

ارزیابی اثر محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی بر خصوصیات کیفی و جوانه‌زنی بذور گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) پس از انبارداری

ماهرخ بلندی^۱، پریسا شیخ‌زاده^{۲*}، سعید خماری^۲، ناصر زارع^۲، جابر شریفی^۴

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
 ۲. دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 ۳. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 ۴. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، اردبیل، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر محیط رشد پایه مادری بر جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی پس از انبارداری، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارها شامل بذرها حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک (۰/۵ گرم در لیتر)، کیتوزان (۱ گرم در لیتر)، اسید هیومیک + کیتوزان (۰/۵ گرم در لیتر + ۱ گرم در لیتر)، اسید سالیسیلیک (۴ میلی‌مولار)، اسید آسکوربیک (۰/۸۵ میلی‌مولار)، نیترات پتاسیم (۲۰ میلی‌مولار) و شاهد بود. آزمون‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه روی این بذرها طی دو دوره (بعد از برداشت و پس از پنج سال انبارداری) انجام گرفت. نتایج نشان داد در شرایط بدون انبارداری، بذرها حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی، باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها نسبت به بذرها حاصل از تیمار شاهد گردید. در این شرایط، محلول‌پاشی بوته‌های مادری با اسید هیومیک + کیتوزان، با افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی (به ترتیب ۳۶/۹۸ و ۱۲/۴۵ درصدی)، شاخص قدرت (۴۵/۴۸ درصدی)، طول و وزن خشک گیاهچه‌ها (به ترتیب ۴۱/۹۸ و ۳۶ درصدی)، بیشترین تاثیر را در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها داشت. اگرچه انبارداری بذرها به مدت پنج سال، باعث کاهش قوه‌نامه و قدرت بذرها گردید، اما محلول‌پاشی بوته‌های مادری، از طریق افزایش درصد قوه‌نامه و شاخص قدرت بذر، از اثرات منفی انبارداری بر جوانه‌زنی کاسته و موجب افزایش درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه‌ها شد. به طور کلی در بین تیمارهای بوته‌های مادری، محلول‌پاشی توام اسید هیومیک و کیتوزان را می‌توان به دلیل اثرات هم افزایی، بهترین تیمار برای بهبود زنده‌مانی بذر، خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گاوزبان دانست.

کلمات کلیدی: انبارداری، تیمار بوته مادری، رشد گیاهچه، قدرت بذر، گیاه دارویی.

The effect of bio-stimulants and growth regulators on qualitative characteristics and germination of borage (*Borago officinalis* L.) seeds after storage

M. Bolandi¹, P. Sheikhzadeh^{2*}, S. Khomari², N. Zare³, J. Sharifi⁴

1. Ph.D Student of Plant Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
 2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
 3. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
 4. Assistant Professor of Research, Agricultural and Natural Resources Research Center of Ardabil, Ardabil, Iran
- (Received: Jun. 20, 2022 – Accepted: Aug. 28, 2022)

Abstract

To investigate the effect of the maternal plants growth environment on qualitative characteristics and germination of borage seeds after storage, an experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications at the University of Mohaghegh Ardabili. The treatments included seeds resulting from maternal plants sprayed with humic acid (0.5 g L⁻¹), chitosan (1 g L⁻¹), and the combination of humic acid and chitosan (0.5 g L⁻¹ + 1 g L⁻¹), salicylic acid (4 mM), ascorbic acid (0.85 mM), potassium nitrate (20 mM) and control. The seed germination and seedling growth tests were evaluated immediately after harvesting and as well as after five years of dry storage. The results showed that under non-storage conditions, the seeds that resulted from the maternal plants treated with bio-stimulants and growth regulators exhibited higher seed germination and seedling growth than those from the control plants. In this condition, foliar application of the maternal plants with humic acid+chitosan had the highest effect on the seed germination and seedling growth characteristics by increasing the germination percentage and rate (36.98 and 12.45 percent, respectively), vigor index (45.48 percentage), seedlings dry weight and length (41.98 and 36 percent, respectively). Although five years of dry seed storage reduced the seed viability and vigor, foliar application of maternal plants reduced the negative effects of storage on germination and enhanced the seed germination percentage and seedlings length, and dry weight by increasing the seed viability and seed vigor index. In general, among the foliar spraying treatments of the maternal plants, the combined foliar application of humic acid+chitosan, maybe due to the synergistic effects, can be considered the best treatment to improve the borage seed longevity, germination characteristics, and seedling growth.

Keywords: Maternal plants treatment, Medicinal plant, Seed vigor, Seedling growth, Storage.

* Email: sheikhzadehmp@gmail.com

مقدمه

گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یک‌ساله، علفی و کرک‌دار است که تمام بخش‌های این گیاه به‌خصوص گل و بذر آن به‌دلیل دارا بودن خواص دارویی در صنایع داروسازی و طب سنتی کاربرد فراوان دارد. گلبرگ‌ها و سرشاخه‌های این گیاه به‌عنوان آرام‌بخش، معرق، ضدسرفه و التهاب‌های ریه، تقویت قلب و اعصاب استفاده می‌شود (Salehi Sormagi, 2009). بذرهاى گاوزبان اروپایی با ۳۷-۲۷ درصد روغن، دارای مقدار زیادی اسیدچرب اسید گاما لینولئیک (امگا ۶) می‌باشند. روغن این بذور به‌عنوان مکمل غذایی حاوی امگا ۶ بوده و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، دیابت، ورم مفاصل و بیماری‌های ام‌اس استفاده می‌شود (Naghdi badi et al., 2012).

شرایط رشدی گیاه مادری بر عملکرد دانه، کیفیت و قدرت بذر تأثیر می‌گذارد (Amiri et al., 2018). در واقع شرایط مناسب رشدی از جمله تغذیه مناسب بوته‌های مادری از عوامل موثر برای تولید موفق بذرهایی با قدرت بالا برای گیاهان به‌شمار می‌رود که می‌تواند بر ترکیبات شیمیایی و اندازه بذر تأثیر گذاشته و قدرت بذر را افزایش دهد (Nikkhah et al., 2010). استفاده از محرک‌های زیستی مانند کیتوزان و اسید هیومیک (Ozhan et al., 2017)، نمک‌های غیرآلی مانند نترات پتاسیم (Jabbari et al., 2018) و تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک (Kalantar Ahmadi and Shoushi, 2020) یکی از راه‌های افزایش عملکرد و کیفیت بذر گیاهان زراعی و دارویی می‌باشد. کیتوزان از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، باعث افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های اکسیداتیو شده که این موضوع موجب افزایش رشد رویشی، بهبود کیفیت بذر و عملکرد گیاه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شود (Amiri et al., 2016). اسید هیومیک با کلاته کردن

عناصر ضروری سبب بهبود جذب عناصر غذایی و توسعه بخش‌های رویشی و زایشی گیاه شده و تأثیر مثبتی در افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌گذارد (Heidari and Minaei, 2014). همچنین از طریق افزایش دوام سطح برگ موجب شده تا مواد فتوسنتزی بیشتری جهت پرشدن دانه‌ها فراهم شده و علاوه بر افزایش عملکرد دانه، روی کیفیت بذرها نیز تأثیر می‌گذارد (Khan et al., 2012). تأثیر مثبت کاربرد کیتوزان در گیاه دارویی بادرنجبویه توسط حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2016) و کاربرد اسید هیومیک در گاوزبان اروپایی توسط حیدری و مینایی (Heidari and Minaei, 2014) گزارش شده است. محلول‌پاشی بوته‌های گلرنگ (Amiri et al., 2016) و لویا (Sheikha and Al-Malki, 2011) با کیتوزان باعث افزایش رشد گیاه و بهبود کیفیت بذر شد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک هورمون طبیعی، نقش عمده‌ای در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه در شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارد (Vicente and Plasencia, 2011). تحقیقات نشان داده که کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان می‌تواند اثرات تخریبی ناشی از تنش‌ها را کاهش داده و با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک، باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شود (Jabbari et al., 2018). محلول‌پاشی گیاه مادری سرخارگل با اسید سالیسیلیک موجب افزایش کیفیت بذر تولید شده و شاخص‌های جوانه‌زنی این بذرها گردید (Darvizheh et al., 2018). بر اساس تحقیقات فرهنگی آبریز و گلعدانی (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2021) محلول‌پاشی گیاه مادری سویا با اسید سالیسیلیک، موجب افزایش وزن دانه، سرعت و درصد جوانه‌زنی شد. نترات پتاسیم یکی دیگر از ترکیباتی است که با اهدافی مانند تأمین نیاز غذایی گیاه، بهبود جوانه‌زنی و القای گلدهی استفاده می‌شود (Jabbari et al., 2018). نیتروژن با شرکت در فعالیت‌های متابولیکی مؤثر بر مراحل رشد رویشی و زایشی و پتاسیم با

زنده‌مانی آن‌ها اثر دارد (Alivand *et al.*, 2013). فرسودگی بذر باعث تغییر در فرآیند فیزیولوژیکی مانند کاهش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، تغییرات بیوشیمیایی بذر مانند کاهش فعالیت‌های متابولیکی ضمن جوانه‌زنی، تغییر در فعالیت‌های آنزیمی و کاهش بیوسنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌گردد (Sheidaei *et al.*, 2020). این تغییرات سبب کاهش جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار ضعیف و غیریکنواخت گیاهچه‌ها شده که به تولید بوته‌های ضعیف با عملکرد پایین منجر می‌شود (Ghassemi Golezani *et al.*, 2012). در یک توده بذری، بالا بودن درصد سبز شدن و استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه بعد از انبارداری، نشان‌دهنده کیفیت بالای بذر بوده و به‌عنوان شاخص کیفیت بذر در نظر گرفته می‌شود (Schwember and Bradford, 2010). با توجه به این‌که جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها گاوزبان اروپایی، در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای ضعیف می‌باشد (Khooshehkar and Shekari, 2012; Mahmoudi *et al.*, 2019)، بنابراین استفاده از راهکاری مناسب برای افزایش کیفیت بذور جهت تکثیر و کشت در مزرعه ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به تأثیر مثبت محیط و تغذیه مناسب پایه مادری برای تولید بذرهایی با کیفیت بالا و نیز پتانسیل بالای انبارداری، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد بر پایه مادری گاوزبان اروپایی روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های حاصل از بذرها تولید شده پس از انبارداری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر محیط رشد پایه مادری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های حاصل از بذرها گاوزبان اروپایی پس از انبارداری، از بذرها حاصل از پایه مادری تیمار شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد استفاده شد. به این منظور آزمایشی روی پایه مادری گاوزبان

