانگین مدت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بودند.

یافته‌ها: سرماده‌ی مرتبط و تیمارهای هورمونی به طور معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی اثرگذار بودند. اسید جیبرلیک در بیشتر صفات مورد بررسی، نقش مفید و افزایشی داشت. بیشترین و کمترین مقادیر صفات مهم جوانه‌زنی از جمله طول گیاهچه (۳/۱-۵/۵۶ سانتی‌متر)، شاخص بنیه بذر (۰/۹۴-۵/۱)، وزن خشک گیاهچه (۳/۵) و جوانه‌زنی (۹۱/۷۴) درصد، یکنواختی جوانه‌زنی (۲۱/۰۳) روز و صفات بیوشیمیایی از جمله مقادیر آلفا آمیلاز (۲/۶-۲/۹۴) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر، بتا-۱ و -۳-گلوکوناز (۲/۸۳-۱۰/۷۹) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر و پراکسید هیدروژن (۲۱-۰/۶۹) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) به ترتیب در تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرتبط (۲۰ و ۳۰ روز) + تیمار هورمونی بنزیل آدنین + کینتین + اسید جیبرلیک و تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی به وجود آمد که نسبت به شاهد، افزایشی بیش از دو برابر را نشان داد. درصد جوانه‌زنی و غالب صفات مورد بررسی در گونه *S. officinalis* به ترتیب بیشتر از گونه *S. leyiifolia* و *S. syriaca* بود.

نتیجه‌گیری: مقادیر شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر گونه‌های مریم‌گلی متفاوت است. بر اساس برهمکنش سرماده‌ی و تیمارهای هورمونی، ۲۰ روز سرماده‌ی مرتبط با کاربرد هر یک از تیمارهای بنزیل آدنین، کینتین و اسید جیبرلیک جهت جوانه‌زنی بذر مریم‌گلی و تولید بالاترین مقادیر شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی، مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، بنزیل آدنین، جوانه‌زنی بذر، گیاه دارویی، هورمون گیاهی

جنبه‌های نوآوری:

- اثرات تیمارهای هورمونی و سرماده‌ی مرتبط روی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر سه گونه مریم‌گلی بررسی شد.
- ۲۰ روز سرماده‌ی مرتبط با کاربرد هر یک از تیمارهای بنزیل آدنین، کینتین و اسید جیبرلیک جهت جوانه‌زنی بذر مریم‌گلی پیشنهاد می‌گردد.

مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد
اسلامی، شهرکرد، ایران.

<http://dx.doi.org/10.61882/yujs.11.2.189>

* رایانمہ نویسنده مسئول: kazemkazem1357@iau.ac.ir



CrossMark

شان: ۱۴۸۰-۱۴۸۳-۲۳۸۳ (برخط); ۱۲۵۱-۲۳۸۲ (چاپ)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶؛ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸؛ تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

آنزیم‌های دخیل در ساخت متابولیت‌های ثانویه، تولید این ترکیب‌ها را افزایش می‌دهند (کانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده از محرك‌های زیستی با هدف دستیابی به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد از اهمیت زیادی برخوردارند. پیش تیمار بذر به عنوان یک راهکار جهت افزایش استقرار گیاهچه به ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است (پیری^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۱). در جهت بالا بردن توان جوانه‌زنی بذرهای گیاهان، تیمار با مواد شیمیایی متنوعی مانند هورمون‌های گیاهی در جهت افزایش جوانه‌زنی بذرها صورت می‌گیرد که از انواع آن افزایش جوانه‌زنی بذرها صورت می‌گیرد که از انواع آن می‌توان انواع هورموپرایمینگ را نام برد. بذرهای تیمار شده به لحاظ متابولیکی، بیوشیمیایی، ساختار سلولی و غیره، در وضعیت زیستی مناسب‌تری در مقایسه با بذرهای تیمار نشده قرار دارند (عمادی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۲). بذرهای تیمار شده زودتر جوانه‌زده و فرآیندهای زیستی خود را نیز سریع‌تر محقق می‌نمایند. این امر می‌تواند تطابق طبیعی عوامل زنده تنفس را با مراحل فنولوژیک گیاه هدف تغییر داده و در نتیجه به هنگام طغیان عوامل بیماری‌زا، خسارت وارد به بذرهای تیمار شده در حال جوانه‌زنی و گیاهان استقرار یافته از آنها کاهش یابد (غیاثی اسکویی و آقاعدلیخانی^{۱۳}، ۲۰۲۳). اسید جیبرلیک و سیتوکینین‌به عنوان تحریک‌کننده‌های قوی و مؤثر در جوانه‌زنی و شکستن خواب بذر در گونه‌های مختلف گیاهی پذیرفته شده‌اند (امیری کیا^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۳). پیش تیمار بذرهای مریم‌گلی با اسید سالیسیلیک و محلول پاشی نانو اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را در بهبود صفات رشدی و فعالیت آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه داشته است (قدسی ماب^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۲).

تیمار بذر با درجه حرارت پایین یا بالا، لایه بندی مرتبط بذر نامیده می‌شود. از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آن، درجه حرارت و طول دوره آن می‌باشد و این شرایط برای گونه‌های مختلف یکسان نیست. عواملی که باعث یکنواختی خروج گیاهچه‌های پرایم شده گردند،

مقدمه

مریم‌گلی (*Salvia spp.*) گیاهی دارویی، متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) است. مریم‌گلی شامل ۹۰۰ گونه علفی، بوته‌ای، چندساله، به ندرت یکساله و یا دوساله است که برگ‌ها و گل‌های معطر دارد و در مناطق گرم و معتدل جهان رشد می‌کنند (مظفریان^۱، ۲۰۰۸). گونه *S. leriifolia* Benth. یکی از استانهای خراسان و سمنان، از جمله گیاهان دارویی در معرض خطر انقراض است (قصیمی حق^۲ و همکاران، ۲۰۱۸). این گیاه دارای خاصیت خواب‌آوری، شلکنده عضلات، ضد التهاب و کاهش‌دهنده قند خون (حسین‌زاده^۳ و همکاران، ۲۰۰۹) و متابولیت‌های ثانویه ارزشمندی مانند ترپن‌وئیدها و فلاونوئیدها دارد (باقری و یادگاری^۴، ۲۰۲۱؛ باسکان^۵ و همکاران، ۲۰۰۷). بتا-توجان، آلفاتوجان، اسید رزمارینیک، کامفور و اوکالیپتوول از متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاه مریم‌گلی است (یادگاری^۶، ۲۰۱۸b؛ خسروی و همکاران^۷، ۲۰۲۳).

بذر بسیاری گونه‌های دارویی به جهت برخی نیازهای آکولوژیکی با شرایط محیطی، جوانه‌زنی ناهمانگ و ضعیفی دارند (تاجبخش و قیاسی^۸، ۲۰۰۸؛ مکدونالد^۹، ۱۹۹۹). بسیاری از گیاهان دارویی جوانه‌زنی پائین و سرعت رشد کمی دارند و پائین بودن شاخص‌های جوانه‌زنی در این گیاهان باعث شده تا بیشتر از سایر گیاهان در معرض انهدام و انقراض قرار بگیرند (تاجبخش و قیاسی^۸، ۲۰۰۸). موانعی در اعمال تیمارهای مختلف بر گیاهان وجود دارد که بر نتیجه‌بخشی آنها اثرگذار است. یکی از این موانع، پوسته بذر است که در مقابل ورود هر ماده خارجی به داخل سلول‌های گیاهی قرار دارد و منجر به کاهش کارایی تیمارها می‌شود. در گیاهان دارویی برای بهبود جوانه‌زنی، رشد و نمو و تولید متابولیت‌های ثانویه از سازوکارهای مختلفی استفاده می‌شود و با تأثیر بر

¹ Mozaffarian

² Ghasimi Hagh

³ Hosseinzadeh

⁴ Bagheri and Yadegari

⁵ Başkan

⁶ Yadegari

⁷ Khosravi

⁸ Tajbakhsh and Gheyasi

⁹ McDonald

¹⁰ Kang

¹¹ Piri

¹² Emadi

¹³ Ghiasi Oskooe and Aghalikhani

¹⁴ Amirikia

¹⁵ Ghodsi Maab

اول و تیمارهای هورمونی در هشت سطح به شرح زیر به عنوان عامل دوم قرار گرفتند (انصاری^۷ و همکاران، ۲۰۲۳؛ سلیمانی^۸، ۲۰۱۵؛ یوسفی^۹ و همکاران، ۲۰۲۱، نعمتی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶).
 B1: اسید جیبرلیک (GA3) (غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر).
 B2: بنزیل آدنین (BA) (غلظت 10^{-4} مولار).
 B3: کینتین (KIN) (غلظت 10^{-4} مولار).
 B4: $B_2 + B_1 : B_4$
 B5: $B_3 + B_1 : B_5$
 B6: $B_3 + B_2 : B_6$
 B7: $B_3 + B_2 + B_1 : B_7$
 B8: شاهد (آب مقطر).

