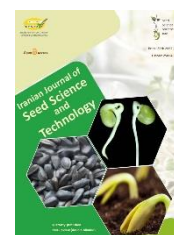




## Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

### Research Article

# The effect of priming with gibberellic acid on improving the germination of seeds obtained from self-pollinated of different varieties of *Petunia hybrid*

Leyla Cheheltanan<sup>1</sup> , Ali Tehranifar<sup>2\*</sup> , Mahmoud Shoor<sup>3</sup> ,  
Hossein Nemati<sup>4</sup> , Saeed Khosravi<sup>1</sup> 

1. PhD Students, Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Associate Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

### Article Information

Received: 24 Dec. 2023  
Revised: 14 Feb. 2024  
Accepted: 02 Mar. 2024

#### Keywords:

$\alpha$ -amylase,  
 $\beta$ -amylase,  
Germination percentage,  
Soluble sugars content

Corresponding Author:  
[tehranifar@um.ac.ir](mailto:tehranifar@um.ac.ir)



### Abstract

Self-pollination induces a phenomenon known as inbreeding depression in heterozygous plants, which in turn leads to a reduction in seed germination and seedling growth. On the other hand, seed priming with plant hormones such as gibberellic acid is a technical approach that potentially results in the improves of rapid and continuous seed germination and subsequent plant growth. Therefore, this research aimed to investigate the effect of different concentrations of gibberellic acid on the improvement of seed germination resulting from self-pollination in various varieties of *Petunia hybrida* in a factorial experiment with three replications as a completely randomized design. The treatments consisted of four levels of gibberellic acid (0, 50, 100, and 150 mg/L) and seeds obtained from self-pollination of Iranian *Petunia*, Tango Blue, Tritunia Pink Morn, and Tritunia White. The results indicated that seed priming with gibberellic acid, especially at a concentration of 100 mg/L, led to a significant increase in the activity of  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase by 6.56% and 1.57%, respectively. This increase resulted in 8.54% rise in soluble sugars content, providing energy that significantly enhanced germination percentage, germination speed, average time required for germination, seed vigor index, germination energy, and the fresh and dry weight of plumule and radicle. Moreover, among different varieties, seeds obtained from self-pollination of Iranian *petunia* demonstrated a higher germination percentage and germination speed compared to seeds from other varieties, indicating a superior capability in maintaining vigor potential, germination percentage, and germination speed.

**How to cite this paper:** Cheheltanan, L., Tehranifar, A., Shoor, M., Nemati, H., & Khosravi, S. (2025). The effect of priming with gibberellic acid on improving the germination of seeds obtained from self-pollinated of different varieties of *Petunia hybrid*. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (1), 1-16. <https://doi.org/10.22092/ijst.2024.364475.1510>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

*Petunia (Petunia hybrida)* from the family Solanaceae is a cross-pollinated plant primarily propagated through seeds. Due to the high cost of importing seeds, efforts have been made to produce self-pollinated seeds. However, seeds resulting from self-pollination exhibit lower germination rates and seedling establishment compared to hybrid seeds. To enhance germination and seedling establishment, priming methods such as pre-treatment with gibberellic acid are employed, which facilitate germination. Therefore, this study examines the effect of priming on the germination of self-pollinated seeds of various *Petunia* cultivars.

### Materials and Methods

The experiment was conducted as a factorial design within a completely randomized design framework. Treatments included four levels of gibberellic acid (0, 50, 100, and 150 mg/L) and self-pollinated seeds from various *Petunia* cultivars (Iranian *petunia*, Tango Blue, Tritunia Pink Morn, and Tritunia White). The seeds were placed in flasks containing gibberellic acid, and relevant parameters were measured after the germination period.

### Results and Discussion

Among the different cultivars, the Iranian *petunia* demonstrated the highest germination percentage and speed, as well as the highest levels of  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, and soluble sugar content. The application of 150 mg/L gibberellic acid to Iranian *petunia* seeds resulted in a germination percentage of 100%, a plumule fresh weight of 1.3 g, a soluble sugar content of 2.61 mg  $g^{-1}$  FW, and  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase activities of 0.51

and 0.37  $\mu\text{mol ml}^{-1} \text{min}^{-1}$ , respectively. Additionally, the greatest reduction in average time required for germination was observed in the Tango Blue cultivar treated with 150 mg/L gibberellic acid, showing a 64.6% decrease compared to the corresponding control treatment.

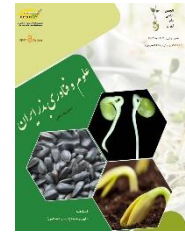
Seed priming enhances the rate of water absorption, accelerates metabolism, and promotes faster germination, leading to an increased germination speed. Additionally, stimulation of the embryo by gibberellic acid triggers the release of gibberellin hormones within the seed embryo, which in turn enhances the activity of the enzyme  $\alpha$ -amylase. This enzyme facilitates the breakdown of starch into simpler sugars, providing energy and nutrients for the growing embryo and seedling. Consequently, seed vigor improves, and successful germination occurs.

### Conclusion

Self-pollination-induced inbreeding depression leads to reduced germination and seedling growth. In this experiment, the use of gibberellic acid, particularly at concentrations of 100 and 150 mg/L, had a significant impact on improving germination traits of seeds obtained from self-pollination of various *Petunia* cultivars. Additionally, Iranian *petunia* performed better in all the traits examined. Overall, the application of gibberellic acid, by increasing the activity of  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase enzymes, led to an increase in soluble sugar content, thus providing the energy needed to improve germination in seeds obtained from self-pollination of different *Petunia* cultivars.



## نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

## اثر پرایمینگ با اسید جیبرلیک بر بهبود جوانه‌زنی بذرهای حاصل از خودگشنی ارقام مختلف گل اطلسی (*Petunia hybrida*)

لیلا چهل تنان<sup>۱</sup>، علی تهرانی فر<sup>۲\*</sup>، محمود شور<sup>۳</sup>، حسین نعمتی<sup>۴</sup>، سعید خسروی<sup>۱</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استاد، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. دانشیار، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. استادیار، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

## اطلاعات مقاله

## چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

## واژه‌های کلیدی:

آلفا آمیلاز،

بتا آمیلاز،

درصد جوانه‌زنی،

محتوای قندهای محلول

## نویسنده مسئول:

[tehranifar@um.ac.ir](mailto:tehranifar@um.ac.ir)

خودگشنی سبب بروز پدیده‌ای به نام پسروری خویش‌آمیزی در گیاهان دگرگشن شده که همین امر سبب کاهش قدرت جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه می‌شود، از طرفی پرایمینگ بذر با هورمون‌های گیاهی نظیر اسید جیبرلیک تکنیکی است که به طور بالقوه سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد بعدی گیاه می‌شود. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک بر بهبود جوانه‌زنی بذرهای، که از خودگشنی ارقام مختلف گل اطلسی بدست آمده‌اند، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. تیمارها شامل چهار سطح اسید جیبرلیک (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) و بذرهای حاصل از خودگشنی اطلسی ایرانی، Tango Blue، Tritunia Pink Morn و Tritunia White بود. نتایج نشان داد پرایمینگ بذر با اسید جیبرلیک به‌خصوص در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر با افزایش ۵۶/۶ و ۵۷/۱ درصدی فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز سبب افزایش ۵۴/۸ درصدی محتوای قندهای محلول شد و با تامین انرژی سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، شاخص بنه گیاهچه، انرژی جوانه‌زنی و وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد. همچنین در بین ارقام مختلف، بذرهای حاصل از خودگشنی اطلسی ایرانی با بیشترین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی توانایی بیشتری نسبت به بذرهای سایر ارقام در حفظ قوه نامیه، درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت.

