فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۶۳، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۳۰۷-۳۲۴
https://doi.org/10.22034/13.63.307

مقاله پژوهشی

تأثیر پرتوتابی بذر بر جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات کمی و کیفی گیاه زینتی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*)

فاطمه سهرابی[۱]، حنیفه سید حاجی‌زاده[۱*]، سحر باصرکوچه باغ[۲] و فرزاد رسولی[۱]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه ۵۵۳-۵۵۱۳۶، ایران

[۲] سازمان سیما، منظر و فضای سبز کلان شهر تبریز، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶)

چکیده

تیمارهای فیزیکی مانند لیزر و اشعه‌های گاما و بتا می‌توانند به‌عنوان عوامل مؤثر در افزایش رشد و جوانه‌زنی گیاهان عمل کنند. به‌همین منظور، اثر تیمارهای مختلف شامل لیزر، اشعه گاما و اشعه بتا بر جوانه‌زنی، سرعت رشد، طول گیاهچه، وزن خشک بوته، سطح برگ‌ها، تعداد برگ و محتوای کلروفیل گل همیشه‌بهار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهایی که از لیزر، اشعه گاما و اشعه بتا استفاده کرده‌اند، افزایش‌های قابل توجهی را در جوانه‌زنی، سرعت رشد، طول گیاهچه، وزن خشک بوته، سطح برگ‌ها، تعداد برگ و محتوای کلروفیل ایجاد کردند. تعداد روز تا جوانه‌زنی تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ تقریباً تا ۴ روز نسبت به شاهد (۱۰ روز) کاهش یافت که متعلق به سه تیمار هیدروپرایمینگ (۶/۷)، اشعه گاما به‌مدت ۵ دقیقه (۶/۵) و اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه (۶/۶) بود. با این وجود بیشترین درصد جوانه‌زنی متعلق به تیمار بذور با اشعه‌های گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه و بتا به‌مدت ۱۰ دقیقه بود. علی‌رغم نتایج فوق، تیمار لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه بیشترین طول گیاهچه را تولید نمود که از این نظر با تیمار اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط گلخانه‌ای، تیمار اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه بیشترین طول ساقه را ایجاد نمود که با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه اختلاف معنی‌داری نداشت. این دو تیمار بیشترین وزن خشک بوته و شاخص سطح برگ را نیز به خود اختصاص دادند. به‌طورکلی، تیمار با لیزر و اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه و همچنین تیمار با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه بیشترین بهبود را در صفات مذکور داشت.

کلمات کلیدی: پرتوتابی، سرعت جوانه‌زنی، کلروفیل، پرایمینگ بذر

مقدمه

در دوران حاضر، تقاضا برای استفاده از مواد شیمیایی به‌منظور افزایش تولید در صنایع کشاورزی به شدت افزایش یافته‌است. در گذشته، اثرات منفی این مواد بر سلامت انسان و محیط زیست به‌طور کامل درک نشده‌بود، اما با پیشرفت مطالعات و تحقیقات علمی در این زمینه، آشکار شد که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات در کشاورزی، در طولانی-مدت، منجر به آسیب‌های جدی برای سلامتی انسان و ضررهای بزرگی برای محیط زیست خواهد شد. به‌همین دلیل، روش‌های جایگزینی همچون روش‌های تیمار بیوفیزیکی به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند، که این روش‌ها با تأمین نیازهای کشاورزی، در صدد تأمین ایمنی افراد جامعه و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

حفاظت از محیط زیست بوده و اثرات جانبی ناخواسته را کاهش می‌دهند.

این تیمارها ممکن است شامل فرآیندهایی مانند خیساندن بذر در مواد مخصوص، تنظیم دما و رطوبت، اعمال میدان‌های مغناطیسی یا الکتریکی و یا استفاده از تابش‌های مختلف نظیر فرابنفش (UV) یا گاما باشد. هدف از این تیمارها، افزایش فعالیت فیزیولوژیکی بذر، افزایش سرعت جوانه‌زنی، و ایجاد گیاهچه‌هایی با سلامت و قدرت بیشتر است.

یکی دیگر از این فنون انجام پیش‌تیمار بذر (پرایمینگ) قبل از جوانه‌زنی است. از این طریق بذر، مرحله اول جوانه‌زنی یعنی جذب آب را با موفقیت طی می‌کند و بدین ترتیب در جریان پیش‌تیمار بذر با جذب آب کافی فرایند جوانه‌زنی و تقسیم سلولی بذر تحریک می‌شود (Boqumila and Bert, 2005). پیش‌تیمار بذر با عوامل مختلف مانند آب، ترکیبات شیمیایی و تشعشعات امکان‌پذیر است که در تمامی آنها آبگیری کنترل‌شده بذر انجام می‌شود (Farooq *et al*., 2006). استقرار سریع‌تر، بنیه بیشتر، توسعه سریع‌تر، گلدهی زودتر و عملکرد بالاتر از پیامدهای پرایمینگ بذور است (Harris *et al*., 2005).

تأثیر پرتو گاما بر رشد گیاهان از طریق ایجاد تغییرات سیتولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک در سلول‌ها و بافت‌ها، پیشتر گزارش شده است (Dhage and Anishettar, 2020). دزهای بالای پرتو گاما معمولاً اثرات بازدارنده دارند، در حالی که دزهای پایین‌تر ممکن است تحریک‌کننده باشند (Seyed hajizadeh *et al*., 2023; Hajizadeh *et al*., 2022). پرتو گاما با دزهای نسبتاً پایین به‌علت شکسته شدن برخی از مولکول‌های بزرگ‌تر درون بذر به مولکول‌های کوچک‌تر و استفاده جنین از آن‌ها، افزایش رشد و همچنین افزایش تکثیر سلولی و در نتیجه افزایش رشد و فعالیت‌های متابولیسمی، به دنبال افزایش مقدار و فعالیت برخی از آنزیم‌ها و افزایش احتمالی نسبت ATP به ADP، موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. دزهای پایین پرتو گاما موجب تغییر شبکه پیام‌رسانی هورمونی مانند افزایش در مقدار هورمون‌های کینتین، جیبرلین (Moussa, 2011) و اتیلن و حتی در برخی مواقع کاهش اکسین (Wi *et al*., 2007) در سلول‌های گیاه یا افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها برای تسهیل غلبه بر عوامل تنش‌زا در شرایط رشد می‌گردد. تحقیقات متعددی نشان داده‌است که تابش نوری لیزر در بهبود فعالیت آلفا آمیلاز مؤثر است و رادیکال‌هایی که خواب دانه را القا می‌نمایند، را بی‌اثر می‌نماید و به‌همین دلیل، درصد جوانه‌زنی و بنیه بذور را بهبود می‌بخشد (Ali and Haruna, 2021). بررسی اثر تیمار نوری لیزر و اسید جیبرلیک بر میزان جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی مریم‌گلی نشان داد که تیمار لیزر می‌تواند جایگزین مناسبی برای تیمارهای شیمیایی در تسریع جوانه‌زنی بذر این گیاه باشد (هوشنگ احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). ذرات بتا الکترون‌هایی هستند که با انرژی بسیار زیاد و بیش از ذرات آلفا در حرکت هستند. قدرت آسیب‌رسانی آن وابسته به مقدار انرژی آن است (Govindaraj *et al*., 2017) و تاکنون اطلاعاتی در مورد تأثیر این اشعه بر جوانه‌زنی بذر همیشه‌بهار در دسترس نیست.

گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) گیاه زینتی یکساله تا چند ساله، متعلق به تیره کاسنی (Asteraceae) است که موطن اصلی آن حوزه دریای مدیترانه، خاورمیانه و اروپای مرکزی است. هدف از کشت این گیاه، تولید دارو از مواد مؤثره موجود در گل‌ها و مخصوصاً در گلبرگ‌ها است (Martin *et al*., 2005). گل این گیاه به عنوان یک منبع مهم در صنایع مختلف، علاوه بر استفاده‌های خوراکی که برای طعم‌دهی و رنگ‌دهی غذاهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای مواد مؤثره و ترکیباتی است که در صنایع آرایشی و پزشکی نیز کاربرد دارد. همچنین توانایی منحصر به‌فردی در جمع‌آوری فلزات سنگین دارد و از طریق ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی باعث پاکسازی خاک‌های فلزدار می‌شود (Patil *et al*., 2022). جوانه‌زنی نامنظم، کم و غیریکنواخت، یکی از مشکلات اصلی در تولید گیاهان دارویی است. بررسی‌ها نشان داده است که استقرار اولیه همیشه‌بهار یکی از مشکلات عمده کشت این گیاه می‌باشد (Karimi *et al*., 2020).

