نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دوازدهم، شماره ۳(۴۷)، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۵۱۲-۴۹۷

بهبود جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و عملکرد دو گونه بومادران در اثر پیش تیمارهای فیزیکی بذر

بهرام میرشکاری[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۷

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر پیش تیمارهای فیزیکی بذر بر سبز شدن، رشد و عملکرد بومادران معمولی (*Achillea santolina*) و بومادران هزار برگ (*A. millefolium*) دو آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه و گلخانه و طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در مزرعه در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز انجام شدند. تیمارها شامل امواج اولتراسونیک، لیزر، میدان مغناطیسی، اشعه‌های گاما و بتا به مدت زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به همراه شاهد بودند. با افزایش مدت زمان تیمار با اولتراسونیک وقوع جوانه‌زنی در بومادران به تاخیر افتاد. تیمار بذور با امواج اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و لیزر به مدت ۵ دقیقه منجر به تولید گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر گردید. احتمال می رود که این امر ناشی از نقش تابش امواج در افزایش سرعت انتقال هورمون‌های دخیل در جوانه‌زنی در بذر باشد. در بومادران هزار برگ فقط ۶۵ درصد بذرها به دنبال هیدروپرایمینگ جوانه زدند. بذور این گونه از بومادران که در معرض میدان مغناطیسی و اشعه‌های گاما و بتا قرار گرفتند گیاهچه‌های ضعیفی تولید کردند. درصد اسانس در بوته‌های حاصل از بذور بومادران تحت تیمار اشعه اولتراسونیک، بالا بود. در هر دو گونه، بذور تحت تیمار اشعه‌های اولتراسونیک و لیزر از بالاترین عملکرد اسانس برخوردار بودند. در هر دو گونه نقش شاخص بنیه بذر و تعداد شاخه‌های جانبی در بیان عملکرد به‌ترتیب بیش از ۱/۹۰ و ۱/۸۵ برابر نقش درصد جوانه‌زنی نهایی بود. با قرار دادن بذور در معرض امواج اولتراسونیک و اشعه لیزر ضمن دست‌یابی به گیاهچه‌های قوی، می‌توان محصولی با عملکرد اسانس بالا تولید کرد.

واژگان کلیدی: اسانس، امواج اولتراسونیک، بنیه بذر، بومادران.

۱- دانشیار، گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. * نگارنده‌ی مسئول Mirshekari@iaut.ac.ir

مقدمه

در تولیـد محصـولات کشـاورزی مشـکلات زیادی در مقابل جوانه‌زنی و سبزکردن بذر و ظهور گیاهچـه وجـود دارد. تحقیقـات انجـام یافتـه در مناطق خشک و نیمه خشک حاکی از آن است که استقرار ضعیف بذور از علل رایج کم بودن عملکـرد گیاهان می باشد (Afzal *et al*., 2005). جوانه‌زنی بذر، مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشـد و از طریق اثراتی کـه روی اسـتقرار گیاهچـه دارد، می‌تواند عملکـرد را بهبـود بخشـد (Ashraf and Foolad, 2005).

بومادران از مهم‌ترین گیاهان دارویی متعلق به تیره آفتابگردان (Asteraceae) است که اندام-های هوایی به‌ویژه سرشاخه‌های گلدار آن دارای اسانس و عطر قوی و تلخ مزه بوده و به دلیل دارا بودن ترکیبات تلخ به نام آکی‌لیین[1] در داروسازی به‌عنوان یک ماده مؤثره در فرمول داروهای گیاهی بند آورنده خون، التیام دهنده زخم‌ها و رفع سوء هاضمه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Omidbeigi, 2008). بگومیلا و برت (Boqumila and Bert, 2005) نشان دادند که تیمار بذر توسط آب اثر معنی‌داری بر جوانه‌زنی بذر همیشه بهار داشت.

تیمار بذر با استفاده از روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی نیز انجام می‌شود. نور به عنوان یک موج الکترومغناطیسی دارای اثرات متفاوتی در واکنش‌های فوتوشیمیایی، جذب انرژی توسط سلول‌های گیاهی و اثرات الکتریکی و مغناطیسی روی ارگانسیم‌های سلولی و فرایندهای متابولیسمی گیاهان است.

در شرایط معینی، افزایش جوانه‌زنی بذر، کاهش شیوع آفات، افزایش سرعت رشد و حجم ریشه با تابش امواج الکترومغناطیسی امکان پذیر خواهد بود (Vasilevski and Boshev, 1995). فقه‌نبی و تاج‌بخش (Feghe Nabi and Tajbakhsh, 2007) گزارش کرد که تیمار بذر توسط میدان مغناطیسی اثر محسوسی در افزایش عملکرد کلزا دارد. در تحقیقی تیمارهای پرتو گاما، میدان مغناطیسی ۵ دقیقه، پرتوهای لیزر ۱۰ و ۱۵ دقیقه و پرتو بتا منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک تاتوره (*Datura stramonium*) شد (Baser kouchebagh *et al*., 2015). یلداگرد و مرتضوی (Yaldagard and Mortazavi, 2008) نشان دادند که استفاده از امواج فراصوت در تیمار بذر جو موجب افزایش جوانه‌زنی و رشد بعدی آن شد.

