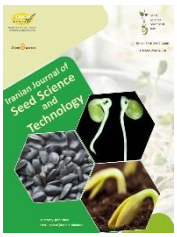
2024, 13 (2), 17-34 https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362403.1489

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

Iranian Journal of
Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The effect of hydropriming and hormone priming on the sprouting and establishment of deteriorated seeds of three yarrow species (*Achillea millefolium, A. nobilis* and *A. tenufolia*) in a pot experiment

Mohammad Reza Pahlevani[1], Mohammadali Alizadeh[1*], Mohammad Nabi Ilkani[2], Ali Ashraf Jafari[1], S. Esmaiel Seyedian[1]

1. Postgraduated of M.Sc of Azad University of Karaj Branch –High Expert, Associated professor, Professor and High expert of Research Institute of Forests and Rangeland, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO) Tehran, Iran.
2. Assistance Professor from University of Karaj Branch.

Article Information

Received: 07 Jun. 2023
Revised: 22 Oct. 2023
Accepted: 22 Oct. 2023

Keywords:
Seed enhancer,
Deterioration,
Seedling growth,
Seed vigour

Corresponding Author:
alizadeh202003@gmail.com

Abstract

Yarrow (Achillea spp) is one of the most important medicinal plants that have many uses in the pharmaceutical, cosmetic and health industries. In order to study the effect of hydropriming and hormone priming on the seed sprouting and emergence traits of deteriorated seeds of three yarrow species, this study was conducted on three Yarrow species of (Achillea millefolium), (A. nobilis) and (A. tenufolia). A factorial experiment was conducted using completely randomized design with three replications in the greenhouse in Research Institute Forests and Rangeland, Tehran, Iran in 2022. The factor A was three yarrow species, Factor B was three levels of artificially Aged Seeds using temperature of 40□C and relative humidity of 100% (for 0, 48 hours, 72 hours) and factor C was seed priming at three levels, including hormonal priming with three levels (0, 250 and 500 ppm gibberellic acid), the zero concentration was considered as (hydropriming). In this experiment, the seeds of three yarrow species, were subjected to accelerated Ageing test. Then the seeds were treated by hydro and hormonal priming. The result of analysis of variance showed that there were significant of main and interaction effects of species, seed priming and seed deterioration for emergence percentage and emergence rate, emergence index, shootlet length, rootlet length, seedling length, Vigour index, seedling fresh weight, length ratio (RS) were significant at (P≤1%). The results showed that the percentage, and emergence rate and index of emergence two species of A. nobilis and A. millefolium under the influence of two methods of hydro and hormonal priming (gibberellic acid 250 mg/liter) in both and accelerated aging of 48 hours were more than the species of A. tenufolia. The values of emergence characteristics of all three yarrow species with the effect of priming methods in deterioration of 72 hours of accelerated aging were lower than the values of emergence characteristics in conditions without and with accelerated aging of 48 hours. Improvement of the deteriorated seeds of of A nobilis species were influenced by priming methods more than two species of A. tenufolia and A. millefolium.

How to cite this paper: Pahlevani, M.R., Alizadeh, M.A., Nabi Ilkani, M., Ashraf Jafari, A., Seyedian, S.E. (2024). The effect of hydropriming and hormone priming on the sprouting and establishment of deteriorated seeds of three yarrow species (*Achillea millefolium, A. nobilis* and *A. tenufolia*) in a pot experiment. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (2), 17-34. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362403.1489

© 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

Yarrow (*Achillea spp*) is one of the most important medicinal plants that have many uses in the pharmaceutical industry, cosmetic and health. The Yarrow plant is grown as a wild type in different regions of Iran. These species can be used as low-demand plants in green spaces or dry land areas. So, the investigation of the seed establishment of species under different environmental conditions is important. Seed priming was defined as pre-sowing treatments in water or in an osmotic solution that allow seeds to imbibe water to proceed to the first stage of germination, but prevents the radicle emergence through the seed coat. Regarding, the importance of preserving the genetic resources of yarrow species in gene banks, this study was conducted to investigate seed deterioration under accelerated aging conditions by applying priming treatments to restore the emergence and vigor traits of deteriorated seeds of three yarrow species under greenhouse conditions.

Material and methods

In order to investigate the effect of hydro-priming and hormone priming on seed germination and vigor of deteriorated seeds, a factorial experiment (3×3×3) was conducted based on a completely randomized design with three replications. Seeds of three yarrow species *Achillea millefolium*, *A. nobilis* and *A. tenufolia* were provided from the Natural Resource gene bank of Forest and Range Institue of Iran inTehran, The seeds were subjected to an accelerated aging test (temperature 40°C and relative humidity 100% for (48 and 72 hours compared to the control). Then, seed priming treatment including hormone priming with three levels (0, 250 and 500 mg/L gibberellic acid) coupled with distilled water (hydro-priming) was applied to the seeds. In this study, control and deteriorated seeds of each species were soaked for 24 hours in solutions containing priming hormone and hydro-priming. After applying the treatments, the seeds were dried at room temperature (24°C). Then all seeds were sown in plastic pots with a volume of 1500 cm^2 containing an equal ratio of soil, sand and compost as (1:1:1). The pots were placed in a greenhouse with a temperature (20 ±5°C), light (10,000 lux) and relative humidity of (65%). Seeds were watered daily until emergence was completed. The emerging seeds were counted daily. After the seedling growth was completed (45 days), the seedlings were removed from the pots and the following traits; seed germination percentage, rate of germination, vigor indices, root length (mm), shoot length (mm) and seedling length (mm), vigor index, seedlings fresh and dry weight (mg), seedlings dry weight percentage and root shoot length ratios were measured.

Results and discussion

The results showed that the main effects of species, seed priming, seed decay and their interaction effects were significant ($P \leq 0.01$) for the traits of emergence percentage and rate of emergence, shoot length, root length, seedling length, seed vigor index, plant fresh and dry weight, and the ratio of root length by shoot length. The results showed that the values of seed emergence percentage and rate of emergence in *A. nobilis* and *A. millifolium* species under the influence of hydro and hormonal priming methods (gibberellic acid 250 mg/L) in 48 hours of accelerated aging were higher than that for *A. tenufolia*. The values of emergence characteristics of all three yarrow species with priming methods in deterioration of 72 hours of accelerated aging were lower than control and with accelerated aging of 48 hours. Recovery of the deteriorated seeds in *A. nobilis* species by priming methods was higher than that for two species of *A. tenufolia* and *A. millefolium.*

Conclusion

Considering the reduction in emergence traits of three yarrow species in accelerated aging (48 and 72 hours) compared to the control (without accelerated aging), it was concluded that seed deterioration is one of the most important physiological phenomena. The means of emergence traits were higher with the effect of hormonal priming (gibberellic acid 250 mg/L) than with hydro-priming and gibberellic acid 500 mg/L.The highest values of emerged traits were obtained in *A. nobilis* by using hormonal priming (gibberellic acid 250 mg/L) and hydropriming than the species *A. millifolium* and *A. tenufolia*. Similarly, recovery of the deteriorated seeds of *A nobilis* was higher than that for two species of *A. tenufolia* and *A. millefolium* by priming methods. Considering the favorable effect of hydro- and hormonal priming methods (250 mg/L gibberellic acid) on emergence traits such as percentage and rate of emergence, and emergence index of two yarrow species, *A. nobilis* and *A. millifolium*, it was recommended that hormonal and hydro-priming methods for seed pre-treatment during planting to obtaining of optimal establishment.

دوره ۱۳، شماره ۲، صفحات ۳۴-۱۷ https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362403.1489

نشریه علوم و فناوری بذر ایران

ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

اثر هیدرو پرایمینگ و هورمون پرایمینگ بر سبزشدن و بنیه بذرهای زوال یافته در سه گونه بومادران *Achillea millefolium*، *A. nobilis* و *A. tenufolia* در آزمایش گلدانی

محمدرضا پهلوانی[1*]، محمدعلی علیزاده[1]، محمد نبی ایلکایی[2]، علی اشرف جعفری[1]، سید اسماعیل سیدیان[1]

۱. به ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناس ارشد از دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کارشناس خبره، دانشیار، استاد و کارشناس خبره موسسه جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

چکیده

بومادران (*Achillea spp*) یکی از مهمترین جنس‌های گیاهان دارویی است که کاربرد بسیاری در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی دارد. مطالعه استقرار بذر گونه‌های مختلف تحت شرایط متفاوت محیطی دارای اهمیت می‌باشد. برای بررسی برهمکنش آزمون پیری تسریع شده و پرایمینگ بر صفات سبزشدن بذرهای سه گونه بومادران (*Achillea millefolium*)، (*Achillea nobilis*) و (*Achillea tenufolia*)، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. به این منظور ابتدا بذرهای سه گونه فوق تحت آزمون پیری تسریع شده (دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰درصد (به مدت صفر، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت)، قرار گرفتند. سپس پرایمینگ بذر شامل هورمون پرایمینگ دارای سه سطح (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک) که غلظت صفر آن آب مقطر به عنوان (هیدروپرایمینگ) بر روی بذرها اعمال شد. نتایج نشان داد اثرات اصلی و اثرات متقابل گونه، پرایمینگ بذر و زوال بذر برای صفات درصد و سرعت سبز شدن، شاخص سبزشدن، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، شاخص بنیه بذر، وزن تر خشک گیاه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که درصد، سرعت و شاخص سبز شدن دو گونه *A. nobilis* و *A. millifolium* تحت تاثیر دو روش هیدرو و هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/لیتر) در پیری تسریع شده ۴۸ ساعت بیشتر از گونه *A. tenufolia* بودند. مقادیر صفات سبز شدن هر سه گونه بومادران با اثر روش‌های پرایمینگ در شرایط زوال ۷۲ ساعت پیری تسریع شده کمتر از مقادیر صفات سبز شدن در شاهد و پیری تسریع شده ۴۸ ساعت بود. بهبود بذور زوال یافته گونه *A. nobilis* تحت تاثیر روش‌های پرایمینگ بیشتر از گونه‌های *A. tenufolia* و *A. millefolium* بود.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