لذا با توجه به گفته‌های فوق، در این مطالعه هدف بررسی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

تأثیر پرتوتابی بذر بر جوانه‌زنی، رشد و خصوصیات کمی و کیفی گیاه زینتی همیشه‌بهار با تأکید بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بذر در شرایط آزمایشگاه و گلخانه است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: رقم پرپر همیشه‌بهار، با دوره رشد ۱۶۰ روز و عملکرد دانه حدود ۱۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شده و از نظر وجود دوره خواب و قوه نامیه آزمایش شدند. سپس در دو بخش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای پس از اعمال تیمارها، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام یافت. در بخش آزمایشگاهی آزمایش شامل سه تکرار و دارای ۱۱ تیمار و چهار گیاه در هر واحد آزمایشی، در مجموع ۱۳۲ پتری‌دیش بود و در بخش گلخانه‌ای آزمایش شامل سه تکرار و دارای ۱۱ تیمار و دو گیاه در هر واحد آزمایشی، در مجموع دارای ۶۶ گلدان بود. در شروع آزمایش برای ضدعفونی کردن، بذرها به مدت سه دقیقه در محلول پنج درصد هیپوکلریت سدیم قرار داده شده و بعد با آب‌مقطر کاملاً شست و شو داده شدند. برای آزمایش اول تعداد ۲۵ عدد بذر در داخل پتری‌دیش‌هایی به قطر ۱۲ سانتی‌متر در بین کاغذ جوانه‌زنی قرار داده شد. پنج تیمار با سطوح مختلف در هر بلوک برای پرایمینگ بذور به‌طور جداگانه به‌شرح زیر در نظر گرفته شدند: الف) تیمار لیزر با دستگاه لیزر (هلیوم- نئون، مدل IR2000، طول‌موج: ۶۳۲۸ آنگستروم- ۲۲۰ ولت – ۵۰ هرتز، ساخت کشور انگلستان) در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بر بذرهای خشک اثر داده شد (Chen and Arora, 2011). پرتوتابی بذور در آزمایشگاه فیزیک دانشگاه آزاد تبریز انجام شد. ب) تیمار اشعه گاما با شدت ثابت ۲ میکروکوریل، در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بر بذرهای خشک اثر داده شد (فرحوش و همکاران، ۱۳۸۶). ج) تیمار اشعه بتا با شدت ثابت ۲ میکروکوریل، در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بر بذرهای خشک اثر داده شد (Bradford, 1995). د) هیدروپرایمینگ بر بذرهای خشک، به مدت ۲۴ ساعت انجام شد (Artola *et al.*, 2003) و) شاهد بدون اعمال تیمار بود. پس از تیمار بذور صفات مورد نظر پس از ۱۴ روز در شرایط آزمایشگاهی و ۴۵ روز بعد از کاشت همزمان با مراحل شروع غنچه‌دهی یا گلدهی در گلخانه به شرح زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

ارزیابی صفات در پژوهش آزمایشگاهی، شاخص قدرت گیاهچه: نحوه محاسبه شاخص قدرت گیاهچه به این ترتیب انجام یافت که پس از تعیین گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال، تعداد ۱۰ گیاهچه نرمال از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و سپس طول ریشه اولیه و ساقه اولیه و وزن خشک گیاهچه آن‌ها اندازه‌گیری و با فرمول‌های زیر شاخص‌های قدرت گیاهچه تعیین شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

Final germination percentage, FGP=ΣGn

که در آن n تعداد بذر جوانه‌زده در هر بار شمارش است.

قوهٔ نامیه × (میانگین طول ریشه اولیه + میانگین طول ساقه اولیه) = SVI (1)

قوهٔ نامیه × وزن خشک گیاهچه (SDW) = SVI (2)

گیاهچه: (میانگین طول ریشه اولیه + میانگین طول ساقه اولیه).

درصد جوانه‌زنی: برای انجام دادن تست جوانه‌زنی چهارده روز بعد از کشت بذرها درون پتری‌دیش‌ها، تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش و از روی آن درصد جوانه‌زنی طبق فرمول زیر محاسبه شد (Larsen and Andreasen, 2004).

درصد جوانه‌زنی= $\sum$ (تعداد بذر جوانه‌زده تا روز nام)/ تعداد بذر

سرعت جوانه‌زنی: در تست جوانه‌زنی اولین شمارش را می‌توان به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی به حساب آورد و قدرت رویش را با آن محاسبه کرد، هر بذری که سریع‌تر از بقیه به مرحله کمال جوانه‌زنی برسد دارای قدرت رویشی بالاتری است و مشکلات کمتری در مسیر رشد خواهد داشت و هر چه این زمان کوتاه‌تر باشد بذر مسیر رشد را راحت‌تر طی می‌کند. واحد اندازه‌گیری آن تعداد در روز است که با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Santos *et al.*, 2015).

سرعت جوانه‌زنی= (تعداد بذر جوانه‌زده × روز) / مجموع کل روزها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

سرعت جوانه‌زنی روزانه: سرعت جوانه‌زنی روزانه عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است که طبق روش ماگویر (Maguire, 1962) قابل ارزیابی است.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه: صفات ذکرشده بعد از پایان دوره جوانه‌زنی با استفاده از خط‌کش مدرج، بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. طول گیاهچه بر اساس مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه محاسبه شد.

وزن خشک گیاهچه: گیاهچه‌های حاصل از جوانه‌زنی، در داخل انکوباتور با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شده و با استفاده از ترازوی با دقت یک صدم توزین شدند.

شاخص‌های ویگور: شاخص‌های ویگور با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

شاخص ویگور (svi1)= [درصد جوانه‌زنی × طول گیاهچه (mm)] (Abdul-Baki and Anderson, 1973)

شاخص ویگور (svi2)= [درصد جوانه‌زنی × وزن خشک گیاهچه (g)] (قوامی و همکاران، ۱۳۸۳)

ارزیابی صفات در پژوهش گلخانه‌ای، ارتفاع بوته: بعد از برداشت، بوته‌ها از سطح زمین تا انتهای ساقه توسط سانتی‌متر اندازه‌گیری و ارتفاع آن‌ها یادداشت گردید.

وزن خشک ریشه و ساقه: گیاهچه‌های حاصل، در داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شده و با استفاده از ترازوی با دقت یک صدم توزین شد.

شاخص سطح برگ: برای اندازه‌گیری سطح برگ از هر گلدان بوته‌هایی برداشت‌شده و تمام برگ‌های آن جدا و توزین شدند. سپس با استفاده از یک لوله مسی از مناطق مختلف برگ دیسک‌هایی تهیه و توزین شد و با تعیین مساحت دیسک‌ها و برقراری یک تناسب به صورت زیر سطح برگ مشخص شد (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۹).

سطح برگ بوته= (مساحت دیسک‌ها× وزن برگ‌های بوته) / وزن دیسک‌های تعبیه‌شده

تعداد برگ در ساقه: برحسب شمارش تعداد برگ‌ها اندازه‌گیری شد.

شاخص محتوای کلروفیل: شاخص محتوای کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل ۲۰۰ –CCM با نام OPT1-Sciences) و روی دو بوته انتخابی اندازه‌گیری شد. برای این منظور از سه قسمت انتهایی، وسطی و ابتدایی آن برگ و در هر بوته از سه برگ پایینی، بالایی و وسطی بوته همیشه‌بهار استفاده و سپس از آن‌ها میانگین‌گیری شد.