تحریک توسعه برگ و ظرفیت فتوسنتزی بر عملکرد مؤثر هستند (Nourolahi *et al.*, 2019). محلول‌پاشی بوته‌های سویا (Gowthami *et al.*, 2018)، زعفران و پنبه (Sekhon and Singh, 2013; Tabatabaeian *et al.*, 2020) با نیترا تپتاسیم موجب افزایش رشد و نمو، بهبود پارامترهای کمی و کیفی بذر گردید. اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، گیاه را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو محافظت کرده و کاربرد آن می‌تواند یک استراتژی برای بهبود تحمل به تنش‌های محیطی باشد. بطوری که با کاهش آثار مخرب تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مزرعه، باعث بهبود رشد گیاه، عملکرد، افزایش وزن دانه و بهبود کیفیت بذر می‌شود (Dolatabadian *et al.*, 2010; Kalantarahmadi and Shoushi Dezfouli, 2020). همچنین اسید آسکوربیک موجب افزایش معنی‌دار میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ می‌گردد (Soha and Bedour, 2010). اثر مثبت کاربرد اسید آسکوربیک در بهبود شرایط رشدی، افزایش عملکرد و کیفیت دانه‌ی ذرت توسط توحیدی مقدم (Towhidi Moghaddam, 2017) و بهبود صفات کمی و کیفی از جمله محتوای پروتئین، درصد روغن بذر و کیفیت بذر کدوی پوست کاغذی توسط اکبرپور و همکاران (Akbarpour *et al.*, 2021) گزارش شده است.

تغذیه گیاه مادری علاوه بر تأثیر بر کیفیت بذر تولیدی، می‌تواند بر پتانسیل انبارداری بذر نیز مؤثر باشد (Esanezhad *et al.*, 2019). بذرها تولیدی که کیفیت بالایی دارند را می‌توان برای مدت طولانی‌تری در انبار نگهداری کرد (Alivand *et al.*, 2013). به‌عبارت بهتر، هر قدر پتانسیل انبارداری بذر بالا باشد، بذرها قدرت و قوه نامیه خود را برای مدت بیشتری حفظ کرده و در نتیجه، امکان انبارداری بذر برای مدت طولانی نیز فراهم می‌شود (Esanezhad *et al.*, 2019). در مدت انبارداری، فرسودگی از عواملی است که کیفیت بذر را تحت تأثیر قرار داده و بر

به مدت ۱۰ روز انجام گرفت. بذرهایی جوانه زده محسوب شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها در حدود ۲ میلی‌متر بود (Najafi Navaey *et al.*, 2014; ISTA, 2017). در پایان آزمون جوانه‌زنی (۱۰ روز)، تعداد جوانه‌های عادی و غیرعادی آن‌ها شمارش و درصد جوانه‌زنی و درصد قوه نامیه، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50})، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه تعیین گردید. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی (Salehzade *et al.*, 2009) از رابطه ۱ استفاده گردید:

$$GR = \sum_{i=1}^n Si/Di \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه GP: سرعت جوانه‌زنی، S_i : تعداد بذرهایی جوانه زده در هر شمارش، D_i : تعداد روز تا شمارش n ام، n : دفعات شمارش است.

متوسط زمان جوانه‌زنی (Ellis and Roberts, 1981) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$MGT = \frac{\sum D_i \cdot n}{\sum n} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی، D : تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش، n : تعداد بذرهایی جوانه زده در روز است.

برای محاسبه متوسط جوانه‌زنی روزانه (Hunter *et al.*, 1984) از رابطه ۳ استفاده شد:

$$MDG = \frac{GP}{D} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه MDG: متوسط جوانه‌زنی روزانه، GP: درصد جوانه‌زنی، D : تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش است.

طول گیاهچه‌های عادی توسط خط‌کش اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین وزن خشک گیاهچه، گیاهچه‌های عادی از هر تیمار و تکرار در آونی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و پس از آن با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم

اروپایی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی و گیاهان دارویی سامیان اردبیل (با مختصات دریا ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. بذرهایی گاوزبان اروپایی (توده هشتگرد) از شرکت پاکان بذر اصفهان (سال تولید ۱۳۹۴) خریداری شدند. تیمارهای مورد مطالعه در مزرعه، شامل کاربرد برگی اسید هیومیک (۰/۵ گرم در لیتر)، کیتوزان (یک گرم در لیتر)، کاربرد توأم اسید هیومیک و کیتوزان (۰/۵ گرم در لیتر + ۱ گرم در لیتر)، اسید سالیسیلیک (چهار میلی‌مولار)، اسید آسکوربیک (۰/۸۵ میلی‌مولار)، نترات پتاسیم (۲۰ میلی‌مولار) و شاهد بود. بوته‌های مادری در اوایل گلدهی (۵۰ روز بعد از کاشت) محلول‌پاشی شدند. جهت اعمال تیمار شاهد، محلول‌پاشی بوته‌ها با آب مقطر انجام پذیرفت. بوته‌های حاصل شده در مرحله رسیدگی کامل در شهریور ماه سال ۱۳۹۵ برداشت شدند و بذرگیری از بوته‌ها انجام گرفت. سپس بذرها به دو بخش مساوی تقسیم شدند و روی بخشی از بذرهایی حاصل شده از گیاه مادری بعد از برداشت در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی، آزمون‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در همان سال انجام گرفت. بخش دیگر از بذرها در پاکت‌های آلومینیومی بسته‌بندی شدند و به مدت ۵ سال نگهداری شدند (Esanezhad *et al.*, 2019). پس از این مدت، بذرها در سال ۱۴۰۰ از نظر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جهت انجام آزمون جوانه‌زنی، ۳ تکرار ۱۰۰ عددی از بذرهایی گاوزبان اروپایی (ضد عفونی شده با قارچکش بنومیل) از هر تیمار و تکرار به طور تصادفی انتخاب و در داخل پتری به روش روی کاغذ (Top of paper) کشت شدند. سپس نمونه‌ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند (Ghassemi-Golezani and Dalil, 2011). شمارش بذرهایی جوانه زده به صورت روزانه

توزین گردیدند. جهت ارزیابی شاخص قدرت بذر (ISTA, 2017) از رابطه ۴ استفاده شد:

$$VI = GP \times SW \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه VI: شاخص قدرت بذر، GP: درصد جوانه‌زنی، SW: وزن خشک گیاهچه است.

داده‌های حاصل از آزمایش‌هایی که به‌طور مشابه در سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ انجام شدند، پس از اطمینان از یکنواختی وایانس‌ها و نرمال بودن آن‌ها، به صورت تجزیه مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفتند. لازم به ذکر است، قبل از تجزیه مرکب، یکنواخت بودن واریانس خطا با استفاده از آزمون لون و نرم افزار SPSS (ver. 26) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون لون برای تمام صفات مورد مطالعه به غیر صفت متوسط زمان جوانه‌زنی غیرمعنی‌دار بود. بنابراین برای این صفت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای هر دوره زمان انبارداری به صورت مجزا انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، مدت انبارداری و محلول‌پاشی بوته‌های مادری و اثر متقابل مدت انبارداری \times محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی داشتند.

محلول‌پاشی بوته‌های مادری با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد (اسید هیومیک، کیتوزان، اسید هیومیک + کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم) سبب شد تا درصد جوانه‌زنی بذرهای حاصل شده به‌طور معنی‌داری نسبت به درصد جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته‌های محلول‌پاشی نشده افزایش یابد.

در بین نمونه‌های بذری حاصل از بوته مادری محلول‌پاشی شده قبل از انبارداری، بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد) در نمونه‌های بذری حاصل از تیمار کاربرد توأم اسید هیومیک و کیتوزان به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌های بذری تیمار شده و بذرهای حاصل از تیمار شاهد بود. بین درصد جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم قبل از انبارداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). با انبارداری بذرها به مدت پنج سال، کمترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای حاصل از تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر بذرهای حاصل از تیمارهای اعمال شده روی بوته مادری بود. علت کاهش درصد جوانه‌زنی بذرها در مدت انبارداری بذر، از دست رفتن قابلیت حیات بذر، قدرت و کیفیت بذر و از دست رفتن پایداری غشاء می‌باشد (Sheidaei et al., 2020).

صافی‌خانی و همکاران (Safikhani et al., 2016) نشان دادند مدت انبارداری بذر سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای گیاه بابونه شد. کاربرد توأم کیتوزان و اسید هیومیک روی بوته‌های مادری سبب شد تا درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی حاصل شده حتی بعد از گذشت پنج سال بیشترین باشد. درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی حاصل از تیمار اسید هیومیک + کیتوزان پس از پنج سال انبارداری نسبت به تیمار شاهد در حدود ۴۰/۷۶ درصد بیشتر بود. اگرچه دوره انبارداری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی گردید، اما این کاهش در بذرهای حاصل از بوته‌های محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک + کیتوزان و بذرهای حاصل از بوته‌های محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک بعد از پنج سال انبارداری معنی‌دار نبود (شکل ۱). اسید هیومیک به دلیل داشتن ترکیبات هورمونی سبب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و بنیه بذر گردید. ترکیبات محرک رشد نیز

در نتیجه افزایش درصد جوانه‌زنی بذر می‌شوند
(Azadbakht *et al.*, 2018).