واژه‌های کلیدی:

تقویت کننده بذر،

زوال،

رشد گیاهچه،

بنیه بذر

نویسنده مسئول:

alizadeh202003@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:

Pahlevani, M.R., Alizadeh, M.A., Nabi Ilkani, M., Ashraf Jafari, A., Seyedian, S.E. (2024). The effect of hydropriming and hormone priming on the sprouting and establishment of deteriorated seeds of three yarrow species (*Achillea millefolium*, *A. nobilis* and *A. tenufolia*) in a pot experiment. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *13* (2), 17-34. https://doi.org/10.22092/ijsst.2023.362403.1489

مقدمه

بومادران از جمله گیاهان دارویی است که گونه‌های مختلف آن به صورت وحشی در مناطق مختلف ایران یافت می‌شوند. این گونه‌ها به عنوان گیاهانی کم توقع می‌توانند در فضای سبز مناطق خشک مورد استفاده قرار گیرند (Ghani et al., 2009). در دنیا بیش از ۱۰۰ گونه از این جنس وجود دارد این جنس در ایران دارای ۱۹ گونه علفی چندساله می باشد که اغلب معطر هستند (Mozaffarian 2007). فرم گل آذین گونه‌های بومادران دیهمیی مرکب، و دارای دو نوع گل لوله ای و زبانه ای می‌باشند. دارای نوع میوه فندوقه هستند. گیاه تک پایه، دوجنسی، گل دهی آنها بهار و میوه‌دهی آنها تابستان می‌باشند. هر سه گونه جزو گیاهان ایران تورانی محسوب می‌شوند (Mozaffarian 2008).

جوانه‌زنی موفقیت آمیز بذرها یک امر ضروری برای حیات گیاهان جهت انتشار آنها در طبیعت می‌باشد. پیری یا فرسودگی بذر یکی از عوامل موثر در به تاخیر انداختن جوانه‌زنی بوده که موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و حتی باعث از بین رفتن کامل بذرها می‌شود بررسی وضعیت بنیه یا همان قدرت بذر که پتانسیل ظهور سریع و یکنواختی رویش بذر برای تولید نهال یا گیاهچه‌ها تحت شرایط مختلف محیطی، از اهمیت کشاورزی و اکولوزیکی برخوردار می‌باشد (Boniecka et al., 2019). اساسی‌ترین تغییراتی که در زمان زوال در بذر ایجاد می‌گردد، می‌توان به کاهش یکپارچگی غشا پلاسمایی، تغییر ساختمان مولکولی اسیدهای نوکلئیک و کاهش فعالیت آنزیم‌ها اشاره نمود. این تغییرات باعث کاهش کیفیت بذر، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی، رشد کمترگیاه، حساسیت به تنش های محیطی و اکثر مواقع کاهش عملکرد می‌گردد (Coin et al., 1995). برای ارزیابی بنیه بذر (Vigour) گونه‌های مختلف در واکنش به زوال بذور از آزمون پیری تسریع شده استفاده می‌شود (Tekrony, 2005). برای این منظور بذرها در سطوح دما و رطوبت نسبی بالا قرار داده می‌شوند (MacDonald, 1999). بذرهای کم کیفیت سریع‌تر از بذور با بنیه بالا دچار زوال می‌گردند(Marshal & Lewis, 2004). شرایط محیط نگهداری بذر مثل میزان رطوبت بذر و درجه حرارت نگهداری از عوامل موثر برسرعت زوال بذر می‌باشد. افزایش هر کدام، باعث افزایش سرعت زوال بذر می گردد. در تحقیقی، Rasoolzadeh et al. (2020) با اثر اسمو و هورمونال پرایمینگ بر خصوصیات جوانه زنی بذور سه اکسشن گونه بومادران (*Achillea millefolium*) تحت شرایط مختلف پیری تسریع شده، نتیجه گرفتند که صفات جوانه زنی و فعالیت آنزیمی هر سه اکسشن گونه فوق با اثر پرایسمینگ تحت شرایط پیری زودرس بهبود یافت.

تکنیک پرایمینگ بذر بعنوان یک تیمار قبل از کاشت شناخته شده است که در آن بذر به صورت کنترل شده آب جذب می‌کند به‌طوریکه اجازه داده می‌شود تا فرآیندهای متابولیکی پیش از جوانه‌زنی در بذور رخ دهد اما ریشه‌چه خارج نگردد (Armin et al., 2010). برای استفاده مناسب از روش پرایمینگ، شناخت ساز وکارهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک اولین قدم می‌باشد که پرایمینگ از این روش بر کیفیت بذرها تاثیرگذار است. در روش پرایم، امکان آبنوشی برای کامل شدن فرآیندهای پیش جوانه‌زنی فراهم می‌گردد. این عمل در اثر کاهش پتانسیل ماتریکی مقدار آب در دسترس از طریق جذب سطحی عوامل پرایمینگ تهیه می‌شود (Alizadeh & Nasiri, 2012).

روش‌های رایج جهت انجام تیمارهای پرایمینگ شامل:

- هیدروپرایمینگ (خیساندن بذور در آب مقطر بدون استفاده از مواد شیمیایی که این روش در مقایسه با بذور بدون خیساندن اثر مهم در سبز شدن بذرها و در نتیجه در افزایش عملکرد در شرایط مزرعه دارد (Carrillo Reche et al., 2018).
- اسموپرایمینگ (خیساندن بذرها در محلول‌های با پتانسیل اسمزی پایین مانند محلول پلی اتیلن گلایکول، گلیسرول، سوربیتول، مانیتول و نمک‌های معدنی که جذب آب را تنظیم می‌نمایند (Lutts et al. 2016).
- هالوپرایمینگ: (غوطه‌ور کردن بذور در محلول‌های نمکی شامل NaCl، KNO3، CaCl2 و CaSO4 که جوانه‌زنی و سبزشدن نهال‌ها را در شرایط نامساعد محیطی تسهیل می‌نمایند (Robeledo, 2020).
- ماتریکس پرایمینگ (Matrix Priming) (با مواد جامد): تیمار بذرها با بستر مواد جامد شامل موادی با فشار اسمزی پایین تحت شرایط عمل هیدراسیون کنترل شده

انجام گرفته و امکان جذب آب را برای بذور بوجود می‌آورند (Paparella et al., 2015). این مواد نظیر پیرلیت، ورمیکولیت، زئولیت، ژل پلی پرو پیونات، زغال سنگ نرم، سیلیکات کلسیم، خاک اره، زغال چوب و خاک رس دانه‌بندی شده می‌باشند.

- هورمونال پرایمینگ: بذور در محلول‌های هورمونی نظیم کننده رشد مانند اسید جیبرلیک،کینیتین، اسید سالسیلیک، پلی‌آمین‌ها خیسانده می‌شوند که این عمل موجب تحریک رشد و نمو نهال‌ها می‌شود (Jabari & Jabari, 2023).
- بیوپرایمینگ: تیمار نمودن بذر با عمل هیدراسیون بذر و اضافه کردن یک تیمار بیولوژیکی بصورت تلقیح نظیر یک باکتری زنده همراه می‌باشد (Mahmood et al., 2016). در این روش پرایمینگ بذر، از ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهی نظیر ازتوباکتر، سودوموناس، باسیلوس، اگروباکتریوم، قارچ کش ها و عوامل زیستی استفاده می‌شوند.
- پرایمینگ کودی (Nutripriming): خیساندن بذرها در محلول حاوی مواد مغذی ریز و درشت می‌باشد که این عمل هم افزایی مواد شیمیایی با آب همراه می‌باشد و یک روش مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست می‌باشد (Rehman et al., 2018).
- نانو پرایمینگ (Nanopriming): یک روشی برای بهبود جوانه‌زنی، سبز شدن، بنیه و رشد گیاهچه‌ها با استفاده از مواد نانوذرات مبتنی بر فلزات و کربن می‌باشد (Mazahar et al., 2022; Panda & Mondal, 2020). در نانوپرایمینگ بذرها قبل از کاشت خشک نمی شوند و با سایر روش های پرایمینگ متفاوت است.

برای بسیاری از بانک‌های ژن‌های دنیا تحت بالاترین استانداردهای مدیریتی، ژرم پلاسم گیاهی با گذشت زمان مورد زوال قرار می‌گیرتد و نیاز به احیا دارند (FAO, 1998). با توجه به اهمیت حفاظت از ذخایر ژنتیکی گونه‌های بومادران این تحقیق با هدف بررسی زوال بذر با شرایط پیری تسریع شده و اعمال تیمارهای پرایمینگ جهت ترمیم صفات جوانه‌ای و بنیه‌ای بذور زوال یافته سه گونه بومادران هزار برگ (*Achillea millefolium*)، بومادران تماشایی (*A. nobilis*) و بومادران بیابانی (*A. tenufolia*) در شرایط گلخانه به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

بذر سه گونه بومادران مورد استفاده در این تحقیق، از بذرهای احیا شده موجود در بانک بانک ژن منابع طبیعی ایران درسال‌های گذشته بودند که غالبا سالم و بدون زوال طبیعی بودند. مشخصات جغرافیایی، وزن هزار دانه بذر، خلوص و رطوبت سه گونه بومادران در جدول۱ آمده است. خواب بذر در بومادران از نوع خواب غیر عمیق بوده و لذا بذور مورد استفاده دارای خواب نبودند.