راسیکو و همکاران (Racuciu *et al*., 2006) اثر میدان‌های مغناطیسی را روی ریشه ذرت بررسی و مشـاهده نمودند که طول ریشه در ذرت‌های تحت تیمار بیشتر بود. نتایج گزارش‌های ال- اجادیان و لیوا (Aladjadjiyan and Ylieva, 2003) و اتک و همکاران (Atak *et al*., 2003) حاکی است که نمونه‌های گیاهی تحت تیمار با موج الکترومغناطیسی نسبت به شاهد از وزن خشک بیشتری برخوردار بودند. فرحوش و همکاران (Farahvash *et al*., 2007) اثر پرتو گاما را روی برخی از صفات فیزیولوژیک گندم مطالعه و دریافتند که در شدت تابش ۹۰۰ راد اشعه گاما در طی یک دوره هشت روزه، ارتفاع ساقه گندم و به دنبال آن میزان محصول افزایش یافت. همچنین، نتایج به‌دست آمده توسط واسیلسکی (Vasilevski, 2003) نشان می‌دهد که اثر نور لیزر به مراتب بیشتر از امواج دیگر می باشد. به گونه‌ای که می‌توان بازدهی محصول را از ۱۰ تا ۵۰ درصد افزایش داد.

۱- achilleine

این مطالعه با هدف تعیین تاثیر تیمارهای فیزیکی بذر بر تحریک جوانه‌زنی و رشد و عملکرد دو گونه بومادران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در طی سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در منطقه خلعت‌پوشان اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش از نوع لومی شنی، اسیدیته در محدوده ۷/۹-۷/۲ و میزان مواد آلی ۰/۷ درصد بود.

دو آزمایش جداگانه روی دو گونه گیاه دارویی شامل بومادران معمولی (*Achillea santolina*) و بومادران هزاربرگ (*A. millefolium*) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در آزمایشگاه و گلخانه و طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل اولتراسونیک (امواج فراصوت) با حداکثر ۳ وات بر سانتی‌متر مربع (Yaldagard and Mortazavi, 2008)، لیزر با موج پیوسته He-Ne (با طول موج ۶۳۲۸ آنگستروم) (Chen *et al.*, 2002)، میدان مغناطیسی با شدت ۰/۶ تسلا (Majd *et al.*, 2010)، اشعه‌های گاما و بتا با شدت ثابت ۲ میکروکوری (Farahvash *et al.*, 2007) همگی به مدت زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه روی بذرهای خشک به همراه تیمار هیدروپرایمینگ به‌عنوان شاهد بودند. این تیمارها در آزمایشگاه فیزیک اعمال گردید. به‌منظور تست جوانه‌زنی، پتری‌دیش‌های حاوی تعداد ۲۵ بذر تیمار شده هر کدام در سه تکرار در داخل دستگاه ژرمیناتور قرار داده شد و بعد از ۱۰ روز کل تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش و از روی آن قوه نامیه بر حسب درصد محاسبه شد. در مرحله بعدی، مخلوطی از شن به میزان یک سوم و خاک مزرعه به میزان دو سوم به گلدان‌هایی با حجم ۹ لیتر اضافه شد و برای هر گلدان تعداد ۲۰ بذر تیمار شده در عمق ۲ سانتی‌متری کشت گردید و گلدان‌ها به‌طور مرتب آبیاری و با کود محلول تغذیه شدند. آزمایش حدود ۳۰ روز بعد از سبز شدن بذرها به‌منظور ارزیابی رشد اولیه بوته‌ها با مد نظر قرار دادن شاخص قدرت گیاهچه[1] ادامه یافت. صفات مورد مطالعه در این بخش شامل وزن خشک بخش هوایی و شاخص قدرت گیاهچه طبق رابطه ۱ بود (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

رابطه ۱ SVI = وزن خشک بخش هوایی × قوۀ نامیه

کاشت بذور گیاهان تیمار شده در مزرعه در حدود نیمه اول اردیبهشت ماه در فواصل ردیفی ۵۰ سانتی‌متر و ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف انجام شد. آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک انجام و در دو مرحله ۴۵ و ۶۰ روز پس از سبز شدن با کود مایع حاوی عناصر ماکرو و میکرو با نام تجاری Regent در غلظت توصیه شده ۱۵ میلی‌لیتر در یک لیتر آب محلول‌پاشی شدند. صفات مورد مطالعه در این مرحله شامل ارتفاع نهایی ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی در مرحله گلدهی، درصد و عملکرد اسانس سر شاخه‌ها بود. اسانس سر شاخه‌ها به روش تقطیر با بخار آب و به مدت سه ساعت برای هر نمونه و توسط دستگاه کلونجر استحصال شد. از سر شاخه‌های خشک شده بومادران یک نمونه سه گرمی انتخاب و بعد از خرد کردن نسبی در آسیاب دستی، آن را به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در درون بالن قرار داده و چهار ساعت حرارت داده شد. بر اثر حرارت

۱- seedling vigor index (SVI)

و افزایش فشار بخار آب، غده‌های حاوی اسانس شکسته شده و اسانس همراه با بخار آب وارد سردکن شد. به‌منظور اندازه‌گیری حجم نمونه از یک سرنگ مخصوص استفاده شد. پس از اندازه‌گیری درصد اسانس، عملکرد اسانس در واحد سطح بر حسب میلی‌لیتر تعیین شد. تجزیه واریانس اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام گردید. به‌منظور مقایسه دو گونه بومادران از نظر صفات مورد مطالعه از تجزیه اورتوگونال استفاده شد. برای تعیین میزان مشارکت برخی از صفات اندازه‌گیری شده به عنوان متغیرهای مستقل در تبیین تنوع عملکرد اسانس به‌عنوان متغیر وابسته، به‌طور میانگین در هر دو گونه از تجزیه رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه دو گونه بومادران

بومادران معمولی

تأثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی زمان تا جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی نهایی، وزن خشک گیاهچه و شاخص بنیه بذر بومادران معنی‌دار بودند (جدول ۱).