عملیات آزمایشگاهی: اسید جیبرلیک (از شرکت مرک آلمان) با استفاده از اتانول ۹۶ درصد و هورمون‌های کینتین (KIN) و بنزیل آدنین (BA) (ساخت کشور ایران شرکت تیتراتک) با استفاده از هیدروکسید سدیم یک نرمال حل شدند. به منظور پیشگیری از هر نوع آلودگی، بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۵ درصد به مدت یک دقیقه ضدغونی شده و بالاصله طی چند مرحله متوالی با آب مفطر مورد شستشو قرار گرفتند. پس از آن برای جلوگیری از کپک زدگی بذرها در محلول قارچ کش کاپتان ۵۰ درصد پودر وتابل به مدت ۲ دقیقه قرار گرفتند. به منظور پیشگیری از آلودگی احتمالی، ضمن سترون کردن کلیه وسایل با دستگاه اتوکلاو و آون تمام مراحل آزمایش در محیط سترون انجام شد. بذرها تحت تیمار عدم سرماده‌ی (زمان صفر) و تیمارهای سرماده‌ی مرتبط در ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ روز قرار گرفتند؛ به این صورت که بذرهای مرتبط را داخل کیسه‌های نخی استریل شده و مرتبط به صورت جداگانه قرار داده و در محیطی ایزوله و تاریک در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از سیری نمودن تیمارهای سرماده‌ی، بذرها تحت تیمارهای هورمونی قرار گرفتند. جهت جوانه‌زنی بذرها از دستگاه ژرمنیتور، استفاده گردید و جهت تنظیم دستگاه از لحظه میزان دما و دوره نوری، ۸ ساعت

⁷Ansari
⁸Soleymani
⁹Yousefi
¹⁰Nemati

اولاً به دلیل افزایش توانایی گیاه از نظر سرعت و یکنواختی در سبز شدن، که از عوامل مهم افزایش عملکرد می‌باشند، موجب طولانی‌تر شدن فرآیند تولید و افزایش محصول نهایی شده؛ ثانیاً، با جلوگیری از ظهور تدریجی گیاهچه‌ها باعث می‌شوند که در زمان برداشت، گیاهانی با دوره رشد متفاوت وجود نداشته باشند (سارانی^۱ و همکاران، ۲۰۲۴؛ جعفری^۲ و همکاران، ۲۰۲۲؛ افروز^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). اثر مطلوب ترموپرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بذرهای گل رز ایرانی (*Rosa persica* Michx ex Juss.) (وضعیعی^۴ و *Melissa officinalis*) (۲۰۲۲) و بادرنجویه (عمامدی و همکاران، ۲۰۲۲) به اثبات رسیده است. اثر مطلوب پیش‌تیمار دمایی و هورمونی بر صفات جوانه‌زنی بذر خارمریم (*Silybum marianum*) (موسوی^۵ و همکاران، ۲۰۲۱) و گل ماهور (*Verbascum* spp.) (شیرعلی^۶ و همکاران، ۲۰۲۲) گزارش شده است. این تحقیق بهمنظور بررسی پیش‌تیمارهای سرماده‌ی مرتبط و هورمونی روی خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه گونه‌های دارویی مریم‌گلی شامل *S. leriiifolia* و *S. officinalis*, *S. syriaca* جهت یافتن بهترین تیمار برای تولید بالاترین شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو دفعه مجزا با فاصله یک‌ماه، با شرایط یکسان برای هر گونه، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی (CRD) با ۳ تکرار در آزمایشگاه مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و معطر دانشکاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. بذرهای هر سه گونه مریم‌گلی در شهریور ماه ۱۴۰۲ توسط شرکت پاکان بذر اصفهان تولید شده بودند. سطوح مختلف زمان سرماده‌ی مرتبط (demای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۴۵ درصد در چهار زمان ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) (A1-A4) به عنوان عامل

¹Saranai

²Jafari

³Afrouz

⁴Vazieea

⁵Mousavoeey

⁶Shirali

با داشتن درصد جوانهزنی و میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، بنیه بذر از رابطه 4 محاسبه شد (بردفورد، 1995):

$$\text{رابطه } 4: 100 / (\text{میانگین طول گیاهچه} \times \text{درصد جوانهزنی}) =$$

شاخص بنیه بذر در روز پانزدهم، بذرها از پتری خارج و سپس به منظور تعیین وزن خشک گیاهچه، نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در دمای 50 درجه سلسیوس درون آون قرار داده شدند. به منظور اندازه‌گیری مقادیر آنزیم آلفا آمیلاز و پراکسید هیدروژن، از بذرها تیمارشده با آب مقطر و غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک در زمان‌های مختلف سرماده‌ی استفاده شد. جهت برآورد محتوای پراکسید هیدروژن، 0.25 گرم بذر در داخل هاون چینی در نیتروژن مایع به خوبی سائیده و با تری کلرواستیک اسید $1/10$ درصد هموژن شد. مخلوط هموژن شده با 10 هزار دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه سانتریفیوژ شد. 0.5 میلی لیتر از مایع رویی برداشت شد و به 0.5 میلی لیتر بافر پتاسیم فسفات یک مولاو و یک میلی لیتر پتاسیم ییدید یک مولاو اضافه شد. میزان جذب مایع رویی در طول موج 390 نانومتر با اسپکتروفوتومتر Shimadzu UV-160 اندازه‌گیری شد. محتوای H_2O_2 با مقایسه منحنی کالیبراسیون استاندارد که قبلاً با غلظت‌های مختلف H_2O_2 ساخته شده بود تعیین شد. میزان H_2O_2 بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر گزارش شد (نظری 3 و همکاران، 2012). بذرها تیمار شده و تیمار نشده به مدت 48 ساعت در محیط کشت ماسه قرار گرفتند تا فرآیندهای جوانهزنی در بذر آغاز شود. پس از آن نمونه‌های بذری از تیمارهای مورد نظر درون میکروتیوب قرار گرفتند و بلافصله درون نیتروژن مایع ریخته شدند، سپس تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی، نمونه‌ها در فریزر -80 درجه سلسیوس نگهداری شدند. به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، 0.5 گرم از بذرها که بعد از مدت زمان 48 دقیقه آبنوشی جمع‌آوری شده بودند، در هاون سرد با نیتروژن مایع به خوبی پودر شدند. برای استخراج عصاره آنزیم از روش بیسواس 3 و

روشنایی در دمای 25 درجه سلسیوس و 16 ساعت تاریکی در دمای 20 درجه سلسیوس تنظیم گردید (یادگاری، $2018a$). واحدهای آزمایشی در این تحقیق، ظروف پتری با قطر 90 میلی‌متر و ارتفاع 10 میلی‌متر، ستون شده همراه با کاغذ صافی در داخل آن بود. در هر پتری 20 عدد بذر که قبلاً تحت دوره مشخص سرماده‌ی مرطوب قرار گرفته بودند، پس از ضدغوفونی، در پتری‌ها قرار داده شده و با 5 میلی لیتر از تیمارهای هورمونی ذکر شده، مرطوب گردیدند و در داخل ژرمیناتور قرار داده شدند. بذرها بصورت روزانه بازبینی و تعداد بذرهایی که ریشه‌چه آن‌ها قابل روئیت بود به عنوان بذرهای جوانه‌زده شمارش شد. صفات جوانهزنی به مدت دو هفته، بصورت روزانه ثبت گردیدند (مکدونالد، 1999). صفات جوانهزنی شامل طول و وزن خشک گیاهچه، درصد جوانهزنی، متوسط مدت جوانهزنی، بنیه بذر و شاخص جوانهزنی؛ صفات بیوشیمیایی بذر از جمله مقادیر آنزیم‌های آلفا آمیلاز، بتا- $1-3$ -گلوکوناز و پراکسید هیدروژن از طریق روابط ذیل برآورد شدند (مکدونالد، 1999 ؛ تاجبخش و قیاسی، 2022). درصد جوانهزنی مطابق رابطه 1 محاسبه شد:

$$\text{رابطه } 1: G = (n/N) \times 100$$

[درصد جوانهزنی = G ، تعداد بذرهاي جوانه‌زده = n ، تعداد بذرهاي قرار داده شده در هر ظرف پتری = N]

متوسط زمان جوانهزنی: متوسط زمان لازم برای جوانهزنی شاخصی از سرعت و شتاب جوانهزنی است. طبق رابطه 2 محاسبه گردید (بردفورد، 1995):

$$\text{رابطه } 2: MTG = \frac{\sum (nd)}{\sum n}$$

[تعداد بذرهاي جوانه‌زده در طی روز دی ام = n ، تعداد روزها از ابتدای جوانهزنی = d]

یکنواختی جوانهزنی: عبارت است از مدت زمان لازم بین 10% تا 90% جوانهزنی و بیانگر یکنواختی بیشتر است که مطابق رابطه 3 برآورد شد (مکدونالد، 1999):

$$\text{رابطه } 3: \frac{1}{\sum (D-D) \times N} = \text{یکنواختی جوانهزنی}$$

[تعداد روزها از ابتدای جوانهزنی = D ، میانگین تعداد روزها از ابتدای جوانهزنی = \bar{D} ، تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز = n ، کل تعداد بذرهاي جوانه‌زده = N]

²Nazari
³Biswas

¹Bradford

در تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی BA + KIN + GA₃ (A3B7) و تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) به وجود آمد. در عین حال بیشترین و کمترین مقادیر میانگین مدت جوانه‌زنی (۱۰-۰-۱۰ روز)، به ترتیب در تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) و تیمار سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی BA + BA (A3B7) به وجود آمد (جدول ۲).