به منظور بررسی تاثیر پیش تیمارهای اسید جیبرلیک (هورمون پرایمینگ) و هیدرو پرایمینگ در افزایش توان سبز شدن و رشد گیاهچه بذور زوال یافته سه گونه بومادران، این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر بانک ژن منابع طبیعی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع در شرایط گلخانه انجام شد.

فاکتور A: گونه در سه سطح *A. millifolium*، *A. nobilis* و *A. tenufolia*،

فاکتور B: آزمون پیری تسریع شده درسه سطح: اعمال دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰درصد (به مدت صفر، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت (McDonald, 1999, 2000) و فاکتورC : تیمار پرایمینگ دارای سه سطح (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک) که غلظت صفر آن آب مقطر به عنوان (هیدروپرایمینگ) تلقی شد.

جهت اعمال تیمارهای پرایمینگ، ۶۷۵ عدد بذر از هرگونه با سه سطح زوال، سه تیمار و سه تکرار (۲۵ عدد بذر برای هر تکرار) در نظر گرفته شدند. بذور از نوع احیایی و دارای خواب غیرعمیق سطحی یعنی بدون خواب بودند. بذور هر گونه به مدت ۲۴ ساعت در محلول‌های حاوی ماده هورمون پرایمینگ و هیدروپرایمینگ (آب مقطر) قرار گرفتند. بعد از اعمال این تیمار بذرها جهت خشک شدن در دمای اتاق (۲۴درجه ساتتی‌گراد) قرار گرفتند. بذور در نظر گرفته شده سپس به منظور ارزیابی صفات جوانه‌زنی بذور پرایم شده و شاهد، تمامی بذور در گلدان

پلاستیکی با حجم ۱۵۰۰ سی سی به نسبت مساوی ۱:۱:۱ از خاک، ماسه و خاک برگ با شرایط دمایی۵ ±۲۰ درجه سانتی‌گراد و نور۱۰۰۰۰ لوکس با رطوبت نسبی ۶۵ درصدکشت شدند. آبیاری بذور تا سبز شدن به صورت مه پاش و روزانه انجام پذیرفت و شمارش از روز سوم به مدت ۴۵ روز انجام گرفت. بعد از تکمیل شدن رشد گیاه‌چه (۴۵ روز) نمونه ها از گلدان خارج شده و صفات درصد و سرعت سبز شدن، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص بنیه، وزن تر و خشک و درصد وزن خشک، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه اندازه گیری شدند. شاخص بنیه گیاه چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و گیاهچه (بر حسب میلی‌متر) و وزن تر گیاه بر حسب میلی‌گرم به روش (Lekh & Kairwal, 1993) اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه سرعت سبز شدن در گلخانه به روش (Maguire, 1962) معادله ۱ استفاده شد

$$ER = \sum_{i}^{j} Si / Di$$ معادله ۱

که در آن، ER= سرعت سبز شدن، Si =تعداد بذر سبز شده در هر شمارش و Di تعداد روز تا شمارش n ام

درصد سبز شدن پس از تکمیل سبز شدن، رویش بذرها در گلخانه از معادله درصد سبز شدن (معادله۲) محاسبه شید.

$$E\% = \frac{\sum E}{N} \times 100$$ معادله۲

که در آن E% = درصد سبز شدن، ∑E=میزان بذور سبز شده و N=تعداد کل بذور

شاخص بنیه بذر با استفاده از روش پیشنهادی (Abdulbaki & Anderson, 1975) و طبق معادله۳ محاسبه گردید.

$$VI = \frac{E\% \times MSH}{100}$$ معادله۳

که در این فرمول VI= شاخص قدرت بذر (بنیه)، E% = درصد سبز شدن، MSH = میانگین طول گیاهچه (ریشه‌چه+ ساقه‌چه)

شاخص سبز شدن : برای محاسبه شاخص سبز شدن از معادله ۴ استفاده گردید.

$$E - index = \frac{\sum T \times N_i}{N}$$ معادله۴

در این فرمول E-Index= شاخص سبز شدن، N= تعداد بذور، Ni= تعداد بذور سبز شده در هر روز و T= تعداد روز پس از کاشت.

تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از انجام توزیع داده‌ها و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS9 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، وزن هزار دانه بذر، خلوص و رطوبت سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis*

Table 1- Geographical characteristics, Purity, moisture content, thousand weights of three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia)*, and *A. nobilis*.

نام گونه	کد جمعیت Code	منشاء جمعیت Origin	ارتفاع (متر) Elevation (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	درصد رطوبت Moisture' %	درصد خلوص Purity %	وزن هزار دانه گرم 1000 seeds Weight (g)
A.nobilis	26494	همدان Hamadan	2000	34° 47' 13"	48° 28' 28"	7	100	0.06
A.millifolum	27038	گیلان Gilan	1420	37°50' 03"	48°40' 20"	8.5	93	0.1
A.tenuifolia	21694	سمنان Semnan	1421	35°24' 82"	53°58' 83"	6	100	0.1

نتایج

نتایج تجزیه واریانس فاکتوریلی نشان داد که علاوه بر اثرات اصلی و اثرات متقابل دوجانبه، اثر متقابل سه جانبه گونه × پرایمینگ ×زوال بذر برای کلیه صفات در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول۲). به همین دلیل از مقایسه میانگین اثرات اصلی صرف‌نظر شد و تنها مقایسه اثرات متقابل سه جانبه انجام شد (شکل ۱-۱۰).

جدول ۲- تجزیه واریانس فاکتوریل اثر پرایمینگ بر صفات سبز شدن بذور زوال یافته
سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis*

Table 2- Analysis of variance of seed priming technique on the Emergence characteristics of the deteriorated seeds of three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia* and *A. nobilis*

منابع تغییرات Source	درجه آزادی DF	درصد سبز شدن Emergence Percentage	سرعت سبز شدن Emergence Rate	شاخص سبز شدن Emergence index	طول ریشه‌چه Rootlet Length (mm)	طول ساقه‌چه Shootlet Length (mm)	طول گیاهچه Seedling Length (mm)	نسبت طول ریشه‌چه/ ساقه‌چه Rootlet/Shootle	وزن تر Fresh Weight (mg/p)	وزن خشک DM Weight (mg/p)	شاخص بنیه Vigour index
گونه Species (S)	2	4439.90**	3.22**	60.84**	2354.25**	897.32**	6079.53**	0.55**	3689.04**	581.28**	4568.20**
پرایمینگ Priming (P)	2	2473.68**	2.11**	22.86**	3722.73**	2566.06**	12564.75**	1.19**	9296.93**	1201.94**	9770.98**
زوال Deterioration (D)	2	10567.31**	11.17**	82.95**	761.82**	699.32**	2615.05**	0.71**	7888.26**	1123.75**	8687.97**
گونه×تیمار S×T	4	68.05*	0.13**	1.23ns	331.46**	165.76**	971.50**	0.15*	1176.07**	149.25**	839.06**
گونه×زوال S×D	4	333.23**	0.34**	3.17**	447.05**	4.88ns	457.04**	0.77**	56.41ns	3.33ns	198.34**
×زوال تیمار T×D	4	271.90**	0.14**	5.10**	9.91ns	43.14**	37.29ns	0.22**	727.41**	119.69**	606.06**
گونه×تیمار×زوال S×T×D	8	28.05*	0.031*	1.49*	87.27**	33.75**	177.51**	0.11*	106.42**	15.49**	86.93**
خطا Error	54	19.75	0.021	0.65	12.42	7.31	26.03	0.04	25.94	3.01	16.89
ضریب تغییرات CV		7.64	8.03	11.90	9.17	10.77	8.02	12.98	12.26	10.91	10.33

*، ** و ns = به ترتیب معنی دا در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار

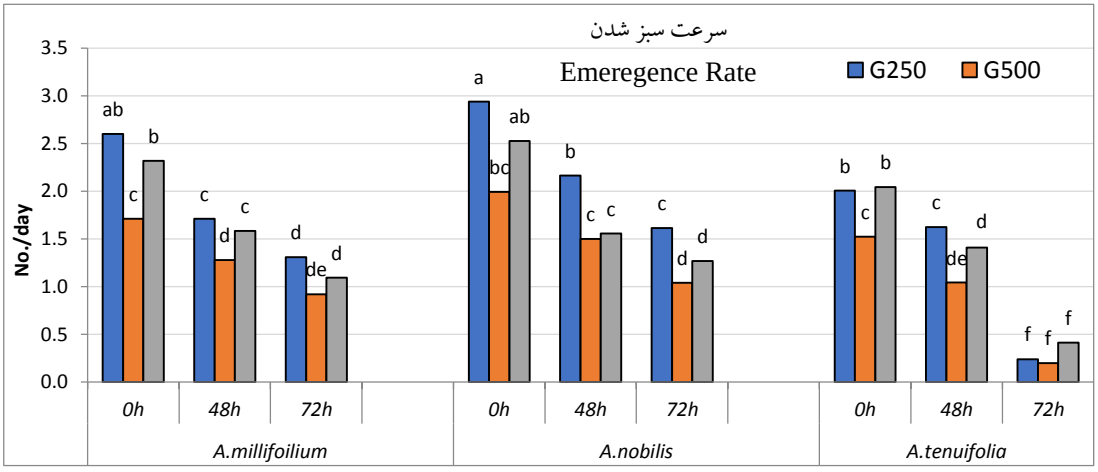
*, ** = Significant at 5%, and 1% probability levels, respectively

سرعت سبز شدن

اثر تیمارهای پرایمینگ بر سرعت سبز شدن سه گونه بومادران در دو شرایط پیری تسریع شده و شاهد نشان داد که سرعت سبز شدن دو گونه *A. millifolium* و *A. nobilis* با تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در شاهد به میزان۲/۶۲ و ۲/۹۶ جوانه/روز بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۱). اثر تیمار هیدرو پرایمینگ بر سرعت سبز شدن در شاهد (بدون پیری زودرس) برای دو گونه *A. millifolium* و *A. nobilis* در مرتبه بعدی قرار گرفتند (شکل ۱). سرعت سبز شدن هر سه گونه بومادران در شرایط پیری تسریع شده ۴۸ ساعت با تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به ترتیب ۱/۷ و ۲ جوانه/روز بیشتر از دو روش هیدرو پرایمینگ و هورمونال پرایمینگ (اسیدجیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/لیتر) بود (شکل۱). حداقل سرعت سبز شدن مربوط به شرایط پیری تسریع شده ۷۲ ساعت تحت تاثیر روش‌های پرایمینگ بود (شکل ۱).