به‌دلیل برخورداری از ترکیبات مختلف از جمله هورمون‌های رشد مانند سیتوکنین، اکسین، ویتامین‌ها و آمینواسیدها موجب بهبود کیفیت جوانه‌زنی و بنیه بذر و

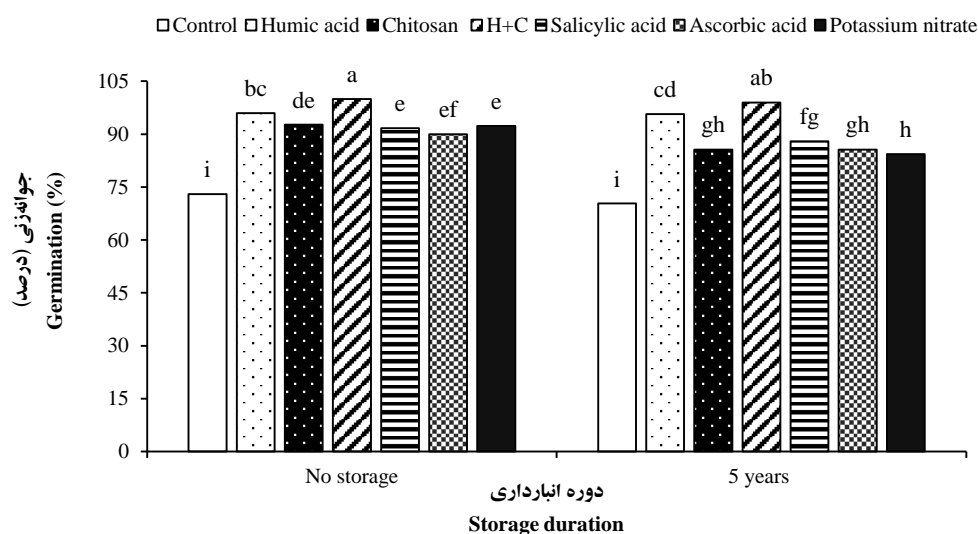
جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی تحت تأثیر محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر

Table 1- Analysis of variance of germination characteristics of borage seeds affected by foliar application of mother plants and seed storage duration

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	درصد قوه نامیه Seed viability	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination
سال Year	1	156.21**	21.42**	3.58**	0.109**
بلوک در سال R×Year	4	7.19	4.21	0.009	0.021
محلول‌پاشی Foliar application	6	459.81**	58.43**	0.405**	0.300**
محلول‌پاشی × سال Foliar application×Year	6	12.32**	10.37**	0.042**	0.054**
خطای آزمایش Error	24	3.023	2.38	0.0085	0.012
ضریب تغییرات C.V. %	-	1.95	1.59	1.74	1.63

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

** and *: Significant at probability levels of 1% and 5%, respectively



شکل ۱- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی

Figure 1- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the germination percentage of borage seeds

درصد قوه نامیه

براساس نتایج جدول ۱، تأثیر محلول پاشی بوته‌های مادری، مدت انبارداری و اثر متقابل محلول پاشی \times مدت انبارداری بر صفت درصد قوه نامیه معنی‌دار بود. در تیمار بدون انبارداری بذر، درصد قوه نامیه گاوزبان اروپایی حاصل از بوته‌های مادری محلول پاشی شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از درصد قوه نامیه حاصل از بوته‌های مادری شاهد بود. در این شرایط بیشترین درصد قوه نامیه زمانی حاصل شد که بوته‌های مادری با اسید هیومیک+کیتوزان محلول پاشی شده بودند. بین بذرهای حاصل از تیمارهای کاربرد اسید هیومیک+کیتوزان، اسید هیومیک، کیتوزان و کاربرد اسید سالیسیلیک از نظر درصد قوه نامیه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در بین تیمارهای مورد مطالعه، بذرهای حاصل از بوته مادری محلول پاشی نشده (شاهد) کمترین درصد قوه نامیه را داشتند. بعد از نگهداری این بذرها به مدت پنج سال نیز، کمترین درصد قوه نامیه مربوط به تیمار شاهد بود. با نگهداری بذرهای گاوزبان اروپایی درصد قوه نامیه کاهش یافت، اما این کاهش فقط در تیمار شاهد بعد از انبارداری معنی‌دار بود. به عبارت بهتر کاهش درصد قوه نامیه حاصل از بوته‌های مادری محلول پاشی نشده با شدت بیشتری صورت گرفت. در حالی که طی پنج سال انبارداری بذر این کاهش در تیمارهای محلول پاشی شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی (اسید هیومیک، کیتوزان، اسید هیومیک+کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نترات پتاسیم) معنی‌دار نبود. محلول پاشی بوته‌های مادری با اسید هیومیک+کیتوزان سبب تولید بیشترین درصد قوه نامیه در بین تیمارهای محلول پاشی بعد از انبارداری بذر گردید که به‌طور معنی‌داری بیشتر از درصد قوه نامیه حاصل از بوته‌های شاهد بود، اما اختلاف معنی‌داری با تیمارهای اسید هیومیک، کیتوزان و اسید سالیسیلیک نداشت. کاربرد کیتوزان و اسید سالیسیلیک روی بوته‌های مادری با حفظ قوه نامیه بذر بعد از پنج سال

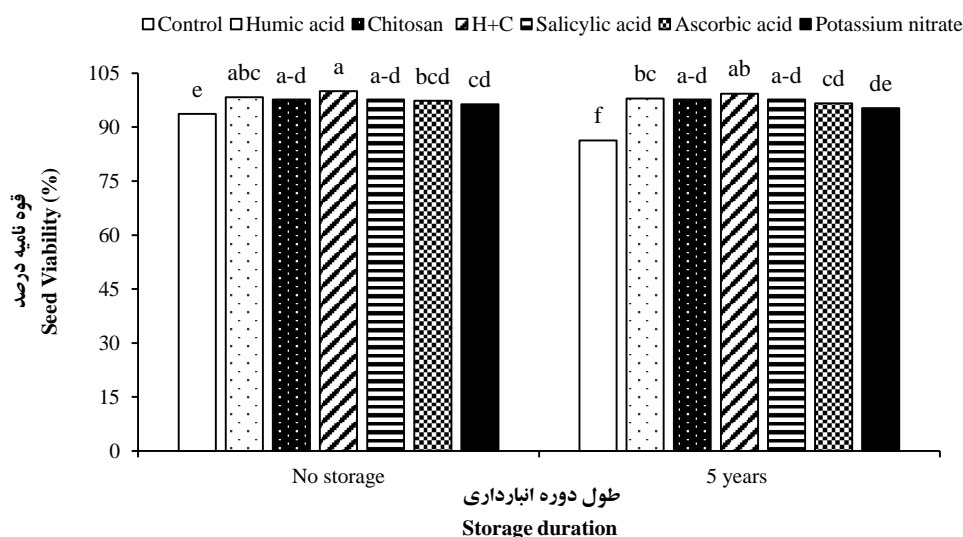
بدون تغییر بیشترین تأثیر را در حفظ پتانسیل انبارداری بذر در بین تیمارهای محلول پاشی نشان دادند (شکل ۲). بنابراین علاوه بر شرایط انبارداری، بنیه اولیه بذرها نیز می‌تواند تعیین‌کننده پتانسیل انبارداری آن‌ها باشد (Alivand *et al.*, 2013). کاهش درصد قوه نامیه، سرعت و درصد جوانه‌زنی و رشد ضعیف گیاهچه‌ها از نشانه‌های فیزیولوژیک فرآیند فرسودگی بذر در طی انبارداری به‌شمار می‌آید (Sheidaei *et al.*, 2020). اما با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک، موجب کاهش نشت یونی شده، در نتیجه با بهبود پایداری غشا منجر به افزایش قوه نامیه و قدرت بذر می‌شود (Kalantarhadi and Shoushi Dezfouli, 2020). نتایج تحقیقات سفر نوری و همکاران (2020) نیز نشان داد، که تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک و پتاسیم توانست کیفیت بذر گندم را افزایش دهد. خان و همکاران (Khan *et al.*, 2018) گزارش دادند محلول پاشی توام اسید هیومیک و کیتوزان موجب افزایش صفات رویشی گیاهچه و کیفیت بذر نخود شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی بوته مادری، مدت انبارداری و اثر متقابل محلول پاشی \times مدت انبارداری قرار گرفت (جدول ۱). در شرایط بدون انبارداری بذر، کاربرد محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی روی بوته‌های مادری باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل شده نسبت به سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل از تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) شد. کاربرد اسید هیومیک+کیتوزان، بیشترین تأثیر را در افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای تولید شده داشت به طوری که این افزایش معنی‌دار در سرعت جوانه‌زنی در حدود ۱۲/۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد بود (شکل ۳). از نظر سرعت جوانه‌زنی، بین بذرهای حاصل از تیمارهای کیتوزان، اسید

گردید. مدت زمان نگهداری بذر از عواملی می‌باشد که باعث فرسودگی و کاهش بینه بذر شده و بر زنده‌مانی بذرها اثر دارد (Alivand *et al.*, 2013).

سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تمام توده‌های بذری حاصل از تیمارهای مورد مطالعه، دوره انبارداری موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی



شکل ۲- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر درصد قوه نامیه گاوزبان اروپایی

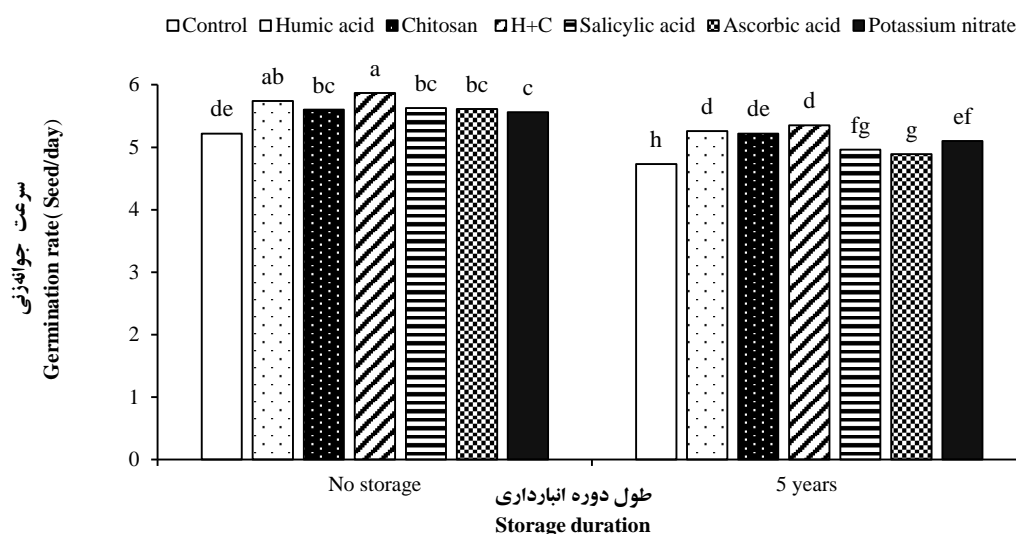
Figure 2- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the seed viability of borage seeds