## نحوه استناد به این مقاله:

Cheheltan, L., Tehranifar, A., Shoor, M., Nemati, H., & Khosravi, S. (2025). The effect of priming with gibberellic acid on improving the germination of seeds obtained from self-pollinated of different varieties of *Petunia hybrid*. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (1), 1-16. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364475.1510>

## مقدمه

گل اطلسی (*Petunia hybrida*)، از تیره Solanaceae گیاهی دگرگشن و دارای یک میوه کپسول مانند است که در گونه‌های مختلف دارای تعداد بذرهای مختلفی بین ۶۰ تا ۲۰۰ عدد می‌باشد (Wahocho et al., 2023). این گیاه مناسب کشت در فصول گرم سال است و به‌طور وسیعی در سطح فضای سبز کشت می‌شود و از مهم‌ترین گیاهان فصلی به‌شمار می‌آید (Ganga et al., 2011). در اصلاح ژنتیکی، از خودگشنی برای ایجاد یکنواختی استفاده می‌شود با این حال، خودگشنی میانگین هموزیگوسیتی گیاهان را افزایش داده و منجر به اثری به نام پسروی خویش‌آمیزی در گونه‌های دگرگشن می‌شود. منظور از پسروی کاهش در بیان صفات کمی است که به دلیل افزایش هموزیگوسیتی ناشی از خودگشنی می‌باشد (Godoy et al., 2006). علت پسروی خویش‌آمیزی وجود آلل‌های مضر و کشنده در ژنوتیپ‌های هموزیگوت می‌باشد، به عبارتی دیگر با افزایش هموزیگوسیتی در جمعیت‌های همگن، احتمال بیشتری وجود دارد که صفات مغلوب، که بسیاری از آنها مضر هستند، شروع به تظاهر کنند که منجر به از دست دادن قدرت گیاهچه می‌شود (Godoy et al., 2006). خویش‌آمیزی اغلب منجر به فرزندان ضعیف‌تر از والدین می‌شود و شانس بقای گیاه را کاهش می‌دهد. پسروی خویش‌آمیزی اغلب با کاهش جوانه‌زنی، رشد کندتر و کاهش ارتفاع یا باروری در مقایسه با گیاهان غیر خویش‌آمیز همراه می‌باشد (Achrem et al., 2023). به عنوان مثال پسروی خویش‌آمیزی تأثیر منفی بر جوانه‌زنی بذر توت‌فرنگی داشت به نحوی که درصد جوانه‌زنی به کمتر از ۱۶/۸ درصد رسید (Kaczmarek et al., 2014). Saeidi et al. (2007a) آثار خویش‌آمیزی بر روی صفات مختلف گل اطلسی در نتاج خودگشن و دگرگشن را در مقایسه با ارقام هیبرید مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها پسروی ناشی از خویش‌آمیزی زیادی را برای درصد جوانه‌زنی و سبز شدن در نتاج خودگشن مشاهده کردند. بذرهای حاصل از خودگشنی ارقام مختلف درختچه توری (*Lagerstroemia indica*) شامل Catawba، Whit IV، Tonto و Tuscarora نسبت به بذرهای حاصل از دگرگشنی این ارقام جوانه‌زنی کمتری داشتند به گونه‌ای که درصد جوانه‌زنی بذر در اثر خودگشنی بین ۴/۲ تا ۷/۸

درصد و در گرده‌افشانی‌های متقابل بین ۱۱ درصد تا ۴۴/۴ درصد متغیر بود (Pounders et al., 2006).

راه کارهای متعددی برای کاهش زمان سبز شدن، هماهنگ کردن جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه معرفی شده است که پرایمینگ یک تکنیک کم‌خطر و کم‌هزینه برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است (Farooq et al., 2010). به طوری که سبب بهبود سرعت و یکنواختی ظهور بذر، افزایش بنیه نهال و عملکرد در بسیاری از محصولات می‌شود (Bakht et al., 2011). پرایمینگ بذر، مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر را کاهش داده که دلیل این امر سرعت بیشتر جذب آب توسط بذرهای پرایمینگ شده می‌باشد که نتیجه چنین رخدادی افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه می‌باشد (Mebratu, 2022). تکنیک‌های مختلف پرایمینگ نتایج مطلوبی را در بذر گل‌های زینتی و همچنین درختان در پی داشته است (Sisodia et al., 2018). از رایج‌ترین روش‌های پرایمینگ، پیش‌تیمار با هورمون‌های گیاهی است. خیساندن بذرها با غلظت مناسب هورمون‌های رشد سبب افزایش جوانه‌زنی و همچنین افزایش کارایی، رشد و عملکرد می‌شود. هورمون‌های گیاهی که به طور معمول برای پرایمینگ استفاده می‌شوند شامل اکسین، اسید جیبرلیک، سیتوکینین، اسید آبسزیک، پلی‌آمین‌ها و اسید سالیسیلیک می‌باشند (Ge et al., 2023; Sukifto et al., 2020). اسید جیبرلیک‌ها شامل گروهی از هورمون‌های گیاهی می‌باشند که بیشترین دخالت مستقیم را در کنترل و تسهیل جوانه‌زنی بذر دارند. افزایش سنتز و آزادسازی اسید جیبرلیک در بذر موجب تجزیه نشاسته و تبدیل آن به مواد قابل استفاده برای جنین و شروع جوانه‌زنی می‌شود (Sukifto et al., 2020). پرایمینگ بذر سبب به حداقل رساندن دوره سبز شدن و محافظت بذر از تنش‌های محیطی در مرحله بحرانی استقرار گیاهچه شده که منجر به رویش یکنواخت و بهبود عملکرد می‌شود (Sisodia et al., 2018). براساس پژوهش‌های انجام شده جوانه‌زنی بذر به اسید جیبرلیک بستگی دارد به عنوان مثال در آراییدوپسیس و گوجه فرنگی، جهش یافته‌هایی که دارای نقص در ژن کدکننده آنزیم‌های بیوسنتزی اسید جیبرلیک هستند قادر به جوانه‌زدن نیستند (Mitchum et al., 2006). تیمار بذرها با اسید جیبرلیک محتوای

کاهش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای حاصل از خود‌گشنی و دگرگشنی این گیاهان می‌باشد (Saeidi et al., 2007a; Saeidi et al., 2007b). لذا یافتن راهکاری مناسب جهت مقابله با اثرات نامطلوب خود‌گشنی بر جوانه‌زنی بذرهای می‌تواند کمک شایانی به حل این معضل و امکان بهره‌وری از بذرهای تولیدی این گیاهان نماید بنابراین این پژوهش به منظور بررسی تاثیر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذرهای حاصل از خود‌گشنی ارقام مختلف گل اطلسی طراحی و اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پرایمینگ هورمون اسید جیبرلیک بر صفات جوانه‌زنی بذرهای حاصل از خود‌گشنی گل اطلسی آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طراحی و اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل چهار سطح هورمون اسید جیبرلیک (GA3) محصول شرکت مرک و بذرهای حاصل از خود‌گشنی ارقام مختلف گل اطلسی بود. ابتدا بذرهای مختلف گل اطلسی شامل اطلسی ایرانی (Iranian petunia) و سه رقم اطلسی خارجی به نام‌های Tritunia Pink Morn، Tango Blue و Tritunia White از شرکت سبزریش تهیه و برای یک نسل خود‌گشنی شدند. به منظور انجام خود‌گشنی بذرهای تهیه شده در گلدان کشت گردید و پس از گلدهی و درست یک روز قبل از شکوفایی با استفاده از پنس گرده برداشته شد و بر روی کلاه همان گل قرار گرفت و با پاکت کاغذی پوشانده شدند. بعد از حدود ۴۵ روز بذرهای آماده برداشت شدند که این بذرهای حاصل از خود‌گشنی ارقام مختلف، مواد ژنتیکی مورد استفاده در این پژوهش را تشکیل دادند. بذرهای داخل ارلن‌های حاوی هورمون اسید جیبرلیک در چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد و به مدت ۱۲ ساعت درون انکوباتور قرار داده شدند (Sukifto et al., 2020). پس از سپری شدن مدت زمان در نظر گرفته شده بذرهای از ظروف خارج شده و با آب مقطر شست‌شو داده شدند و به پتری‌دیش‌هایی حاوی کاغذ صافی مرطوب منتقل و در داخل انکوباتور با دوره نوری ۱۲ ساعت، رطوبت ۷۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل

اسید جیبرلیک درون‌زا را از طریق نفوذ افزایش داده و موجب تغییر نسبت اسید جیبرلیک به آبسزیک اسید می‌شود، که به رشد جنین کمک می‌کند، همچنین محدودیت‌های مکانیکی پوشش بذر را شکسته و بیرون‌زدگی ریشه را تسهیل می‌نماید (Ge et al., 2023). در زمان جوانه‌زنی بذر، فعالیت برخی از آنزیم‌ها مانند آلفا آمیلاز افزایش می‌یابد و نشاسته را تجزیه و به قند تبدیل می‌کند این امر سبب کاهش پتانسیل آب سلولی و در نتیجه جذب آب شده که به دنبال آن رشد سلولی تحریک می‌شود، همچنین از طریق تولید این قندها انرژی مورد نیاز برای جوانه‌زنی و رشد ریشه چه و ساقه چه تامین می‌شود (Farhoudi & Lee 2014). طبق گزارشات Ge et al. (2023) محتوای اسید جیبرلیک (GA3) در بذرهای جینسنگ چینی (*Panax notoginseng*) تیمار شده با اسید جیبرلیک (GA3) بالاترین و محتوای آبسزیک اسید کمترین مقدار بود. قدرت جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه را می‌توان با کاربرد اسید جیبرلیک افزایش داد، به عنوان مثال نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد اسید جیبرلیک (GA3) یک استراتژی اقتصادی برای افزایش جوانه‌زنی و رشد بذرهای سیکلامن می‌باشد (Cornea-Cipcigan et al., 2020). پرایمینگ بذرهای اطلسی با کلرید کلسیم ضمن افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، پرولین، اسیدهای آمینه و محتوای قندهای محلول سبب کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذرهای شد (Kurup et al., 2013). در گیاه *Annona squamosa* L. استفاده از اسید جیبرلیک (GA3) با انتقال ذخایر انرژی موجود در آندوسپرم سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی شد (Vasconcelos et al., 2015). همچنین پرایمینگ بذرهای نخود با غلظت ۱۰ میکرومولار اسید جیبرلیک (GA3) سبب افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای شد (Aziz & ekşen, 2020). گل اطلسی دارای رنگ‌های متنوع بوده و از محبوب‌ترین گل‌های باغچه‌ای و فضای سبز به شمار می‌رود که در اکثر نقاط ایران کشت می‌شود و روش اصلی ازدیاد آن از طریق بذر می‌باشد (Ghahsareh & Kafi, 2008) که هر ساله هزینه زیادی صرف تهیه بذر آن و در نتیجه خروج ارز می‌شود، لذا تلاش‌هایی زیادی به منظور امکان تولید بذر به صورت خود‌گرده افشانی و یا دگرگرده افشانی در گل اطلسی و همچنین سایر گیاهان فصلی نظیر جعفری و ابری صورت گرفته که نتایج حاصله حاکی از

آزمایش، ۰/۵ میلی لیتر نشاسته با ۰/۵ میلی لیتر عصاره قرار داده شد و پس از ۳۰ دقیقه آنکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد، یک میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال برای توقف واکنش اضافه شد. سپس یک میلی لیتر معرف ید اضافه شد و در نهایت حجم نمونه به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد (Worthington, 1993).

### فندهای محلول کل

جهت تعیین فندهای محلول کل طبق روش فنل اسید سولفوریک (AOAC, 1995)، ۰/۱ گرم نمونه تر گیاهچه با اتانول ۸۰ درصد به حجم ۱۵ میلی لیتر رسانده و در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد، سپس ۵ میلی لیتر محلول سولفات روی ۵ درصد و ۷/۵ میلی لیتر هیدروکسید باریوم ۰/۳ نرمال به آن اضافه گردید. نمونه‌ها با ۱ میلی لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد مخلوط شد و میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت گردید.

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

### نتایج و بحث

#### درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات پرایمینگ، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). همسو با نتایج فوق طبق پژوهش‌های Bhargava et al. (2015) درصد جوانه‌زنی بذرهای گل میمون نیز به طور معنی داری تحت تاثیر ارقام مختلف، پرایمینگ و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. نتایج حاصله بیانگر تاثیر معنی دار اسید جیبرلیک بر افزایش درصد جوانه‌زنی در ارقام مختلف به خصوص در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بود که بیانگر نقش مثبت این هورمون بر بهبود جوانه‌زنی بذرهای خود گشن می‌باشد، به گونه‌ای که کاربرد ۱۵۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب شد درصد جوانه‌زنی در بذرهای اطلسی ایرانی به ۱۰۰ درصد برسد که نسبت به تیمار شاهد مربوطه افزایش تقریباً ۸۷ درصدی

شدند (Šćepanović et al., 2022). در هر تکرار ۵۰ عدد بذر کشت شد و شمارش بذرهای از روز دوم به صورت روزانه آغاز شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی متر بود (Sukifto et al., 2020). پس از اتمام مدت جوانه‌زنی پارامترهای مورد بررسی شامل وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به وسیله ترازو با دقت یک ۱۰ هزارم گرم و صفات شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی، شاخص بینه گیاهچه (طولی) و انرژی جوانه‌زنی از طریق روابط ۱ تا ۵ اندازه گیری شد.

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

در این رابطه GP درصد جوانه‌زنی و n تعداد بذر جوانه زده و N تعداد کل بذرهای می‌باشد (Kader, 2005).

$$GR = \sum (n_i/d_i) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه GR سرعت جوانه‌زنی،  $n_i$  تعداد بذرهای جوانه زده در روز  $d_i$  و  $d_i$  تعداد روزها از شروع جوانه‌زنی، مرتبط با  $n_i$  بر حسب روز می‌باشد (Kalsa & Abebie, 2012).

$$MGT = \sum d_i n_i / N \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه MGT متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی می‌باشد (Kader, 2005).

$$LSVI = GP \times SL \text{ (cm)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه LSVI شاخص بینه گیاهچه، SL طول گیاهچه (طول ریشه‌چه + ساقه‌چه) می‌باشد (Farooq et al., 2010).

$$EG = nd/N \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه EG انرژی جوانه‌زنی و nd تعداد بذرهای جوانه‌زده در اوج جوانه‌زنی می‌باشد (Hossain et al., 2005).

#### فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز

بدین منظور ۰/۲ گرم از بافت تر گیاهچه در بافر سدیم فسفات ۰/۰۲ مولار، اسیدیته ۶/۹ برای تعیین آلفا آمیلاز و بافر سدیم استات ۰/۰۱۶ مولار، اسیدیته ۴/۸ برای بتا آمیلاز ساییده و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. در لوله

انجام شد مشخص شد، استفاده از ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک بر روی بذره‌های رقم Mirabile سبب افزایش ۱۳/۳۳ درصدی درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد شد که باعث شد درصد جوانه‌زنی به ۱۰۰ درصد برسد. همچنین کاربرد اسید جیبرلیک سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در بذر گل حنا (Sisodia et al., 2018) و بومادران (Nejad et al., 2022) شد. بنیه بذر و شاخص جوانه‌زنی بذره‌های برنج پرایمینگ شده با اسید جیبرلیک به ترتیب ۳ و ۲ برابر افزایش نشان داد (Sukifto et al., 2020). در گیاه *Annona squamosa* L. استفاده از اسید جیبرلیک با انتقال ذخایر انرژی موجود در آندوسپرم بذرها سبب بهبود درصد جوانه‌زنی بذرها شد این موضوع نشان می‌دهد که کاربرد اسید جیبرلیک موجب تغییر متابولیسم دانه شده و منبع انرژی لازم برای رشد جنین را فراهم می‌کند (Vasconcelos et al., 2015).

را نشان داد، حتی در رقم Tango Blue که کمترین میزان درصد جوانه‌زنی نهایی را به خود اختصاص داد کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب افزایش ۲/۶ برابری درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد مربوطه شد (جدول ۲). وجود اختلاف در بین ارقام مختلف در درصد جوانه‌زنی توسط (Wahocho et al. 2023) در گل اطلسی نیز گزارش شده است به گونه‌ای که درصد جوانه‌زنی بذر رقم Hala lops بیشتر از رقم Prism blue بود که نشان‌دهنده توانایی متفاوت ارقام مختلف اطلسی در جوانه‌زنی می‌باشد. اسید جیبرلیک با افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و تجزیه نشاسته باعث افزایش تولید ATP شده که در فرآیند رشد، توسعه و انبساط سلولی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sukifto et al., 2020). در تایید نتایج حاضر در بررسی که توسط Cornea-Cipcigan et al. (2020) بر روی جوانه‌زنی بذره‌های ارقام مختلف گل سیکلامن تحت تاثیر اسید جیبرلیک

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ بر صفات مورد بررسی در ارقام مختلف گل اطلسی

Table 1- Analysis of variance for the effect of priming on investigated traits in different varieties of *Petunia hybrida*

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares											
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	موسمپ زمان لازم برای جوانه‌زنی Average time required for germination	شاخص بنیه گیاهچه Seed vigour index	انرژی جوانه‌زنی Germination energy	وزن تر ساقه‌چه Plumule Fresh weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن تر ریشه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	آلفا آمیلاز $\alpha$ -amylase	بتا آمیلاز $\beta$ -amylase	محتوای قندهای محلول Soluble sugars content
پرایمینگ بذر Seed priming	3	7552.08**	18.93**	13.92**	17630.7**	0.214**	0.062**	0.045**	0.065**	0.018**	0.068**	0.039**	1.71**
رقم Variety	3	2207.64**	4.75**	2.49**	9886.5**	0.103**	0.840**	0.305**	0.322**	0.089**	0.019**	0.011**	0.81**
پرایمینگ بذر × رقم Seed priming × Variety	9	155.79**	0.46**	0.92**	299.5*	0.032**	0.019 <sup>ns</sup>	0.012*	0.017 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.002*	0.001 <sup>ns</sup>	0.10**
ضریب تغییرات CV (%)	32	8.51	10.26	6.03	11.27	19.90	11.67	14.78	0.013	25.28	7.28	14.68	7.02
خطا Error	47	39.58	0.07	0.04	134.4	0.004	0.01	0.004	23.08	0.004	0.001	0.002	0.02

ns, \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, \* and \*\* Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- اثر پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بذرهای حاصل از خودگشنی ارقام مختلف گل اطلسی