آنالیز آماری: مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. برای بررسی ارتباط بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. برای محاسبات آماری از برنامه MSTAT-C و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیر تیمار بذور در پژوهش آزمایشگاهی، روز تا جوانه‌زنی کامل: تیمار هیدروپرایمینگ، تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۵ و ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۵ و ۱۰ دقیقه و تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه کاهش معنی‌داری را در تعداد روز تا جوانه‌زنی نسبت به سایر تیمارها و شاهد باعث شد (شکل ۱) و بیشترین میزان کاهش با ۳۲، ۳۵ و ۳۴ درصد متعلق به سه تیمار هیدروپرایمینگ، تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۵ دقیقه و تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه بود (شکل ۱). از جمله عواملی که ممکن است در این تأثیرات نقش داشته باشند، می‌توان به تغییرات در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بذور اشاره کرد. برای مثال، تیمارهای هیدروپرایمینگ و اشعه‌های گاما و بتا ممکن است منجر به تغییرات در فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم بذور شوند که باعث کاهش تعداد روز تا جوانه‌زنی آنها می‌شود. همچنین، این تیمارها ممکن است تأثیراتی بر سیستم‌های رشد و نمو داشته باشند که باعث کاهش تعداد روز مورد نیاز تا جوانه‌زنی می‌شود (Ilakiya *et al.*, 2020). به علاوه، احتمالاً این تیمارها تأثیری بر محتوای مواد مغذی و تجمع انرژی در بذور داشته و سبب افزایش فعالیت فیزیولوژیکی بذور و کاهش زمان جوانه‌زنی می‌شوند (Marjan *et al.*, 2023).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

شکل ۱- تعداد روز تا جوانه‌زنی کامل همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

درصد جوانه‌زنی نهایی: تنها تیمار بذور با اشعه گاما به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ دقیقه اثر افزایشی معنی‌داری را در درصد جوانه‌زنی باعث شده و این صفت را در مقایسه با شاهد به‌ترتیب به میزان ۱۲/۸، ۱۵/۳ و ۱۴/۸ درصد افزایش داد (شکل ۲). اشعه گاما و بتا از انواع اشعه‌های پرانرژی هستند که می‌توانند به داخل جوانه‌های بذر نفوذ کنند و در سطح مولکولی تغییراتی ایجاد کنند. این تغییرات ممکن است به تحریک فعالیت آنزیم‌ها و فرآیندهای متابولیکی در داخل بذر منجر شده و در نتیجه به افزایش تعداد جوانه‌ها و بهبود فرآیند جوانه‌زنی کمک کنند (El-Beltagi *et al.*, 2023). علاوه بر این، مدت زمان تیمار نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. افزایش مدت زمان تیمار ممکن است به افزایش زمان تأثیرگذاری اشعه و به‌دنبال آن، افزایش درصد جوانه‌زنی منجر شود (Ilakiya *et al.*, 2020). احتمالاً تفاوت‌هایی در نفوذ، تأثیر و اثرات این دو نوع اشعه بر روی بذور و فرآیندهای جوانه‌زنی آنها مشاهده می‌شود که در نهایت به تفاوت‌های مشاهده‌شده در نتایج منجر می‌شود.

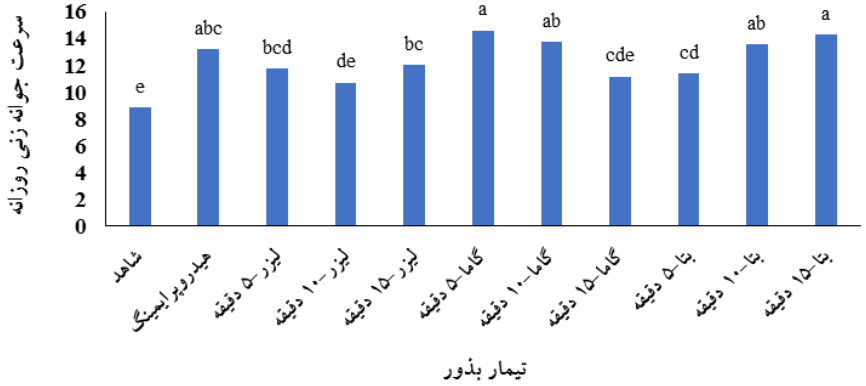
سرعت جوانه‌زنی روزانه: اغلب تیمارهای مورد بررسی، افزایش معنی‌داری را در سرعت جوانه‌زنی روزانه بذور باعث شدند در حالی‌که تیمارهای گاما (۱۵ دقیقه) و لیزر (۱۰ دقیقه) اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۳). بیشترین افزایش با ۶۴ و ۶۱ درصد متعلق به تیمار بذور با اشعه گاما به مدت ۵ دقیقه و تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه بود (شکل ۳). این دو تیمار ممکن است با تغییراتی در فعالیت آنزیم‌ها، ترکیب شیمیایی بذور، و تأثیرات نوری، به‌طور مستقیم بر روی فرآیندهای جوانه‌زنی بذور تأثیر بگذارند و در نتیجه باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی گیاهان شوند (Govindaraj *et al.*, 2017).

سرعت جوانه‌زنی: تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایش معنی‌داری را (۲۴/۰۳) در سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد و سایر تیمارها باعث گردید (شکل ۴). برای تفسیر این افزایش، ممکن است عوامل مختلفی نقش داشته باشند. اشعه گاما ممکن است به عنوان یک منبع انرژی برای بذور عمل کرده و فرآیندهای بیولوژیکی مرتبط با جوانه‌زنی را تحریک کند. این تحریک ممکن است به افزایش فعالیت آنزیم‌ها و فرآیندهای متابولیکی در بذر منجر شود که این امر باعث شتاب در رشد و نمو جوانه می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2023). این افزایش ممکن است به دلیل تحریک فعالیت آنزیم‌ها، تسریع در فرآیندهای متابولیکی و افزایش توانایی بذر در جذب آب و مواد غذایی باشد که منجر به رشد سریع‌تر و جوانه‌زنی بهتر آن می‌شود (Borzouei *et al.*, 2010).

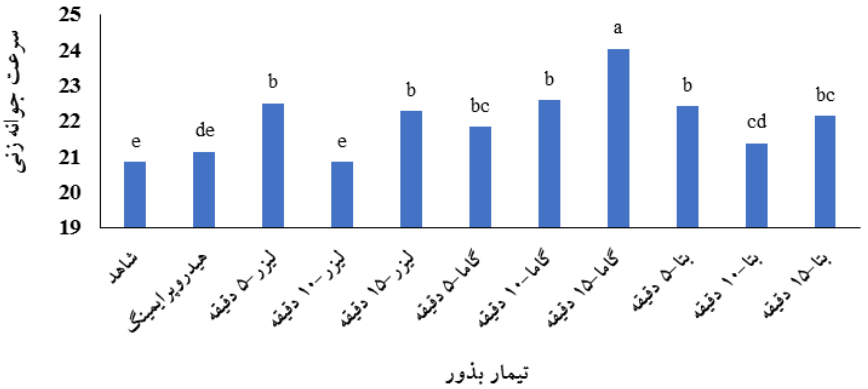
طول ریشه‌چه: با توجه به شکل ۵، بذور تیمارشده با لیزر و گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه طول ریشه‌چه بیشتری در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها داشتند به طوریکه طول ریشه‌چه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

شکل ۲- درصد جوانه‌زنی همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



شکل ۳- سرعت جوانه‌زنی روزانه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

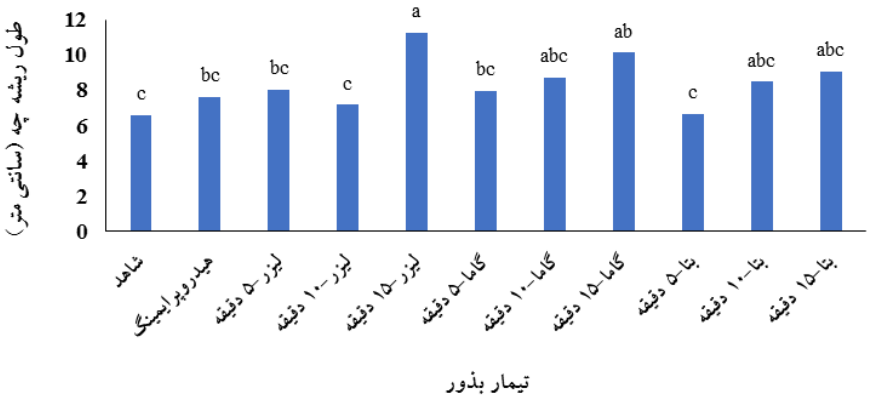


شکل ۴- سرعت جوانه‌زنی همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

همیشه‌بهار به ترتیب به میزان ۷۰/۸ و ۵۳/۵ درصد تحت تأثیر تیمار با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه و تیمار با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایش بیشتری نشان داد (شکل ۵). اشعه لیزر و گاما می‌توانند منجر به افزایش جذب مواد مغذی و آب توسط ریشه‌ها شده و در نتیجه، به افزایش طول ریشه‌ها منجر شوند. علاوه بر این، این تیمارها ممکن است بهبودی در جذب نور و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]



شکل ۵- طول ریشه‌چه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

شکل ۶- طول ساقه‌چه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

انرژی توسط گیاه ایجاد کنند که باعث رشد سریع‌تر و پرقدرت‌تر ریشه‌ها می‌شود (Rifnas *et al.*, 2022).