(شکل ۳). کاربرد اسید هیومیک و کیتوزان روی پایه‌های مادری از طریق بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی گیاه گاوزبان اروپایی سبب تولید بوته‌های قوی تر و با عملکرد بالا گردید (Bolandi *et al.*, 2021) و در نتیجه بذرهای تولید شده از این بوته‌ها نیز دارای کیفیت بالا (شکل ۱ و ۲) بودند. این بذرها با حفظ قوه‌نامیه (شکل ۲) و قدرت بذر برای مدت طولانی از اثرات منفی فرسودگی ناشی از انبارداری بر جوانه‌زنی کاسته در نتیجه پتانسیل انبارداری بذر در مقایسه با سایر تیمارهای مورد مطالعه و تیمار شاهد افزایش یافته است. محلول‌پاشی بوته‌های مادری با اسید آسکوربیک، اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم نیز نسبت به تیمار شاهد تأثیر مثبت و معنی‌داری در حفظ سرعت جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی بعد از پنج سال داشتند (شکل ۳). محققان گزارش کردند که با

کالانتراحمادی و شوشی دزفولی (Kalantarahmadi and Shoushi Dezfouli, 2020) نشان دادند که جوانه‌زنی تحت تأثیر فرسودگی کاهش می‌یابد. کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر فرسوده شدن بذر در اثر انبارداری را می‌توان به افزایش پراکسیداسیون لیپیدها نسبت داد. با گذشت پنج سال، سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته‌های محلول‌پاشی شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل از تیمار شاهد بود. در بین نمونه‌های بذری حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده، بذرهای حاصل از کاربرد توام اسید هیومیک و کیتوزان نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی شده از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند اما با تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کیتوزان به‌تنهایی از نظر آماری، تفاوت معنی‌دار نداشتند

صفات کمی و کیفی بذر باقلا در اثر کاربرد برگ‌گی اسید هیومیک توسط رودگرنژاد و همکاران (Roudgarnejad *et al.*, 2021) نیز گزارش شده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

افزایش طول دوره نگهداری بذر در انبار، کیفیت بذرهای سویا کاهش یافت (Safikhani *et al.*, 2016). اما، محلول‌پاشی می‌تواند کارآیی جذب عناصر غذایی را افزایش داده و از این طریق سبب بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی گردد (Mehrafarin *et al.*, 2011). افزایش



شکل ۳- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی

Figure 3- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the germination rate of borage seeds

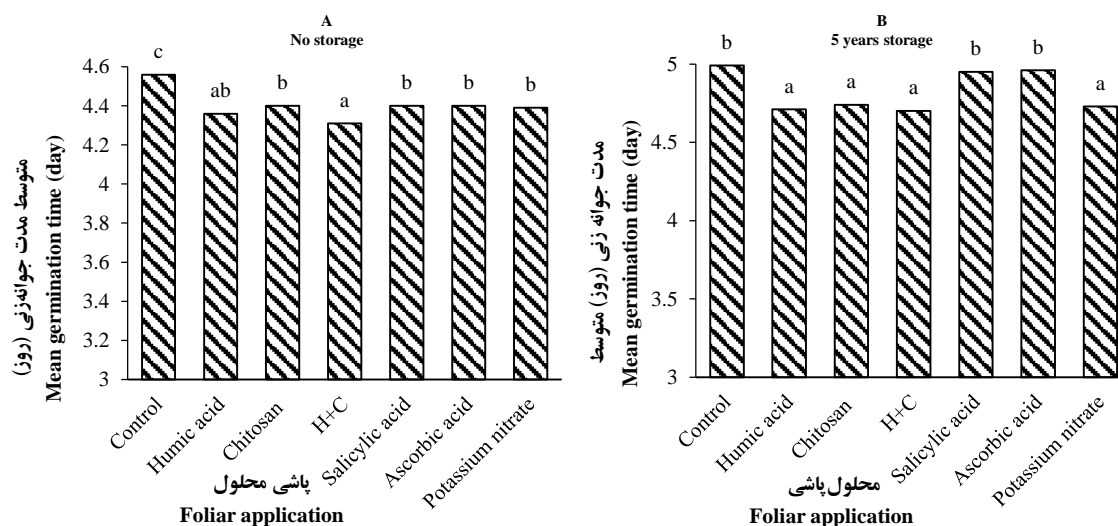
از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴A). از نظر متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای، بین بذرهایی که بوته‌های مادری آن‌ها با کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم محلول‌پاشی شده بودند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به شکل ۴B با گذشت پنج سال از مدت نگهداری بذر، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای حاصل از تیمار شاهد بیشتر از متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده بود. متوسط زمان جوانه‌زنی در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) با گذشت پنج سال در حدود ۹/۴۲ درصد افزایش یافت. اگر چه متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر با انبارداری افزایش یافت، اما با کاربرد اسید هیومیک، کیتوزان و

متوسط زمان جوانه‌زنی

همانطوری که در شکل ۴A مشاهده می‌شود، در شرایط بدون انبارداری بذر، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد به‌طور معنی‌داری کمتر از متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی نشده (شاهد) بود. در این شرایط در بین نمونه‌های بذر حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده، بذرهایی که بوته‌های مادری آن‌ها با اسید هیومیک+کیتوزان محلول‌پاشی شده بودند، بیشترین تأثیر را در کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی داشتند اما با تیمار کاربرد به‌تنهای اسید هیومیک

توده‌های بذری محلول‌پاشی شده می‌باشد که این امر موجب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذر پس از طی دوره انبارداری می‌شود (Esanezhad *et al.*, 2019). بعد از ساختار ژنتیکی، فرسودگی بذر بیشترین تأثیر را بر قدرت بذر دارد. فرسودگی ناشی از انبارداری موجب تاخیر در فرایندهای جذب آب و شروع فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد و به دنبال این پدیده سرعت جوانه‌زنی کاهش و متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش پیدا می‌کند (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2017). طی فرآیند فرسودگی، اولین مؤلفه‌ای که کاهش می‌یابد، کیفیت بذر می‌باشد که بر ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه بذر نیز تأثیرگذار خواهد بود (Kalantar Ahmadi and Shoushi, 2020). محلول‌پاشی نیترات پتاسیم در عدس سبب شد تا کیفیت بذرهای تولیدی را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد (Laishram *et al.*, 2020) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

نیترات پتاسیم روی بوته‌های مادری گاوزبان اروپایی سبب شد تا متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای تولید شده حتی با گذشت پنج سال در مقایسه با تیمار شاهد کمتر باشد. این امر نشان‌دهنده آن است که کاربرد محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی موجب افزایش قوه‌نامیه (درصد زنده‌مانی بذر) (شکل ۲) و بهبود قدرت بذرها می‌گردد (Ebrahimi and Miri Karbasak, 2016; Kalantar Ahmadi and Shoushi Dezfouli, 2020). در بین نمونه‌های بذری مورد مطالعه، بذرهایی که بوته‌های مادری آن‌ها با اسید هیومیک + کیتوزان محلول‌پاشی شده بودند، از کمترین متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرها در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بودند، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با بذرهای حاصل از بوته‌های تیمار شده با اسید هیومیک، کیتوزان و نیترات پتاسیم نداشتند (شکل ۴B). بالا بودن درصد و سرعت جوانه‌زنی (شکل ۱ و ۳) و درصد قوه نامیه (شکل ۲) نشان‌دهنده کیفیت بالاتر



شکل ۴- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری بر متوسط مدت جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان در شرایط بدون انبارداری (A) و پنج سال بعد از انبارداری (B)

Figure 4- The effects of foliar application of mother plants on the mean germination time of borage seeds under non-storage conditions (A) and after five years of storage (B)

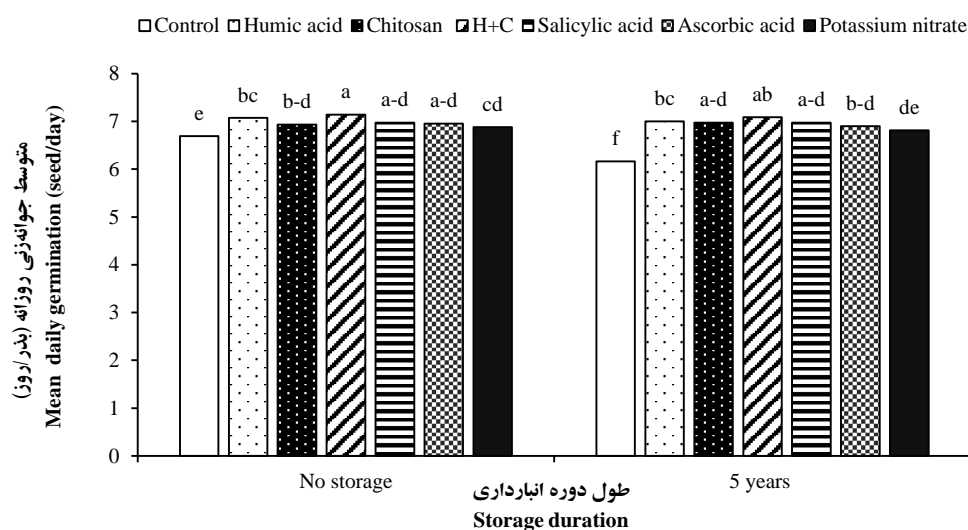
انبارداری و اثر متقابل محلول‌پاشی × مدت انبارداری بر متوسط جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بود (جدول ۱).