درصد سبز شدن

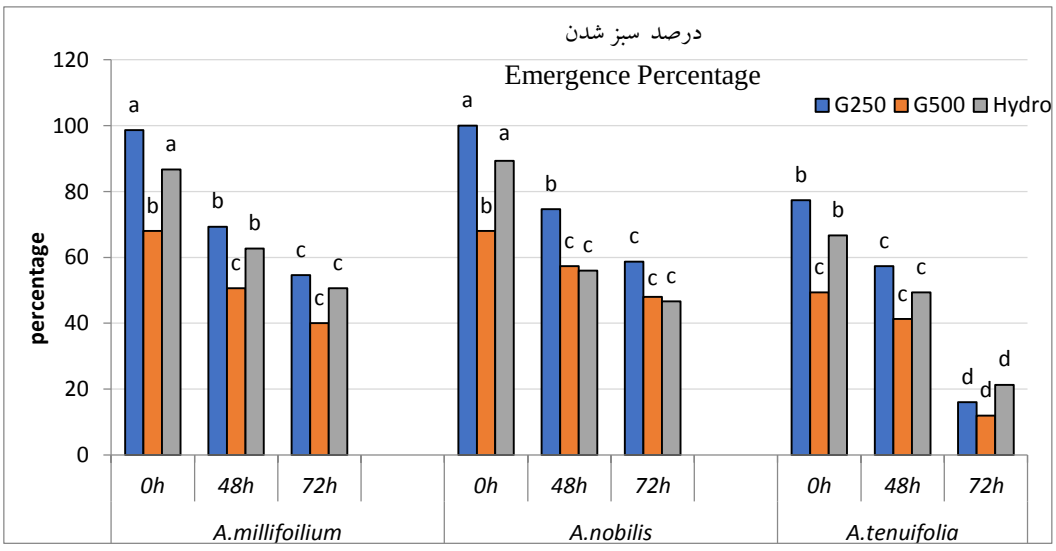
درصد سبز شدن دو گونه *A. millifolium* و *A. nobilis* با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر) و هیدروپرایمینگ در شاهد (بدون پیری زودرس) به میزان (۹۹، ۱۰۰ و ۸۷، ۸۹) درصد بود که بیشتر از سایر تیمارها بوده و اثر تیمارهای پرایمینگ در شرایط پیری تسریع شده ۴۸ ساعت در مرتبه بعدی قرار گرفت (شکل ۲). حداقل درصد سبز شدن مربوط به شرایط پیری تسریع شده ۷۲ ساعت تحت تاثیر روش‌های پرایمینگ بود (شکل۲).



شکل ۱- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای سرعت سبز شدن در شرایط گلخانه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 1- Effect of priming by accelerated aging on emergence rate in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method



شکل۲- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای درصد سبز شدن

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 2- Effect of priming by accelerated aging on emergence percentage in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method

شاخص سبز شدن

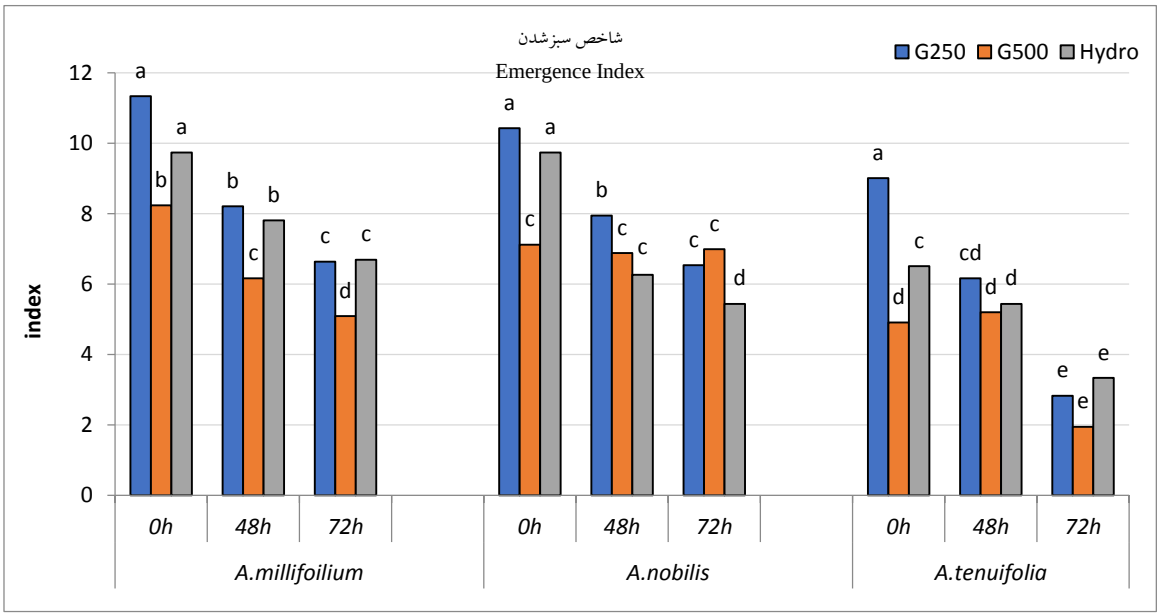
حداکثر شاخص سبز شدن در گونه بومادران *A. millifolium* در شاهد (بدون پیری زودرس) با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۱۱/۳۳ درصد مشاهده شد و اثر تیمار هیدرو پرایمینگ در همین گونه با شاخص سبز شدن ۹/۷۳ در مرحله بعدی قرار گرفت (شکل ۳). شاخص سبز شدن بومادران *A. nobilis* در شرایط بدون زوال تحت تاثیر هیدرو پرایمینگ و هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان۹/۷ و ۱۰/۴درصد مشاهده شد (شکل ۳). شاخص سبز شدن بومادران *A. nobilis* در شرایط زوال ۴۸ ساعت پیری تسریع شده با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۷/۹ درصد بیشتر از سایر تیمارهای پرایمینگ بود (شکل ۳). شاخص سبز شدن بومادران *A. tenufolia* در شرایط بدون پیری تسریع شده با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۹ درصد بیشتر از سایر تیمارهای پرایمینگ بوده و اثرات افزایشی شاخص سبز شدن تحت تاثیر تیمارهای پرایمینگ در دو شرایط زوال ۴۸ و ۷۲ ساعت پیری تسریع شده نسبت به شاهد (بدون پیری) مشاهده نشد(شکل ۳).

طول ریشه‌چه

حداکثر طول ریشه‌چه بومادران *A. nobilis* در شرایط زوال پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۷۰ و ۷۳ میلیمتر مشاهده شد. طول ریشه‌چهگونه بومادران *A. millifolium* در شرایط بدون زوال تحت تاثیر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۵۱ میلیمتر بود. طول ریشه‌چه گونه بومادران *A. tenufolia* در شرایط ۴۸ ساعت پیری تسریع شده به میزان ۵۹ میلیمتر از تیمارهای پرایمینگ در دو شرایط شاهد و پیری تسریع شده ۴۸ ساعت بیشتر بود (شکل۴).

طول ساقه‌چه

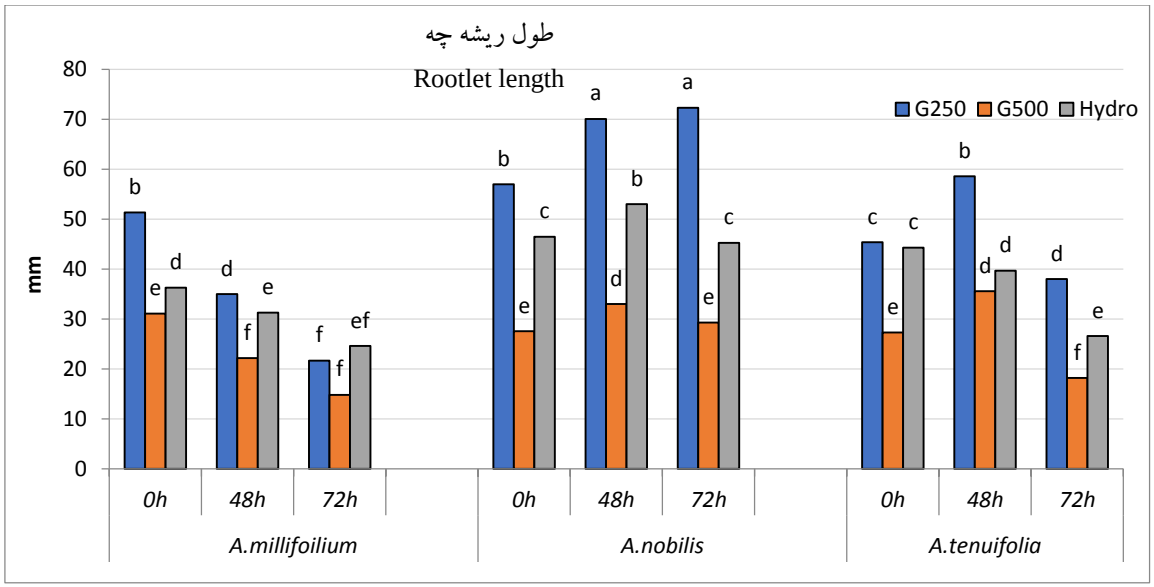
طول ساقه‌چه بومادران *A. nobilis* در شرایط شاهد و پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ساعت با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بترتیب ۴۹ و ۴۲ میلیمتر در حداکثر بود. حداکثر طول ساقه‌چه بومادران *A. tenufolia* با شرایط بدون زوال پیری زودرس با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به میزان ۴۰ میلیمتر مشاهده شد.