اطلاعات برآمده از پژوهش حاضر، بیانگر اثرات معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده بر صفات مورد ارزیابی در گونه *S. syriaca* بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقادیر صفات طول گیاهچه (۵/۰۵-۲۱/۸۳-۳۴/۲۳) ۲/۷۷ سانتی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۵۹/۳۵-۸۴/۰۱) میلی‌گرم)، جوانه‌زنی (۱۰-۴/۱۸) (۱/۸۰-۴/۱۸)، شاخص جوانه‌زنی (۹۱/۱۷-۰۳/۴)، میزان آلفا آمیلаз (۷۴/۱۰-۲/۸۷) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر)، بتا-۱ و ۳-گلوکوناز (۴۹/۳-۲۰/۹) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) و پراکسید هیدروژن (۶۱/۰-۰/۱۸) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) به ترتیب در تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی BA + KIN + BA (A3B7) و تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) به وجود آمد (جدول ۴). در عین حال بیشترین و کمترین مقادیر میانگین مدت جوانه‌زنی (۷۹/۰-۱۰/۱) روز)، به ترتیب در تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) و تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی BA + KIN + BA (A3B7) مشاهده شد (جدول ۴). با اضافه شدن تیمار اسید جیبرلیک، روند افزایشی در صفات مورد ارزیابی مشاهده گردید. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور رویان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور رویان تأثیرگذارند (باقری^۴ و همکاران، ۲۰۲۲).

همکاران (۱۹۸۷) استفاده شد. بر این اساس ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۱/۰ مولار سرد با اسیدیته ۷/۲ به بذرهای پودر شده اضافه و به خوبی مخلوط شد و به مدت ۲۵ دقیقه در سانتریفیوژ یخچال دار در دمای ۴ درجه سلسیوس با ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و بلافضله محلول رویی جدا و تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیم در دمای ۸-۸۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. مقدار آنزیم‌ها در عصاره بذرها با روش بیکر^۱ (۱۹۹۱) و برنفلد^۲ (۱۹۹۵) تعیین شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر ثبت شد. مقدار آنزیمی بر حسب میلی‌گرم مالتوز بر گرم وزن بافت تازه محاسبه شد (دهقان‌پور فراشاه^۳ و همکاران، ۲۰۱۱).

روش تجزیه و تحلیل: میانگین دو بار تکرار صفات مختلف اندازه‌گیری شده برآورد گردید و در ادامه تجزیه آماری اطلاعات به دست آمده و برآورد ضرایب ساده پیرسون، با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver.9.2) انجام شد. همچنین برای محاسبه ضریب تغییرات و مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار مذکور استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (ver. 2013) استفاده شد.

نتایج و بحث

Salvia officinalis نتایج تجزیه واریانس اطلاعات برآمده از میانگین دو بار تکرار مجزای این پژوهش نشان داد که تیمارهای مورد تحقیق اثر معنی‌داری روی صفات جوانه‌زنی بذر گونه‌های مریم‌گلی گونه *S. officinalis* ایجاد نمودند (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقادیر صفات طول گیاهچه (۵/۰۵-۳/۴۱) سانتی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۳/۴۵-۴/۳۵) میلی‌گرم)، جوانه‌زنی (۷۴/۹۱-۰۹/۷۸) و بذر (۰/۱۰-۵/۲۶) شاخص جوانه‌زنی (۲۱/۰۳-۲۱/۰۴)، میزان آلفا آمیلاز (۹۴/۱۲-۱۲/۷۷) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر)، بتا-۱ و ۳-گلوکوناز (۷۹/۱۰-۱۰/۲۰) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) و پراکسید هیدروژن (۶۹/۰-۰/۲۴) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) به ترتیب

¹Baker

²Bernfeld

³Dehghanpour farashah

جدول ۱. میانگین مریعات حاصل از تجزیه واریانس سطوح مختلف سرماده‌ی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیابی بذر گونه *S. officinalis*

Table 1. Mean squares of variance analysis of various wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. officinalis*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	بنیه بذر Seed vigor	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean of germination time	آلفا آمیلاز α-amylase	بتا-۱ و ۳ گلوکوناز Beta-1, 3 glucanase	پراکسید هیدروژن hydrogen peroxide
سرماده‌ی مرطوب (A)	3	21.8 **	9.01 **	14.4 **	14.1 **	35.2 **	24.23 **	44.5 **	24.1 **	52.5 **
تیمار هورمونی (B)	7	5.1 **	7.5 **	7.1 **	14.1 **	8.11 **	15.33 **	10.1 **	33.11 **	28.62 **
A×B	21	7.1 **	8.14 **	6.6 **	9.2 **	7.9 **	4.17 **	3.11 **	3.88 **	5.77 **
(E) خطأ	64	0.81	0.92	1.12	1.03	0.45	0.62	0.92	0.56	0.99
(C.V%) ضریب تغییرات		14.11	11.10	12.14	10.11	12.76	9.88	7.22	3.02	12.11

**، * significant at $p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$ respectively, ns: non-significant

*** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰.۰۱، ۰.۰۵ و عدم معنی‌داری

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سرماده‌ی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیابی بذر گونه *S. officinalis*

Table 2. Mean comparison for the effect of wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. officinalis*

تیمار Treatment	وزن خشک Dry weight of seedling (mg)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	بنیه بذر Seed vigor	یکنواختی جوانه‌زنی (روز) Germination uniformity (day)	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean of germination time (day)	آلفا آمیلاز (میلی مول بر گرم وزن تر) α-amylase (mM/g fw)	بتا-۱ و ۳ گلوکوناز (میلی مول بر گرم وزن تر) Beta-1, 3 glucanase (mM/g fw)	پراکسید هیدروژن (میلی مول بر گرم وزن تر) Hydrogen peroxide (mM/g fw)		
A1	B1	3.72 **	35.56 de	82.84 f	3.1 e	8.67 g	0.40 de	4.31 gh	3.78 hi	0.30 f
	B2	3.49 f	35.02 de	80.41 h	2.8 ef	7.68 gh	0.46 d	3.77 h	3.31 i	0.27 f
	B3	3.58 ef	35.67 d	79.12 h	2.8 ef	8.97 g	0.49 cd	3.93 gh	3.45 i	0.28 f
	B4	3.94 de	36.02 d	84.03 e	3.3 e	10.97 f	0.37 e	4.58 g	4.02 hi	0.35 ef
	B5	3.61 ef	36.37 d	82.54 f	2.9 e	10.39 ef	0.45 d	4.02 gh	3.53 hi	0.34 ef
	B6	3.69 e	36.61 d	82.70 f	3.1 e	11.17 ef	0.44 d	4.45 g	3.90 hi	0.38 e
	B7	4.06 de	37.46 cd	84.13 e	3.4 e	12.25 e	0.32 ef	4.86 fg	4.26 h	0.42 d
	B8	3.41 f	34.72 e	78.70 i	2.6 f	6.75 h	0.70 a	3.85 gh	3.24 i	0.25 fg
A2	B1	3.88 e	36.76 d	84.13 e	3.3 e	19.06 b	0.30 f	5.83 ef	4.86 g	0.41 de
	B2	3.72 ef	35.97 d	82.84 f	3.1 e	17.72 bc	0.53 c	4.88 fg	4.07 h	0.37 e
	B3	3.77 e	36.21 d	84.55 e	3.2 e	18.57 bc	0.40 de	5.01 fg	4.18 h	0.42 de
	B4	4.06 de	38.71 c	85.70 de	3.4 d	19.30 b	0.28 fg	6.74 e	5.62 f	0.48 cd
	B5	4.33 d	37.76 cd	82.70 f	3.6 d	18.68 b	0.44 d	5.42 f	4.52 gh	0.45 d
	B6	4.55 cd	39.51 bc	83.26 ef	3.7 c	19.07 b	0.40 de	6.63 e	5.53 f	0.46 d
	B7	4.67 c	41.30 b	87.70 c	4.1 bc	19.66 ab	0.22 g	8.22 d	6.85 e	0.49 cd
	B8	3.55 f	35.43 e	81.61 g	2.9 ef	15.76 cd	0.61 b	4.62 g	3.85 h	0.36 e

یادگاری: تأثیر تیمارهای مختلف هورمونی و سرمادهی بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی...