متوسط جوانه‌زنی روزانه

تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته مادری، مدت

و نیترات پتاسیم نداشت (شکل ۵). در واقع محلول پاشی بوته‌های مادری، از طریق بهبود قوه‌نامه بذر (شکل ۲) موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی (شکل ۳) و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی (شکل ۴) شده که در نهایت به افزایش متوسط جوانه‌زنی روزانه منجر شده است. به طوری که با گذشت پنج سال انبارداری، کیفیت و قدرت بذر همچنان حفظ و موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی و متوسط جوانه‌زنی روزانه بذر شده است. طبق یافته‌های رستگار و همکاران، فرسودگی بذر سویا منجر به کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه و سرعت جوانه‌زنی گردید (Rastegar *et al.*, 2011). گزارش شده است که محرک زیستی اسید هیومیک از طریق جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله نیتروژن توسط گیاه مادری سبب بهبود رشد بذر شده است (Azadbakht *et al.*, 2018). ملادینوف و همکاران (Miladinov *et al.*, 2020) در بررسی تأثیر محلول پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد در دو سال متوالی بر جوانه‌زنی بذر سویا به این نتیجه رسیدند که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک موجب افزایش جوانه‌زنی بذر شدند که مطابق با نتایج این تحقیق است.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، در شرایط بدون انبارداری بذر، با محلول پاشی بوته‌های مادری با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی موجب شد تا متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرهای حاصل شده نسبت به بذرهای حاصل از تیمار عدم محلول پاشی افزایش معنی‌داری داشته باشد. محلول پاشی بوته‌های مادری با اسید هیومیک + کیتوزان بیشترین تأثیر را در افزایش متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرهای تولید شده داشت، ولی از نظر متوسط جوانه‌زنی روزانه با تیمارهای کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری نداشت. بذرهای حاصل از تیمار شاهد کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه را در بین نمونه‌های بذری داشتند. بعد از پنج سال انبارداری نیز بذرهای حاصل از تیمار شاهد (عدم محلول پاشی بوته مادری) کمترین متوسط جوانه‌زنی روزانه را داشتند. به نظر می‌رسد انبارداری بذر به مدت ۵ سال باعث کاهش متوسط جوانه‌زنی روزانه در تیمار شاهد شده است (شکل ۵). در حالی که پنج سال انبارداری بذر، تأثیر معنی‌داری بر متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرهای حاصل از بوته‌های محلول پاشی شده با اسید هیومیک و کیتوزان به‌تنهایی و توأم با هم، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک



شکل ۵- تأثیر تیمارهای محلول پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر متوسط جوانه‌زنی روزانه بذرهای گاوزبان اروپایی

Figure 5- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the mean daily germination of borage seeds

زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی

اثر متقابل محلول پاشی × مدت انبارداری قرار گرفت (جدول ۲).

صفت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول پاشی بوته‌های مادری، مدت انبارداری و

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی تحت تأثیر محلول پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر

Table 2- Analysis of variance of seed germination and growth of borage seedling affected by foliar application of mother plants and seed storage duration

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
		زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی D50	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص قدرت vigor index
سال Year	1	3.48**	98.07**	0.0097**	102.72**
بلوک در سال R×Year	4	0.00017	2.75	0.00019	1.99
محلول پاشی Foliar application	6	0.047**	4.19**	0.0045**	58.79**
محلول پاشی × سال Foliar application×Year	6	0.011**	0.400**	0.00035**	4.07**
خطای آزمایش Error	24	0.00016	0.509	61*10 ⁻⁴	0.56
ضریب تغییرات C.V. %	-	0.63	12.06	3.97	3.93

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

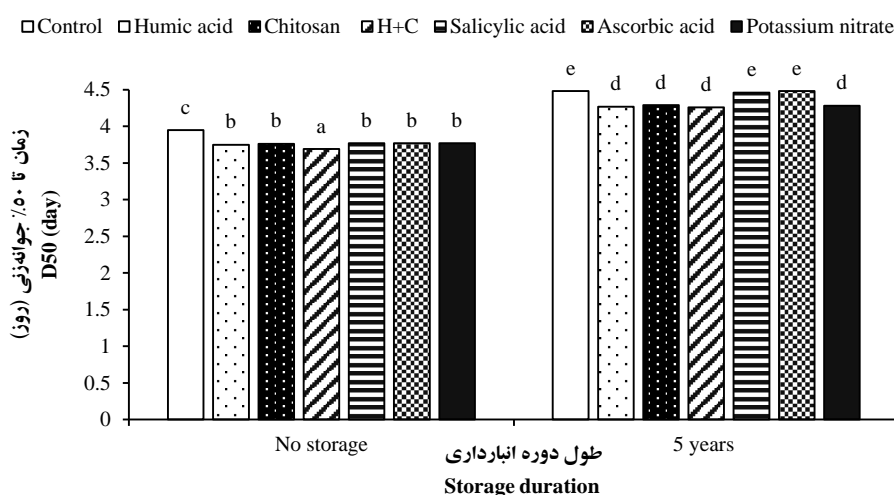
** and *: Significant at probability levels of 1% and 5%, respectively

زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای در تمامی تیمارها افزایش یافت (شکل ۶). به‌نظر می‌رسد در شرایط انبارداری تغییراتی از جمله کاهش تنفس، اکسیداسیون چربی‌ها و از دست رفتن فعالیت‌های آنزیمی اتفاق می‌افتد که این امر موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و افزایش مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی می‌شود. بذرهایی که بوته مادری آنها با اسید هیومیک و کیتوزان به‌صورت توأم تیمار شده بودند، حتی بعد از پنج سال انبارداری از کمترین زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد برخوردار بودند. از نظر آماری بین بذرهای حاصل از تیمارهای کاربرد اسید هیومیک و کیتوزان توأم و به‌تنهایی و نیترات پتاسیم روی بوته‌های مادری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶). بذرهای حاصل از تیمار عدم

در شرایط بدون انبارداری بذر، محلول پاشی بوته‌های مادری با تنظیم‌کننده‌های رشدی و محرک‌های زیستی موجب کاهش معنی‌دار زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی حاصله شد و کمترین زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در بذرهای حاصل از کاربرد اسید هیومیک+کیتوزان روی بوته‌های مادری مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از بقیه تیمارهای محلول پاشی و تیمار شاهد بود. بذرهای حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید هیومیک، کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی را نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به بذرهای حاصل از بوته‌های مادری شاهد کاهش دادند، اما در گروه آماری یکسان قرار گرفتند. با نگهداری بذر به‌مدت پنج سال،

مثبت این ترکیبات در تقویت بذر و حفظ قدرت و کیفیت بذر در برابر فرسودگی ناشی از انبارداری است (شکل ۶). محرک‌های زیستی می‌توانند از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله سنتز هورمون‌های گیاهی و بالانگه داشتن میزان فعالیت آنزیم‌های متابولیکی سبب افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر شوند (Masondo *et al.*, 2018). ابراهیم و رمضان (Ibrahim and Ramadan, 2015) گزارش کردند که محلول‌پاشی بوته‌های لوبیا با اسید هیومیک و کیتوزان موجب بهبود رشد رویشی بوته مادری و افزایش محتویات عناصر غذایی در لوبیا شده که در نهایت به افزایش کیفیت بذر لوبیا منجر گردیده است.

محلول‌پاشی، بیشترین زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر را نشان داد. اگرچه در شرایط قبل از انبارداری، کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک روی بوته‌های مادری سبب شد تا زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر نسبت به تیمار شاهد در حدود ۴/۵۵ درصد کاهش یابد، اما بعد از پنج سال انبارداری، از نظر این صفت با بذرهای حاصل از تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی اسید هیومیک، کیتوزان و نیترات پتاسیم روی بوته‌های مادری از طریق افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر (شکل ۳) موجب شده تا زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرهای کاهش یابد (شکل ۴) که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر



شکل ۶- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان

Figure 6- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the D₅₀ germination of borage seeds

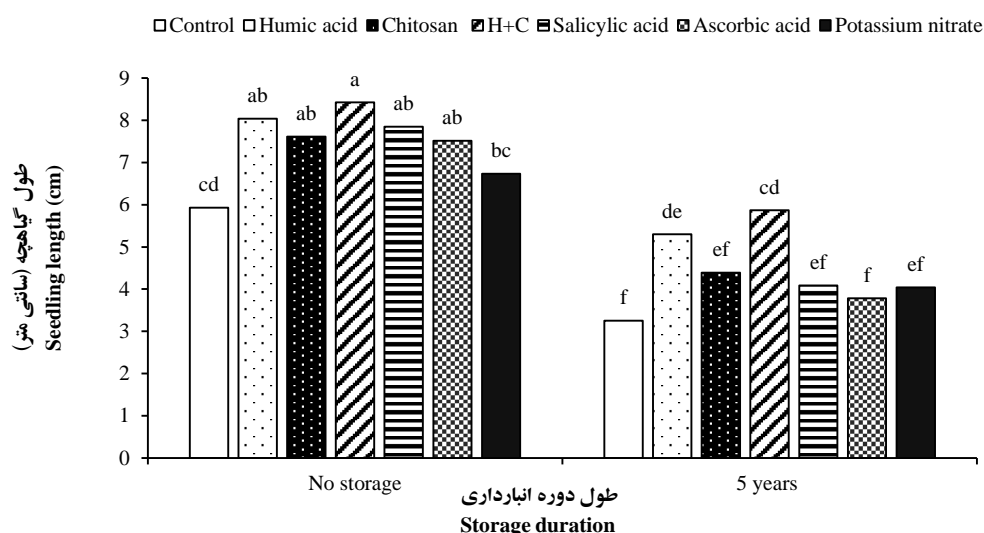
رشدی باعث افزایش رشد رویشی و طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد. بیشترین طول گیاهچه‌ها از بذرهای حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک+کیتوزان به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با طول گیاهچه‌های حاصل از تیمار اسید هیومیک، کیتوزان به تنهایی، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک نداشت اما به طور معنی‌داری بیشتر از

طول گیاهچه

طول گیاهچه به طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی بوته‌های مادری، مدت انبارداری و اثر متقابل محلول‌پاشی × مدت انبارداری قرار گرفت (جدول ۲). همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در تیمار بدون انبارداری و کشت بعد از برداشت بذر، محلول‌پاشی بوته‌های مادری با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های

بوته‌های مادری محلول‌پاشی نشده در حدود ۱۳/۴۹ افزایش داشته، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد (شکل ۷). به دلیل فرسودگی بذر در طی پنج سال انبارداری، قدرت رویش گیاهچه‌ها بطور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین طول گیاهچه‌ها مربوط به گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی نشده بود. با انبارداری طولانی طول گیاهچه‌های حاصل از تیمار شاهد در حدود ۴۵/۱۹ درصدی نسبت به شرایط بدون نگهداری بذر کاهش یافت (شکل ۷).