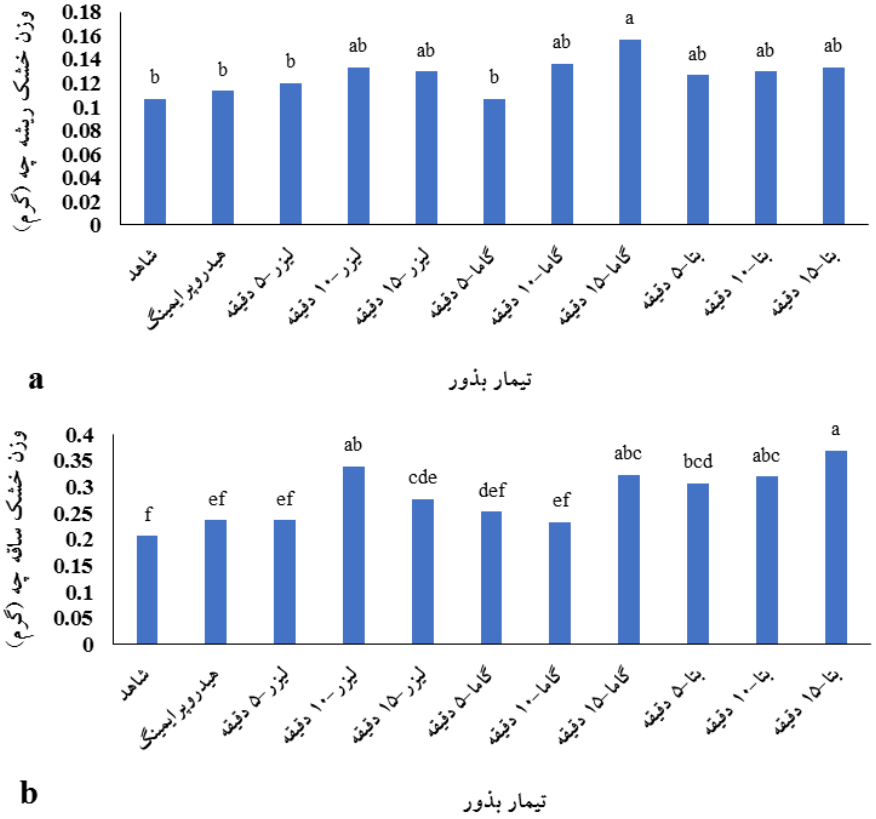
طول ساقه‌چه: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و تیمار با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایش معنی‌داری را در طول ساقه‌چه باعث شد و طول ساقه‌چه را در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۳۷/۵، ۴۲/۷، ۳۵/۴، ۴۳/۸ و ۳۲/۳ درصد افزایش داد (شکل ۶). افزایش در طول ساقه‌چه می‌تواند ناشی از تحریک فعالیت سلولی و افزایش فرآیندهای متابولیکی در گیاهان باشد که توسط تیمارهای مختلف ایجاد می‌شود. علاوه بر این، تحریک‌های متابولیکی ممکن است باعث افزایش جذب مواد مغذی و آب توسط ساقه گیاهان و بهبود شرایط رشد و توسعه آنها شود (Shala, 2019).

طول گیاهچه: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایش معنی‌داری را در طول گیاهچه باعث شد و در مقایسه با شاهد به‌ترتیب به میزان ۶۱/۵، ۳۳/۴، ۳۳/۷، ۵۰/۷ و ۳۵/۷ درصد افزایش داد (شکل ۷). این افزایش‌ها را می‌توان به عواملی مانند تحریک تولید هورمون‌های رشدی، افزایش جذب عناصر غذایی، تسهیل فرآیندهای فتوسنتز و تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم گیاهی نسبت داد (Pranesh *et al.*, 2019). همچنین، این تیمارها ممکن است منجر به تغییر در سطح هورمون‌های رشد گیاهی شوند که می‌توانند باعث بهبود عملکرد و رشد گیاه شوند (Rifnas *et al.*, 2022).

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه به میزان ۴۱/۷ درصد بر وزن خشک ریشه‌چه‌های همیشه‌بهار افزود (شکل ۸a). همچنین تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه، تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

شکل ۷- طول گیاهچه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



شکل ۸- a) وزن خشک ریشه‌چه و b) وزن خشک ساقه‌چه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

۱۵ دقیقه، تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه افزایشی به ترتیب ۷۰، ۳۵، ۶۰، ۵۵، ۶۰ و ۸۵ درصدی را در وزن خشک ساقه‌چه نسبت به شاهد باعث شد (شکل ۸b). بذور تیمارشده با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه دارای بیشترین وزن خشک ساقه‌چه نسبت به شاهد بودند (شکل ۸b). احتمالاً، تحریک اشعه گاما به میزان ۱۵ دقیقه می‌تواند فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریشه‌چه‌ها را بهبود بخشد. این امر در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، تحریک تولید هورمون‌های رشدی، افزایش فعالیت آنزیم‌های متابولیکی و تسهیل فرآیندهای متابولیکی در ریشه‌ها می‌شود (Rifnas *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

al., 2022). با افزایش وزن خشک ریشه‌ها، گیاهان ممکن است بهبود در جذب مواد غذایی، افزایش ساختار ریشه‌ها و در نتیجه افزایش سطح جذب عناصر غذایی از خاک و همچنین افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی را تجربه کنند که منجر به بهبود عملکرد و رشد گیاه را در طول دوره رشد و نمو می‌شود (Wang *et al*., 2022). همچنین، تیمار بذور با لیزر نیز می‌تواند با تغییر در ترکیبات مولکولی و اسمیلاسیون فیزیکی گیاه، بهبود در رشد و نمو ساقه‌ها را فراهم کند که در نهایت به افزایش وزن خشک آنها منجر می‌شود (Pranesh *et al*., 2019).

وزن خشک گیاهچه: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه، با اشعه بتا به‌مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه افزایش معنی‌داری را در وزن خشک گیاهچه به میزان ۵۱/۶، ۳۲/۲، ۵۴/۸، ۴۱/۹، ۴۵/۱ و ۶۱/۳ درصد را نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۹). به نظر می‌رسد که تیمارهای مختلف با استفاده از لیزر و اشعه‌های گاما و بتا، توانایی افزایش رشد و نمو ساقه‌چه‌های گیاهچه‌ها را داشته‌اند. این افزایش ممکن است به عواملی مانند افزایش فعالیت فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی، تحریک فعالیت هورمون‌های رشدی و فعالیت آنزیم‌های متابولیکی در ساقه‌ها نسبت داده شود که نتیجه آن، افزایش در وزن خشک ساقه‌ها است (Wang *et al*., 2022).

شاخص ویگور: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و اشعه بتا به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه افزایشی به ترتیب ۸۱/۳، ۵۰، ۷۳، ۴۱/۸ و ۴۶/۵ درصدی را در شاخص ویگور نسبت به شاهد باعث شد (شکل ۱۰). شاخص ویگور یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی رشد و نمو گیاهان است. افزایش در شاخص ویگور ممکن است به معنای بهبود رشد و نمو گیاه باشد که می‌تواند به عواملی مانند افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش جذب عناصر غذایی، تحریک فعالیت هورمون‌های رشدی و افزایش فعالیت آنزیم‌های متابولیکی در گیاهان برگرفته شود (Rifnas *et al*., 2022). این نتایج با یافته‌های Wang و همکاران (۲۰۲۲) مشابه بود.

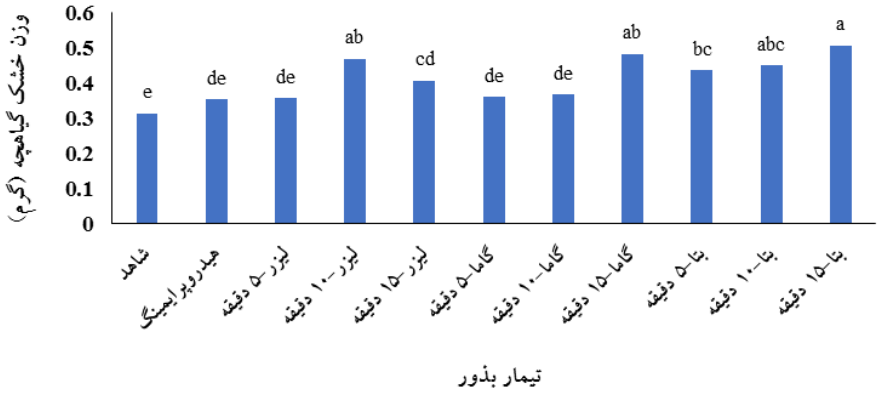
شاخص قدرت گیاهچه: بر اساس نتایج تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۰ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه و تیمار با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه باعث افزایش شاخص قدرت گیاهچه در مقایسه با تیمار شاهد و سایر تیمارها شد (شکل ۱۱). کمترین شاخص قدرت گیاهچه مربوط به تیمار شاهد بود که با بذور هیدروپرایمینگ و لیزر به‌مدت ۵ دقیقه، تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار با لیزر و اشعه‌های گاما و بتا به طور معمول به عنوان تیمارهای فیزیکی و رادیویی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از آنجایی‌که تیمار با گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه به عنوان مؤثرترین تیمار مشخص شده است، احتمالاً این تیمار توانایی بیشتری برای تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان داشته است. این تحریک ممکن است شامل افزایش فعالیت فتوسنتزی، تسریع در فرآیند رشد، افزایش جذب عناصر غذایی، و یا افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی باشد (Bhusal and Thakur, 2020).