Table 2- The effect of priming on germination traits of seeds obtained from self-pollination of different *Petunia hybrida* cultivars

اسید جیبرلیک (میلی گرم در لیتر) Gibberlin (mg l <sup>-1</sup> )	ارقام مختلف گل اطلسی Different <i>Petunia hybrida</i> cultivars				میانگین Mean
	Iranian petunia	Tritunia White	Tritunia Pink Morn	Tango Blue	
درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)					
0	53.33 <sup>d</sup>	33.33 <sup>e</sup>	33.33 <sup>e</sup>	26.67 <sup>e</sup>	36.66 <sup>c</sup>
50	93.33 <sup>ab</sup>	93.33 <sup>ab</sup>	83.33 <sup>b</sup>	56.67 <sup>d</sup>	81.66 <sup>b</sup>
100	93.33 <sup>ab</sup>	93.33 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	70 <sup>c</sup>	89.16 <sup>a</sup>
150	100 <sup>a</sup>	93.33 <sup>ab</sup>	96.67 <sup>a</sup>	63.33 <sup>cd</sup>	88.33 <sup>a</sup>
Mean	85 <sup>a</sup>	78.33 <sup>b</sup>	78.33 <sup>b</sup>	54.16 <sup>c</sup>	
سرعت جوانه‌زنی Germination speed					
0	1.15 <sup>g</sup>	0.86 <sup>gh</sup>	0.64 <sup>hi</sup>	0.41 <sup>i</sup>	0.76 <sup>c</sup>
50	3.35 <sup>de</sup>	3.25 <sup>de</sup>	3.06 <sup>e</sup>	1.97 <sup>f</sup>	2.91 <sup>b</sup>
100	3.83 <sup>bc</sup>	3.67 <sup>b-d</sup>	4.08 <sup>ab</sup>	3.23 <sup>f</sup>	3.45 <sup>a</sup>
150	4.5 <sup>a</sup>	3.54 <sup>cd</sup>	3.01 <sup>e</sup>	2.3 <sup>f</sup>	3.34 <sup>a</sup>
Mean	3.21 <sup>a</sup>	2.83 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	1.73 <sup>c</sup>	
متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی Average time required for germination (day)					
0	4.83 <sup>c</sup>	4.00 <sup>d</sup>	5.38 <sup>b</sup>	6.50 <sup>a</sup>	5.18 <sup>a</sup>
50	3 <sup>gh</sup>	3.22 <sup>fg</sup>	3.09 <sup>fg</sup>	3.42 <sup>ef</sup>	3.18 <sup>b</sup>
100	2.56 <sup>ij</sup>	2.85 <sup>i-i</sup>	2.63 <sup>h-j</sup>	3.8 <sup>de</sup>	2.96 <sup>c</sup>
150	2.31 <sup>j</sup>	2.95 <sup>gh</sup>	3.62 <sup>de</sup>	2.3 <sup>j</sup>	2.79 <sup>c</sup>
Mean	3.17 <sup>c</sup>	3.25 <sup>c</sup>	3.68 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	

در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each trait, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, P &lt; 0.05).

### سرعت جوانه‌زنی

جوانه‌زنی مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای رقم UHFSA-13 نسبت به رقم UHFSA-9 در گل میمون نیز گزارش شده است که نشان‌دهنده وجود تفاوت در بین ارقام نسبت به سرعت جوانه‌زنی می‌باشد (Bhargava et al., 2015). بذرهای برای آغاز فعالیت حیاتی خود و شروع جوانه‌زنی نیاز به جذب آب دارند، چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا به کندی صورت سرعت جوانه‌زنی کاهش خواهد یافت. پرایمینگ یا آماده‌سازی بذر باعث افزایش سرعت جذب آب و سرعت بالای سوخت‌وساز و جوانه‌زنی در بذر می‌شود که نتیجه این امر افزایش سرعت جوانه‌زنی، بهبود استقرار گیاهچه، افزایش تحمل به تنش و آفات و در نهایت عملکرد بالاتر خواهد بود (Noor-un-Nisa et al., 2013). در همین راستا، افزایش ۲/۳ درصدی سرعت جوانه‌زنی بذرهای برنج در پرایمینگ با اسید جیبرلیک با غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (Sukifto et al., 2020).

اثرات پرایمینگ، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). پرایمینگ بذر با اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی شد که بیشترین افزایش مربوط به کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بود که سبب افزایش ۴/۵ برابری سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). نتایج حاصل از برهم‌کنش پرایمینگ اسید جیبرلیک و رقم نشان داد کاربرد ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در ارقام *Tritunia White*، *Tritunia Pink Morn* و *Tango Blue* شد، در حالیکه در رقم اطلسی ایرانی بیشترین سرعت جوانه‌زنی با کاربرد ۱۵۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد که بیانگر بیشترین سرعت جوانه‌زنی در بین ارقام مختلف نیز بود، همچنین بین غلظت‌های مختلف پرایمینگ در ارقام *Tritunia White* و *Tango Blue* تفاوت معنی‌داری در سرعت



### متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی

مطابق با نتایج تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ، رقم و اثرات متقابل آن‌ها بر متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اسید جیبرلیک سبب کاهش متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی شد که بیشترین کاهش مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲). طبق گزارش Vasconcelos et al. (2015) بذره‌های پرایمینگ شده کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی را در نتیجه تسریع در فرآیند جوانه‌زنی به دلیل شروع زود هنگام فعالیت‌های متابولیکی، تجزیه سریع و انتقال ذخایر آندوسپرم ثبت کردند. نتایج اثرات پرایمینگ و رقم بیانگر کاهش معنی‌دار متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در ارقام مختلف در اثر تیمار با اسید جیبرلیک می‌باشد که بیشترین کاهش در رقم Tango Blue و غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد مربوطه کاهش ۶۴/۶ درصدی را نشان داد، هرچند مقایسه تیمارهای شاهد در ارقام مختلف نشان می‌دهد متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در رقم Tango Blue به‌طور معنی‌داری بیشتر از بذره‌های سایر ارقام می‌باشد که بیانگر نقش اسید جیبرلیک بر بهبود متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی این رقم باشد (جدول ۲). (Moazz Ali et al. (2020). پژوهشی که بر روی جوانه‌زنی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی داشتند گزارش کردند بین ارقام مختلف از نظر متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. پرایمینگ سبب افزایش سرعت تقسیم سلولی در بذره‌های پرایم شده می‌شود به عبارتی دیگر در اثر سنتز DNA، RNA و پروتئین در طی پرایمینگ، بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی مربوط به فرآیند جوانه‌زنی کامل شده و بذر در آستانه جوانه‌زنی قرار می‌گیرد (Ge et al., 2023). به عنوان مثال پرایمینگ بذره‌های برنج با اسید جیبرلیک متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی را ۲۴ ساعت کاهش داد (Sukifto et al., 2020). (Cornea-Cipcigan et al. (2020). بیان کردند استفاده از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک منجر به کاهش ۴۷ درصدی متوسط زمان جوانه‌زنی در سیکلامن شد. همچنین طبق گزارشات Ge et al. (2023) کاربرد اسید جیبرلیک در گیاه *Panax notoginseng* به‌طور مؤثری فرآیند پس از رسیدن را کوتاه می‌کند و با تحریک رشد جنین و نرم کردن

بافت‌های اطراف جنین، جوانه‌زنی بذر را تقویت می‌کند. تیمار ۱۵ میکرومولار اسید جیبرلیک در بذره‌های نخود سبب افزایش ضریب یکنواختی ظهور، کاهش زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی شد (Aziz & ekşen, 2020).