	B1	4.45 ^{cd}	38.46 ^c	87.87 ^c	3.9 ^c	18.56 ^{bc}	0.12 ^{hi}	8.93 ^c	7.44 ^{de}	0.60 ^b
	B2	4.27 ^d	37.31 ^{cd}	86.13 ^d	3.6 ^{cd}	17.58 ^{bc}	0.13 ^{hi}	6.77 ^e	5.64 ^f	0.52 ^c
	B3	4.49 ^{cd}	38.31 ^c	82.31 ^{fg}	3.6 ^{cd}	17.61 ^{bc}	0.16 ^h	6.78 ^e	5.65 ^f	0.53 ^{bc}
A3	B4	4.77 ^{bc}	40.30 ^{bc}	90.28 ^b	4.3 ^b	21.03 ^a	0.10 ^{hi}	10.12 ^b	8.43 ^c	0.64 ^{ab}
	B5	5.04 ^b	40.42 ^{bc}	87.69 ^c	4.4 ^b	19.66 ^{ab}	0.15 ^h	9.35 ^{bc}	7.79 ^{cd}	0.56 ^{bc}
	B6	5.05 ^b	41.50 ^b	86.31 ^{cd}	4.3 ^b	20.52 ^{ab}	0.14 ^{hi}	8.98 ^c	7.49 ^d	0.59 ^b
	B7	5.56 ^a	45.35 ^a	91.74 ^a	5.1 ^a	19.92 ^{ab}	0.10 ⁱ	12.94 ^a	10.79 ^a	0.69 ^a
	B8	4.09 ^{de}	36.37 ^{de}	83.99 ^e	3.4 ^e	16.87 ^c	0.40 ^{de}	5.55 ^f	5.00 ^g	0.48 ^d
A4	B1	3.88 ^e	39.06 ^{cd}	83.87 ^e	3.2 ^e	15.55 ^{cd}	0.19 ^{gh}	7.46 ^{de}	6.72 ^e	0.56 ^{bc}
	B2	3.72 ^{ef}	35.62 ^e	82.57 ^f	3.1 ^e	14.46 ^d	0.20 ^{gh}	6.27 ^{ef}	5.65 ^f	0.50 ^{cd}
	B3	3.61 ^f	36.02 ^{de}	81.97 ^{fg}	2.9 ^{ef}	15.14 ^{cd}	0.24 ^g	6.64 ^e	5.98 ^{ef}	0.53 ^c
	B4	4.33 ^{cd}	39.51 ^{bc}	85.11 ^{de}	3.6 ^d	17.46 ^{bc}	0.16 ^h	8.73 ^{cd}	7.86 ^{cd}	0.60 ^b
	B5	4.05 ^{de}	35.92 ^{de}	82.27 ^f	3.3 ^{de}	15.55 ^{cd}	0.23 ^{gh}	7.86 ^d	7.08 ^{de}	0.53 ^c
	B6	4.21 ^d	38.26 ^{cd}	83.68 ^e	3.5 ^d	17.61 ^{bc}	0.21 ^{gh}	7.47 ^{de}	6.73 ^e	0.57 ^{bc}
	B7	4.61 ^c	40.50 ^b	86.40 ^d	3.9 ^c	18.89 ^b	0.15 ^{hi}	7.68 ^d	8.94 ^b	0.67 ^a
	B8	3.50 ^f	34.71 ^e	81.41 ^{gh}	2.8 ^{ef}	6.61 ^h	0.71 ^a	3.83 ^h	3.20 ⁱ	0.24 ^g

*حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters in each column indicate significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۳. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس سطوح مختلف سرمادهی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر گونه *S. syriaca*

Table 3. Mean squares of variance analysis of various wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. syriaca*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	بنیه بذر Seed vigor	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean of germination time	alfa-آمیلاز α-amylase	بتا-۱ و ۳ کل کوتاز Beta-1, 3 glucanase	پراکسید هیدروژن hydrogen peroxide
سرمادهی مرطوب (A)	3	35.5 ^{**}	14.22 ^{**}	22.4 ^{**}	11.1 ^{**}	42.2 ^{**}	33.51 ^{**}	62.5 ^{**}	44.5 ^{**}	77.42 ^{**}
تیمار هورمونی (B)	7	15.1 ^{**}	14.5 ^{**}	19.1 ^{**}	27.1 ^{**}	5.42 ^{**}	7.33 ^{**}	46.61 ^{**}	39.61 ^{**}	42.61 ^{**}
A×B	21	22.1 ^{**}	23.8 ^{**}	28.6 ^{**}	19.2 ^{**}	2.9 ^{**}	4.22 ^{**}	8.11 ^{**}	15.11 ^{**}	17.11 ^{**}
خطا (E)	64	0.99	0.85	23.12	0.56	0.94	0.99	0.58	0.86	0.61
ضریب تغییرات (C.V%)		12.18	10.17	10.14	11.23	8.11	11.55	12.77	10.14	12.12

***، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری

**, * significant at p≤0.01, p≤0.05 respectively, ns: non-significant

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سرمازه‌ی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیابی بذر گونه *S. syriaca*Table 4. Mean comparison for the effect of wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. syriaca*

تیمار Treatment		طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	درصد جوانه‌زنی	بنیه بذر	یکنواختی جوانه‌زنی (روز)	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	الفتا آمیلاز (میلی‌مول بر گرم وزن تو)	بتا-1 و ۳ گلوكوتان (میلی‌مول بر گرم وزن تو)	پراکسید هیدروژن (میلی‌مول وزن تو)
سرمازه‌ی Wet chilling	هورمون Hormone	Seedling length (cm)	Dry weight of seedling (mg)	Germination percentage	Seed vigor	Germination uniformity(day)	Mean of germination time (day)	α -amylase (mM/g fw)	Beta-1, 3 glucanase (mM/g fw)	hydrogen peroxide (mM/g fw)
A1	B1	3.27 f*	26.79 c	63.78 e	2.08 ef	5.29 hi	0.44 de	3.32 hi	3.82 fg	0.22 gh
	B2	3.07 f	22.46 e	61.92 e	1.90 f	4.69 hi	0.51 d	2.90 i	3.34 g	0.20 h
	B3	3.15 f	22.87 e	60.92 e	1.91 f	5.47 h	0.54 cd	3.03 i	3.48 g	0.21 gh
	B4	3.46 ef	23.09 e	64.70 de	2.24 e	6.69 gh	0.41 e	3.53 hi	4.06 fg	0.26 g
	B5	3.16 f	23.32 de	63.56 de	2.01 ef	6.34 gh	0.50 d	3.09 i	3.56 g	0.25 g
	B6	3.25 f	23.48 de	63.68 de	2.07 ef	6.81 gh	0.49 d	3.42 hi	3.94 fg	0.28 fg
	B7	3.57 ef	28.32 bc	64.78 de	2.31 e	7.47 g	0.36 ef	3.74 h	4.31 f	0.31 f
	B8	3.00 fg	22.26 e	60.60 e	1.81 f	4.03 i	0.78 ab	2.96 i	3.22 g	0.18 h
A2	B1	3.03 fg	23.57 d	69.83 d	2.11 ef	11.24 de	0.33 ef	4.84 fg	4.27 f	0.34 ef
	B2	2.90 g	23.07 d	68.76 d	1.99 ef	10.45 ef	0.59 c	4.05 gh	3.58 g	0.30 f
	B3	2.94 g	23.22 d	70.18 d	2.06 ef	10.96 de	0.44 de	4.16 gh	3.67 g	0.35 ef
	B4	3.16 f	24.82 cd	71.13 d	2.25 e	11.38 d	0.31 f	5.59 ef	4.94 ef	0.39 de
	B5	3.38 ef	24.21 d	68.64 d	2.32 e	11.02 de	0.49 d	4.50 gh	3.97 fg	0.36 e
	B6	3.55 ef	25.33 cd	69.11 d	2.45 e	11.25 de	0.44 de	5.51 ef	4.86 ef	0.37 e
	B7	3.64 e	29.99 b	84.00 a	3.05 cd	11.60 d	0.25 fg	6.82 d	6.03 de	0.40 de
	B8	2.77 h	22.71 e	67.74 d	1.87 f	9.30 f	0.68 b	3.83 h	3.20 g	0.29 fg
A3	B1	4.05 cd	28.56 bc	79.19 b	3.21 c	15.04 bc	0.14 gh	7.41 cd	6.55 d	0.49 c
	B2	3.89 d	27.71 c	77.62 bc	3.01 cd	14.24 c	0.15 gh	5.62 ef	4.96 ef	0.43 d
	B3	4.08 cd	28.45 bc	74.18 c	3.03 cd	14.26 c	0.18 g	5.63 ef	4.97 ef	0.44 cd
	B4	4.34 c	29.93 b	81.36 ab	3.53 b	17.03 ab	0.12 h	8.40 b	7.42 c	0.53 bc
	B5	4.58 bc	30.02 b	79.03 bc	3.62 b	15.93 b	0.17 gh	7.76 bc	6.86 cd	0.46 cd
	B6	4.60 b	34.23 a	77.78 b	3.57 b	16.62 ab	0.16 gh	7.46 c	6.59 d	0.48 c
	B7	5.05 a	33.68 a	82.68 a	4.18 a	17.91 a	0.11 h	10.74 a	9.49 a	0.56 b
	B8	3.72 de	25.69 cd	75.69 c	2.82 d	13.66 cd	0.44 de	4.61 g	4.40 f	0.39 de
A4	B1	3.37 f	29.01 bc	74.39 c	2.51 de	12.45 d	0.21 g	5.05 fg	6.14 de	0.51 c
	B2	3.23 f	26.45 c	73.24 c	2.37 de	11.58 de	0.22 g	4.24 gh	5.16 e	0.46 cd
	B3	3.14 fg	26.75 c	72.71 c	2.28 e	12.13 d	0.27 fg	4.49 g	5.47 e	0.49 c
	B4	3.76 de	29.34 b	75.49 bc	2.84 d	13.99 c	0.18 g	5.91 e	7.19 cd	0.55 b
	B5	3.52 ef	26.68 c	72.97 c	2.57 de	12.45 d	0.25 fg	5.32 ef	6.47 d	0.49 c
	B6	3.66 de	28.41 bc	74.22 bc	2.72 de	14.10 c	0.24 fg	5.05 f	6.15 de	0.52 bc
	B7	4.01 d	30.08 b	76.64 bc	3.07 d	15.13 bc	0.16 g	6.46 de	8.17 b	0.61 a
	B8	3.04 gh	21.83 e	59.35 e	1.80 f	10.69 e	0.79 a	2.87 j	3.24 g	0.42 d

*حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون LSD است.