زمان تا جوانه‌زنی کامل: بذرهای تحت تیمار با امواج اولتراسونیک به مدت ۵ دقیقه، در شرایط آزمایشگاه بعد از حدود ۱۳/۶ روز جوانه زدند. در حالی که با افزایش مدت زمان تیمار وقوع این فرآیند به درازا کشید. تیمار بذر با اشعه لیزر به مدت ۵ دقیقه، از نظر آماری منجر به جوانه‌زنی مشابه با هیدروپرایمینگ و میدان مغناطیسی به مدت ۵ دقیقه گردید، ولی در کلاس پایین‌تری نسبت به تیمار اولتراسونیک قرار داشت. مدت زمان اشعه‌دهی روی زمان تا جوانه‌زنی بذور بومادران تیمار شده با اشعه‌های گاما و بتا تأثیری نداشت و این دو گروه تیماری با مدت زمان تأخیر در جوانه‌زنی به‌ترتیب معادل ۳ و ۳/۵ روز از تیمار اولتراسونیک فاصله گرفتند (جدول ۲). تأثیر امواج اولتراسونیک به مدت زمان‌های محدود روی بهبود جوانه‌زنی تعدادی از گیاهان دارویی توسط محبوب و ریاض (Mahboub and Riaz, 2012) گزارش شده است. این محققین بر تأثیر معنی‌دار زمان تیمار بر این ویژگی از بذر تأکید دارند.

درصد جوانه‌زنی نهایی: از نظر درصد جوانه‌زنی نهایی، تیمارهای امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت ۵ دقیقه بهترین بودند. مدت زمان تیمار بذر با میدان مغناطیسی، اشعه گاما و اشعه بتا روی درصد جوانه‌زنی تأثیری نداشت و این سه گروه تیماری با دارا بودن میانگین جوانه‌زنی به‌ترتیب معادل ۶۸/۶، ۵۶/۸ و ۵۵/۷ درصد نسبت به تیمارهای اولتراسونیک و لیزر در کلاس آماری پایین‌تر قرار داشتند. فقط ۶۹ درصد بذرهای بومادران بعد از قرار گرفتن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت منجر به تولید جوانه‌های سالم شدند که نسبت به تیمارهای امواج اولتراسونیک و لیزر ۱۰/۵ درصد جوانه‌زنی محدودتری داشتند (جدول ۲). لیزر موج پیوسته He-Ne با طول موج ۶۳۲۸ نانومتر اثرات مثبتی بر افزایش جوانه‌زنی بذر گیاهان، حجم ریشه، بازدهی محصول و مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها دارد (Chen *et al.*, 2002). یلداگرد و مرتضوی (Yaldagard and Mortazavi, 2008) نیز نشان دادند که استفاده از امواج اولتراسونیک (فراصوت) در تیمار بذر جو موجب افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد.

وزن خشک گیاهچه: بذور تیمار شده با امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت‌های ۵ تا ۱۰ دقیقه‌ای بعد از کاشت در شرایط آزمایشگاهی، گیاهچه‌های قوی‌تری نسبت به سایر تیمارها تولید کردند و با افزایش مدت زمان تیمار از ۱۰ به ۱۵ دقیقه به‌ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۵ گرم از وزن خشک هر گیاهچه کاسته شد. تیمارهای اشعه بتا به مدت‌های ۱۰ و ۱۵ دقیقه‌ای و سپس اشعه گاما به مدت‌های ۵ تا ۱۵ دقیقه‌ای به‌عنوان نامناسب‌ترین تیمارها شناخته شدند. چون میزان وزن خشک گیاهچه‌های حاصله با تیمار هیدروپرایمینگ هم اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲).

شاخص بنیه بذر: شاخص بنیه بذر بومادران از مدت زمان قرارگیری در معرض اشعه‌های گاما، بتا و میدان مغناطیسی تأثیرپذیر نبود و با این حال، نسبت به تیمارهای امواج اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و لیزر به مدت ۵ دقیقه که مناسب‌ترین تیمارها از نظر این صفت بودند، اختلاف معنی‌دار داشتند. به‌طوری‌که، پیش تیمار بذور با امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت‌های فوق‌الذکر منجر به تولید گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر گردید (جدول ۲).

بومادران هزار برگ:

بر اساس اطلاعات جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، تأثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی صفات مورد مطالعه در بومادران هزار برگ معنی‌دار بود.

زمان تا جوانه‌زنی کامل: بذرهای تحت تیمار با امواج اولتراسونیک به مدت ۵ دقیقه، بعد از ۱۳ روز جوانه زدند. در حالی که با افزایش مدت زمان تیمار جوانه‌زنی با تأخیر مواجه شدند. میانگین زمان تا جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده با اشعه‌های لیزر، هیدروپرایمینگ و میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه‌ای کمتر از امواج اولتراسونیک بود. مدت زمان اشعه‌دهی روی زمان تا جوانه‌زنی بذور بومادران تیمار شده با اشعه‌های گاما و بتا تأثیری نداشت و در این دو گروه تیماری جوانه‌زنی به‌ترتیب بعد از ۱۶/۵ و ۱۷ روز متوقف شد (جدول ۴).