شکل ۳- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای شاخص سبز شدن

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 3- Effect of priming by accelerated aging on emergence index in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method



شکل ۴- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت طول ریشه‌چه چه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 4- Effect of priming by accelerated aging on Rootlet Length in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.

Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method

طول ساقه‌چه بومادران *A. tenufolia* با شرایط پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت تحت تاثیر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و هیدرو پرایمینگ در درجه دوم قرار گرفتند (شکل ۵). طول ساقه‌چه بومادران *A. millifolium* در شرایط بدون زوال (شاهد) به میزان ۳۱ میلیمتر در تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) از سایر تیمارهای پرایمینگ در دو شرایط پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت بیشتر بود (شکل ۵).

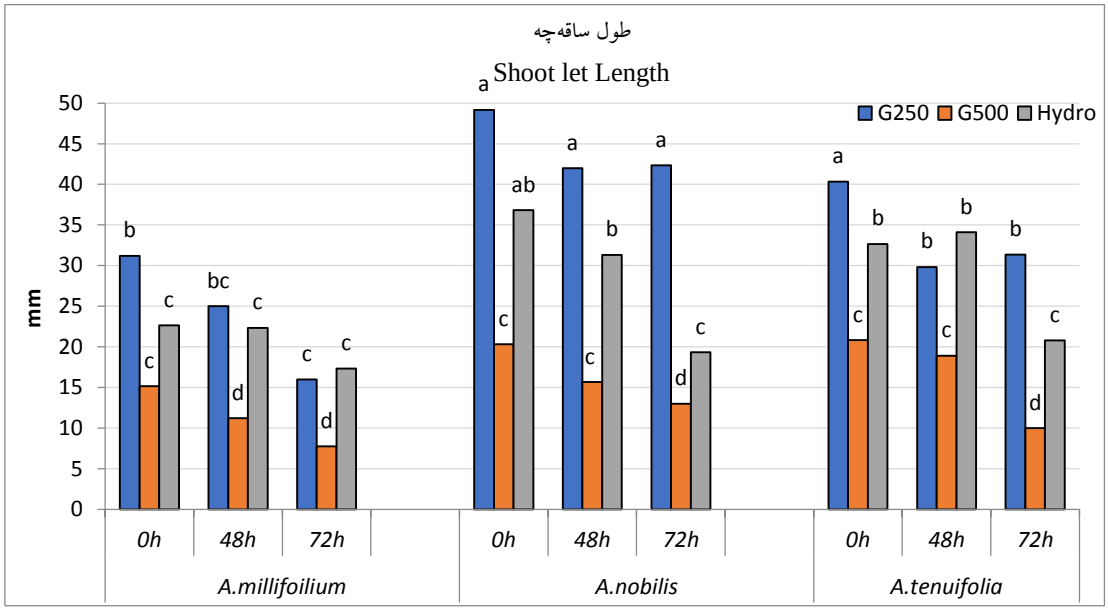
طول گیاهچه

طول گیاه گونه بومادران *A. nobilis* تحت تاثیر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در سه شرایط بدون زوال (شاهد)، پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت به میزان ۱۰۸، ۱۱۲ و ۱۱۷ میلیمتر بیشتر از سایر تیمارهای پرایمینگ و دو گونه بومادران هزاربرگ و بومادران *A. tenufolia* بود (شکل ۶).

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. millifolium* با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۵۰۰میلی‌گرم/لیتر) در سه شرایط شاهد و ۴۸ و ۷۲ ساعت پیری تسریع شده به میزان ۲ درصد بیشتر از روش هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر) و هیدرو پرایمینگ بود (شکل ۷). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. nobilis* با اثر تیمارهای هورمونال پرایمینگ و هیدرو پرایمینگ در دو شرایط پیری تسریع شده ۴۸و ۷۲ ساعت بیشتر از شرایط بدون پیری بود. نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. nobilis* در شرایط پیری ۴۸ ساعت با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ(اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/ لیتر) به میزان ۲/۱۱ درصد بیشتر از هیدرو پرایمینگ و هورمونال پرایمینگ(اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر) بود (شکل ۷). حداکثر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. nobilis* در شرایط پیری زودرس ۷۲ ساعت به میزان ۲/۳۶ و ۲/۲۵ در تیمارهای پرایمینگ هیدرو و هورمونال پرایمینگ(۵۰۰میلی‌گرم/ لیتر) مشاهده شد (شکل ۷). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. tenufolia* با اثر هورمونال پرایمینگ در دو شرایط پیری زورس ۴۸ و ۷۲ ساعت بیشتر از شرایط بدون زوال (پیری زودرس) بود(شکل ۷). حداکثر نسبت طول ریشه/ ساقه‌چه بومادران *A. tenufolia* در شریط پیری زودرس ۴۸ ساعت با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم/ لیتر) به

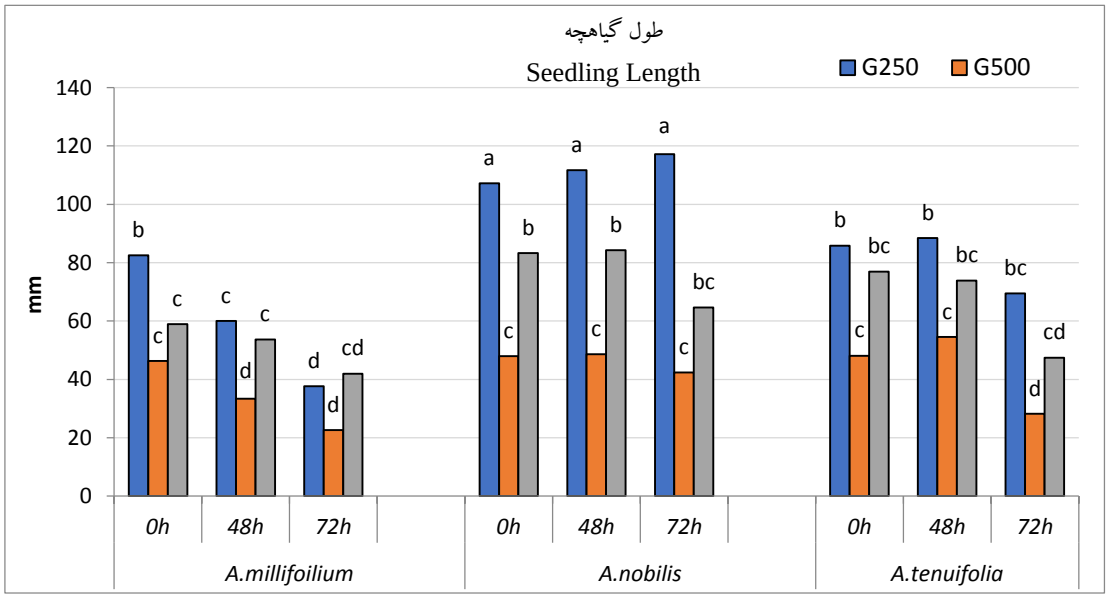
میزان ۲ درصد مشاهده شد(شکل ۷). نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بومادران *A. tenufolia* در شرایط پیری ۷۲ ساعت با تیمارهورمونال پرایمینگ(اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی گرم/ لیتر) به میزان ۲ درصد بیشتر از تیمارهای دیگر بود (شکل ۷).



شکل ۵- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت طول ساقه‌چه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

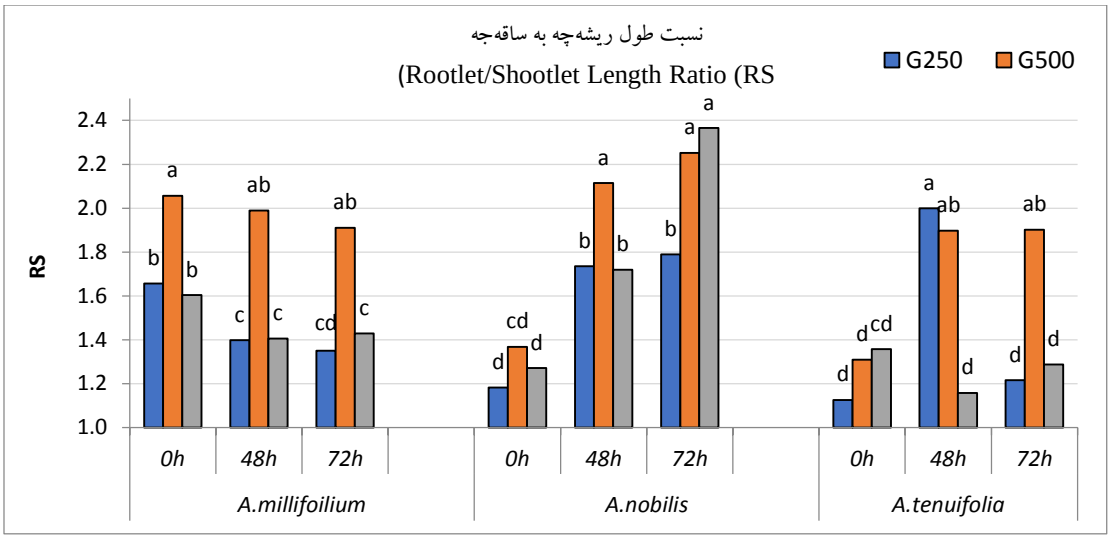
Figure 5- Effect of priming by accelerated aging on Shootlet length in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method



شکل ۶- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت طول گیاهچه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 6- Effect of priming by accelerated aging on seedling length in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method



شکل ۷- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 7- Effect of priming by accelerated aging on Rootlet/shootlet length ratio (RS) in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.

Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method

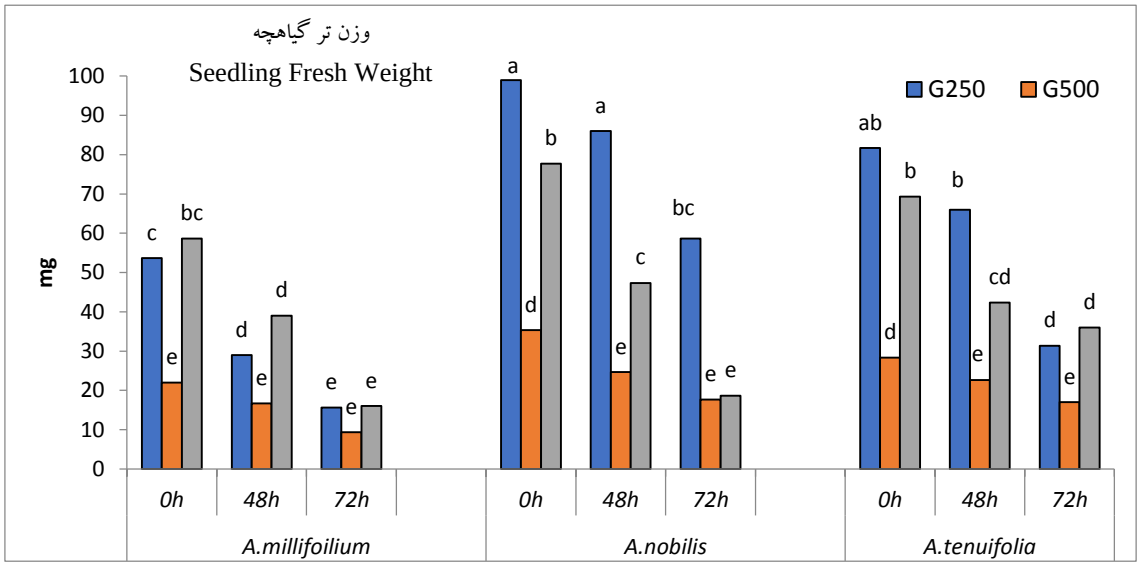
وزن تر گیاهچه

وزن تر دو گونه بومادران *A. tenufolia* و *A. nobilis* با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰میلی گرم/ لیتر) و هیدروپرایمینگ بیشتر از وزن تر بومادران *A. millifolium* بود (شکل ۸). وزن تر بومادران *A. nobilis* در شاهد (بدون پیری تسریع شده) با اسید جیبرلیک ۲۵۰میلی گرم/ لیتر) به میزان ۹۹ میلی گرم در بوته از تیمار هیدروپرایمینگ و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی گرم/ لیتربیشتر بود. بیشترین وزن تر گونه بومادران *A. nobilis* در اثر(اسید جیبرلیک ۲۵۰میلی گرم/ لیتر) به میزان ۸۶ میلی گرم مشاهده شد (شکل ۸). میزان وزن تر بومادران *A. nobilis* در شرایط پیری زودرس ۷۲ ساعت به میزان ۵۹ میلی گرم بیشتر از دورش دیگر پرایمیگ بود (شکل ۸). حداکثر وزن تر بومادران *A. tenufolia* در شرایط بدون پیری زودرس ۴۸ ساعت با اسید جیبرلیک ۲۵۰میلی گرم/ لیتر) به میزان ۶۶ میلی گرم مشاهده شد (شکل ۸). حداکثر وزن تر بومادران *A. millifolium* با تیمار هیدرو به میزان ۵۹ میلی گرم به دست آمد و میزان آن با اثر تیمارهای پرایمینگ از شرایط بدون پیری زودرس تا ۷۲ ساعت پیری تسریع شده روند کاهشی داشت (شکل ۸).

وزن خشک گیاهچه

روند افزایشی وزن خشک با اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم/ لیتر) و هیدرو پرایمینگ در دو گونه بومادران *A. nobilis* و *A. tenufolia* بیشتر از بومادران *A. millifolium* بود (شکل ۹). وزن خشک بومادران *A. nobilis* در شاهد (بدون پیری تسریع شده) با اثر تیماراسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم/ لیتر و هیدرو پرایمینگ به میزان ۳۷ و ۳۲ میلی گرم دربوته بود که بیشتر از اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی گرم/ لیتر به میزان ۱۳ میلی گرم بود(شکل ۹). وزن خشک بومادران *A. nobilis* در شرایط پیری زودرس ۴۸ ساعت با اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم/ لیتر) به میزان ۳۱ میلی گرم دربوته بیشتر از دو روش هیدروپرایمیگ و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی گرم/ لیتر بود(شکل۹). وزن خشک بومادران *A. nobilis* در شرایط پیری تسریع شده۷۲ ساعت با اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم/ لیتر) به میزان ۲۴ میلی گرم بیشتر از وزن خشک هیدروپرایمینک و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی گرم/ لیتر به مقدار ۸ میلی گرم بود (شکل ۹). حداکثر وزن خشک بومادران *A. tenufolia* در شرایط شاهد (بدون پیری تسریع شده) با اثر اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی گرم/ لیتر) و هیدرو پرایمینگ به ترتیب به میزان ۳۰ و ۲۸ میلی گرم مشاهده شد (شکل ۹). با اثر تیمار اسید

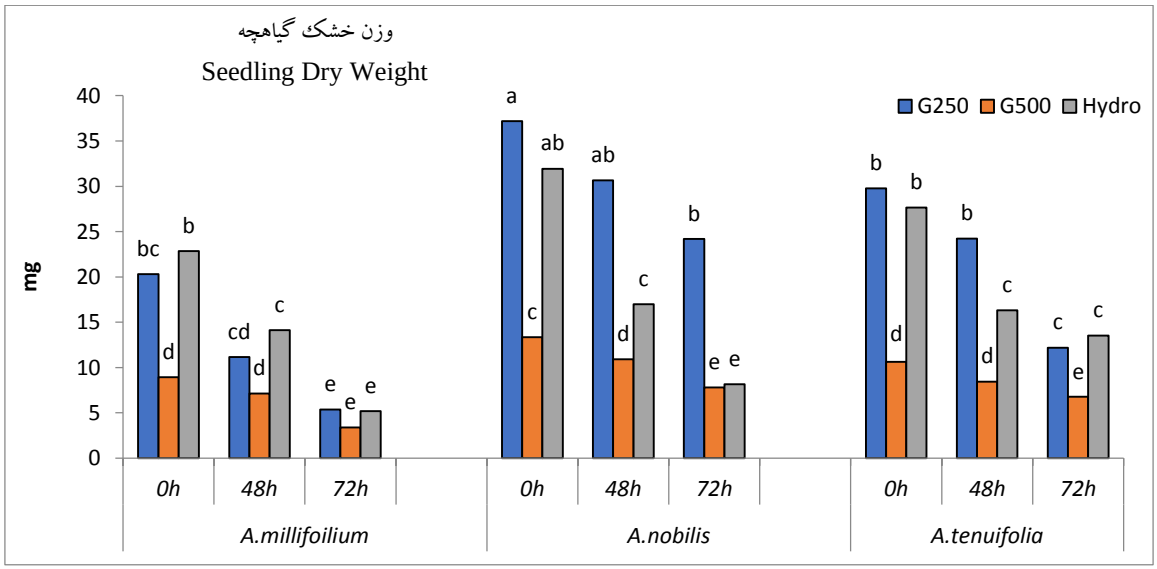
جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر، در شرایط پیری زودرس ۴۸ ساعت بیشترین وزن خشک بومادران *A. tenufolia* به میزان ۲۴ میلی‌گرم مشاهده شد و کمترین آن مربوط به اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/ لیتر به میزان ۸ میلی‌گرم بود (شکل ۹). وزن خشک بومادران *A. millifolium* در شاهد (بدون پیری تسریع شده) با هیدرو پرایمیگ و اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر به ترتیب به میزان ۲۳ و ۲۰ میلی‌گرم از وزن خشک با استفاده از اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/ لیتر به میزان ۹ میلی‌گرم بیشتر بود (شکل ۹).