The different letters in each column indicate significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جوانه‌زنی و بیوشیمیابی مورد بررسی در تحقیق حاضر را دارند؛ به نظر می‌رسد اسید جیرلیک می‌تواند بیوسنتر اکسین را القا نموده و منجر به افزایش مقداری صفات موردنیازی باشد. جوانه‌زنی انتهائی، رشد را نه تنها از طریق بیوسنتر مستقیم اکسین، بلکه از طریق بیوسنتر القائی

به نظر می‌رسد علاوه بر اثرات مفید هورمون‌های رشد، سرمازه‌ی مرطوب نیز دارای اثرات افزاینده در صفات موردنیازی داشت. این هورمون‌ها منجر به افزایش صفات جوانه‌زنی در بذرهای مریم‌گلی گردیدند. هورمون‌های رشد، پتانسیل بالقوه برای افزایش صفات

تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز)+تیمار هورمونی بنزیل آدنین + کینتین + اسید جیبرلیک (A3B7) بوجود آمد. نتایج نشان داد که در برخی از موارد تیمار ۳۰ روز سرماده‌ی مرطوب (A4) همراه با تیمار هورمونی بنزیل آدنین + کینتین + اسید جیبرلیک (B7) در یک گروه آماری با تیمار A3B7 قرار گرفت و از سوی دیگر تیمار A1B8 نیز که غالباً کمترین مقادیر را بوجود آورد در بعضی صفات، با تیمار A4B8 (سرماده‌ی مرطوب ۳۰ روز-عدم اعمال تیمار هورمونی) در یک گروه آماری واقع شد. کمترین مقادیر مورد ارزیابی غالباً در بذرهای A1B8 و مریم‌گلی گونه *S. leriifolia* و تحت تیمار S. leriifolia بیشترین مقادیر نیز غالباً در بذرهای گونه مریم‌گلی S. officinalis و تحت تیمار A3B7 بوجود آمدند (جدول‌های ۲، ۴ و ۶). در پژوهش حاضر، صفات جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های مریم‌گلی در ترکیب تیماری سرماده‌ی مرطوب (۲۰ و ۳۰ روز) + اسید جیبرلیک + بنزیل آدنین + کینتین نسبت به سایر تیمارها برتری داشت و روند مشابهی در مورد بنیه بذر مشاهده گردید هرچند که تیمار ترکیبی اسید جیبرلیک + بنزیل آدنین و نیز تیمار اسید جیبرلیک در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گروه مشابه با تیمار ترکیبی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ و ۳۰ روز) + اسید جیبرلیک + بنزیل آدنین قرار گرفت. همچنین بهطور واضح اثبات شد که هورمون اسید جیبرلیک، به تنهایی، یا به صورت ترکیب با سایر تیمارها، تأثیر مهم در افزایش صفات مختلف رشد مانند طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه داشت. اسید جیبرلیک رشد را با تحریک سلول به تقسیم سریع و طویل شدن القاء می‌کند. این کار با افزایش انعطاف‌پذیری و شکل‌پذیری دیواره سلول که به دنبال هیدرولیز نشاسته به قند انجام می‌شود و در ادامه آن کاهش پتانسیل آب و ورود آب به داخل سلول، صورت می‌گیرد؛ تحقق می‌یابد (بردفورد، ۱۹۹۵؛ مکدونالد، ۱۹۹۹). هورمون‌های رشد گیاهی می‌توانند منجر به بهبود جوانه‌زنی و عملکرد بذر گردند. اسید جیبرلیک در دو مرحله نسخه‌برداری از ژن‌ها و فعال کردن آنزیم‌های دخالت کننده در سامانه‌های جابه‌جایی مواد غذایی، منجر به افزایش رشد و جوانه‌زنی می‌شود. با افزایش درصد جوانه‌زنی، سبز شدن و همچنین افزایش استقرار و

هورمون اسید جیبرلیک توسط هورمون اکسین نیز تحریک می‌کند (امیری‌کیا و همکاران، ۲۰۲۳؛ سلیمانی، ۲۰۱۵؛ مکدونالد، ۱۹۹۹).

Salvia leriifolia: تجزیه واریانس اطلاعات برآمده از پژوهش حاضر، بیانگر اثرات معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده بر صفات مورد ارزیابی در گونه *S. leriifolia* بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین مقادیر صفات طول گیاهچه (۴۰-۴۱/۲۰ سانتی‌متر)، وزن خشک گیاهچه (۵۵-۳۰/۲۲-۳۰ میلی‌گرم)، جوانه‌زنی (۹۱-۵۶/۳۸) درصد، بنیه بذر (۲۷/۲-۲۷/۰)، شاخص جوانه‌زنی (۹۵/۱۷-۱۷/۳) میزان آلفا آمیلاز (۳۰/۸-۳۰/۲)، میزان بزرگی مول بر گرم وزن تر بذر)، بتا-۱ و ۳-گلوکوناز (۳۹/۹-۳۹/۸) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) و پراکسید هیدروژن (۷۱/۰-۰/۲۱ میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) به ترتیب در تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) بوجود آمد (جدول ۶). در عین حال بیشترین و کمترین مقادیر میانگین مدت جوانه‌زنی (۹۰/۰-۱۵/۱ روز)، به ترتیب در تیمار عدم سرماده‌ی+عدم تیمار هورمونی (A1B8) و تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی (A3B7) میزان آلفا آمیلاز (۶۹/۰-۶۹/۲) به وجود آمد (جدول ۶).

مشخص شد که در گونه‌های مورد بررسی مریم‌گلی، بیشترین و کمترین مقادیر صفات طول گیاهچه (۳۵/۵-۳۵/۴) درصد، وزن خشک گیاهچه (۳۵/۴-۴۵/۱) میلی‌گرم)، جوانه‌زنی (۷۴/۱-۷۴/۱) درصد، بنیه بذر (۱۰/۵-۱۰/۰)، یکنواختی جوانه‌زنی (۳/۰-۳/۵) روز)، میزان آلفا آمیلاز (۷۹/۰-۷۹/۲) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر)، بتا-۱ و ۳-گلوکوناز (۷۹/۰-۷۹/۲) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) و پراکسید هیدروژن (۶۹/۰-۶۹/۲) میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) به ترتیب در تیمار تلفیقی سرماده‌ی مرطوب (۲۰ روز) + تیمار هورمونی (بنزیل آدنین + کینتین + اسید جیبرلیک (A3B7) و تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) بوجود آمد. در عین حال بیشترین و کمترین مقادیر میانگین مدت جوانه‌زنی (۹۰/۰-۹۰/۱ روز)، در به ترتیب در تیمار عدم سرماده‌ی + عدم تیمار هورمونی (A1B8) و تیمار

علت تسریع جوانهزنی در بذرهای تیمار شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا-آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتر RNA و DNA-افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری-ها باشد. در بذرهای تیمار شده، عملکرد و ساختار غشاء سلولی در مقایسه با بذرهای شاهد در وضعیت مطلوب‌تری می‌باشد و در این راستا حرارت نیز نقش مؤثری دارد (پیچند^۳ و همکاران، ۲۰۲۳؛ سلطانی خانکهданی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱).

به طور کلی گیاهان جهت تحمل تنش‌های محیطی به ذخیره و تولید مواد تنظیم کننده اسمزی می‌پردازند که این مواد شامل آنزیم‌ها، اسیدهای آمینه، قندها و برخی بون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها هستند (مهرآوی و همکاران، ۲۰۲۳). در واقع پاره‌ای تغییرات متابولیک و بیوشیمیابی به نفع جوانهزنی تحقق می‌باید. برای مثال، در بذرهای تیمار شده، بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیز کننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانهزنی می‌شوند. این مسئله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانهزنی و کاهش متوسط زمان جوانهزنی باشد (پیری^۵ و همکاران، ۲۰۱۸).

مقاآمت گیاهچه‌ها، کیفیت فیزیولوژیک گیاهان افزایش می‌باید. بهبود جذب آب از طریق اثرباری پیش‌تیمار به منظور تقویت بنیه بذر، موجب افزایش جوانهزنی و ظهور بیشتر ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود (مکدونالد، ۱۹۹۹؛ وضعیعی و همکاران، ۲۰۲۲).

اطلاعات برآمده از پژوهش حاضر نشانگر اثرباری مطلوب تیمارهای هورمونی بویژه اسید جیبرلیک، سرماده‌ی مرطوب ۲۰ و ۳۰ روز روی بذر گونه‌های مریم‌گلی است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در بیشتر صفات مورد ارزیابی، گونه *S. officinalis* نسبت به گونه *S. syriaca* و گونه *S. leriiifolia* نسبت به گونه *S. leriiifolia* برتری داشت.

در پژوهش حاضر، در هر سه گونه مورد بررسی، با تلفیق هورمون‌های مورد کاربرد به عنوان پیش‌تیمار از جمله اسید جیبرلیک، طول گیاهچه و در ادامه وزن خشک آن‌ها افزایش یافت و اختلاف قابل توجهی با شاهد (عدم پیش‌تیمار هورمونی، عدم سرماده‌ی) داشت. اسید جیبرلیک آثار منفی عدم جذب آب و عدم فعالیت آنزیم‌های کاتالازی را تا حد زیادی رفع نموده و منجر به جذب آب در بذر می‌گردد. در کنار اسید جیبرلیک، هورمون‌هایی از دسته سیتوکینین‌مانند کینتین و بنزیل آدنین نیز منجر به افزایش فعالیت هورمون اسید جیبرلیک می‌گرددن (عمادی و همکاران، ۲۰۲۲). اسید جیبرلیک به همراه هورمون بنزیل آدنین و سرماده‌ی مرطوب منجر به شکستن خواب بذر و افزایش طول گیاهچه، درصد جوانهزنی و در نهایت بنیه بذر گردید.