### شاخص بنیه گیاهچه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر شاخص بنیه گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱). استفاده از اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار شاخص بنیه گیاهچه شد البته بین غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در تمامی تیمارها بیشترین شاخص بنیه گیاهچه مربوط به اطلسی ایرانی و کمترین آن مربوط به رقم Tango Blue بود به عنوان مثال در تیمار شاهد و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک شاخص بنیه گیاهچه در اطلسی ایرانی به ترتیب ۶۴/۵ و ۴۷/۴ درصد بیشتر از رقم Tango Blue بود (جدول ۳). بیشترین میزان افزایش شاخص بنیه گیاهچه در اثر تیمار اسید جیبرلیک مربوط به رقم Tritunia White بود که پس از کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک افزایش حدوداً ۳ برابری را نشان داد (جدول ۳). (Shagufta et al. (2023). پژوهشی که بر روی جوانه‌زنی ارقام مختلف شمعدانی داشتند گزارش کردند نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر شاخص بنیه گیاهچه دارد. بنیه گیاهچه یکی از مشخصه‌های مهم کیفیت بذر است و پتانسیل جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه و تحمل در برابر ناملایمات را تعیین می‌کند افزایش بنیه گیاهچه، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر را بهبود می‌بخشد و منجر به تسریع رشد گیاهچه و عملکرد بالا می‌شود (He et al., 2019). در همین راستا استفاده از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک در گیاه لوبیا با تغییر در ابعاد سلولی سبب بهبود پتانسیل تولیدی گیاه، افزایش ارتفاع گیاه و در نتیجه شاخص بنیه گیاهچه شد (Jaques et al., 2019). همسوس با نتایج پژوهش حاضر کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب افزایش شاخص بنیه گیاهچه در رقم Mirabile در سیکلامن شد که این تغییر به بهبود جوانه‌زنی منجر شد که به طول ریشه و ساقه نهال‌ها و همچنین تحریک فعالیت‌های آنزیمی بستگی داشت

بذرهاى ارقام Tritunia White، Tritunia Pink Morn و Tango Blue تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و کمترین میزان انرژی جوانه‌زنی بذرها در ارقام مختلف در شرایط عدم پرایمینگ بذرها حاصل شد، همچنین کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین تاثیر را بر افزایش انرژی جوانه‌زنی بذرهاى اطلسی ایرانی داشت که نسبت به تیمار شاهد مربوطه افزایش ۳/۵ برابری را نشان داد (جدول ۳). طبق گزارشات Mebratu (2022) پاسخ ارقام مختلف گوجه فرنگی به پرایمینگ متفاوت می‌باشد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در تایید نتایج پژوهش فوق تیمار اسید جیبرلیک سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و شاخص بینه در گیاه *Nitraria tangutorum* Bobr شد (Guo & Lin, 2009). همچنین طبق گزارشات Aziz & ekşen (2020) بر روی بذرهاى نخود کاربرد غلظت ۱۵ میکرومولار اسید جیبرلیک سبب افزایش انرژی جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی شد.

(Cornea-Cipcigan et al., 2020). نتایج به دست آمده از پرایمینگ هورمونی بذرهاى بومادران با ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک نیز نشان داد که این هورمون بر درصد سبز شدن و شاخص بینه بذر تأثیر مثبت دارد (Nejad et al., 2022). افزایش شاخص بینه بذر توسط Ghasemi-Golazani et al. (2008 & 2010) بر روی بذرهاى عدس و لوبیا چیتی و (Sisodia et al. (2018) بر روی بذرهاى پریش و همیشه بهار پرایمینگ شده با اسید جیبرلیک نیز گزارش شده است.

### انرژی جوانه‌زنی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ، رقم و برهمکنش آن‌ها بر انرژی جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج برهمکنش اسید جیبرلیک بر بذرهاى ارقام مختلف نشان داد هرچه بر غلظت اسید جیبرلیک افزوده شد، میزان انرژی جوانه‌زنی بذرها افزایش یافت اما بین غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک بر میزان انرژی جوانه‌زنی

جدول ۳- اثر پرایمینگ بر صفات جوانه‌زنی بذرهاى حاصل از خودگشنی ارقام مختلف گل اطلسی

Table 3- The effect of priming on germination traits of seeds obtained from self-pollination of different *Petunia hybrida* cultivars

اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر) Gibberlin (mg/l)	ارقام مختلف گل اطلسی Different <i>Petunia hybrida</i> cultivars				میانگین Mean
	Iranian petunia	Tritunia White	Tritunia Pink Morn	Tango Blue	
شاخص بینه گیاهچه Seed vigour index					
0	77.0 <sup>d</sup>	44.2 <sup>e</sup>	33.8 <sup>e</sup>	27.3 <sup>e</sup>	45.4 <sup>b</sup>
50	156.8 <sup>a</sup>	142.3 <sup>a</sup>	105.1 <sup>bc</sup>	78.3 <sup>d</sup>	120.6 <sup>a</sup>
100	143.4 <sup>a</sup>	143.3 <sup>a</sup>	113.8 <sup>b</sup>	89.8 <sup>cd</sup>	122.6 <sup>a</sup>
150	158.5 <sup>a</sup>	142.8 <sup>a</sup>	106.9 <sup>bc</sup>	83.3 <sup>d</sup>	122.9 <sup>a</sup>
Mean	133.9 <sup>a</sup>	118.2 <sup>b</sup>	89.7 <sup>c</sup>	69.7 <sup>d</sup>	
انرژی جوانه‌زنی Germination energy					
0	0.2 <sup>f-h</sup>	0.13 <sup>gh</sup>	0.1 <sup>h</sup>	0.16 <sup>f-h</sup>	0.15 <sup>b</sup>
50	0.46 <sup>bc</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	0.43 <sup>b-d</sup>	0.23 <sup>e-g</sup>	0.38 <sup>a</sup>
100	0.43 <sup>b-d</sup>	0.5 <sup>bc</sup>	0.53 <sup>b</sup>	0.23 <sup>e-g</sup>	0.42 <sup>a</sup>
150	0.7 <sup>a</sup>	0.43 <sup>b-d</sup>	0.33 <sup>de</sup>	0.26 <sup>ef</sup>	0.43 <sup>a</sup>
Mean	0.45 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	

در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each trait, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, P < 0.05).

### وزن تر و خشک ساقه‌چه

مطابق با نتایج تجزیه واریانس اثرات پرایمینگ و رقم در سطح یک درصد بر وزن تر و خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود. اثرات متقابل پرایمینگ و رقم در سطح پنج درصد بر وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار بود در حالیکه بر وزن تر ساقه‌چه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). بیشترین میزان وزن تر ساقه‌چه مربوط به ارقام اطلسی ایرانی و Tritunia White بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، همچنین ارقام Tritunia Pink Morn و Tango Blue از نظر وزن تر و خشک ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و میزان وزن تر ساقه‌چه در این ارقام کمترین بود (جدول ۴). غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک تاثیر معنی‌داری بر افزایش میزان وزن تر ساقه‌چه داشتند که بیشترین میزان افزایش با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد مربوطه افزایش ۲۱/۵ درصدی را نشان داد (جدول ۴). براساس گزارشات (Sukifto et al., 2020) پرایمینگ بذرهاى برنج با اسید جیبرلیک سبب شد وزن تر کل دو برابر بیشتر از نهال‌های بدون پرایمینگ باشد. برهمکنش اسید جیبرلیک و ارقام مختلف نیز نشان داد کاربرد غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک در رقم Tritunia Pink Morn تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در میزان وزن خشک ساقه‌چه نداشت. در شرایط عدم تیمار اسید جیبرلیک بیشترین وزن خشک ساقه‌چه در ارقام اطلسی ایرانی و Tritunia White مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و نسبت به رقم Tango Blue افزایش ۲/۶ برابری را نشان دادند (جدول ۴). وزن خشک ساقه‌چه در رقم Tango White گل اطلسی نسبت به ارقام دیگر (Tango Blue و Supercascade) بالاتر بود که نشان دهنده وجود تفاوت بین ارقام در میزان وزن خشک ساقه‌چه می‌باشد (Kamali et al., 2019). در گیاه لوبیا نیز کاربرد اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی شد (Jaques et al., 2019). پرایمینگ بذرهاى گوجه‌فرنگی با اسید جیبرلیک سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه، میانگین سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه و وزن تر و خشک ساقه‌چه شد (Balaguera-López et al., 2008). تیمار بذرهاى کلزا با اسید جیبرلیک سبب افزایش ۴۲/۹ درصدی وزن تر گیاهچه شد

(Li et al., 2010). پرایمینگ بذر با افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته و در نتیجه افزایش قندهای محلول شده که همین امر سبب بهبود رشد گیاه و افزایش وزن تر و خشک گیاهچه می‌شود. افزایش وزن تر و خشک گیاهچه توسط Farooq et al. (2006) در بذرهاى برنج پرایمینگ شده نیز گزارش شده است.