درصد جوانه‌زنی نهایی: از نظر درصد جوانه‌زنی نهایی بذرهای تیمار شده با امواج اولتراسونیک به مدت ۵ دقیقه و لیزر به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه به‌عنوان مناسب‌ترین تیمارها شناخته شدند. مدت زمان تیمار بذر با اشعه‌های گاما و بتا روی درصد جوانه‌زنی بذر بومادران تأثیری نداشت و این ۶ تیمار با دارا بودن میانگین جوانه‌زنی معادل ۵۷ درصد نسبت به مطلوب‌ترین تیمارها، در کلاس پایین‌تری قرار داشتند. فقط ۶۵ درصد بذرهای بومادران بعد از قرار گرفتن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت جوانه‌های سالم تولید کردند که نسبت به میانگین تیمارهای اولتراسونیک و لیزر ۱۲/۲ درصد جوانه‌زنی محدودتری داشتند (جدول ۴). لیزر موج پیوسته He-Ne با طول موج ۶۳۲۸ نانومتر اثرات مثبتی بر افزایش جوانه‌زنی بذر گیاهان، حجم ریشه، بازدهی محصول و مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها دارد (Chen *et al*., 2002). یلداگرد و مرتضوی (Yaldagard and Mortazavi, 2008) نیز نشان دادند که استفاده از امواج اولتراسونیک (فراصوت) در تیمار بذر جو موجب افزایش درصد جوانه‌زنی آن شد.

وزن خشک گیاهچه: بذور تحت تیمار با امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و نیز بذور پیش تیمار شده با آب مقطر، از گیاهچه‌های قوی‌تری نسبت به بذور سایر تیمارها برخوردار بودند. بذور در معرض میدان

مغناطیسی و اشعه‌های گاما و بتا همگی از گیاهچه‌های دارای وزن خشک مشابه و پایین‌تری برخوردار بودند (جدول ۴).

شاخص بنیه بذر: شاخص بنیه گیاهچه‌های بومادران هزار برگ حاصل از بذور قرار گرفته در معرض اشعه‌های گاما و بتا نسبت به تیمارهای امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت‌های ۵ تا ۱۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که، پیش تیمار بذور با امواج اولتراسونیک و لیزر به مدت‌های فوق‌الذکر منجر به تولید گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر گردید (جدول ۴). در برخی از گیاهان دارویی شامل سیاه دانه (*Agrostemma githago*)، قدومه کوهی (*Thlaspi arvense*) و زیره سیاه (*Carum carvi*) تابش امواج اولتراسونیک به بذور از طریق افزایش سرعت انتقال هورمون‌های دخیل در جوانه‌زنی منجر به ظهور گیاهچه‌هایی با ویگور بالاتر گردید (Gupta and Hunsigi, 2006). آلفا آمیلاز زنجیره کربوهیدراتی نشاسته را در مکان‌های تصادفی هیدرولیز کرده و تولید الیگوساکاریدهای کوتاه، مالتوز و گلوکز می‌کند که برای فرآیند جوانه‌زنی ضروری است. امیراوغلو و علی‌کمان‌اوغلو (Emiroglu and Alikamanoglu, 2006) دریافتند که میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذر ۲۸ ساعت پس از کاشت جو تیمار شده با لیزر ۱/۸ برابر بذور شاهد بود، که یافته‌های آزمایش حاضر در مورد هر دو گونه بومادران با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

عملکرد

بومادران معمولی

تیمارهای مورد مطالعه در آزمایش روی تعداد شاخه‌های جانبی، درصد اسانس و عملکرد اسانس بومادران معمولی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۵).

تعداد شاخه‌های جانبی: تعداد شاخه‌های جانبی در بومادران به عنوان جزء مهمی از عملکرد، از حداقل ۱/۶ شاخه در میانگین تیمارهای سطوح مختلف اشعه بتا و سطوح ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای اشعه گاما تا حداکثر ۴/۱ شاخه در میانگین تیمارهای اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و لیزر ۵ دقیقه‌ای تغییر کرد. این گونه از بومادران نسبت به بومادران هزار برگ که گونه‌ای اصلاح شده می‌باشد، به‌دلیل موفقیت رقابتی از ارتفاع ساقه بیشتر و تعداد شاخه جانبی کمتر برخوردار است. در حالی که گونه اخیر ارتفاع کمتر و شاخه جانبی بیشتری دارد (Mishra and Shahrokh, 2006). با افزایش مدت زمان قرار گرفتن بذر در معرض اشعه اولتراسونیک از ۱۰ به ۱۵ دقیقه در مرحله قبل از کاشت تعداد شاخه‌های جانبی مواجه با کاهش شد. به‌طور مشابه، با افزایش مدت زمان قرار گرفتن بذر در معرض اشعه لیزر از ۵ دقیقه به بعد، تعداد شاخه‌های کمتری در هر بوته بومادران توسعه یافت. در حالی که اختلاف بین سطوح مختلف میدان مغناطیسی و اشعه‌های گاما و بتا روی این صفت تأثیری نداشت. تعداد شاخه توسعه یافته در هر بوته بومادران به‌دنبال قرارگیری بذر در آب مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت برابر ۲/۲ شاخه بود که از نظر آماری مشابه با تیمارهای میدان مغناطیسی و دو سطح بالای لیزر بود (جدول ۶).