مقدادر بیشتر صفات مورد تحقیق، تا سرماده‌ی ۳۰ روز، روند صعودی داشتند. اسید جیبرلیک تأثیر زیادی بر فعالیت آنزیم‌های مختلف، بخصوص آمیلاز و تحرک نشاسته در لپه‌ها، تحریک جوانهزنی و رشد رویشی دارد. گزارش‌های بسیار زیادی حاکی از بهبود رفتار جوانهزنی و شاخص‌های مربوط به آن اعم از متوسط زمان جوانهزنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نرخ جوانهزنی و استقرار اولیه در بذرهای تیمار شده توسط انواع تیمارها از جمله ترمو و هیدروپرایمینگ می‌باشد (مهرآوی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳؛ فرید^۲ و همکاران، ۲۰۲۳).

³Pichand

⁴Soltani Khankahdani

⁵Piri

¹Mehravi

²Farid

یادگاری: تأثیر تیمارهای مختلف هورمونی و سرماده‌ی بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی...

جدول ۵. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس سطوح مختلف سرماده‌ی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر گونه *S. lerifolia*

Table 5. Mean squares of variance analysis of various wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. lerifolia*

متغیر تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Dry weight of seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	بنیه بذر Seed vigor	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean of germination time	آلفا آمیلاز α-amylase	بتا-۱، ۳ گلوكوناز Beta-1, 3 glucanase	پراکسید هیدروژن hydrogen peroxide
سرماده‌ی مرطوب (A)	3	49.8**	12.11**	77.8**	33.1**	44.2**	55.9**	52.1**	77.5**	44.5**
تیمار هورمونی (B)	7	18.1**	14.5**	11.1**	18.1**	8.22**	5.66**	33.11**	33.61**	33.2**
A×B	21	28.1**	11.8**	14.6**	14.2**	19.9**	4.77**	2.01**	14.11**	9.11**
خطا (E)	64	0.94	0.87	1.08	1.02	1.43	1.09	1.01	0.99	0.77
ضریب تغییرات (%) (C.V%)		12.09	14.01	10.66	12.19	11.17	11.62	7.43	14.22	12.55

ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال p<0.05 و عدم معنی‌دار p<0.01.

**, * significant at p≤0.01, p≤0.05 respectively, ns: non-significant

Ferula (احمدی^۸ و همکاران، ۲۰۲۱)، باریجه (Mozaffar^۹ و همکاران، ۲۰۲۲)، گونه‌های لولیوم (*Lolium rigidum* Gaudin *Lolium prenne* L.) (ملک^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۲)، گونه‌های لولیوم (*Lolium rigidum* Gaudin *Lolium prenne* L.) (حبیب‌زاده^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۲)، مریم‌گلی سهندی (هدایتی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۲)، گونه‌های *Salvia sahendica* (جاهد^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۲) (باقری و همکاران، *Astragalus brachyodontus*) (کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo*) (شیخ نواز^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۲)، شیپوری گلданی (*Zantedeschia pentlandii* cv. *Picasso*) (Cassia fistula L.) (ابراهیمی^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۱) و گیاه فلوس (عظیمی^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۱) (ابراهیمی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۲۱) دارد.

یکی از مهم‌ترین عوامل و معیارهای بنیه و قدرت بذر مقدار مواد ذخیره‌ای موجود در بذر است. بذر برای جوانه‌زنی، ظهرور و استقرار گیاهچه‌های قوی و سالم احتیاج به انرژی دارد که باید به وسیله اکسیداسیون مواد ذخیره‌ای موجود در بذر تأمین شود (شیم^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). گزارش‌ها متعدد نشان داده که هورموپرایمینگ اثرات مفید و ارزنده‌ای در افزایش صفات جوانه‌زنی و بهبود سایر صفات رشدی در بذر گیاهان دارویی و زینتی از جمله آوندول (گنور) (*Smyrnium cordifolium*) (موسی نصرآباد^۲ و همکاران، ۲۰۲۰)، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L. (حسن‌وند^۳ و همکاران، ۲۰۲۱)، جعفری (*Petroselinum crispum*) (مومنی^۴ و همکاران، ۲۰۲۳)، گلنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (انصاری و همکاران، ۲۰۲۳)، زرین گیاه (*Dracocephalum kotschyii*) (پشارتی‌فر^۵ و همکاران، ۲۰۲۳)، سرخارگل (*Echinacea purpurea*) (یوسفی و همکاران، ۲۰۲۱)، حسن‌بیگی^۶ و همکاران، ۲۰۲۰)، بارهنگ کبیر (*Plantago major*) (Rahamooz حقیقی^۷ و همکاران، ۲۰۲۲)، *Kelussia odoratissima* (کرفس کوهی^۸ و همکاران، ۲۰۲۲).

⁸ Ahmadi

⁹ Malek

¹⁰ Habibzadeh

¹¹ Hedayati

¹² Sheikhnavaaz jahed

¹³ Azimi

¹⁴ Ebrahimi

¹Shim

² Mousavi Naserabad

³ Hasanvand

⁴ Momeni

⁵ Besharati-Far

⁶ Hasan beige

⁷ Rahamooz Haghghi

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف سرمادهی مرطوب و تیمار هورمونی بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیابی بذر گونه *S. leriifolia***Table 6.** Mean comparison for the effect of wet chilling period and hormonal treatment on germination and biochemical characters in *S. leriifolia*

تیمار Treatment		طول جیاهچه (سانتی‌متر)	وزن خشک جیاهچه (میلی‌گرم)	درصد جوانه‌زنی	بنیه بذر Seed vigor	پکتوخانتری جوانه‌زنی (روز)	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز)	آلفا آمیلاز (میلی‌مول بر گرم وزن تر)	بنا-۱ و ۳ گلوكوناز (میلی‌مول بر گرم وزن تر)	پراکسید هیدروژن Hydrogen peroxide (mM/g fw)
سرمادهی Wet Chilling	هورمون Hormone	Seedling length (cm)	Dry weight of seedling (mg)	Germination percentage	Germination uniformity (day)	Mean of germination time (day)	α -amylase (mM/g fw)	Beta-1, 3 glucanase (mM/g fw)		
A1	B1	2.48 ^{g *}	23.91 ^d	52.48 ^b	1.3 ^f	4.70 ^{fg}	0.61 ^e	2.97 ^g	3.36 ^{gh}	0.26 ^{gh}
	B2	2.33 ^g	20.04 ^f	50.95 ^b	1.2 ^{fg}	4.16 ^g	0.70 ^{de}	2.60 ^g	2.94 ^h	0.23 ^h
	B3	2.39 ^g	20.41 ^f	50.13 ^b	1.2 ^{fg}	4.86 ^{fg}	0.74 ^d	2.71 ^g	3.06 ^h	0.24 ^{gh}
	B4	2.63 ^f	20.61 ^f	53.24 ^b	1.4 ^{ef}	5.95 ^f	0.56 ^{ef}	3.17 ^{fg}	3.57 ^{gh}	0.29 ^g
	B5	2.41 ^g	20.81 ^f	52.30 ^b	1.26 ^f	5.63 ^f	0.69 ^{de}	2.78 ^g	3.13 ^{gh}	0.28 ^g
	B6	2.47 ^{fg}	20.95 ^f	52.39 ^b	1.29 ^f	6.06 ^f	0.67 ^{de}	3.07 ^{fg}	3.47 ^{gh}	0.32 ^{fg}
	B7	2.71 ^{ef}	25.27 ^c	53.30 ^b	1.44 ^e	6.64 ^f	0.49 ^f	3.36 ^{fg}	3.79 ^g	0.36 ^f
	B8	2.09 ^h	19.87 ^f	49.86 ^b	1.04 ^g	3.79 ^g	1.09 ^a	2.65 ^g	2.83 ^h	0.21 ^h
A2	B1	2.30 ^g	21.04 ^f	51.01 ^b	1.17 ^{fg}	10.25 ^{de}	0.41 ^g	4.34 ^e	4.23 ^{fg}	0.41 ^e
	B2	2.20 ^{gh}	20.59 ^f	50.22 ^b	1.10 ^g	9.53 ^{de}	0.73 ^d	3.63 ^f	3.54 ^g	0.37 ^f
	B3	2.23 ^g	20.73 ^f	51.27 ^b	1.14 ^{fg}	9.99 ^{de}	0.55 ^{ef}	3.73 ^f	3.64 ^g	0.42 ^e
	B4	2.40 ^g	22.15 ^e	51.96 ^b	1.25 ^f	10.38 ^{de}	0.38 ^{gh}	5.02 ^d	4.89 ^f	0.48 ^d
	B5	2.56 ^{fg}	21.61 ^{ef}	50.14 ^b	1.28 ^{ef}	10.05 ^{de}	0.61 ^e	4.03 ^{ef}	3.93 ^g	0.45 ^{de}
	B6	2.70 ^f	22.61 ^e	50.48 ^b	1.36 ^{ef}	10.26 ^{de}	0.55 ^{ef}	4.94 ^d	4.81 ^f	0.46 ^d
	B7	2.76 ^{ef}	26.76 ^b	56.91 ^a	1.57 ^d	10.58 ^{de}	0.31 ^h	6.12 ^{bc}	5.96 ^e	0.49 ^d
	B8	2.10 ^h	20.27 ^f	49.48 ^b	1.04 ^{gh}	8.48 ^e	0.85 ^c	3.43 ^{fg}	3.35 ^h	0.36 ^f
A3	B1	3.28 ^d	25.49 ^{bc}	53.28 ^{ab}	1.74 ^c	15.07 ^{bc}	0.20 ⁱ	5.67 ^c	6.48 ^{de}	0.60 ^{bc}
	B2	3.15 ^{de}	24.73 ^{cd}	52.22 ^{ab}	1.64 ^{cd}	14.27 ^c	0.21 ^{hi}	4.29 ^e	4.91 ^f	0.52 ^{cd}
	B3	3.30 ^d	25.39 ^{bc}	49.90 ^b	1.65 ^{cd}	14.29 ^c	0.25 ^{hi}	4.30 ^e	4.92 ^f	0.53 ^{cd}
	B4	3.51 ^c	26.71 ^b	54.74 ^a	1.92 ^b	17.06 ^{ab}	0.17 ⁱ	8.30 ^a	7.34 ^{cd}	0.71 ^a
	B5	3.71 ^b	26.79 ^b	53.17 ^{ab}	1.97 ^b	15.96 ^b	0.24 ^{hi}	5.94 ^{bc}	6.79 ^{de}	0.56 ^c
	B6	3.72 ^b	30.55 ^a	52.33 ^{ab}	1.94 ^b	16.65 ^{ab}	0.22 ^{hi}	5.70 ^c	6.52 ^{de}	0.59 ^{bc}
	B7	4.09 ^a	30.06 ^a	55.62 ^a	2.27 ^a	17.95 ^a	0.15 ⁱ	8.22 ^a	9.39 ^a	0.69 ^a
	B8	3.01 ^e	22.93 ^e	50.92 ^b	1.53 ^d	13.69 ^c	0.63 ^{de}	3.52 ^{fg}	4.35 ^{fg}	0.48 ^d
A4	B1	2.73 ^f	25.35 ^c	39.38 ^c	1.07 ^g	9.82 ^{fde}	0.33 ^h	4.64 ^{de}	6.47 ^{de}	0.56 ^{bc}
	B2	2.62 ^{fg}	23.12 ^{de}	38.77 ^c	1.01 ^{gh}	9.14 ^e	0.35 ^{gh}	3.90 ^{ef}	5.44 ^{ef}	0.51 ^{cd}
	B3	2.54 ^{fg}	23.38 ^{de}	38.49 ^c	0.97 ^{gh}	9.57 ^{de}	0.42 ^g	4.13 ^{ef}	5.76 ^{ef}	0.54 ^c
	B4	3.05 ^e	25.64 ^c	39.96 ^c	1.21 ^f	11.03 ^d	0.28 ^{hi}	5.43 ^c	7.57 ^c	0.61 ^b
	B5	2.85 ^{ef}	23.31 ^{de}	38.63 ^c	1.10 ^{fg}	9.82 ^{de}	0.40 ^g	4.89 ^{cd}	6.82 ^d	0.54 ^c
	B6	2.97 ^e	24.83 ^{cd}	39.29 ^c	1.16 ^f	11.12 ^{df}	0.37 ^{gh}	4.65 ^d	6.48 ^{de}	0.58 ^{bc}
	B7	3.24 ^{de}	25.03 ^c	40.57 ^c	1.31 ^{ef}	9.88 ^{de}	0.26 ^{hi}	6.18 ^b	8.61 ^b	0.68 ^{ab}
	B8	2.46 ^g	19.84 ^f	38.22 ^c	0.94 ^h	3.57 ^g	0.94 ^b	3.93 ^{ef}	5.48 ^{ef}	0.21 ^h