نتایج حاصل از تأثیر تیمار بذور در پژوهش گلخانه‌ای، ارتفاع بوته: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۱۰ دقیقه، تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه افزایشی به‌ترتیب ۵۰/۵، ۴۹/۴، ۸۳/۸، ۶۸/۸، ۶۰/۲ و ۱۲۵/۸ درصدی را در ارتفاع بوته‌های همیشه‌بهار نسبت به شاهد باعث گردید (شکل ۱۲). لذا تیمار با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه دارای بیشترین اثر (با افزایش ۱۲۵٪) بر افزایش ارتفاع بوته‌های گیاهان همیشه‌بهار بود که ممکن است ناشی از توانایی اشعه بتا در تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان باشد که بهبود رشد و نمو آنها را تسریع می‌بخشد.

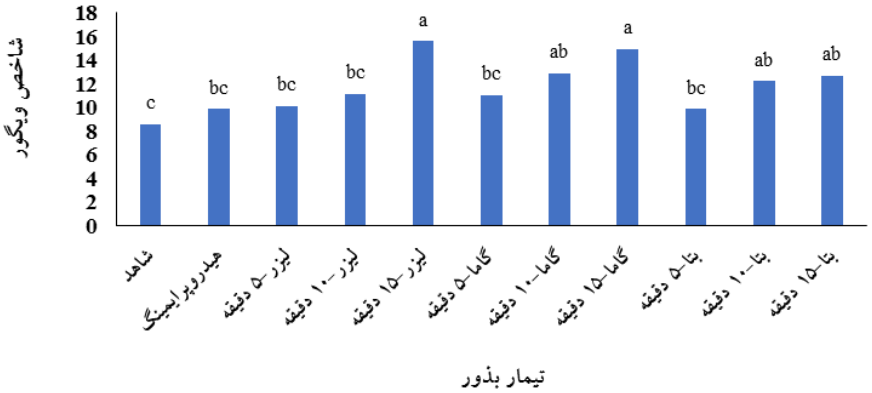
وزن خشک بوته: تیمار بذور با لیزر و اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه، بیشترین تأثیر را در وزن خشک بوته نسبت به شاهد باعث گردید (شکل ۱۳). این تیمارها ممکن است سیگنال‌های داخلی گیاه را تحریک کنند که به نوبه خود منجر به فعال‌شدن فرآیندهای رشدی و نموی در گیاه می‌شود (El-Beltagi *et al*., 2023). به‌طورکلی، این تحریکات فیزیولوژیکی می‌توانند بهبودهای مختلفی در رشد و نمو گیاهان ایجاد کنند و به تغییرات مختلف در وزن خشک بوته‌ها منجر شوند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

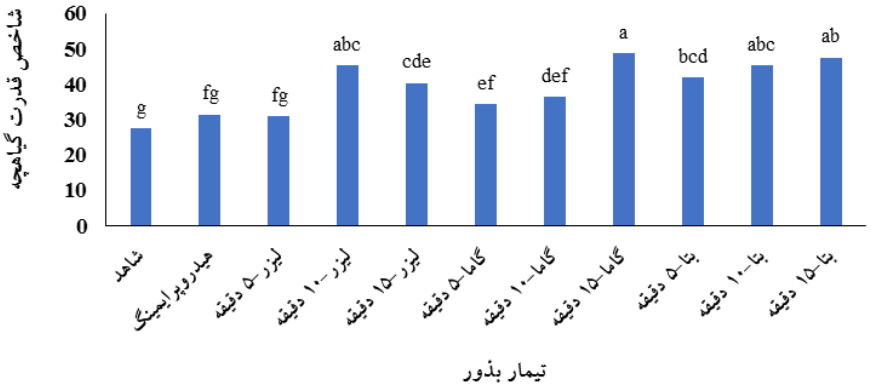
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]



شکل ۹- وزن خشک گیاهچه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



شکل ۱۰- شاخص ویگور همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

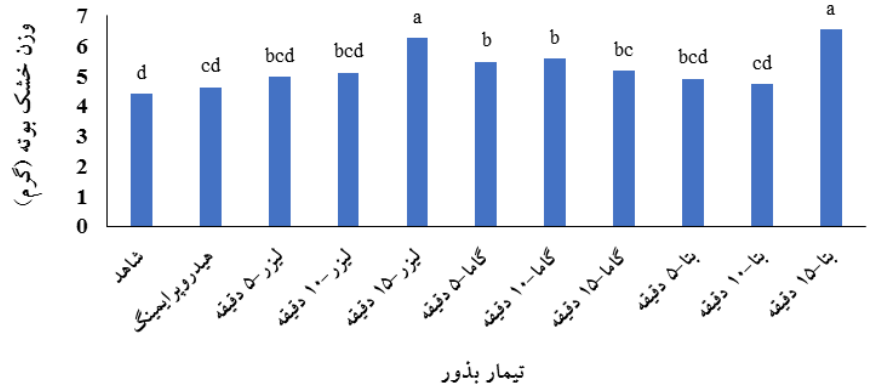


شکل ۱۱- شاخص قدرت گیاهچه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

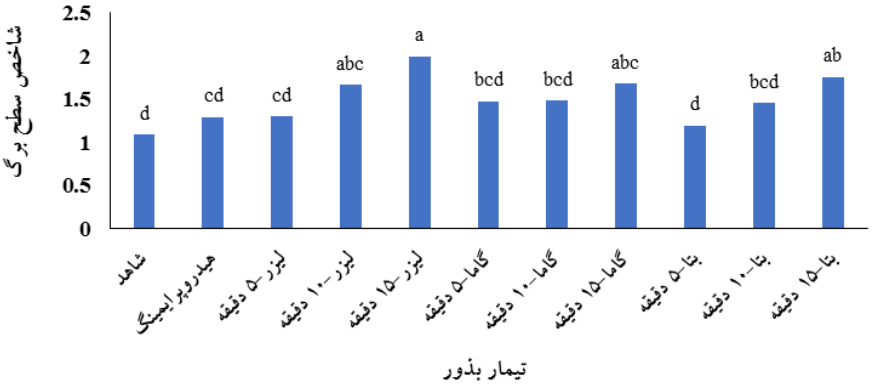
شاخص سطح برگ: تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه، با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه و با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایش معنی‌دار ۸۴/۲، ۵۵/۵ و ۶۲ درصدی را در شاخص سطح برگ همیشه‌بهار نسبت به شاهد باعث شد (شکل ۱۴). این تیمارها ممکن است باعث تحریک تولید و ترشح هورمون‌های رشدی نظیر اکسین، جیبرلین و سایتوکینین شوند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

شکل ۱۲- ارتفاع بوته همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



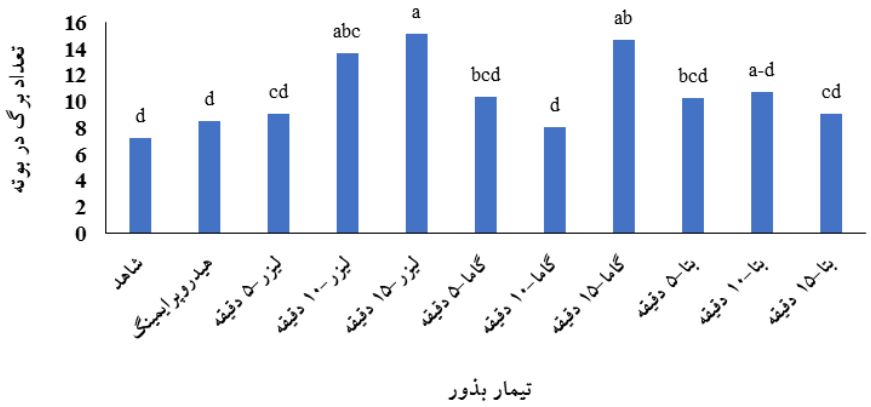
شکل ۱۳- وزن خشک بوته همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



شکل ۱۴- شاخص سطح برگ همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

که منجر به افزایش سرعت رشد برگ‌ها می‌شود (Govindaraj *et al.*, 2017). با توجه به اینکه تیمارها بر روی بذرها انجام شده است، می‌توان فرض کرد که تأثیر اصلی این تیمارها بر سرعت ظهور گیاهچه و قدرت رشد آنها بوده است. با افزایش سرعت ظهور گیاهچه و تقویت قدرت رشد آن، خصوصیات رشدی گیاهچه‌ها بهبودیافته و از جمله این خصوصیات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]



شکل ۱۵- تعداد برگ همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

می‌توان به افزایش سطح برگ اشاره کرد که به عنوان یکی از پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی گیاهان مورد بررسی قرار گرفته است (Pranesh *et al.*, 2019). تأثیر تیمارهای کوتاه مدت (۵ دقیقه) اشعه گاما، بتا و لیزر با هیدروپرایمینگ و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱۵).