### وزن تر و خشک ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار پرایمینگ و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک ریشه‌چه می‌باشد در حالیکه اثرات متقابل آن‌ها تاثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک ریشه‌چه نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بین ارقام اطلسی ایرانی و Tritunia White و نیز بین ارقام Tritunia Pink Morn و Tango Blue تفاوت معنی‌داری در میزان وزن تر و خشک ریشه‌چه وجود ندارد هرچند میزان وزن تر و خشک در ارقام اطلسی ایرانی و Tritunia White به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام Tritunia Pink Morn و Tango Blue بود (جدول ۴). طبق پژوهش‌های پیشین در بین ارقام مختلف گل اطلسی وزن خشک ریشه‌چه در رقم Tango Blue بالاتر از ارقام Tango White و Supercascade بود (Kamali et al., 2019). وزن تر و خشک ریشه‌چه ارقام مختلف شمعدانی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع رقم قرار گرفت که همسو با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد (Shagufta et al., 2023). کاربرد اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌داری وزن تر و خشک ریشه‌چه ارقام مختلف گل اطلسی شد البته بین غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). افزایش وزن خشک ریشه‌چه در اثر تیمار اسید جیبرلیک توسط Jaques et al. (2019) در لوبیا نیز گزارش شده است. همچنین پرایمینگ بذرهاى حنا با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ریشه‌چه شد (Sisodia et al., 2018).

### فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات پرایمینگ و رقم در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز معنی‌دار بود و اثرات متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر فعالیت

جوانه‌زنی در بذرها خودگشن اطلسی با کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز ارتباط دارد (جدول ۵). نتایج حاصل از برهمکنش پرایمینگ و رقم نشان داد بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز در اطلسی ایرانی با کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و در Tango Blue با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک حاصل شد (جدول ۵). بیشترین درصد افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در اثر تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و در رقم Tritunia Pink Morn مشاهده شد (جدول ۵).

آنزیم آلفا آمیلاز تاثیر معنی‌داری داشت درحالی‌که اثرات متقابل آن‌ها بر فعالیت آنزیم بتا آمیلاز تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). براساس نتایج حاصله پرایمینگ ارقام مختلف اطلسی با اسید جیبرلیک سبب افزایش فعالیت آنزیم آلفا و بتا آمیلاز شد، به طوری که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم‌ها در غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری در بین غلظت‌ها وجود نداشت (جدول ۵). در بین ارقام مختلف اطلسی بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز مربوط به اطلسی ایرانی بود که نسبت به Tango Blue به ترتیب افزایش ۲۸/۶ و ۲۸ درصدی را نشان دادند. بنابراین کاهش

جدول ۴- اثر پرایمینگ بر وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بذرها حاصل از خودگشنی ارقام مختلف گل اطلسی

Table 4- The effect of priming on fresh and dry weight of plumule and radicle of seeds obtained from self-pollination of different *Petunia hybrida* cultivars

اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر) Gibberlin (mg/l)	ارقام مختلف گل اطلسی Different <i>Petunia hybrida</i> cultivars				میانگین Mean
	Iranian petunia	Tritunia White	Tritunia Pink Morn	Tango Blue	
وزن تر ساقه‌چه (گرم)					
Plumule Fresh weight (gr)					
0	0.97 <sup>c</sup>	0.92 <sup>c</sup>	0.53 <sup>c</sup>	0.74 <sup>d</sup>	0.79 <sup>c</sup>
50	1.23 <sup>ab</sup>	1.09 <sup>bc</sup>	0.61 <sup>de</sup>	0.64 <sup>de</sup>	0.89 <sup>ab</sup>
100	1.06 <sup>bc</sup>	1.07 <sup>bc</sup>	0.63 <sup>de</sup>	0.69 <sup>de</sup>	0.86 <sup>bc</sup>
150	1.3 <sup>a</sup>	1.19 <sup>ab</sup>	0.68 <sup>de</sup>	0.69 <sup>de</sup>	0.96 <sup>a</sup>
Mean	1.14 <sup>a</sup>	1.07 <sup>a</sup>	0.61 <sup>b</sup>	0.69 <sup>b</sup>	
وزن خشک ساقه‌چه (گرم)					
Plumule dry weight (gr)					
0	0.49 <sup>bc</sup>	0.49 <sup>bc</sup>	0.32 <sup>d</sup>	0.19 <sup>e</sup>	0.37 <sup>c</sup>
50	0.69 <sup>a</sup>	0.69 <sup>a</sup>	0.67 <sup>d</sup>	0.29 <sup>de</sup>	0.50 <sup>a</sup>
100	0.56 <sup>b</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.39 <sup>cd</sup>	0.29 <sup>de</sup>	0.44 <sup>b</sup>
150	0.72 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.36 <sup>d</sup>	0.39 <sup>cd</sup>	0.51 <sup>a</sup>
Mean	0.61 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.29 <sup>c</sup>	
وزن تر ریشه‌چه (گرم)					
Radicle Fresh weight (gr)					
0	0.53 <sup>bc</sup>	0.40 <sup>cd</sup>	0.33 <sup>d</sup>	0.36 <sup>cd</sup>	0.40 <sup>b</sup>
50	0.73 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0.36 <sup>cd</sup>	0.36 <sup>cd</sup>	0.56 <sup>a</sup>
100	0.63 <sup>ab</sup>	0.63 <sup>ab</sup>	0.33 <sup>d</sup>	0.33 <sup>d</sup>	0.48 <sup>ab</sup>
150	0.73 <sup>a</sup>	0.7 <sup>ab</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	0.56 <sup>a</sup>
Mean	0.66 <sup>a</sup>	0.63 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.36 <sup>b</sup>	
وزن خشک ریشه‌چه (گرم)					
Radicle dry weight (gr)					
0	0.12 <sup>de</sup>	0.16 <sup>c-e</sup>	0.09 <sup>e</sup>	0.06 <sup>e</sup>	0.11 <sup>b</sup>
50	0.27 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>e</sup>	0.11 <sup>de</sup>	0.19 <sup>a</sup>
100	0.26 <sup>a-c</sup>	0.25 <sup>a-c</sup>	0.06 <sup>e</sup>	0.11 <sup>de</sup>	0.16 <sup>a</sup>
150	0.34 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b-d</sup>	0.18 <sup>e</sup>	0.10 <sup>e</sup>	0.18 <sup>a</sup>
Mean	0.25 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	

در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each trait, numbers with similar letters are not significantly different (LSD, P < 0.05).

جیبرلین یکی از مهم‌ترین هورمون‌های موثر بر سنتز و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز می‌باشد، در همین راستا استفاده از ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید جیبرلیک در برنج با افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز سبب تجزیه نشاسته، افزایش املاح سازگارکننده و تامین انرژی مورد نیاز جهت افزایش طول ریشه‌چه و ظهور گیاهچه شد (Wang et al., 2021).

تحریک جنین بوسیله هورمون اسید جیبرلیک سبب ترشح هورمون جیبرلین در داخل جنین بذر شده و این امر به نوبه خود سبب فعالیت بیشتر آنزیم آلفا آمیلاز می‌گردد. این آنزیم سبب سنتز نشاسته به قندهای ساده تر گشته که در اختیار جنین و گیاهچه در حال رشد قرار می‌گیرد در نتیجه بنیه بذر افزایش می‌یابد و جوانه‌زنی بذر رخ می‌دهد (Sukifto et al., 2020).