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

The different letters in each column indicate significant difference at 5% probability level.

اعمال تیمار سرما و هورمون (به ویژه اسید جیبرلیک)، باعث ایجاد بیشترین تفاوت‌های معنی‌دار در صفات، نسبت به تیمارهای بدون سرما و بدون هورمون گردید. بیشترین مقادیر صفات مورد ارزیابی غالباً در گونه *S. leriifolia* بودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر مشخص شد که برهمکنش سرمادهی و هورمون بر صفات جوانه‌زنی و بیوشیمیابی مورد بررسی، معنادار بودند. در اغلب موارد،

روز سرماده‌ی مرطوب + اسید جیبرلیک + بنزیل آدنین + کینتین، جهت بنیه بذر مریم‌گلی، معرفی گردید. در مجموع، بیشترین بنیه بذر در گونه *S. officinalis* و کمترین میزان در گونه *S. leriifolia* بدست آمد و در مورد گونه *S. syriaca* افزایش قابل توجه بنیه بذر در اثر تیمارهای سرماده‌ی مرطوب و هورمونی مشاهده شد.

S. leriifolia و *S. officinalis* به وجود آمد. در هر سه گونه مورد بررسی، تیمارهای ۲۰ و ۳۰ روز سرماده‌ی مرطوب همراه با تیمار کاربرد منفرد اسید جیبرلیک و یا در تلفیق با سایر هورمون‌های بنزیل آدنین و نیز کینتین بیشترین مقادیر صفات مورد بررسی را ایجاد نمودند. در مجموع، تیمار تلفیقی ۲۰

منابع

- Afrouz, M., Sayyed, R.Z., Fazeli-Nasab, B., Piri, R., Almalki, W. H. and Fitriatin, B. N. 2023. Seed bio-priming with beneficial *Trichoderma harzianum* alleviates cold stress in maize. PeerJ, 11: e15644. <http://doi.org/10.7717/peerj.15644>
- Ahmadi, Kh., Omidí, H. and Soltani, E. 2021. Optimization of seed germination, growth index and photosynthetic pigments content of *Kelussia odoratissima* Mozaff seedlings under laboratory conditions. Journal of Horticultural Science, 36: 693-707. [In Persian]
- Amirkia, F., Nabipour, M. and Farzaneh, M. 2023. Effect of hydro and hormone priming with gibberellin on germination, seedlings emergence and some growth characters in two *Alhagi* species (*Alhagi graecorum* Khuzestan ecotype and *Alhagi maurorum* Esfahan ecotype) under saline conditions of using seawater of Persian Gulf. Iranian Journal of Seed Research, 10: 63-80. [In Persian] <https://doi.org/10.61186/yujs.10.1.63>
- Ansari, O., Shirghani, E. and Shabani, K. 2023. The effect of gibberellic acid application on germination and biochemical indices of deteriorated safflower seed (*Carthamus tinctorius*) under water stress conditions. Iranian Journal of Seed Research, 10: 19-41. [In Persian] <https://doi.org/10.61186/yujs.10.1.19>
- Azimi, M.H., Edrisi, B. and Hadi, M. 2021. Effect of tuber size and GA3 on the growth and stimulation of flowering of *Zantedeschia pentlandii* cv. Picasso. Plant Productions, 44: 447-458. [In Persian]
- Bagheri, F., and Yadegari, M. 2021. Characters of essential oil of *Salvia syriaca* L. under climatic and phenological properties in Chaharmal and Bakhtyari province. Journal of Environmental Physiology, 16(61): 94-105. [In Persian]
- Bagheri, H., Sourí, M., Adnani, S.M., Tavakoli Neko, H. and Nateghi Bagheri, S. 2022. Seed priming on germination and establishment of *Astragalus brachydontus* species efficiency in greenhouse under water stress conditions. Iranian Journal of Range and Desert Research, 29: 596-607. [In Persian]
- Baker, J.E. 1991. Purification and partial characterization of α -amylase allozymes from the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. Insect Biochemistry, 21(3): 303-311. [https://doi.org/10.1016/0020-1790\(91\)90020-F](https://doi.org/10.1016/0020-1790(91)90020-F)
- Başkan, S., Öztekin, N. and Erim, F.B. 2007. Determination of carnosic acid and rosmarinic acid in sage by capillary electrophoresis. Food Chemistry, 101(4): 1748-1752. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.033>
- Bernfeld, P. 1995. Amylases alpha and beta methods in enzymology. Methods in Enzymology, 149-158. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(55\)01021-5](https://doi.org/10.1016/0076-6879(55)01021-5)
- Besharati-Far, M., Khajoei-Nejad, G., Tohidi-Nejad, E. and Ghanbari, J. 2023. Germination response of *Dracocephalum kotschy* to sulfuric acid pretreatment, gibberellic acid, and mycorrhiza at different temperatures. Iranian Journal of Seed Science. [In Persian] <https://doi.org/10.61186/yujs.9.2.177>