تیمار شاهد بودند. برتری بذرهای حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده از نظر تولید گیاهچه‌های بلندتر را می‌توان به سرعت بالای جوانه‌زنی (شکل ۳)، پایین بودن متوسط زمان جوانه‌زنی (شکل ۴) و زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (شکل ۶) آنها نسبت داد. بوته‌های حاصل از کاربرد تلفیقی اسید هیومیک و کیتوزان با افزایش ۴۱/۹۹ درصدی در طول گیاهچه، بیشترین تأثیر را در افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش طول گیاهچه داشتند. اگرچه با کاربرد نیترات پتاسیم در بوته‌های مادری، طول گیاهچه‌ها در مقایسه با طول گیاهچه‌های حاصل از



شکل ۷- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 7- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the seedlings length of borage

نگهداری بذر به مدت پنج سال بر طول گیاهچه‌ها، در بین تیمارهای مورد مطالعه بیشترین طول گیاهچه‌ها مربوط به بذرهایی بود که بوته‌های مادری آن‌ها با اسید هیومیک+کیتوزان محلول‌پاشی شده بودند که اختلاف معنی‌داری با طول گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید هیومیک نداشت. به عبارت دیگر کاربرد اسید هیومیک+کیتوزان و کاربرد اسید هیومیک به تنهایی روی بوته‌های مادری نسبت به بقیه تیمارها، با حفظ قوه

صفی‌خانی و همکاران (Safikhani et al., 2016) بیان کردند، سرعت فرسودگی بذر تحت تأثیر ژنتیک و عواملی مثل دما، رطوبت بذر و کیفیت اولیه بذر قرار می‌گیرد، توده‌های بذری که دارای کیفیت اولیه پایین‌تری هستند، قابلیت انبارداری کمتری هم خواهند داشت به طوری که انبارداری طولانی مدت اثر قابل توجهی بر کاهش مواد مغذی بذر داشته و منجر به فرسودگی بذر و کاهش رشد رویشی گیاهچه می‌شود. با وجود تأثیر منفی

نامه بذر (شکل ۲)، بیشترین تأثیر را در حفظ پتانسیل انبارداری بذر داشتند، بنابراین افزایش طول گیاهچه در تیمار تلفیقی محرک‌های زیستی اسید هیومیک و کیتوزان تأییدی بر این مدعا است. با وجود این که کاربرد کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نترات پتاسیم بر روی بوته مادری تأثیر معنی داری بر افزایش طول گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی نسبت تیمار شاهد داشتند، اما بعد از انبارداری این افزایش معنی دار نبود (شکل ۷). عبدالعزیز و همکاران (Abd-Elaziz *et al.*, 2019) بیان کردند کاربرد برگی اسید سالیسیلیک می‌تواند به عنوان تیماری مناسب برای تولید کیفیت بالای بذر عدس در نظر گرفته شود. برای دستیابی به بذرهایی مناسب با کیفیت مطلوب توجه به نیازهای غذایی گیاه مادری ضروری است چرا که گیاه با در اختیار داشتن مواد غذایی مورد نیاز خود، زمینه را برای تولید بذرهایی با کیفیت بالا که منجر به افزایش تولید در واحد سطح می‌شود، فراهم می‌سازد (Amiri *et al.*, 2016). حسینی و همکاران (Hosseini *et al.*, 2021) در بررسی تأثیر محرک‌های زیستی از جمله اسید هیومیک روی بوته مادری بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه‌های حاصل شده به این نتیجه رسیدند که کاربرد تلفیقی محرک‌های زیستی بیشترین تأثیر را در افزایش طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه‌های حاصله داشته است.

وزن خشک گیاهچه

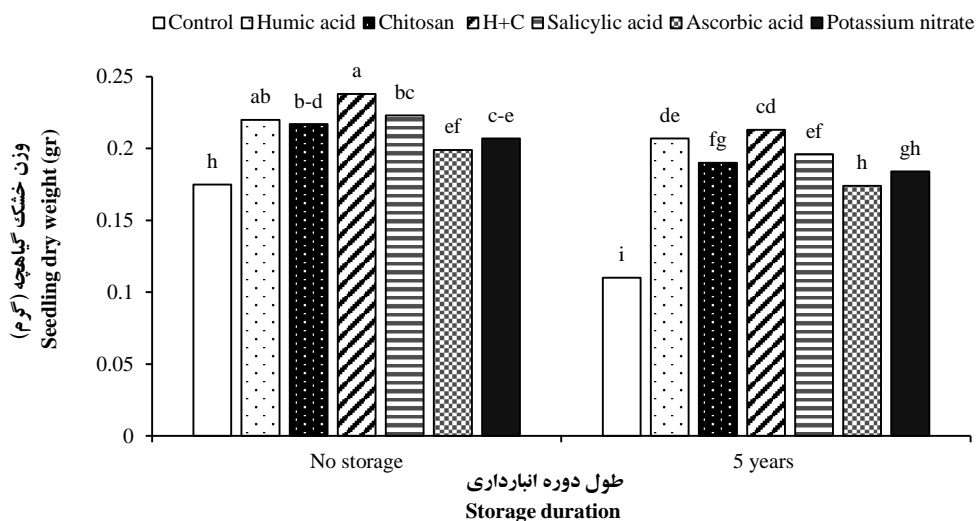
با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر محلول‌پاشی روی بوته‌های مادری، مدت انبارداری و اثر متقابل محلول‌پاشی \times مدت انبارداری بذر بر وزن خشک گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی معنی دار بود.

گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی نشده در مقایسه با گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید هیومیک، کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نترات پتاسیم، وزن خشک کمتری داشتند (شکل ۸). محلول‌پاشی بوته‌های مادری با

محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشد، از طریق افزایش توان جوانه‌زنی (شکل ۱) بذرهایی حاصل شده موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه‌ها نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی گردید. محلول‌پاشی بوته‌های مادری با اسید هیومیک + کیتوزان بیشترین تأثیر را در افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی داشت اما از نظر آمار با تیمار کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین بین وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید هیومیک، کیتوزان و اسید سالیسیلیک در این شرایط تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. انبارداری بذر به مدت پنج سال، موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه‌ها در تمامی تیمارهای مورد مطالعه شد (شکل ۸). در این شرایط میانگین وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذرهایی که بوته‌های مادری آن‌ها محلول‌پاشی نشده بودند به طور معنی‌داری کمتر از وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذرهایی بود که بوته‌های مادری آن‌ها با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی تیمار شده بودند. فرسودگی بذر در طی انبارداری طولانی موجب کاهش توان رویشی بذر و کاهش وزن گیاهچه‌ها در حدود ۳۷/۱۴ درصد در تیمار شاهد گردید (شکل ۸). کیفیت بذر نقش تعیین‌کننده‌ای در ظهور و رشد گیاهچه‌ها داشته به طوری که در توده‌های بذری با قدرت پایین، اکثر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه با کاهش مواجه شده و باعث کاهش وزن خشک گیاهچه‌های حاصله می‌گردد (Amiri *et al.*, 2016). کلانتر احمدی و شوشی درفولی (Kalantarahmadi and Shoushi Dezfouli, 2020) نشان دادند که تحت شرایط انبارداری وزن خشک گیاهچه‌های کلزا در مقایسه با شرایط بدون انبارداری کاهش یافت. بیشترین وزن خشک گیاهچه‌ها مربوط به بذرهایی بود که بوته‌های مادری با اسید هیومیک + کیتوزان محلول‌پاشی شده بودند. در این شرایط نیز بین وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید

قه‌نامیه بذر به ترتیب موجب افزایش ۷۲/۷۳، ۷۸/۱۸، ۵۸/۱۸ و ۶۷/۲۷ درصدی وزن خشک گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی گردید (شکل ۸). محرک‌های زیستی رشد، مقدار اکسین و سیتوکینین را در گیاه افزایش می‌دهند و سبب رشد بهتر گیاهچه‌های حاصله نسبت به شاهد می‌شوند (Masondo *et al.*, 2018). بنابراین افزایش طول گیاهچه (شکل ۷) و بالاتر بودن وزن خشک گیاهچه (شکل ۸) در کاربرد تلفیقی محرک‌های زیستی تاییدی بر این مدعا است. محلول‌پاشی بوته مادری سرخارگل با اسید سالیسیلیک موجب افزایش کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن گیاهچه‌های حاصله شد (Darvizheh *et al.*, 2018).