جدول ۵- اثر پرایمینگ بر فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز و محتوای قندهای محلول بذرهای حاصل از خودگشتی ارقام مختلف گل اطلسی

Table 5- The effect of priming on  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase and soluble sugars content of seeds obtained from self-pollination of different *Petunia hybrida* cultivars

اسید جیبرلیک (میلی گرم در لیتر) Gibberlin (mg/l)	ارقام مختلف گل اطلسی Different <i>Petunia hybrida</i> cultivars				میانگین Mean
	Iranian petunia	Tritunia White	Tritunia Pink Morn	Tango Blue	
آلفا آمیلاز					
$\alpha$ -amylase ( $\mu\text{mol ml}^{-1}\text{min}^{-1}$ )					
0	0.33 <sup>gh</sup>	0.31 <sup>gh</sup>	0.28 <sup>h</sup>	0.28 <sup>h</sup>	0.30 <sup>c</sup>
50	0.44 <sup>b-d</sup>	0.44 <sup>b-d</sup>	0.42 <sup>c-e</sup>	0.34 <sup>fg</sup>	0.41 <sup>b</sup>
100	0.51 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b-d</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.41 <sup>de</sup>	0.47 <sup>a</sup>
150	0.51 <sup>a</sup>	0.46 <sup>bc</sup>	0.48 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>ef</sup>	0.46 <sup>a</sup>
Mean	0.45 <sup>a</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.43 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>c</sup>	
بتا آمیلاز					
$\beta$ -amylase ( $\mu\text{mol ml}^{-1}\text{min}^{-1}$ )					
0	0.22 <sup>ef</sup>	0.21 <sup>ef</sup>	0.21 <sup>ef</sup>	0.19 <sup>f</sup>	0.21 <sup>c</sup>
50	0.32 <sup>a-d</sup>	0.30 <sup>b-d</sup>	0.31 <sup>a-d</sup>	0.25 <sup>d-f</sup>	0.29 <sup>b</sup>
100	0.36 <sup>ab</sup>	0.33 <sup>a-c</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	0.28 <sup>c-e</sup>	0.33 <sup>ab</sup>
150	0.37 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a-d</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>c-e</sup>	0.33 <sup>a</sup>
Mean	0.32 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	
محتوای قند محلول					
Soluble sugars content ( $\text{mg g}^{-1}\text{Fw}$ )					
0	1.63 <sup>fg</sup>	1.43 <sup>gh</sup>	1.41 <sup>gh</sup>	1.35 <sup>h</sup>	1.46 <sup>c</sup>
50	2.00 <sup>d</sup>	2.07 <sup>cd</sup>	1.90 <sup>de</sup>	1.60 <sup>fg</sup>	1.89 <sup>b</sup>
100	2.41 <sup>ab</sup>	2.32 <sup>b</sup>	2.58 <sup>a</sup>	1.74 <sup>ef</sup>	2.26 <sup>a</sup>
150	2.61 <sup>a</sup>	2.27 <sup>bc</sup>	2.45 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>fg</sup>	2.24 <sup>a</sup>
Mean	2.16 <sup>a</sup>	2.02 <sup>b</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	1.58 <sup>c</sup>	

در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each trait, numbers with similar letters are not significantly different (LSD,  $P < 0.05$ ).

### محتوای قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات پرایمینگ، رقم و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر محتوای قندهای محلول معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش غلظت اسید جیبرلیک محتوای قندهای محلول افزایش یافت که بیشترین افزایش در

غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد که افزایش ۵۴/۸ درصدی را در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ۵). در بین ارقام مختلف بیشترین غلظت قندهای محلول مربوط به اطلسی ایرانی بود (جدول ۵). نتایج اثرات متقابل پرایمینگ و ارقام مختلف نشان داد بیشترین غلظت قندهای محلول در اطلسی ایرانی با کاربرد

### نتیجه‌گیری

پس‌روی ناشی از خویش‌آمیزی سبب ضعف بذرها و در نتیجه کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود، که در این آزمایش استفاده از اسید جیبرلیک به‌خصوص غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تاثیر معنی‌داری بر بهبود صفات جوانه‌زنی بذرها حاصل از خود‌گشنی ارقام مختلف گل اطلسی داشت. همچنین نتایج حاضر نشان داد بین ارقام مختلف گل اطلسی از نظر صفات جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی که در تمامی صفات مورد بررسی اعم از درصد، سرعت و انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی و همچنین وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز و محتوای قندهای محلول اطلسی ایرانی عملکرد بهتری داشت. البته بیشترین درصد افزایش در صفاتی نظیر درصد جوانه‌زنی، فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز و محتوای قندهای محلول پس از تیمار اسید جیبرلیک در رقم Tritunia Pink Morn رخ داد. نتایج ارائه شده در مطالعه حاضر نشان داد فعالیت آلفا و بتا آمیلاز و محتوای قندهای محلول با کاهش اثرات نامطلوب خود‌گشنی بر جوانه‌زنی بذرها اطلسی مرتبط است. به‌طور کلی استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک با افزایش ۵۶/۶ درصدی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و ۵۷/۱ درصدی آنزیم بتا آمیلاز سبب افزایش محتوای قندهای محلول و در نتیجه تامین انرژی مورد نیاز برای بهبود جوانه‌زنی بذرها حاصل از خود‌گشنی ارقام مختلف گل اطلسی شد.

### تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

### References

- Achrem, M., Stępień, E., & Kalinka, A. (2023). Epigenetic changes occurring in plant inbreeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5407. <https://doi.org/10.3390/ijms24065407>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1995). *Official methods of analysis* (16th ed.). AOAC International.

۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک حاصل شد در حالیکه در سایر ارقام پرایمینگ با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک بیشترین تاثیر را بر افزایش غلظت قندهای محلول داشت (جدول ۵). بیشترین درصد افزایش محتوای قندهای محلول در اثر تیمار اسید جیبرلیک مربوط به رقم Tritunia Pink Morn بود که در اثر تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک افزایش ۸۳ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. اثرات مثبت تیمارهای پرایمینگ بر روی جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه عمدتاً به فرآیندهای متابولیسمی فعال شده از جمله ترمیم DNA و مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی، سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و تولید آدنوزین تری فسفات مربوط می‌شود (Wang et al., 2021).

همچنین پرایمینگ بذر سنتز آمینواسیدهای مرتبط با بیوسنتز اسید جیبرلیک را در بذرها جوانه زده فعال می‌کند این امر منجر به افزایش بیوسنتز قندهای محلول به عنوان منبع اولیه انرژی می‌شود. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد افزایش قندهای محلول که در طول جوانه‌زنی اولیه بذر اتفاق می‌افتد، بسیار مهم است، زیرا بستری را برای عملکرد مناسب فرآیندهای متابولیسمی مختلف که برای رشد محور جنینی ضروری هستند، تامین می‌کند به بیانی دیگر قندها و نشاسته با تولید انرژی سبب بهبود جوانه‌زنی بذر و تسریع رشد گیاهچه می‌شوند (He et al., 2019). با استقرار نهال و کاهش ذخایر غذایی، فتوسنتز انرژی لازم را فراهم می‌کند (Li et al., 2010). نتایج ارائه شده توسط (Wang et al., 2021) بر روی بذرها برنج پرایمینگ شده با اسید جیبرلیک حاکی از آن است که افزایش محتوای قندهای محلول با افزایش طول ریشه‌چه و ظهور گیاهچه مرتبط است. پرایمینگ بذرها اطلسی با کلرید کلسیم سبب افزایش میزان قندهای محلول نسبت به تیمار شاهد شد (Kurup et al., 2013). پرایمینگ بذرها کلزا با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک سبب افزایش ۴۷/۲ درصدی قندهای محلول در شرایط تنش خشکی شد (Li et al., 2010). در تایید نتایج فوق بهبود جوانه‌زنی در نتیجه افزایش سطح قندهای محلول در بذرها زبان گنجشک پرایمینگ شده با اسید جیبرلیک نیز گزارش شده است (Song et al., 2019).