تعداد برگ: براساس نتایج شکل ۱۵ تیمار بذور با لیزر به مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه و با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایشی به‌ترتیب ۹۰/۲، ۱۰/۹ و ۱۰۴ درصدی را در تعداد برگ نسبت به شاهد باعث گردید در حالی‌که هیدروپرایمینگ و تیمار بذور با لیزر و گاما به‌مدت ۵ و ۱۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد.

شاخص محتوای کلروفیل: تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه و با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ دقیقه افزایشی به ترتیب ۳۴/۲ و ۳۱/۵ درصدی را در شاخص محتوای کلروفیل نسبت به شاهد باعث شد در حالی‌که سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و شاهد نداشتند (شکل ۱۶). تیمارهای مورد بررسی همچنین باعث بهبود رشد و سرعت ظهور گیاهچه‌ها شدند. افزایش رشد اولیه گیاه می‌تواند به تولید بیشتر کلروفیل، که رنگیزه اصلی در فرایند فتوسنتز است، منجر شود. زمانی‌که گیاهان در مرحله رشد اولیه قرار دارند، نیاز به سنتز و تولید بیشتر کلروفیل دارند تا بتوانند بهتر از نور خورشید برای انجام فتوسنتز استفاده کنند. کلروفیل نور را جذب کرده و انرژی آن را به دیگر مولکول‌های موجود در گیاه، به‌ویژه به مولکول‌های دی‌اکسید کربن، منتقل می‌کند. با افزایش رشد و اندازه گیاه، مساحت سطح برگ‌ها و سایر اجزای سبز گیاه نیز افزایش می‌یابد، که این باعث افزایش فرصت برای جذب نور و انجام فعالیت فتوسنتزی می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2023). به علاوه، رشد گیاهان معمولاً با افزایش فعالیت کلروپلاست‌ها، سلول‌هایی که در آنها کلروفیل تولید می‌شود، همراه است. این افزایش فعالیت کلروپلاست‌ها منجر به تولید بیشتر کلروفیل و افزایش مقدار آن در گیاه می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد تیمار بذور با اشعه گاما و بتا به ترتیب به مدت ۱۵ و ۱۰ دقیقه باعث افزایش رشد اولیه گیاه، و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی بیشتر شده که بدیهی است برای پاسخگویی به این نیاز، گیاهان بیشترین سطح کلروفیل را تولید می‌کنند. این بهبود رشد اولیه و افزایش سطح کلروفیل، به گیاهان کمک می‌کند تا بیشترین مقدار انرژی نوری را جذب کرده و از فرآیند فتوسنتز بهره ببرند، که این در نهایت منجر به رشد و نمو بهتر آنها می‌شود (Govindaraj *et al.*, 2017).

طول ساقه: طول ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار بذور قرار گرفت. در این بررسی تیمار بذور با لیزر به‌مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۱۰ دقیقه، تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ و ۱۵ دقیقه افزایشی به ترتیب ۵۰، ۴۶/۳، ۸۱/۷، ۶۹/۵، ۵۲/۴ و ۱۱۸ درصدی را نسبت به شاهد در طول ساقه همیشه‌بهار باعث شد (شکل ۱۷). با توجه به نتایج ارائه‌شده، تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

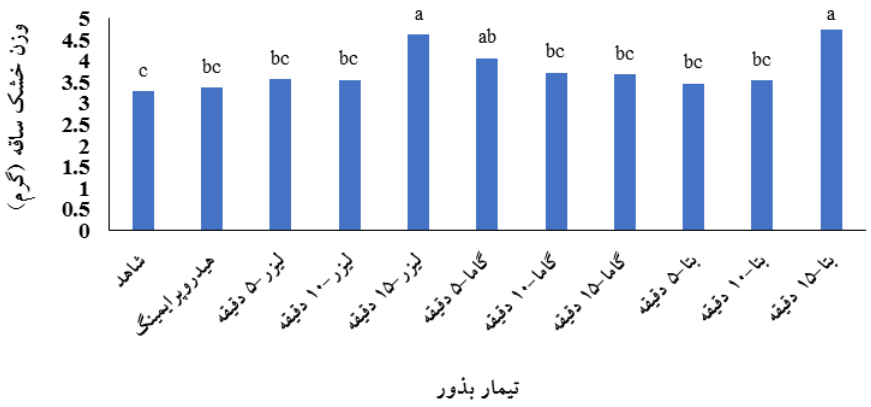
شکل ۱۶- شاخص محتوای کلروفیل برگ همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

شکل ۱۷- طول ساقه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).

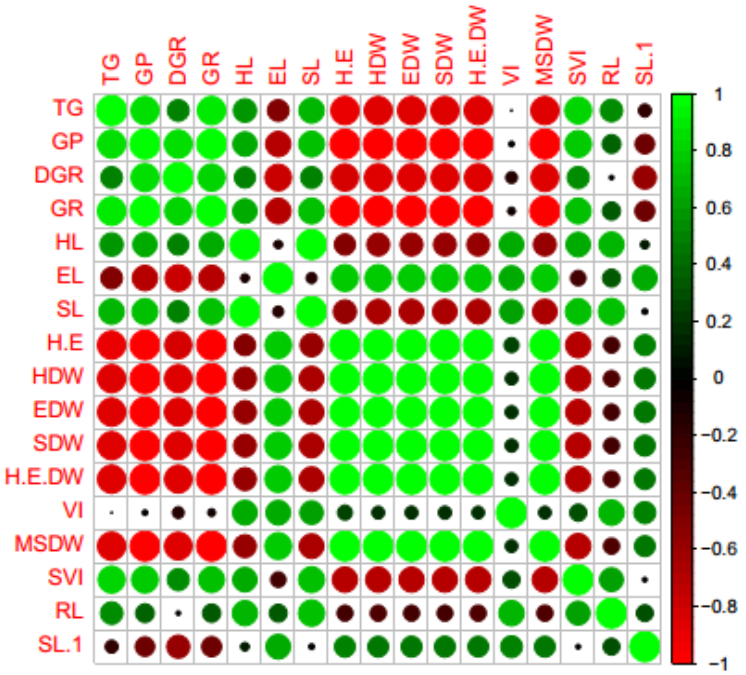
دقیقه با افزایش ۱۱۸ درصدی به عنوان مؤثرترین تیمار در افزایش طول ساقه همیشه‌بهار تشخیص داده شد. این تیمار باعث افزایش چشمگیری در طول ساقه گیاه شد که نشان‌دهنده تأثیر بسیار قوی و مؤثر آن بر رشد و نمو گیاه است. اشعه بتا به عنوان یکی از انواع پرتوهای پرانرژی معمولاً در تحقیقات بیولوژیکی به کار می‌رود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه می‌تواند به شدت بر رشد و توسعه طولی ساقه همیشه‌بهار تأثیرگذار باشد. این تأثیر ممکن است از طریق افزایش فعالیت سلولی و تحریک فرآیندهای رشدی در سطح گیاهی صورت گرفته باشد (Wang *et al.*, 2022).

وزن خشک ساقه: براساس نتایج سه تیمار لیزر به‌مدت ۱۵ دقیقه، تیمار بذور با اشعه گاما به‌مدت ۵ دقیقه و تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه افزایشی به ترتیب ۴۳/۷، ۲۳/۷ و ۴۴/۵ درصدی را در وزن خشک ساقه نسبت به شاهد باعث شد (شکل ۱۸). نتایج نشان می‌دهد که تیمار بذور با لیزر و اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه بیشترین افزایش را در وزن خشک ساقه، نسبت به شاهد و سایر تیمارها بجز تیمار با گاما به‌مدت ۵ دقیقه ایجاد کرده است. این امر احتمالاً به دلیل توانایی لیزر و بتا در تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد سلولی در گیاهان است. همچنین، تیمار با اشعه گاما به‌مدت ۵ دقیقه نیز افزایش معناداری در وزن خشک ساقه داشته است که نشان‌دهنده توانایی این نوع تیمار برای تحریک رشد و توسعه ساقه گیاهان است. اما تیمار بذور با اشعه بتا به‌مدت ۱۵ دقیقه نیز افزایشی در وزن خشک ساقه نشان داده است، اما نسبت به دو تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]



شکل ۱۷- وزن خشک ساقه همیشه‌بهار تحت تأثیر تیمارهای بذور (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است).