هیومیک+کیتوزان و کاربرد اسید هیومیک به تنهایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بعد از گذشت پنج سال انبارداری بذر، وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بوته‌های مادری تیمار شده با اسید هیومیک+کیتوزان و اسید هیومیک به تنهایی به ترتیب ۹۳/۶۴ و ۸۸/۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. برتری بذرهای حاصل از این تیمارها از نظر تولید گیاهچه‌های بزرگتر را می‌توان به بالا بودن سرعت جوانه‌زنی آنها نسبت داد (شکل ۳) که این موضوع نشان‌دهنده کیفیت بالای بذرهای حتی با گذشت پنج سال است. بعد از انبارداری بذر، محلول‌پاشی بوته‌های مادری با کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی، با حفظ



شکل ۸- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر وزن خشک گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی

Figure 8- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the seedlings dry weight of borage

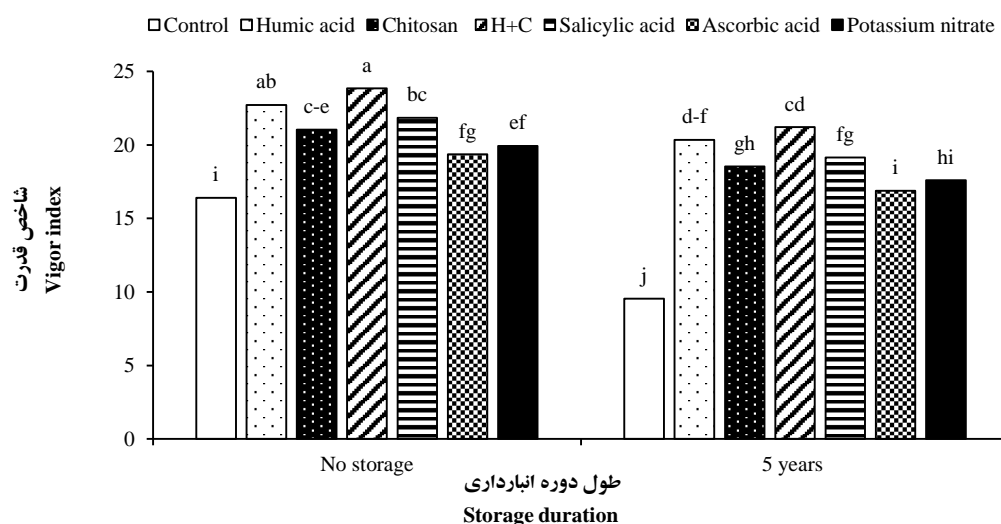
حاصل از بوته‌های مادری محلول‌پاشی شده با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی به‌طور معنی‌داری بیشتر از بذرهای حاصل از بوته‌های مادری شاهد بود. در بین تیمارهای مورد مطالعه بیشترین شاخص قدرت بذر با کاربرد توام اسید هیومیک و کیتوزان روی بوته‌های مادری حاصل شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاخص قدرت

شاخص قدرت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت زمان انبارداری بذر و اثر متقابل محلول‌پاشی × مدت انبارداری بر شاخص قدرت بذر تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). در تیمار بدون انبارداری بذر، شاخص قدرت بذر

هیومیک و کیتوزان روی بوته‌های مادری میزان شاخص قدرت بذرهای حاصل شده بیش از ۲ برابر نسبت به تیمار شاهد بعد از گذشت پنج سال افزایش یافت (شکل ۹). محلول‌پاشی بوته‌های مادری با کیتوزان، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک و نیترات پتاسیم نیز به‌طور معنی‌داری شاخص قدرت بذر را نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی افزایش دادند که این موضوع نشان‌دهنده تأثیر مثبت این تیمارها در حفظ کیفیت بذر بعد از پنج سال است (شکل ۹). تغذیه بوته مادری سرخارگل با اسید سالیسیلیک موجب افزایش شاخص قدرت در بذور حاصل شده در این گیاه گردید. به‌نظر می‌رسد بهبود شاخص قدرت بذر در سرخارگل ناشی از محیط رشدی گیاه، وضعیت تغذیه بوته مادری و ذخایر بذر است (Darvizheh *et al.*, 2018). نتایج تحقیقات نشان داد، محلول‌پاشی بوته مادری با اسید هیومیک نیز موجب افزایش درصد و سرعت سبز شدن، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و شاخص قدرت بذر در سورگوم شد (Alrawi and Cheyed, 2018) که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش همخوانی دارد.

بذرهای حاصل از تیمار شاهد و سایر تیمارهای محلول‌پاشی بود، اما با تیمار کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۹). با کاربرد توام اسید هیومیک و کیتوزان روی بوته‌های مادری، افزایش ۴۵/۴۸ درصدی در شاخص قدرت بذر نسبت به تیمار شاهد حاصل شد. بهبود شاخص قدرت بذر را می‌توان به بهبود درصد جوانه‌زنی (شکل ۱) و وزن خشک گیاهچه‌ها نسبت داد (شکل ۸). با انبارداری بذر به‌مدت پنج سال شاخص قدرت بذر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش شاخص قدرت بذر در کنگد با انبارداری بذر گزارش شده است (Alivand *et al.*, 2015) که مطابق با نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد. بعد از گذشت پنج سال، بذرهای حاصل از تیمار محلول‌پاشی بوته‌های مادری با اسید هیومیک+کیتوزان بیشترین شاخص قدرت بذر را در بین تیمارهای مورد مطالعه داشتند. این تیمار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شاخص قدرت بذرهای حاصل از کاربرد اسید هیومیک به‌تنهایی نداشت اما به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد و سایر تیمارهای محلول‌پاشی روی بوته‌های مادری بود. با کاربرد توام اسید



شکل ۹- تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بوته‌های مادری و مدت انبارداری بذر بر شاخص قدرت بذرهای گاوزبان اروپایی

Figure 9- The effects of foliar application of mother plants and seed storage duration treatments on the seedling vigor index of borage

نتیجه‌گیری

سالیسیلیک و نترات پتاسیم) روی بوته‌های مادری باعث افزایش معنی‌دار خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی حاصل شده نسبت به تیمار شاهد شد. بذرهای حاصل از تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به بذرهای حاصل از تیمار شاهد، با حفظ قوه‌نامه و قدرت بذر، موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه‌ها و در نتیجه افزایش پتانسیل انبارداری این بذرها شدند. کاربرد اسید هیومیک+کیتوزان روی بوته‌های مادری نسبت به بقیه تیمارها و با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد، بیشترین تأثیر را در حفظ کیفیت و قوه‌نامه بذرها نشان دادند. بنابراین محلول‌پاشی بوته‌های مادری با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی سبب شد تا بذرهای حاصل از این بوته‌ها، با حفظ قوه‌نامه و قدرت بذر برای مدت طولانی از اثرات منفی فرسودگی ناشی از انبارداری بر جوانه‌زنی کاسته در نتیجه پتانسیل انبارداری بذر افزایش یابد.

در این مطالعه مشخص شد محلول‌پاشی بوته‌های مادری با محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی، موجب افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی شدند و کاربرد تلفیقی محرک‌های زیستی (اسید هیومیک+کیتوزان) به دلیل اثر هم‌افزایی بیشتر از سایر تیمارهای محلول‌پاشی، در بهبود بینه بذرهای حاصل از بوته مادری موثر بوده و باعث افزایش جوانه‌زنی بذرهای گاوزبان اروپایی شدند. نگهداری بذر به مدت پنج سال، باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، شاخص قدرت بذر و طول و وزن گیاهچه و افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی و زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها شد. با این وجود، کاربرد محرک‌های زیستی و تنظیم‌کننده‌های رشدی (کاربرد اسید هیومیک و کیتوزان به صورت توأم و به تنهایی، اسید سالیسیلیک، اسید آسکوریک، اسید

Reference

منابع

- Abd-Elaziz, S.A., A.A. Alkharpotly, M.M. Yousry, and A.I.A. Abido. 2019.** Effect of foliar application with salicylic acid and potassium silicate on squash plants (*Cucurbita pepo* L.) yield and quality. *Fayoum. J. Agric. Res. Dev.* 33(1): 1-29.
- Akbarpour, V., M. Fadaei, S.J. Mousavizadeh, and K. Ghasemi. 2021.** Evaluation of the effect of ascorbic acid and sucrose foliar application on some quantitative and qualitative attributes of *Cucurbita pepo* var. *Styriaca*. *J. Hortic. Sci.* 35: 777-787. (In Persian, with English Abstract)
- Alivand, R., R. Tavakol Afshari, and F. Sharifzadeh. 2013.** Germination response and estimation of seed deterioration of *Brassica napus* under various storage conditions. *Study of canola seed germination and seed deterioration during the predicted storage conditions.* *Iranian J. Field Crop Sci.* 44(1): 69-83. (In Persian, with English Abstract)
- Alivand, R., R. Tavakol Afshari, F. Sharifzadeh, and M.R. Asiri. 2015.** Study of some physical and biochemical changes in Sesame (*Sesamum indicum*) seed under various storage conditions. *Iranian J. Field Crop Sci.* 46(3): 369-380. (In Persian, with English Abstract)
- Alrawi, A.S.M., and S.H. Cheyed. 2018.** Effect of splitting foliar application on mother plant and direct seed priming with biochemical, organic and mineral fertilizers on field emergence of Sorghum. *Int. J. Agric. Stat. Sci.* 14(1): 245-254.
- Amiri, A., A. Sirousmehr, and S. Esmailzadeh Mah Bahabadi. 2016.** Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Plant. Res.* 28(4): 712-725. (In Persian, with English Abstract)