درصد اسانس: درصد اسانس حاصل از سرشاخه‌های بومادران تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار گرفت و بر این اساس بذور در معرض اشعه اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه توانستند به‌طور میانگین اسانس بیشتری ذخیره کنند. به طوری‌که نسبت به میانگین سطوح

مختلف میدان مغناطیسی و اشعه گاما مقدار این صفت ۰/۸۵ درصد بهبود یافت (جدول ۶).

عملکرد اسانس: میانگین عملکرد اسانس بوته‌های حاصل از بذور در معرض امواج اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و لیزر ۵ دقیقه‌ای بالاترین و معادل ۳۲/۳ میلی‌لیتر در متر مربع بود. مدت زمان در معرض میدان مغناطیسی و اشعه‌های گاما و بتا روی این صفت تأثیری نداشت و میانگین عملکرد در این سه گروه تیماری به‌ترتیب برابر ۲۲/۴، ۱۹/۵ و ۱۶/۶ میلی‌لیتر در متر مربع بود. تیمار هیدروپرایمینگ نیز از نظر آماری عملکرد برابر اشعه گاما تولید کرد (جدول ۶).

بومادران هزار برگ

بر اساس اطلاعات جدول تجزیه واریانس (جدول ۷)، تاثیر تیمارهای مورد مطالعه فقط روی تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد اسانس بومادران هزار برگ معنی‌دار بود.

تعداد شاخه‌های جانبی: بر اساس یافته‌ها، تعداد شاخه‌های جانبی از حداقل ۲/۵ شاخه در میانگین تیمارهای سطوح مختلف اشعه‌های بتا و گاما و میدان مغناطیسی تا حداکثر ۵/۸ شاخه در میانگین تیمارهای اولتراسونیک به مدت‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و تیمار لیزر به مدت ۵ دقیقه تغییر کرد. این امر می‌تواند از تأثیر نور بر تخفیف غالبیت انتهایی در گیاه ناشی شده باشد که لال بهادر و همکاران (Lal Bahadur *et al*., 2010) نیز بر این موضوع با تأکید بیشتر در گونه‌ای نعناع (*Mentha spicata*) اشاره دارند. در مطالعه این محققین فراهمی نور موجب توسعه بیشتر شاخه‌های جانبی در دو واریته مورد بررسی از نعناع شد. در مرحله قبل از کاشت با افزایش مدت زمان قرار گرفتن بذر در معرض اشعه اولتراسونیک از ۵ به ۱۵ دقیقه تعداد شاخه‌های جانبی مواجه با کاهش شد. به‌طور مشابه، مقدار این صفت با افزایش مدت زمان قرار گرفتن بذر در معرض اشعه لیزر از ۵ دقیقه به بعد تعداد شاخه‌های کمتری در هر بوته بومادران توسعه یافت. تعداد شاخه توسعه یافته در هر بوته بومادران به‌دنبال قرارگیری بذر در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت برابر ۴/۳ شاخه بود که از نظر آماری مشابه با تیمارهای لیزر به مدت‌های ۱۰ و ۱۵ دقیقه بود (جدول ۸).

عملکرد اسانس: تأثیر تیمارهای مورد مطالعه روی درصد اسانس بومادران هزار برگ معنی‌دار نشد و سرشاخه‌های حاصل از همه تیمارها به‌طور میانگین از محتوی اسانس ۱/۴ درصد برخوردار بودند. به دنبال بهبود تعداد شاخه‌های جانبی در اثر تیمارها، بذور در معرض سطوح مختلف اشعه‌های اولتراسونیک و لیزر نیز از بالاترین عملکرد اسانس معادل ۲۹/۲ میلی‌لیتر در متر مربع برخوردار بودند، که نسبت به تیمار هیدروپرایمینگ حدود ۲/۵ میلی‌لیتر در مترمربع افزایش داشت. مقدار این افزایش در گونه معمولی تحت شرایط مشابه حدود ۴ برابر گونه هزار برگ بود. به نظر می‌رسد که در گونه اخیر به‌دلیل داشتن ویژگی‌های زراعی بیشتر همان‌طوری که ایانوتی (Iannotti 2012,) نیز بر آن تأکید دارد، هیدروپرایمینگ هم توانسته است در اثر بهبود رشد، عملکرد اسانس را بهتر از گونه قبلی افزایش دهد. بر عکس، در گونه اول به دنبال هیدروپرایمینگ عملکرد اسانس محدود شده است. احتمال می‌رود به‌دلیل ضخامت بیشتر پوسته بذر در این گونه با توجه به دارا بودن ویژگی‌های غیرزراعی، به زمان تیمار بیشتری جهت نفوذ رطوبت به داخل بذر و شروع