- Aziz, T., & Pekşen, E. (2020).** Seed priming with gibberellic acid rescues chickpea (*Cicer arietinum* L.) from chilling stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03134-y>
- Bakht, J., Shafi, M., Shah, R., & Munir, I. (2011).** Response of maize cultivars to various priming sources. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1), 205–212.
- Balaguera-López, H. E., Cárdenas-Hernández, J. F., & Álvarez-Herrera, J. G. (2009).** Effect of gibberellic acid (GA3) on seed germination and growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). In *Acta Horticulturae*, 821, 141–148. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.821.15>
- Bhargava, B., Gupta, Y. C., Dhiman, S. R., & Sharma, P. (2015).** Effect of seed priming on germination, growth, and flowering of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.). *National Academy Science Letters*, 38, 81–85. <https://doi.org/10.1007/s40009-014-0298-4>
- Cornea-Cipcigan, M., Pamfil, D., Sisea, C. R., & Mărgăoan, R. (2020).** Gibberellic acid can improve seed germination and ornamental quality of selected *Cyclamen* species grown under short and long days. *Agronomy*, 10(4), 516. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040516>
- Farhodi, R., & Lee, D. J. (2014).** Halopriming corn seeds improves seed emergence and carbohydrate metabolism under salinity stress. *Seed Science and Technology*, 42(3), 461–465. <https://doi.org/10.15258/sst.2014.42.3.13>
- Farooq, M., Barsa, S. M., & Wahid, A. (2006).** Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry, and yield. *Plant Growth Regulation*, 49, 285–294. <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9138-y>
- Farooq, M., Basra, S. M., Wahid, A., & Ahmad, N. (2010).** Changes in nutrient homeostasis and reserves metabolism during rice seed priming: Consequences for seedling emergence and growth. *Agricultural Sciences in China*, 9(2), 191–198. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60083-3](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60083-3)
- Ganga, M., Jayalakshmi, S., Jegadeeswari, V., Padmadevi, K., & Jawaharlal, M. (2011).** Petunia. In C. Kole (Ed.), *Wild crop relatives: Genomic and breeding resources—Plantation and ornamental crops* (pp. 209–242). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21201-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21201-7_11)
- Ge, N., Jia, J. S., Yang, L., Huang, R. M., Wang, Q. Y., Chen, C., Meng, Z. G., Li, L. G., & Chen, J. W. (2023).** Exogenous gibberellic acid shortens the after-ripening process and promotes seed germination in the medicinal plant *Panax notoginseng*. *BMC Plant Biology*, 23(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04084-3>
- Ghasemi-Ghahsareh, M., & Kafi, M. (2008).** *Scientific and practical floriculture* (2nd ed.). Publications Golbon. [In Persian]
- Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrollahzadeh, S., & Moghaddam, M. (2010).** Effects of hydro-priming duration on seedling vigor and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 109–113. <https://doi.org/10.15835/nbha3813475>
- Godoy, A. R., Oviedo, V. R. S., Castro, M. M., & Cardoso, A. I. I. (2006).** Effect of inbreeding on seed yield of "caipira" cucumber. *Bragantia*, 65, 569–573. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400006>
- Guo, Y., & Lin, H. (2009).** Regulatory effect of GA and KT on seeds germination of *Nitraria tangutorum* Bobr. *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao/Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 17(6), 1196–1199. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1011.2009.01196>
- He, Y., Cheng, J., He, Y., Yang, B., Cheng, Y., Yang, C., Zhang, H., & Wang, Z. (2019).** Influence of isopropylmalate synthase OsIPMS1 on seed vigor associated with amino acid and energy metabolism in rice. *Plant Biotechnology Journal*, 17(2), 322–337. <https://doi.org/10.1111/pbi.12979>
- Hossain, M., Arefin, M., Khan, B., & Rahman, M. (2005).** Effects of seed treatments on germination and seedling growth attributes of horitaki (*Terminalia chebula* Retz.) in the nursery. *Research Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 1(2), 135–141.
- Jaques, L., Carvalho, I. R., Szarecki, V. J., Pimentel, J. R., Troyjack, C., Dellagostin, S. M., Mendonça, M. T., Rosa, T. C. d., Villela, F. A., & Souza, V. Q. d. (2019).** Gibberellic acid utilization in seeds and plants of beans: Effect on growth and seeds' physiological quality. *Journal of Agricultural Science*, 11(2), 541. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p541>
- Kaamali, M., Shour, M., Neamati, S. H., Lakzian, A., & Khazaei, H. (2019).** Effect of drought stress on physio-morphological characteristics and proline content of three petunia varieties. *Journal of Horticultural Science*, 32(4), 519–529. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i2.58195> [In Persian]
- Kaczmarek, E., Gawroński, J., Dyduch-Siemnińska, M., Szypilo, P., & Szafrńska, B. (2014).** Inbreeding depression for seed germination and seedling vigor in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Folia Horticulturae*, 26, 133–138. <https://doi.org/10.1515/fhort-2015-0004>
- Kader, M. A. (2005).** A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Proceedings of the Royal Society of London*, 138, 65–75. <https://doi.org/10.5962/p.361564>

- Kalsa, K. K., & Abebie, B. (2012).** Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.). *African Journal of Agricultural Research*, 7(21), 3202–3208. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1489>
- Kurup, S. S., Al Amouri, A. W. H., & Jaleel, C. A. (2013).** Effect of seed programming on photosynthetic pigments, biochemical constituents, and mineral nutrients in petunia (*Petunia hybrida* Hort. Vilm-Andr.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1), 1076–1079.
- Li, Z., Lu, G. Y., Zhang, X. K., Zou, C. S., Cheng, Y., & Zheng, P. Y. (2010).** Improving drought tolerance of germinating seeds by exogenous application of gibberellic acid (GA3) in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Seed Science and Technology*, 38(2), 432–440. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.16>
- Mebratu, A. (2022).** Potassium nitrate priming effect on the germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cvs. “Mersa” and “Tekeze-1.” *International Journal of Agronomy*, 22, 61–66. <https://doi.org/10.1155/2022/4970107>
- Mitchum, M. G., Yamaguchi, S., Hanada, A., Kuwahara, A., Yoshioka, Y., Kato, T., Tabata, S., Kamiya, Y., & Sun, T. P. (2006).** Distinct and overlapping roles of two gibberellin 3-oxidases in *Arabidopsis* development. *The Plant Journal*, 45(5), 804–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02642.x>
- Moaaz Ali, M., Javed, T., Mauro, R. P., Shabbir, R., Afzal, I., & Yousef, A. F. (2020).** Effect of seed priming with potassium nitrate on the performance of tomato. *Agriculture*, 10(11), 487–498. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110498>
- Nejad, S. R., Bistgani, Z. E., & Barker, A. V. (2022).** Enhancement of seed germination of yarrow with gibberellic acid, potassium nitrate, scarification, or hydropriming. *Journal of Crop Improvement*, 36(3), 335–349. <https://doi.org/10.1080/15427528.2021.1968553>
- Noor-un-Nisa, M., Gandahi, M., Pahoja, V. M., & Nasim, S. (2013).** Response of seed priming with boron on germination and seedling sprouts of broccoli. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 3(2), 183–194.
- Pounders, C., Reed, S., & Pooler, M. (2006).** Comparison of self- and cross-pollination on pollen tube growth, seed development, and germination in crapemyrtle. *HortScience*, 41(3), 575–578. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.3.575>
- Saeidi, G., Etemadi, N., Razmjoo, J., & Khajepour, M. R. (2007a).** Inbreeding effects on various quantitative traits of *Petunia hybrida* L. *Journal of Genetics and Breeding*, 61(1), 19–26.
- Saeidi, G., Etemadi, N., Razmjoo, J., & Khajepour, M. R. (2007b).** Investigation of seed production and stability of desirable traits in some ornamental plants and weed control methods. *Parks and Green Space Organization of Isfahan Municipality*. [In Persian]
- Šćepanović, M., Koščak, L., Pismarović, L., & Šoštarčić, V. (2022).** Stimulation of germination of freshly collected and cold-stored seeds of *Ambrosia artemisiifolia* L. *Plants*, 20(11), 1888. <https://doi.org/10.3390/plants11141888>
- Jamali, S., Ahmad, W., Ul-Allah, S., Wahocho, N. A., Jamali, M. F., & Shah, S. A. (2023).** Comparative effect of varieties and types of containers on seed germination and seedling growth of geranium (*Pelargonium graveolens*). *Seeds*, 2(1), 165–176. <https://doi.org/10.3390/seeds2010013>
- Sisodia, A., Padhi, M., Pal, A., Barman, K., & Singh, A. K. (2018).** Seed priming on germination, growth, and flowering in flowers and ornamental trees. In *Advances in Seed Priming* (pp. 263–288). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_14)
- Song, Q., Cheng, S., Chen, Z., Nie, G., Xu, F., Zhang, J., Zhou, M., Zhang, W., Liao, Y., & Ye, J. (2019).** Comparative transcriptome analysis revealing the potential mechanism of seed germination stimulated by exogenous gibberellin in *Fraxinus hupehensis*. *BMC Plant Biology*, 19, 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1801-3>
- Sukifto, R., Nulit, R., Kong, Y. C., Sidek, N., Mahadi, S. N., Mustafa, N., & Razak, R. A. (2020).** Enhancing germination and early seedling growth of Malaysian indica rice (*Oryza sativa* L.) using hormonal priming with gibberellic acid (GA3). *AIMS Agriculture & Food*, 5(4), 649–668.
- Wahocho, N. A., Laghari, R. M., Talpur, K. H., Jamali, M. F., Ahmad, W., Shah, A. N., Otho, S. A., Shar, P. A., & Wahocho, S. A. (2023).** Seed germination and vegetative growth of *Petunia hybrida* genotypes to salt stress. *Journal of Applied Research in Plant Science*, 4(02), 553–565. <https://doi.org/10.38211/joarps.2023.04.02.173>
- Wang, Y., Yuetao, W., Ruifang, Y., Fuhua, W., Jing, F., Wenbo, Y., Tao, B., Shengxuan, W., & Haiqing, Y. (2021).** Effects of gibberellin priming on seedling emergence and transcripts involved in mesocotyl elongation in rice under deep direct-seeding conditions. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 22(12), 1002. <https://doi.org/10.1631/jzus.B2100174>
- Worthington, V. (1993).** *Worthington enzyme manual: Enzymes and related biochemicals*. Worthington Biochemical Corporation.