- Biswas, P.K., Devi, A., Roy, P.K. and Paul, K.B. 1987. Enzyme activity in dormant and non-dormant large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) seeds following hydration. *Weed Science*, 26(1): 90-93. <https://doi.org/10.1017/S0043174500032744>
- Bradford, K.J. 1995. Water Relation in Seed Germination. In *Seed Development and Germination*. Kigel and Galili, Eds: Marcel Dekker Inc, Newyork: 351-396. <https://doi.org/10.1201/9780203740071-13>
- Dehghanpour Farashah, H., Tavakkol-Afshari R., Sharifzadeh F. and Chavoshinasab S. 2011. Germination improvement and α -amylase and β -1,3-glucanase activity in dormant and nondormant seeds of Oregano (*Origanum vulgare*). *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 421-427.
- Ebrahimi, E., Moosavi, S.A., Siadat, S.A., Moallemi, N. and Sabaeian, M. 2022. Effect of seed priming on salinity tolerance of (*Cassia fistula* L.) at seed germination and seedling growth stages using digital image analysis. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 11: 17-34. [In Persian]
- Emadi, M., Sabbagh, S.K., Kamali, K. 2022. The effect of cytokinin and gibberellic acid on seed germination and growth traits of *Lemon balm*. *Journal of Seed Research*, 12: 33-43.
- Farid, Z., Wasif Amin, M., Younisi, H. and Joya, Kh. 2023. Reviving mung bean seeds: The impact of hydro priming and heat shock on germination rates. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 2: 69-77. <https://doi.org/10.55544/jrasb.2.2.11>
- Ghasimi Hagh, Z., Jokar, S., Bodaghi, H. and Modarres, M. 2018. Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on the production of rosmarinic acid and caffeic acid in callus culture of *Salvia lerrifolia* Benth. *Iranian Journal of Plant Biology*, 10(35): 68-80. [In Persian]
- Ghiassy Oskooe, M. and Aghalikhani, M. 2023. Towards utilizing Asteraceae alternative oilseed species on marginal lands: Agronomic performance, fatty acid composition, oil biocompounds, and oil physicochemical properties of Asteraceae species. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14: 100799. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100799>
- Ghodsi Maab, S.M., Makarian, H., Ghasimi Hagh, Z., Gholipoor, M. 2022. Effects of cold plasma and salicylic acid on secondary metabolites and activity of enzymes involved in their biosynthesis in *Salvia leriifolia* Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(6): 954-970. [In Persian]
- Habibzadeh, R., Mahmoudi, J. and Nasery, B. 2022. Effect of chemical treatments (gibberellic, ascorbic and salicylic acid) on seed germination characteristics of species *Lolium rigidum* Gaudin. *Lolium preenne* L. *Journal of Seed Research*, 45:1-10. [In Persian]
- Hasan beige, H., Mohammadi, M. and Saidi, M. 2020. The improvement growth indices and seed germination of *Echinacea purpurea* by some of pre-harvest and priming treatments of seeds. *Journal of Plant Research*, 34: 346-358.
- Hasanvand, H., Parmoon, Gh., Moosavi, S.A. and Siadat, S.A. 2021. Effects of seed priming with gibberellic acid on cardinal temperatures of Borage (*Borage officinalis* L.) seed germination. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 10: 43-56. [In Persian]
- Hedayati, A., Agha Mohseni, F., Norouzi, E., Hemmati, S., Mir Yousefzadeh, M. and Bagheri, Z. 2022. Essential oil composition and effect of different treatments on seed dormancy breaking and germination of *Salvia sahendica* Boiss. and Buhse. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 9(4): 59-72. [In Persian]
- Hosseinzadeh, H., Sadeghnia, H.R., Imenshahidi, M. and Fazly Bazzaz, B.S. 2009. Review of the pharmacological and toxicological effects of *Salvia leriifolia*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 12(1): 1-8. [In Persian]

- Jafari, S., Mousavi-Fard, S., Rezaei Nejad, A., Mumivand, H. and Sorkheh, K. 2022. Effects of chitosan and titanium dioxide (bulk and nano) foliar application on yield and biochemical responses of *Silybum marianum* L. Gaertn ecotypes. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38: 450-463. [In Persian]
- Kang, S.M., Shaffique, Sh., Hoque, M.I., Alomrani, S.O. and Park, Y.S. 2023. Foliar treatment with melatonin modulates photosynthetic and antioxidant responses in *Silybum marianum* L. under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 325(1): 112664. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112664>
- Khosravi, F., Bahmanyar, M.A., and Akbarpour, V. 2023. Effect of different levels of humic acid and zinc sulfate on morphological and phytochemical traits of (*Salvia officinalis* L.). Journal of Horticultural Science, 37(3): 615-627. [In Persian]
- McDonald, M.B. 1999. Seed Deterioration: Physiology, Repair and Assessment. Seed Science and Technology, 177-237.
- Mehravi, Sh., Hanifei, M., Gholizadeh, A. and Khodadadi, M. 2023. Water deficit stress changes in physiological, biochemical and antioxidant characteristics of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 201: 107806. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107806>
- Momeni, K., Moradi, A., Mahmoudi, S. and Latif Manesh, H. 2023. The effect of biopriming and gibberellin on the quality and germination properties of parsley seed (*Petroselinum crispum*). *Iranian Journal of Seed Research*, 10(1): 1-17. [In Persian] <https://doi.org/10.61186/yujs.10.1.1>
- Mousavi Naserabad, M., Moradi, A., Masoumi Asl, A. and Balouchi, H.R. 2020. Effect of gibberellic acid, germination temperature and stratification on dormancy breaking and seed germination of *Smyrnium cordifolium*. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51 (2): 199-222. [In Persian]
- Mousavoei, M., Jahanbakhsh, S., Modaresi, M., Parmoon, GH., Ebadi, A. and Kohan mo, M.A. 2021. Effect of salicylic and Jasmonic acid on yield and yield components of Milk thistle (*Silybum marianum* L.) under heat stress conditions. *Journal of Plant Research*, 34: 346-358. [In Persian]
- Mozaffarian, V. 2008. A Pictorial Dictionary of Botanical Taxonomy Latin-English-French-Germany-Persian. Germany: Koeltz Scientific Books.
- Nazari, M., Amiri, R. M., Mehraban, F. H. and Khaneghah, H. Z. 2012. Change in antioxidant responses against oxidative damage in black chickpea following cold acclimation. *Russian Journal of Plant Physiology*, 59: 183-189. <https://doi.org/10.1134/S102144371201013X>
- Nemati, A., Sharifi, H., Gerdakaneh, M. and Sharifi, Z. 2016. The Effect of pre-chilling and gibberellic acid on breaking seed dormancy of two medicinal plants species *Silybum marianum* and *Citrulus colocynthis*. *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1): 169-177. [In Persian] <http://dx.doi.org/10.29252/yujs.3.1.169>
- Pichand, M., Dianati Tilaki, Gh. and Morad, H. 2022. Effect of different seed dormancy breaking treatments on germination of *Taverniera cuneifolia*. *Journal of Environmental Physiology*, 66: 74-88. [In Persian]
- Piri, R., Moradi, A. and Hoseini-Moghaddam, M. 2018. Effect of accelerated aging and seed priming on germination and some biochemical indices of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 5(1): 69-81. [In Persian] <https://doi.org/10.22124/jms.2018.2901>
- Piri, R., Moradi, A., Salehi, A. and Balouchi, H.R. 2021. Effect of seed biological pretreatments on germination and seedling growth of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 9(4): 11-26. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/ijsst.2019.109182.1054>

- Rahamooz Haghghi, S., Bagheri, Kh. and Sharafi, A. 2022. Improving seed germination, in vitro organogenesis and regeneration of *Plantago major* medicinal plant. *Plant Research*, 35(1): 1-18. [In Persian]
- Sarani, M., Allahdou, M., Mehravar, L. and Piri, H. 2024. Effects of drought stress on biochemical traits and its relationship with growth stage in milk thistle (*Silybum marianum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 40: 191-205. [In Persian]
- Sheikhnavaz jahed, P., Sedghi, M., Seyedsharifi, R. and Sofalian, O. 2022. Effect of seed priming on physiological and germination characteristics of deteriorated seed of squash (*Cucurbita pepo* L. var. *styrica*) under salinity stress. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 11: 53-71. [In Persian]
- Shim, J., Cho, H., Sung, J.S., Yoo, E., Chin, J.H. and Lee, S. 2024. Agricultural phenotype and silymarin content variations of cultivated milk thistle in Korea. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 65(5): 891-901. <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00618-2>
- Shirali, Z., Salehi Salmi, M.R. and Negarestan, K. 2022. Dormancy breaking and seed germination improvement of two types of verbascum (*Verbascum* L.) under physical and chemical treatments. *Journal of Seed Research*, 12: 17-36. [In Persian]
- Soleymani, A. 2015. Effect of various treatments on breaking of seed dormancy of two accession of *Foenicum vulgare* L. *New Find of Agriculture*, 9:199-211. [In Persian]
- Soltani Khankahdani, V., Balouchi, H., Moradi, A. and Gholamhosseini, M. 2021. Effect of water potential on seed germination indices of six Sesame cultivars (*Sesamum indicum*) at different temperatures and its relation to fatty acid composition. *Plant Process and Function*, 10 (42):31-52. [In Persian]
- Tajbakhsh, M. and Gheyasi, M. 2008. *Seed Ecology*. Press University of Urmia. [In Persian]
- Vazieea, Sh., Khoshhal Sarmast, M., Ghaderi-Far, F., Wang, C. 2022. The role of gibberellic acid, temperature and scarification on in/ex vitro germination of *Rosa persica* Michx ex Juss. *Journal of Plant Production Research*, 29: 231-245. [In Persian]
- Yadegari, M. 2018a. Effects of the environmental characters on germination properties of seeds of *Thymus daenensis* and *T. vulgaris*. *Journal of Agricultural Sciences*, 63: 343-354. <https://doi.org/10.2298/JAS1804343Y>
- Yadegari, M. 2018b. Foliar application effects of salicylic acid and jasmonic acid on the essential oil composition of *Salvia officinalis*. *Turkish Journal of Biochemistry*, 43(4): 417-424. <https://doi.org/10.1515/tjb-2017-0183>
- Yousefi, F., Sihampoosh, A., Bakhshandeh, A. and Mousavi, S.A. 2021. The effect of hormone seed priming using gibberellic acid on seed germination characteristics and seedling growth of coneflower (*Echinacea purpurea*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 8(1): 173-188. [In Persian] <https://doi.org/10.52547/yujs.8.1.173>