فعالیت‌های رشدی لازم بوده است که نیاز به مطالعات تکمیلی دارد. مدت زمان قرار گرفتن بذر در معرض میدان مغناطیسی و اشعه‌های گاما و بتا روی عملکرد اسانس تأثیری نداشت و میانگین عملکرد در این سه گروه تیماری به‌ترتیب برابر ۲۴/۷، ۲۳/۱ و ۱۷/۹ میلی‌لیتر در متر مربع بود (جدول ۸). اسانس‌های روغنی مایعات فرار با عطر کاملاً اختصاصی هستند و در بسیاری از گیاهان تولیدات فرعی متابولیسم ثانوی را تشکیل می‌دهند. بسته به نوع گیاه دارویی، این ترکیبات از محل سنتز به مرکز سلول، زیر پوشش‌های کرکی اندام‌ها، غده‌های کوچک یا فضای بین سلولی انتقال پیدا می‌کنند. مشخص شده است که قرارگیری گیاهچه‌های ۳۰ روزه‌ای گونه‌ی نعناع (*Mentha spicata*) در معرض امواج فراصوت تراکم کرک‌های غده‌ای سطح برگ را که اسانس‌ها در قاعده آنها تجمع می‌یابند، افزایش می‌دهد و به دنبال آن مقادیر تولید اسانس بهبود می‌یابد. ولی ساز و کار این فرآیند مشخص نشده است (Lal Bahadur *et al*., 2010). با توجه به اینکه در گیاه بومادران نیز اسانس در محل کرک‌های غده‌ای سطح اندام‌ها به‌ویژه در سرشاخه‌ها ذخیره می‌شود، به نظر می‌رسد حصول نتایج مشابه دور از انتظار نیست. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون عملکرد اسانس به‌عنوان متغیر وابسته، سه صفت درصد جوانه‌زنی نهایی، شاخص بنیه بذر و تعداد شاخه‌های جانبی به‌ترتیب با ضرایب استاندارد برابر ۰/۴۶۸، ۰/۹۲۵ و ۰/۸۹۵ و احتمال معنی‌داری به‌ترتیب ۵٪، ۱٪ و ۱٪ در معادله نهایی حضور داشته و بقیه صفات در حضور این متغیرها اهمیت خود را از دست دادند (جدول ۱۰). ضریب تبیین بالا برای معادله (r^2=0.79) بیانگر توجیه عمده عملکرد توسط سه صفت فوق‌الذکر است. البته مقدار بزرگ r^2 لزوماً به معنای خوب بودن مدل رگرسیون نیست. چرا که افزودن یک متغیر به مدل همیشه مقدار r^2 را صرف نظر از این که این متغیر در مدل مشارکت داشته باشد یا نه، افزایش خواهد داد (Zeynal Zadeh Tabrizi and Gaffari, 2009). نتایج نشانگر ورود متغیرهای با مشارکت پرمعنا در برازش مدل بوده و متغیرهای فاقد مشارکت پرمعنا از مدل حذف گردیده‌اند. معادله مربوط به عملکرد اسانس به‌شرح زیر می‌باشد:

$$Y_{ey}=-0.555+2.615(x_1)+3.001(x_2)+3.200(x_3)$$

که در آن اندیس *ey* بیانگر عملکرد اسانس و x_1، x_2 و x_3 به‌ترتیب بیانگر درصد جوانه‌زنی نهایی، شاخص بنیه بذر و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه دارویی می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهند که نقش شاخص بنیه بذر و تعداد شاخه‌های جانبی در بیان عملکرد به‌ترتیب بیش از ۱/۹۰ و ۱/۸۵ برابر نقش درصد جوانه‌زنی نهایی می‌باشد و نشان از اهمیت زیاد این دو صفت در تبیین تغییرات عملکرد می‌باشد. نتایج مقایسه اورتوگونال دو گونه بومادران (جدول ۹) نشان از آن دارد که عکس‌العمل گونه‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه به جز تعداد شاخه‌های جانبی، نسبت به تیمارهای مورد نظر در تحقیق مشابه است.

نتیجه‌گیری کلی

با قرار دادن بذور در معرض امواج اولتراسونیک و اشعه لیزر ضمن دست‌یابی به گیاهچه‌های با بنیه قوی، می‌توان محصولی با عملکرد اسانس بالا نیز تولید کرد. در بومادران برای دست‌یابی به عملکرد اسانس بالا گزینش بایستی از طریق صفات شاخص بنیه بذر و تعداد شاخه‌های جانبی صورت گیرد.

جدول ۱- میانگین مربعات تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بومادران معمولی

Table 1- Mean squares of physical priming techniques and hydro-priming on some of germination characteristics of *Achillea santolina*

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		زمان تا جوانه‌زنی کامل Time to final germination	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص بنیه بذر Seedling vigor index
تیمار Treatment	15	500.99*	14174.11**	10.01*	15444.41*
خطا Error	32	126.77	2227.98	2.28	3869.03
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.95	7.11	11.15	11.75

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

*, ** mean significant difference at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین های تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی های جوانه زنی بومادران معمولی

Table 2- Mean comparisons of physical priming techniques and hydro-priming on some of germination characteristics of *Achillea santolina*

تیمار Treatment	زمان تا جوانه‌زنی کامل Time to final germination (day)	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه بذر Seedling vigor index
اولتراسونیک ۵ دقیقه Ultrasonication 5 min.	13.6 a	81.2 a	0.93 a	75.5 a
اولتراسونیک ۱۰ دقیقه Ultrasonication 10 min.	15.0 b	73.0 bcd	0.92 a	67.2 ab
اولتراسونیک ۱۵ دقیقه Ultrasonication 15 min.	15.1 b	74.2 bc	0.86 b	63.8 bc
لیزر ۵ دقیقه Laser 5 min.	15.0 b	77.9 b	0.89 ab	69.3 a
لیزر ۱۰ دقیقه Laser 10 min.	17.0 cd	71.5 cd	0.84 c	60.1 c
لیزر ۱۵ دقیقه Laser 15 min.	17.1 cd	71.5 cd	0.89 ab	63.6 bc
میدان مغناطیسی ۵ دقیقه Magnetic field 5 min.	15.0 b	69.0 de	0.80 c	55.2 d
میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه Magnetic field 10 min.	17.9 d	69.0 de	0.80 c	55.2 d
میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه Magnetic field 15 min.	17.9 d	67.9 e	0.81 c	55.0 d
اشعه گاما ۵ دقیقه Gamma 5 min.	16.8 cd	57.0 f	0.70 d	39.9 e
اشعه گاما ۱۰ دقیقه Gamma 10 min.	16.5 bc	57.0 f	0.68 d	38.8 e
اشعه گاما ۱۵ دقیقه Gamma 15 min.	16.3 bc	56.5 f	0.71 d	40.1 e
اشعه بتا ۵ دقیقه Beta 5 min.	17.0 cd	55.0 f	0.68 d	37.4 e
اشعه بتا ۱۰ دقیقه Beta 10 min.	17.0 cd	55.0 f	0.63 e	34.7 e
اشعه بتا ۱۵ دقیقه Beta 15 min.	17.0 cd	57.2 f	0.59 e	33.7 e
هیدروپرایمینگ Hydro-priming	15.2 b	69.3 de	0.83 c	57.5 d