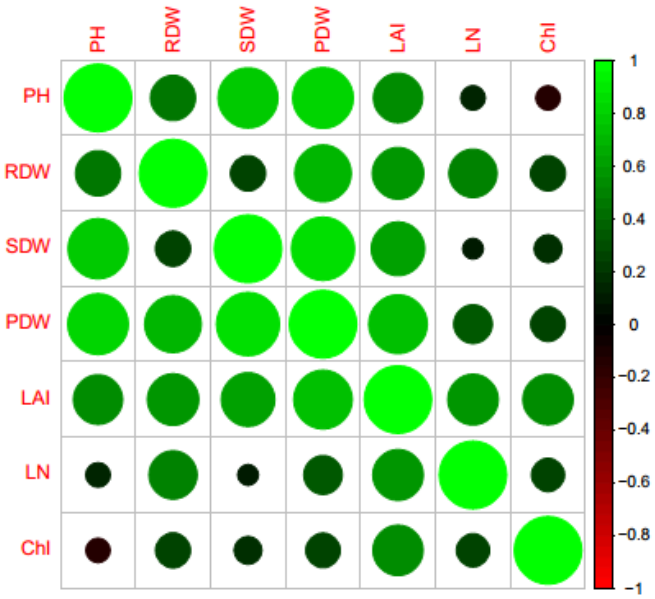
شکل ۱۸- همبستگی بین صفات بذور پرتوتابی شده همیشه‌بهار در شرایط آزمایشگاهی زمان تا جوانه‌زنی کامل (TG)، درصد جوانه‌زنی نهایی (GP)، سرعت جوانه‌زنی روزانه (DGR)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، طول ریشه‌چه (HL)، طول ساقه‌چه (EL)، طول گیاهچه (SL)، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه (HE)، وزن خشک ریشه‌چه (HDW)، وزن خشک ساقه‌چه (EDW)، وزن خشک گیاهچه (SDW)، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه (HEDW)، شاخص ویگور (VI)، میانگین وزن خشک گیاهچه (MSDW)، شاخص قدرت گیاهچه (SVI)، طول ریشه (RL) و طول ساقه (SL). رنگ قرمز و سبز به ترتیب به همبستگی منفی و مثبت اشاره دارد و رنگ روشن‌تر و اندازه بزرگتر به همبستگی بیشتر اشاره دارد و برعکس.

قبلی کمتر بوده است که این ممکن است به دلیل میزان انرژی منتشرشده و شدت تحریکی کمتر این نوع اشعه باشد.

نتایج حاصل از بررسی همبستگی صفات در پژوهش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای: براساس شکل ۱۸ بررسی همبستگی صفات نشان داد بین صفات جوانه‌زنی شامل زمان تا جوانه‌زنی کامل (TG)، درصد جوانه‌زنی نهایی (GP) و سرعت جوانه‌زنی روزانه (DGR)، با سرعت جوانه‌زنی (GR)، ارتباط مثبتی وجود داشت. از طرفی بین نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]



شکل ۱۹- همبستگی بین صفات بذور پرتوتابی‌شده همیشه‌بهار در شرایط گلخانه‌ای شامل ارتفاع بوته (PH)، وزن خشک ریشه (RDW)، وزن خشک ساقه (SDW)، وزن خشک گیاه (PDW)، شاخص سطح برگ (LAI)، تعداد برگ در بوته (LN) و میزان کلروفیل (Chl). رنگ روشن‌تر و اندازه بزرگتر به همبستگی بیشتر اشاره دارد و برعکس.

(HE)، وزن خشک ریشه‌چه (HDW)، وزن خشک ساقه‌چه (EDW)، وزن خشک گیاهچه (SDW)، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه (HEDW)، میانگین وزن خشک گیاهچه (MSDW) و صفات زمان تا جوانه‌زنی کامل (TG)، درصد جوانه‌زنی نهایی (GP)، سرعت جوانه‌زنی روزانه (DGR)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، همبستگی منفی وجود داشت.

همچنین بین طول ساقه‌چه (EL) و صفات زمان تا جوانه‌زنی کامل (TG)، درصد جوانه‌زنی نهایی (GP)، سرعت جوانه‌زنی روزانه (DGR)، سرعت جوانه‌زنی (GR)، همبستگی منفی وجود دارد. در بررسی همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط گلخانه‌ای همبستگی مثبتی بین ارتفاع بوته (PH) و صفات وزن خشک ریشه (RDW)، وزن خشک ساقه (SDW)، وزن خشک گیاه (PDW)، شاخص سطح برگ (LAI) مشاهده شد. سایر صفات نیز ارتباط نسبتاً مثبتی با یکدیگر داشتند (شکل ۱۹).

نتیجه‌گیری

تیمار با لیزر و اشعه گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه، به‌طور ویژه بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان اثرات بیشتری داشتند. همچنین تأثیر پرتوتابی در شدت ذکرشده به‌مدت ۵ دقیقه در اکثر صفات دارای تأثیری مشابه با شاهد و نیز هیدروپرایمینگ بود. این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های تشعشعی می‌توانند به‌عنوان یک روش مؤثر در بهبود ویژگی‌های گیاهان در برنامه‌های کشاورزی و باغبانی مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس نتایج، تیمار با لیزر و گاما به‌مدت ۱۵ دقیقه نسبت به دیگر زمان‌ها (۵ و ۱۰ دقیقه) بهبود معنادارتری را در ویژگی‌های کمی و کیفی همیشه‌بهار نشان داد. افزایش در جوانه‌زنی، سرعت رشد، طول گیاهچه، وزن خشک بوته، سطح برگ‌ها، تعداد برگ و محتوای کلروفیل در این زمان مشاهده شد. همچنین تیمار با اشعه بتا به‌مدت ۱۰ دقیقه به نسبت سایر تیمارها تأثیر بیشتری بر برخی از ویژگی‌های همیشه‌بهار داشت. بنابراین، مدت ۱۰ دقیقه برای این تیمار بهترین زمان به‌نظر می‌رسد. به‌طورکلی، از نتایج مطالعه مشخص است که تیمارهای مورد استفاده به‌طور متفاوتی در طول زمان اعمال، اثرات مختلفی بر روی ویژگی‌های گل همیشه‌بهار دارند. این اطلاعات می‌توانند در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]
[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

انتخاب بهترین روش‌های بهره‌برداری از تیمارهای فیزیکی برای بهبود عملکرد و ویژگی‌های گیاهان، به ویژه در برنامه‌های کشاورزی و باغبانی، مورد استفاده قرار گیرند. این مطالعه می‌تواند راهنمایی برای انتخاب روش‌های بهینه‌ی تیمار گیاهان در شرایط مختلف باشد و به توسعه روش‌های کشاورزی بهبودیافته کمک کند اما در عین حال نیاز به تحقیقات بیشتری برای درک دقیق‌تر مکانیزم این اثرات وجود دارد.

منابع

سبحانی، ایوب، صالحی لیسار، سید یحیی، و موافقی، علی (۱۳۹۹). بررسی تأثیر فنانترن و پیرن بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، تمامیّت غشاء سلولی و فعالیت آنزیم‌های پاداکساینده در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.). *پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۳(۱)، ۴۴-۵۵.

فرح‌وش، فرهاد، حسین‌پور فیضی، محمدعلی، مددی سرای، ولی‌اله، و آذرفام، پروین (۱۳۸۶). اثر پرتو گاما روی برخی صفات فیزیولوژیک گندم. *مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز*، ۱(۳)، ۱۸-۲۹.

قوامی، فرهاد، قنادها، محمدرضا، یزدی صمدی، بهمن، ملبوبی، محمدعلی، مظفری، جواد، و آقایی، محمدجعفر (۱۳۸۳). بررسی واکنش ارقام متحمل گندم ایرانی به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه. *علوم کشاورزی ایران*، ۳۵(۲)، ۴۵۳-۴۶۴.