شکل ۸- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت وزن تر گیاهچه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 8- Effect of priming by accelerated aging on seedling fresh weight in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method



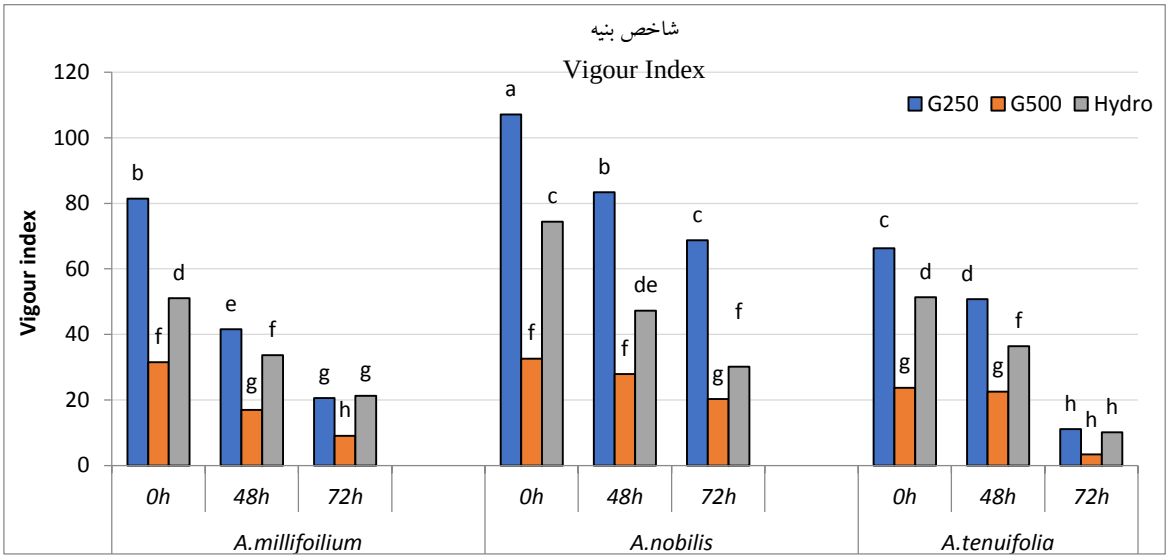
شکل ۹- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت وزن خشک گیاهچه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 9- Effect of priming by accelerated aging on seedling dry weight in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method

شاخص بنیه

شاخص بنیه بومادران *A. nobilis* در شاهد و با پیری تسریع شده۴۸ و ۷۲ ساعت تحت تاثیر اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/لیتر بترتیب دارای شاخص بنیه۱۰۸، ۸۴ و ۶۸ بود و نسب به دو روش هیدرو پرایمینگ و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/لیتر بیشتر بود (شکل ۱۰). حداکثر شاخص بنیه بومادران *A. tenufolia* در شرایط شاهد(بدون پیری) و پیری تسریع شده ۴۸ ساعت با اثر اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/لیتر به ترتیب به میزان شاخص ۶۶ و ۵۱ بود که از دو روش هیدروپرایمینگ و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/لیتر بیشتر بود. حداقل شاخص بنیه در این گونه در شرایط ۷۲ ساعت پیری تسریع مشاهده گردید (جدول ۱۰). شاخص بینیه بومادران *A. millifolium* در شرایط شاهد(بدون پیری) و پیری تسریع شده ۴۸ ساعت با اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/لیتر دارای شاخص ۸۲ و ۴۲ بود. حداقل شاخص بنیه مربوط به شرایط پیری تسریع شده ۷۲ ساعت بود (جدول ۱۰).



شکل ۱۰- اثر متقابل پرایمینگ در زوال بذر در سه گونه بومادران *Achillea millifolium*، *A. tenuifolia* و *A. nobilis* برای صفت شاخص بنیه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون توکی ۵٪ از لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند

Figure 10- Effect of priming by accelerated aging on vigour index in three yarrow species of *Achillea millifolum*, *A. tenufolia*, and *A. nobilis* in a pot experiment.
Different letters above the columns indicate significant difference at the 5% level using Tukey's method

بحث

در مقایسه بین سطوح زوال، بیشترین میانگین صفات سبز شدن در بذرهای شاهد (در مرتبه اول) و تیمار پیری ۴۸ در مرتبه دوم و کمترین میانگین صفات با تیمار پیری ۷۲ ساعت مشاهده شد. نتایج نشان دهند تاثیر منفی تیمارهای زوال بذر بر صفات سبز شدن بذر نسبت به شاهد بود که نشان دهنده این است که زوال در سبز شدن نقش منفی داشته و هر چقدر بذر تحت شرایط بیشتر زوال قرار بگیرد، صفات سبز شدن آنها کم می‌شود. نتایج نشان داد که حداکثر خصوصیات درصد، سرعت و شاخص سبزشدن، در بومادران *A. nobilis* و *A. millifolium* با تیمارهورمونال (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و هیدرو پرایمینگ به دست آمد (شکل ۱ تا۳). نتایج مشابه توسط Alizadeh et al. (2022) به دست آمد. آنها در بررسی اثر روش های پرایمینگ شامل هیدرو، اسموپرایمینگ و هورمونال پرایمینگ روی صفات سبز شدن بذور زوال یافته بابونه کبیر *Tanacetum parthenium* به این نتیجه رسیدند که اثر اسموپرایمینگ (پلی اتیلن گلایکول) و هورمونال پرایمنگ اسید جیبرلیک روی صفات سبز شدن بیشتر از سایر تیمارها بود.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه بومادران *A. nobilis* در هر سه شرایط زوال در اثری پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت و شاهد

(بدون پیری) با تاثیر تیمار اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر از سایر تیمارهای پرایمینگ بود. خصوصیات درصد و سرعت سبز شدن، طول گیاه، شاخص بنیه و وزن تر گیاه تحت شرایط پیری تسریع شده ۴۸ ساعت با اثر پرایمینگ بیشتر از بذور تحت شرایط ۷۲ ساعت بود. در بذرهای زوال یافته تحت تاثیر ۷۲ ساعت پیری تسریع شده، شدت کاهش طول ریشه نسبت به ساقه‌چهکمتر بود. در تحقیق مشابه Falahhosseini et al. (2017)، اثر تسریع جوانه‌زنی با اثر پرایمینگ بذور روی گونه بابونه آلمانی را تحت شرایط طبیعی با دوره انبار داری متوسط و بلند مدت در شرایط پیری تسریع شده مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین طول ریشه‌چه با شرایط پیری تسریع شده ۴۸ ساعت به دست آمد. Amooaghaie (2011) نتیجه گرفت هیدروپرایمینگ موجب افزایش جوانه‌زنی بذر و رشد و نمو گیاه یونجه در قیاس با بذور بدون تیمار می‌شود.

بر اساس نتایج حاصل بین تیمارهای پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت با شاهد، تحت تاثیر روش های پرایمینگ بر صفاتی نظیردرصد، سرعت و شاخص سبز شدن، وزن تر خشک و شاخص بنیه سه گونه بومادران مشخص شد که روند تاثیرپذیری با روش های پرایمینگ و مقادیر این صفات در ۷۲ ساعت کمتر از ۴۸ ساعت و شاهد بودند. مانند این بررسی، Hampton et al. (2004) همچنین به مطالعه پیری تسریع شده بر روی بذر نخود پرداختند و نشان دادند که افزایش زمان پیری سبب کاهش قدرت بذر و درصد سبز شدن می‌شود. نتایج این بررسی نشان داد سرعت زوال بذر تحت تأثیر مدت زمان تیمار بذور در شرایط پیری تسریع شده قرار گرفت. افزایش مدت زمان، منجر به افزایش سرعت زوال بذر گردید. Savaedy et al (2019) بررسی تاثیر سطوح دما و رطوبت نسبی بر نگهداری بذور سیاهدانه (*Nigella sativa L.*) را مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند که افزایش دما و رطوبت نگهداری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاه‌چه، افزایش مدت زمان جوانه زنی و میزان هدایت الکتریکی شد.

روند افزایشی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه، وزن تر خشک و شاخص بنیه با اثر هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر) و هیدرو پرایمینگ در بومادران *A. nobilis* بیشتر از گونه های *A. tenufolia* و *A. millifolium* بود.

زوال بذر در گونه بومادران *A.nobilis* کمتر از سایر گونه‌ها بوده و بیشترین زوال بذر *A.tenuifolia* مشاهده شد. صفات بنیه‌ای نظیر وزن تر خشک و شاخص بنیه بومادران *A. nobilis* بیشتر از بومادران *A. millifolium* و *A. tenufolia* بود. این نتیجه با نتایج Zarnosheh (2019) مطابقت داشت. آنها در تحقیقی اثرات اسموپرایمینگ، هورمونال پرایمینگ و هیدروپرایمینگ در افزایش توان سبز شدن و رشد گیاهچه بذور زوال یافته مینای پرکپه (*Tanacetum polycephalum*)، بررسی نمودند و نتایج آنها نشان داد که اسموپرایمینگ و هورمونال پرایمینگ در ترمیم و بهبود شاخص بنیه، رشد گیاهچه و وزن گیاهچه بذرهای زوال یافته نقش بیشتری داشتند. در آزمایشی Heidari Sharifabadi & Nassaj (1996) گزارش نمودند که بذر تعدادی از گونه‌های لگومینوز در دمای اتاق و اقلیم شهرستان کرج نگهداری شده بودند مشخص شد قوه نامیه آن ها پس از ده سال به حدود ۷۰٪ کاهش یافت.

اثر اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بر افزایش طول و وزن تر گیاهچه بذرهای پیر شده تحت شرایط ۴۸ ساعت بیشتر از ۷۲ ساعت بود. بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه‌برای پیری تسریع شده ۷۲ ساعت به دست آمد. در تحقیقی مشابه گزارش شده که غلظت اسید جیبرلیک ۱۵۰میلی‌گرم بر لیتر باعث کاهش درصد جوانه‌زنی بذر علف گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) گردید؛ اما در بذور تیمار شده با جیبرلین ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش سرعت جوانه‌زنی تا ۴۳٪ و بنیه بذر تا ۴۰٪ مشاهده گردید (Eisvand et al., 2010).

بر اساس تحقیقات انجام شده ثابت شد که در بذور پرایم شده پاره‌ای تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی تحقق یافت. در بذور پرایم شده بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده برای فرآیند جوانه‌زنی شده و افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌تواند توجیهی برای این مساله باشد (Bittebcourt et al., 2004). در زراعت دیم در نواحی نیمه خشک اثر مثبت پرایمینگ بذر در افزایش فعالیت بذر، افزایش درصد جوانه‌زنی، استقرار مناسب و بهبود رشد و بنیه گیاهچه موثر می‌باشد (Finch-Sava, 2004).