جدول ۳- میانگین مربعات تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بومادران هزاربرگ

Table 3- Mean squares of physical priming techniques and hydro-priming on some of germination characteristics of *Achillea millefolium*

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		زمان تا جوانه‌زنی کامل Time to final germination	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	وزن خشک گیاهچه Seedling Dry weight	شاخص بنیه بذر Seedling vigor index
تیمار Treatment	15	3112.55*	14115.25**	4.30*	39142.11*
خطا Error	32	672.17	1499.49	0.88	8275.09
ضریب تغییرات C.V. (%)		14.00	5.95	11.00	16.25

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

*, ** mean significant difference at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بومادران هزاربرگ

Table 4- Mean comparisons of physical priming techniques and hydro-priming on some of germination characteristics of *Achillea millefolium*

تیمار Treatment	زمان تا جوانه‌زنی کامل Time to final germination (day)	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)	شاخص بنیه بذر Seedling vigor index
اولتراسونیک ۵ دقیقه Ultrasonication 5 min.	13.0 a	80.3 a	0.92 b	73.9 a
اولتراسونیک ۱۰ دقیقه Ultrasonication 10 min.	14.8 b	72.5 abc	0.91 b	67.0 ab
اولتراسونیک ۱۵ دقیقه Ultrasonication 15 min.	14.8 b	72.5 abc	0.92 b	65.7 b
لیزر ۵ دقیقه Laser 5 min.	15.0 bc	75.8 ab	0.94 a	71.3 a
لیزر ۱۰ دقیقه Laser 10 min.	15.0 bc	75.4 ab	0.92 b	69.4 ab
لیزر ۱۵ دقیقه Laser 15 min.	15.0 bc	70.0 bc	0.94 a	65.8 b
میدان مغناطیسی ۵ دقیقه Magnetic field 5 min.	16.7 d	56.5 e	0.80 d	65.5 b
میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه Magnetic field 10 min.	16.8 d	64.8 d	0.80 d	51.8 c
میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه Magnetic field 15 min.	15.0 bc	67.0 cd	0.81 d	45.3 d
اشعه گاما ۵ دقیقه Gamma 5 min.	25.0 f	55.0 e	0.74 f	40.7 d
اشعه گاما ۱۰ دقیقه Gamma 10 min.	25.0 f	55.0 e	0.80 d	44.0 d
اشعه گاما ۱۵ دقیقه Gamma 15 min.	24.1 ef	55.5 e	0.77 e	42.7 d
اشعه بتا ۵ دقیقه Beta 5 min.	23.0 e	59.0 e	0.77 e	45.4 d
اشعه بتا ۱۰ دقیقه Beta 10 min.	23.5 e	59.5 e	0.74 f	44.0 d
اشعه بتا ۱۵ دقیقه Beta 15 min.	23.5 e	58.3	0.80 d	46.6 d
هیدروپرایمینگ Hydro-priming	16.1 cd	64.2 d	0.87 c	55.9 c

جدول ۵- میانگین مربعات تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی‌های رشدی و عملکرد بومادران معمولی

Table 5- Mean squares of physical priming techniques and hydro-priming on some of growth characteristics and yield of *Achillea santolina*

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		تعداد شاخه های جانبی No. of secondary branches	درصد اسانس Essence percentage	عملکرد اسانس Essence yield
تکرار Replication	2	5.48	4582.14	25.42
تیمار Treatment	15	51.48*	55.24*	10555.24**
خطا Error	30	10.97	16.38	1496.95
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	14.10	28.50	16.80

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

*, ** mean significant difference at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین های تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی برخی از ویژگی های رشدی و عملکرد بومادران معمولی

Table 6- Mean comparisons of physical priming techniques and hydro-priming on some of growth characteristics and yield of *Achillea santolina*