- Amiri, M.B., P. Rezvani Moghaddam, and M. Jahan. 2018.** Evaluation of germination characteristics and seedling growth of Iranian Ox-Tongue (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) seed resulting from the rootstock treatment by biological and chemical fertilizers in different planting dates and methods. Iranian J. Seed Sci. Technol. 7(1): 181-199. (In Persian, with English Abstract)
- Azadbakht, F., M. Amini Dehaghi, and K.H. Ahmadi. 2018.** Effect of humic acid and folic acid on seed germination properties of (*Echinacea purpurea*) under salt stress conditions. J. Seed Res. 8(3): 29-42. (In Persian, with English Abstract)
- Bolandi, M., P. Sheikhzadeh, S. Khomari, N. Zare, and J. Sharifi. 2021.** Effects of hydropriming and foliar application of chitosan and humic acid on physiological and agronomic characteristics of borage. Iranian J. Field Crop Sci. 51(4): 147-160. (In Persian, with English Abstract)
- Darvizheh, H., M. Zahedi, B. Abbaszadeh, and J. Razmjoo. 2018.** Effects of foliar application of salicylic acid and spermine on maternal plant under drought stress on germination indices of purple coneflower (*Echinacea purpurea*). Iranian J. Seed Res. 5(1): 1-19. (In Persian, with English Abstract)
- Dolatabadian, A., S.A.M. Modarresi Sanavy, and K.S. Asilan. 2010.** Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. Notulae Scientia Biologicae. 2(3): 45-50.
- Ebrahimi, M., and E. Miri Karbasak. 2016.** Investigation effect of humic acid on germination, seedling growth and photosynthesis pigments of medicinal plant Isabgol (*Plantago ovata* Forssk). Iranian. J. Seed Sci. Res. 3(3): 35-46. (In Persian, with English Abstract)
- Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.
- Esanezhad, N.S., S. Maleki Farahani, and A. Rezazadeh. 2019.** The effect of maternal plant growth environment of barley (*Hordeum vulgare* L.) seed vigore after warehouse storage. Iranian J. Seed Sci. Res. 6(1): 121-132. (In Persian, with English Abstract)
- Farhangi-Abriz, S., and K. Ghassemi-Golezani. 2021.** Changes in seeds quality of soybean in response to salicylic acid and jasmonic acid under salt stress. Iranian J. Seed Sci. Res. 8(4): 375-385. (In Persian, with English Abstract)
- Ghassemi-Golezani, K., and B. Dalil. 2011.** Seed Germination and Vigor Test. First Edition. Jahad Daneshgahi- Mashhad, Iran. (In Persian)
- Ghassemi-Golezani, K., A. Hosseinzadeh-Mahootchy, S. Zehtab-Salmasi, and M. Tourchi. 2012.** Improving field performance of aged chickpea seeds by hydro-priming under water stress. Int. J. Plant Animal Environ. Sci. 2(2): 168-176.
- Gowthami, P., G. Rama Rao, K. Rao, and M. Lal Ahamed. 2018.** Effect of foliar application of potassium, boron and zinc on quality and seed yield in soybean. Int. J. Chem. Stud. 6(1): 142-144.
- Hasanvand, H., S.A. Siadat, A.M. Bakhshandeh, M.R. Moradi Telavat, and A. Poshtdar. 2018.** Evaluation of yield and some physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) under plant density and sowing dates in Ahwaz region. Iranian J. Med. Aromat. Plants. 34(1): 1-16. (In Persian, with English Abstract)
- Hassanzadeh, K., K.H. Hemmati, and M. Alizadeh. 2016.** Effect of organic fertilizers and salicylic acid on the yield and some secondary metabolites of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). J. Plant Prod. 23(1): 107-130. (In Persian, with English Abstract)
- Heidari, M., and A. Minaei. 2014.** Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). J. Plant Prod. 21(1): 167-182. (In Persian, with English Abstract)
- Hosseini, P., K. Mohsenifar, M. Rajaie, and T. Babaeinezhad. 2021.** Improvement and regeneration of canola seeds (*Brassica napus*) with growth promoting compounds under different irrigation intervals. Iranian J. Seed Sci. Res. 7(4): 463-475. (In Persian, with English Abstract)
- Hunter, E.A., C.A. Glasbey, and R.E.L. Naylor. 1984.** The analysis of data from germination tests. J. Agric. Sci. 102 (1): 207 -213.

- ISTA, 2017.** International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- Ibrahim, E.A., and W.A. Ramadan. 2015.** Effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. *Sci. Hort.* 184: 101-105.
- Jabbari, M., M. Khayyat, H.R. Fallahi, and A. Samadzadeh. 2018.** Effects of foliar application of salicylic acid and potassium nitrate on chlorophyll content, electrolyte leakage and daughter corm growth of saffron. *J. Saffron Res.* 6(1): 27-49. (In Persian, with English Abstract)
- Kalantara Ahmadi, S.A., A. Ebadi, J. Daneshian, S.A. Siadat, and S. Jahanbakhsh. 2017.** Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iranian J. Crop Sci.* 18(3): 196-217. (In Persian, with English Abstract)
- Kalantarahmadi, S.A., and A.A. Shoushi Dezfouli. 2020.** Effects of drought stress and foliar application of ascorbic acid, salicylic acid, methanol and post-harvest storage on seed yield and seed vigor of Hyola401 rapeseed cultivar. *J. Crop Ecophysiol.* 15(57): 109-130. (In Persian, with English Abstract)
- Khan, M.A., and S. Gulzar. 2003.** Germination responses of (*Sporobolus ioclados*): a saline desert grass. *J. Arid Environ.* 53(3): 387-394.
- Khan, A., A.R. Guramni, M.Z. Khan, F. Hussain, M.E. Akhtar, and S. Khan. 2012.** Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). *J. Chem. Soc. Pakistan.* 6: 56-63.
- Khan, R., N. Manzoor, A. Zia, I. Ahmad, A. Ullah, S.M. Shah, M. Naeem, S. Ali, I.H. Khan, D. Zia, and S. Malik. 2018.** Exogenous application of chitosan and humic acid effects on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum*). *Int. J. Biosci.* 12(5): 43-50.
- Khooshehkar, H., and F. Shekari. 2012.** Effect of seed treatment with salicylic acid on some seedling characteristics of Borage. *J. Crop Ecophysiol.* 6(1): 69-78. (In Persian, with English Abstract)
- Laishram, B., B. Singh, A. Kalpana, M. Wangkheirakpam, S.K.Chongtham, and W. Jiten Singh. 2020.** Effect of salicylic acid and potassium nitrate on growth and yield of lentil (*Lens culinaris* L.) under rainfed condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(11): 2779-2791.
- Mahmoudi, F., P. Sheikhzadeh Mosaddegh, N. Zare, and B. Esmailpour. 2019.** Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. *Iranian J. Plant Biol.* 11(39): 23-42. (In Persian, with English Abstract)
- Masondo, N.A., M.G. Kulkarni, J.F. Finnie, and J.V. Staden. 2018.** Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotherca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 147: 43-48.
- Mehrafarin, A., H. Naghdi Badi, G. Noormohammadi, E. Zand, S. Rezazadeh, and A. Qaderi. 2011.** Effects of environmental factors and methanol on germination and emergence of Persian Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Afr. J. Agric. Res.* 6(19): 4631-4641.
- Miladinov, Z., S. Balesevic Tubic, J. Crnobarac, J. Miladinovic, P. Canak, V. Djukic, and K. Petrovic. 2020.** Effects of foliar application of solutions of ascorbic acid, glycine betaine, salicylic acid on the yield and seed germination of soybean in South Eastern Europe conditions. *Zemdirbyste-Agric.* 107(4): 337-344.
- Naghdi badi, H., Z. Zeinali Mobarake, H. Omid, and S. Rezazade. 2012.** Morphological, agronomical and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) under biological and chemical fertilizers application. *J. Med. Plants.* 2(42): 145-156. (In Persian, with English Abstract)
- Najafi Navaey, H., M. Yousefi Hzari, R. Ali Nezhad Seraji, and H. Eslami. 2014.** Germination reduce in Borage (*Borago officinalis* L.) seed under seed deteriorating conditions. *Int. J. Farming Allied Sci.* 3(4): 358-361.
- Nikkhah, H.R., M.H. Saberi, and M. Mahlouji. 2010.** Study of effective traits on grain yield of two and six row barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under terminal drought stress conditions. *Iranian J. Crop Sci.* 12(2): 170-184. (In Persian, with English Abstract)

- Nourolahi, P., A. Abdali Mashhadi, A. Koochekzadeh, and M.H. Gharineh. 2019.** Effect of sulfuric acid, humic acid and potassium nitrate foliar spraying on petal color quality, antioxidant activity, carotenoids and flower yield in marigold (*Calendula officinalis* L.). J. Crop Prod. Proc. 9(3): 95-111. (In Persian, with English Abstract)
- Ozhan, N., M. Goldani, H.A. Naghdi Badi, A. Mehrafarin, and M. Parsa. 2017.** Changes in nepetalactone content and biochemical traits of catnip (*Nepeta cataria* L.) in response to induction of biostimulants compounds. J. Med. Plants. 16(64): 32-44. (In Persian, with English Abstract)
- Rastegar, Z., M. Sedghi, and S. Khomari. 2011.** Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae. 3(3): 126-129.
- Roudgarnejad, R., M. Samdeliri, A. Mousavi Mirkalaei, and M. Nasheai Moghaddam. 2021.** The role of humic acid application on quantitative and qualitative traits of faba Bean (*Vicia faba* L.). Gesunde Pflanzen. 73(1): 603-611.
- Safar-Noori, M., D.V.M. Assaha, and H. Saneoka. 2018.** Effect of salicylic acid and potassium application on yield and grain nutritional quality of wheat under drought stress condition. Cereal. Res. Commun. 46(3): 558-568.
- Safikhani, F., M.H. Assareh, A. Dehshiri, and F. Hassani. 2016.** Influence of storage and package condition effects on seed germination of (*Matricaria chamomilla* L.). Eco-phytochem. J. Med. Plants. 4(3): 95-106.
- Salehi Sormagi, M.H. 2009.** Medicinal plants and herbal medicine (3rd ed.). Donyaye Taghziye Press, Tehran, Iran. (In Persian)
- Salehzade, H., M. Izadkhah Shishvan, M. Chiyasi, F. Forouzin, and A. Abbasi Siyahjani. 2009.** Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Res. J. Biol. Sci. 4(5): 629-631.
- Schwember, A., and K. Bradford. 2010.** Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. J. Exp. Bot. 61(15): 4423-4436.
- Sekhon, N.K., and C.B Singh. 2013.** Plant nutrient status during boll development and seed cotton yield as affected by foliar application of different sources of potassium. Am. J. Plant Sci. 4(7): 1409-1417.
- Sheidaei, S., A. Hamidi, H. Sadeghi, and B. Oskouei. 2020.** Evaluation of initial seed quality and storage conditions on biochemical and physiological changes of soybean seeds. Iranian. J. Seed Sci. Technol. 9(2): 101-118. (In Persian, with English Abstract)
- Sheikha, S.A.A.K., and F.M. Al-Malki. 2011.** Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. Eur. J. Sci. Res. 50(1): 124-134.
- Soha, E.K., Nahed, G.A.E.A., and H.A.L. Bedour. 2010.** Effect of water stress, ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of (*Ocimum basilicum*). Am. J. Sci. 6(12): 33-44.
- Tabatabaeian, J., S. Hassanian Badi, and A. Kadkhodae. 2020.** Effect of micronutrient foliar application on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agron. Tech. 8(2): 147-163. (In Persian, with English Abstract)
- Towhidi Moghaddam, H.R. 2017.** Effect of foliar application of ascorbic acid on quantitative and qualitative traits as well as some biochemical changes in leaves of grain corn (*Zea maize* L.) under water deficit stress. Iranian. J. Field Crop Sci. 48(2): 365-375.
- Vicente, M.R., and J. Plasencia. 2011.** Salicylic acid beyond defense: Its role in plant growth and development. J. Exp. Bot. 62: 1-18.