نتیجه‌گیری

با توجه به کاهش صفات سبز شدن، بذور نمونه های بذری سه گونه بومادران در دو شرایط اعمال پیری تسریع شده ۴۸ و ۷۲ ساعت در مقایسه شاهد (بدون القا پیری تسریع شده) مشخص گردید که زوال بذور یکی مهمترین پدیده فیزیولوژیکی محسوب می‌شود. خصوصیات سبز شدن با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم/ لیتر) بیشتر از هیدروپرایمینگ و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم/ لیتر بودند. صفات سبز شدن گونه بومادران *A. nobilis* با اثر تیمار هورمونال پرایمینگ (اسید جیبرلیک ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و هیدرو پرایمینگ بیشتر از دو گونه بومادران *A. millifolium* و *A. tenufolia* بود. ترمیم و بهبود بذور زوال یافته تحت تاثر روش های پرایمینگ گونه بومادران *A. nobilis* بیشتر از دو گونه بومادران *A. tenufolia* و *A. millifolium* بود. با توجه به اثر مطلوب روش های پرایمینگ هیدرو و هورمونال پرایمینگ (۲۵۰ اسید جیبرلیک میلی‌گرم بر لیتر). بر صفات سبز شدن نظیر درصد، سرعت و شاخص سبز شدن دو گونه بومادران *A. nobilis* و *A. millifolium* توصیه می‌شود که برای استقرار مطلوب، از روش هورمونال و هیدرو پرایمینگ در زمان کشت و کار جهت پیش تیمار بذر مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

به این وسیله از ریاست و معاونت محترم پژوهشی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مسئول محترم و کارشناسان آزمایشگاه تکنولوژی بذر بانک ژن منابع طبیعی قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تعارض منافعی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

Reference

Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6), 630–633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Alivand, R., Tavakol Afshari, R., & Sharif Zadeh, F. (2013). Effects of gibberellins, salicylic acid, and ascorbic acid on improvement of sprouting characteristics of deteriorated seeds of *Brassica napus*. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *43*, 561–571. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2013.29413 [In Persian]

Alizadeh, M. A., & Nasiri, M. (2012). *The feature of seed technology within phasing on natural resource plants*. Mehr Matin in cooperation with Seed and Plant Certification and Registration Institute.

Alizadeh, M. A., Torabi Chafgiri, F., & Jafari, A. A. (2022). Effect of priming on improvement of deteriorated seed of *Tanacetum parthenium*. *Journal of Medicinal Plants By-products*, *11*(1), 17–23. https://doi.org/10.22092/JMPB.2021.352950.1308

Amooaghaie, R. (2011). The effect of hydro and osmopriming on alfalfa seed sprouting and antioxidant defenses under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, *10*(33), 6269–6275. https://doi.org/10.5897/AJB10.2448

Armin, M., Asgharipour, M., & Razavi-Omrani, M. (2010). The effect of seed priming on sprouting and seedling growth of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Advances in Environmental Biology*, *4*(3), 437–442. https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10944

Bittencourt, M. L. C., Dais, D. C. F. S., Dias, L. A. S., & Araujo, E. F. (2004). Effect of priming on asparagus seed sprouting and vigor under water and temperature stress. *Seed Science and Technology*, *32*, 607–616. https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.2.29

Boniecka, J., Kotowicz, K., Skrzypek, E., Dziurka, K., Rewers, M., Jedrzejczyk, I., Wilmowicz, E., Berdychowska, J., & Dąbrowska, G. B. (2019). Potential biochemical, genetic, and molecular markers of deterioration advancement in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Industrial Crops and Products*, *130*, 478–490. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.098

Carrillo-Reche, J., Vallejo-Marín, M., & Quilliam, R. S. (2018). Quantifying the potential of 'on-farm' seed priming to increase crop performance in developing countries: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, *38*, 64. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0536-0

Coin, L., Vaissière, M., Noirot, A., Charrier, A., & Hamon, S. (1995). Comparative effects of natural and accelerated ageing on barley seeds (*Hordeum vulgare* L.). *Seed Science and Technology*, *23*, 673–688.

Eisvand, H. R., Alizadeh, M. A., & Fekri, F. (2010). How hormonal priming of aged and non-aged seeds of bromegrass affects seedling physiological characters. *New Seeds*, *11*, 52–64. https://doi.org/10.1080/15228860903584523

Falahhosseini, L., Alizadeh, M. A., & Vazan, S. (2017). Priming effect on the enhancement of sprouting traits in aged seeds of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) seeds preserved in medium and long-term storage. *Journal of Medicinal Plants By-products*, *1*, 1–9. https://doi.org/10.22092/jmpb.2017.113144

Food and Agriculture Organization (FAO). (1998). *The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Finch-Savage, W. E., Dent, K. C., & Clark, L. J. (2004). Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (Zea mays L.) seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak). *Field Crops Research*, *90*(3), 361-374. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.04.006

Ghani, A., Azizi, M., & Tehraifar, A. (2009). Response of Achillea species to drought stress induced by polyethylene glycol in sprouting stage. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *25*(2), 261-271. [In Persian] https://doi.org/10.22092/ijmapr.2009.7259

Hampton, J.G., Brunton, B.J., Pemberton, G.M., & Rowarth, J.S. (2004). Temperature and time variables for accelerated ageing vigour testing of pea (Pisum sativum L.) seed. *Seed Science and Technology*, *32* (1), 261-264. https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.1.30

Jabari, M., & Jabari, M. (2023). Seed priming techniques to increase the production of vegetables. *Iranian Journal of Plants Biotechnology*, *17*(4), 8-21. https://doi.org/20.1001.1.17355028.1401.17.4.2.8 [In Persian]

Lekh, R., & Khairwal, I. S. (1993). Evaluation of pearl millet hybrids and their parents for germinability and field sprouting. *Indian Journal of Plant Physiology*, *2*, 125-127.

Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S. S., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., & Garnczarska, M. (2016). Seed priming: New comprehensive approaches for an old empirical technique. In S. Araujo & A. Balestrazzi (Eds.), *New challenges in seed biology* (pp. 1-46). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/64420

McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In M. Black & J. D. Bewley (Eds.), *Seed technology and its biological basis* (pp. 287-325). Academic Press.

McDonald, M. B. (1999). Seed deterioration physiology, repair, and assessment. *Seed Science and Technology*, *27*(1), 177-237.

Maguire, J. D. (1962). Speed of sprouting aids in selection and seedling vigor evaluation. *Crop Science*, *2*, 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X00020002 0033x

Mahmood, A., Turgay, O., Farooq, M., & Hayat, R. (2016). Seed biopriming with plant growth-promoting rhizobacteria: A review. *FEMS Microbiology Ecology*, *92*(8), fiw112. https://doi.org/10.1093/femsec/fiw112

Marshal, A. H., & Lewis, D. N. (2004). Influence of seed storage conditions on seedling sprouting, seedling growth, and dry matter production of temperate forage grasses. *Seed Science and Technology*, *32*(2), 493-501. https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.2.19

Mazhar, M. W., Ishtiaq, M., Hussain, I., Parveen, A., Hayat, B. K., & Azeem, M. (2022). Seed nano-priming with zinc oxide nanoparticles in rice mitigates drought and enhances agronomic profile. *PLoS ONE*, *17*(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264967

Moghaddam, M. R. (1998). *Range management* (1st ed.). University of Tehran. [In Persian]

Mozaffarian, V. (2008). *Flora of Iran: Asteraceae (Compositae): Tribes Anthemideae and Echinopeae* (Vol. 59). Research Institute of Forests and Rangelands Press. [In Persian]

Mozaffarian, V. (2007). *A dictionary of Iranian plant names*. Farhang-e Moasser. [In Persian]

Nassaj, F., & Heidary Sharifabadi, H. (1999). The effect of time on the sprouting of pasture plants. *Iranian Journal of Range Sciences*, *6*(1), 1-102. [In Persian]

Panda, D., & Mondal, S. (2020). Seed enhancement for sustainable agriculture: An overview of recent trends. *Plant Archives*, *20*, 2320–2332.

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

Priestley, D. A. (1986). *Seed aging*. Comstock Publishing Associates.

Rasoolzadeh, L., Salehi Shanjani, P., & Jafari, A. A. (2020). Effects of seed priming on germination characteristics of Achillea millefolium seeds under different ageing treatments. *Journal of Medicinal Plants by-products*, *1*, 79-89. https://doi.org/10.22092/JMPB.2020.122078

Rehman, A., Farooq, M., Naveed, M., Nawaz, A., & Shahzad, B. (2018). Seed priming of Zn with endophytic bacteria improves the productivity and grain biofortification of bread wheat. *European Journal of Agronomy*, *94*, 98–107. https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.017

Robledo, D. A. R. (2020). Effects of halopriming on seed sprouting and seedling emergence of Capsicum frutescens. *Journal of Botany Research*, *3*(1), 114-118. https://doi.org/10.36959/771/567

Savaedy, Z., Bakhshandeh, A. M., Siadat, S. A., Lotfi Jalal Abadi, A., & Moosavi, S. A. (2021). Investigation into the effects of temperature levels and relative humidity on Nigella (Nigella sativa L.) seed storage. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *9*(4), 75-88. https://doi.org/10.22092/IJSST.2019.125932.1273

Simic, B., Popovic, S., & Tucak, M. (2004). Influence of corn (Zea mays L.) inbred line seed processing on their damage. *Plant, Soil and Environment*, *50*, 157-161.

Tekrony, D. M. (2005). Accelerated aging test: Principles and procedures. *Seed Technology*, *27*(1), 135-146.

Wang, H. Y., Chen, C. L., & Sung, J. M. (2003). Both warm water soaking and solid priming treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub-optimal temperature. *Seed Science and Technology*, *31*(1), 47-56. https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.1.06

Zarnoosheh Farahani, M., Jafari, A. A., & Alizadeh, M. A. (2019). Effect of osmopriming, hormonal priming, and hydropriming on the enhancement of aged seed sprouting and seedling growth of Tansey (Tanacetum polycephalum). *Iranian Journal of Seed Science Research*, *6*(2), 257-267. https://doi.org/10.22124/JMS.2019.3604 [In Persian]