هوشنگ احمدی، امیر، مرتضایی‌نژاد، فروغ، و گلپرور، احمدرضا (۱۳۹۵). بررسی اثر تیمار نور لیزر و تیمار اسید جیبرلیک بر میزان جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی مریم‌گلی مزرعه روی *Salvia nemarosa*. دومین همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست با رویکرد توسعه پایدار،تهران.

Abdul-Baki, A. A. & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. *Crop Science, 13*(6), 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Ali, L. G. & Haruna, A. (2021). Potentials of seed priming for stress tolerance: A review. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science, 8*(8), 47-58.

Artola, A., Carrillo-Castaneda, G., & de Los Santos, G. G. (2003). Hydropriming: A strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. *Seed Science and Technology, 31*(2), 455-463.

Bhusal, D. & Thakur, D. P. (2020). Seed hydropriming technique in cereal crops: A review. *Reviews in Food and Agriculture,1*(2), 85-8. http://doi.org/10.26480/rfna.02.2020.85.88

Boqumila, B. & Bert, D. (2005). Effects of water supply methods and seed moisture content on germination of cohina aster and tomato. *Seed Research Institute of Phenology and Floriculture, 18*, 96-100.

Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H., Naseriyan, B., & Majdabadi, A. (2010). Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Pakistan Journal of Botany, 42*(4), 2281-2290.

Bradford, K. J. (1995). Water relations in seed germination. In: Seed Development and Germination. Routledge.

Chen, K. & Arora, R. (2011). Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*). *Plant Science, 180*(2), 212-220. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.007

Dhage, S. S. & Anishettar, S. (2020). Seed priming: An approach to enhance weed competitiveness and productivity in aerobic rice: A review. *Agricultural Reviews, 41*(2), 179-182.

El-Beltagi, H. S., Tawfic, G. A., Shehata, S. A., Hamid, O. A. A., Ahmed, A. E. R. A., & El-Mogy, M. M. (2023). The effect of seed priming with UV and gamma rays on the growth, production, and storage ability of cauliflower heads. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51*(3), 13264-13264.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Afzal, I., & Khaliq, A. (2006). Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed Science and Technology, 34*(2), 507-512. https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.25

Govindaraj, M., Masilamani, P., Albert, V. A., & Bhaskaran, M. (2017). Effect of physical seed treatment on yield and quality of crops: A review. *Agricultural Reviews, 38*(1), 1-14. http://dx.doi.10.18805/ag.v0iOF.7304

Hajizadeh, H. S., Mortazavi, S. N., Tohidi, F., Helvaci, H. Y. M., Alas, T. U. R. G. U. T., & Okatan, V. O. L. K. A. N. (2022). Effect of mutation induced by gamma-irradiation in ornamental plant lilium (*Lilium longiflorum* Cv. Tresor). *Pakistan Journal of Botany, 54*(1), 223-230. http://dx.doi.org/10.30848/PJB2022-1(23)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

Harris, D., Breese, W. A., & Rao, J. K. (2005). The improvement of crop yield in marginal environments using 'on-farm'seed priming: Nodulation, nitrogen fixation, and disease resistance. *Australian Journal of Agricultural Research*, *56*(11), 1211-1218. https://doi.org/10.1071/AR05079

Ilakiya, T., Parameswari, E., & Davamani, V. (2020). Seed Priming – A Tool for Sustainable Agriculture. Agri Mirror: Future India.

Karimi, E., Shirmardi, M., Dehestani Ardakani, M., Karimi, M., & Gholamnezhad, J. (2020). Effect of biochar and mycorrhizal fungi on the growth characteristics and nutrition of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Applied Soil Research*, *8*(2), 112-128.

Larsen, S. U. & Andreasen, C. (2004). Light and heavy turfgrass seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. *Crop Science*, *44*(5), 1710-1720.

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19621604893

Marjan, A., Reza, R. M., Amin, B., & Hossein, M. (2023). Gamma and beta radiation effect on number of germinations effective and growth rate of triticale plant. *Journal of Research in Weed Science*, *6*, 1-9.

Martin, F., Mastebroek, D., & Gorp, K. V. (2005). A grower's manual for *Calendula officinalis* L. *ADAS Bridget Research Centre*, *7*(14), 1468-1472.

Moussa, H. (2011). Low dose of gamma irradiation enhanced drought tolerance in soybean. *Acta Agronomica Hungarica*, *59*(1), 1-12.

Patil, K., Sanjay, C. J., Dogg, A. L. L. I. N., Devi, K. R., & Harshitha, N. (2022). A review of *Calendula officinalis* Magic in science. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, *16*(2), ZE23-ZE27. https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/52195.16024

Pranesh, S., Doddagoudar, R., Vasudevan, S. N., Shakunthala, N. M., & Aswathanarayana, D. S. (2019). Influence of gamma irradiation and seed treatment chemicals on seed longevity of bengal gram (*Cicer arietinum* L.) and black gram (*Vigna mungo* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *8*(1), 2866-2881.

Rifnas, L. M., Vidanapathirana, N. P., Silva, T. D., Dahanayake, N., Subasinghe, S., Weerasinghe, S., Rohanadeera, H., & Madushani, W. G. C. (2022). Effect of gamma radiation on morphological changes and vegetative growth in sunflower (*Helianthus annuus*). *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*, *16*(2), 25-34. http://doi.org/10.4038/agrieast.v16i2.114

Santos, P. C. D., Santos, V. H. M. D., Mecina, G. F., Andrade, A. R. D., Fegueiredo, P. A., Moraes, V. M. O., Silva, L. P., & Silva, R. M. G. D. (2015). Phytotoxicity of *Tagetes erecta* L. and *Tagetes patula* L. on plant germination and growth. *South African Journal of Botany*, *100*, 114-121.

Seyed Hajizadeh, H., Mortazavi, S. N., Ganjinajad, M., Okatan, V., & Kahramanoglu, I. (2023). Evaluation of the optimum threshold of gamma-ray for inducing mutation on *Polianthes tuberosa* cv. double and analysis of genetic variation with RAPD marker. *International Journal of Radiation Biology*, *99*(8), 1204-1216. https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2159566

Shala, A. Y. (2019). Effect of different doses of gamma irradiation on vegetative growth and oil yield of *Ocimum basilicum* L. *Journal of Plant Production*, *10*(1), 1-6.

Wang, J., Zhang, Y., Zhou, L., Yang, F., Li, J., Du, Y., Liu, R., Li, W., & Yu, L. (2022). Ionizing radiation: Effective physical agents for economic crop seed priming and the underlying physiological mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(23), 15212. https://doi.org/10.3390/ ijms232315212

Wi, S. G., Chung, B. Y., Kim, J. S., Kim, J. H., Baek, M. H., Lee, J. W., & Kim, Y. S. (2007). Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. *Micron*, *38*(6), 553-564. http://dx.doi:10.1016/j.micron.2006.11.002

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]

The effect of seed irradiation on germination, growth and quantitative and qualitative characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis*)

Fatemeh Sohrabi[1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[1]*, Sahar BaserKouchebagh[2] and Farzad Rasouli[1]

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh P. B. 55136-553, Iran

[2] Sima Manzar Organization and Landscape of Tabriz city, Tabriz municipality, Tabriz, Iran

Corresponding author's Email; hajizade@maragheh.ac.ir

(Received: 2024/05/20, Accepted: 2024/08/06)

Abstract

Physical treatments such as laser, gamma, and beta rays can act as effective factors in increasing the growth and germination of plants. In this research, the effect of different treatments including laser, gamma, and beta rays on germination, growth rate, seedling length, plant dry weight, leaf area, leaf number, and chlorophyll content of pot marigold were investigated. The results showed that seed treated with laser, gamma rays, and beta rays produced significant increases in germination, growth rate, seedling length, plant dry weight, leaf area, leaf number, and chlorophyll content. The number of days until germination under the influence of priming treatments decreased by almost 4 days compared to the control (10 days), which belongs to the three treatments of hydropriming (7.6), gamma rays for 5 minutes (5.6) and beta rays for 15 minutes (6.6). However, the highest percentage of germination belonged to seed treatment with gamma for 15 minutes and beta for 10 minutes, which seems to improve the germination speed is one of the reasons for the above responses. Despite the above results, laser treatment for 15 minutes produced the highest seedling length, which was not significantly different from gamma treatment for 15 minutes. Under greenhouse conditions, beta treatment for 15 minutes caused the maximum stem length, which was not significantly different from laser treatment for 15 minutes. These two treatments had the highest plant dry weight and leaf surface index. According to these results, laser and gamma treatment for 15 minutes and beta ray treatment for 15 minutes have the most improvement in the mentioned traits.

Keywords: Irradiation, Germination rate, Chlorophyll, Seed priming

Corresponding author, Email: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-01-22]

[DOI: DOI: 10.22034/13.63.307]