تیمار Treatment	تعداد شاخه‌های جانبی No. of secondary branches	درصد اسانس Essence percentage	عملکرد اسانس Essence yield (mL m^{-2})
اولتراسونیک ۵ دقیقه Ultrasonication 5 min.	4.1 a	2.1 a	33.4 a
اولتراسونیک ۱۰ دقیقه Ultrasonication 10 min.	3.8 a	2.0 ab	31.5 a
اولتراسونیک ۱۵ دقیقه Ultrasonication 15 min.	3.0 b	1.8 b	24.2 b
لیزر ۵ دقیقه Laser 5 min.	3.8 a	1.8 b	32.0 a
لیزر ۱۰ دقیقه Laser 10 min.	2.0 cd	1.8 b	26.0 b
لیزر ۱۵ دقیقه Laser 15 min.	2.0 cd	1.8 b	26.8 b
میدان مغناطیسی ۵ دقیقه Magnetic field 5 min.	2.0 cd	1.3 de	22.0 c
میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه Magnetic field 10 min.	2.0 cd	1.2 ef	22.5 c
میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه Magnetic field 15 min.	2.0 cd	1.3 de	22.8 c
اشعه گاما ۵ دقیقه Gamma 5 min.	1.7 de	1.2 ef	20.0 c
اشعه گاما ۱۰ دقیقه Gamma 10 min.	1.7 de	1.0 f	20.0 c
اشعه گاما ۱۵ دقیقه Gamma 15 min.	2.0 cd	1.2 ef	18.7 cd
اشعه بتا ۵ دقیقه Beta 5 min.	1.5 e	1.4 cd	15.9 d
اشعه بتا ۱۰ دقیقه Beta 10 min.	1.5 e	1.4 cd	19.0 c
اشعه بتا ۱۵ دقیقه Beta 15 min.	1.5 e	1.4 cd	14.8 d
هیدروپرایمینگ Hydro-priming	2.2 c	1.5 c	18.9 c

جدول ۷- میانگین مربعات تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی تعداد شاخه های جانبی و عملکرد بومادران هزار برگ

Table 7- Mean squares of physical priming techniques and hydro-priming on number of secondary branches and yield of *Achillea millefolium*

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		تعداد شاخه های جانبی No. of secondary branches	درصد اسانس Essence percentage	عملکرد اسانس Essence yield
تکرار Replication	2	1354.87	15.24	562.11
تیمار Treatment	15	73.59*	2.55	8148.21**
خطا Error	30	19.91	18.84	1322.46
ضریب تغییرات C.V. (%)		12.48	19.96	14.59

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

*, ** mean significant difference at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین های تاثیر تیمارهای فیزیکی و هیدروپرایمینگ روی تعداد شاخه های جانبی و عملکرد اسانس بومادران هزار برگ

Table 8- Mean comparisons of physical priming techniques and hydro-priming on number of secondary branches and essence yield of *Achillea millefolium*

تیمار Treatment	تعداد شاخه‌های جانبی No. of secondary branches	عملکرد اسانس Essence yield (mL m^{-2})
اولتراسونیک ۵ دقیقه Ultrasonication 5 min.	5.8 a	29.1 a
اولتراسونیک ۱۰ دقیقه Ultrasonication 10 min.	5.3 ab	28.7 a
اولتراسونیک ۱۵ دقیقه Ultrasonication 15 min.	5.0 b	29.0 a
لیزر ۵ دقیقه Laser 5 min.	5.4 ab	30.0 a
لیزر ۱۰ دقیقه Laser 10 min.	4.2 c	29.0 a
لیزر ۱۵ دقیقه Laser 15 min.	4.0 c	29.3 a
میدان مغناطیسی ۵ دقیقه Magnetic field 5 min.	3.0 d	24.3 bc
میدان مغناطیسی ۱۰ دقیقه Magnetic field 10 min.	3.2 d	25.0 bc
میدان مغناطیسی ۱۵ دقیقه Magnetic field 15 min.	3.0 d	25.0 bc
اشعه گاما ۵ دقیقه Gamma 5 min.	2.5 d	23.4 cd
اشعه گاما ۱۰ دقیقه Gamma 10 min.	2.5 d	23.9 cd
اشعه گاما ۱۵ دقیقه Gamma 15 min.	2.5 d	22.0 d
اشعه بتا ۵ دقیقه Beta 5 min.	2.5 d	18.0 e
اشعه بتا ۱۰ دقیقه Beta 10 min.	2.5 d	18.1 e
اشعه بتا ۱۵ دقیقه Beta 15 min.	2.5 d	17.4 e
هیدروپرایمینگ Hydro-priming	4.3 e	26.6 b

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در دو گونه بومادران از طریق مقایسات ارتوگونال

Table 9- Orthogonal comparisons of studied traits in *Achillea* species

گونه *Achillea* species	**زمان تا جوانه‌زنی کامل** Time to final germination	**درصد جوانه‌زنی نهایی** Final germination percentage	**وزن خشک گیاهچه** Seedling dry weight (g)	**شاخص بنیه بذر** Seedling vigor index	**تعداد شاخه های جانبی** No. of secondary branches	**درصد اسانس** Essence percentage	**عملکرد اسانس** Essence yield ($mL\ m^{-2}$)
بومادران *Achillea santolina*	16.2	66.4	0.79	52.94	2.3	1.42	23.0
بومادران هزار برگ *A. millefolium*	18.5	65.1	0.85	55.98	3.6	1.40	24.9
سطح معنی داری (prob.)	0.800	0.555	0.289	0.091	0.049	0.102	0.060

جدول ۱۰- ضرایب رگرسیونی استاندارد β، مقادیر t و سطوح معنی‌داری متغیرهای وارد شده به مدل عملکرد اسانس

Table 10- Standard regression coefficients (β), t values and significant levels of variables in essence yield model

	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	**شاخص بنیه بذر** Seedling vigor index	**تعداد شاخه های جانبی** No. of secondary branches
ضرایب رگرسیونی استاندارد Standard regression coefficients (β)	+0.486	+0.925	+0.895
مقادیر t values t	+3.011	+5.585	+4.989
سطوح معنی داری (prob.)	0.03	0.009	0.008

References منابع مورد استفاده

- Abdul–Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria . *Crop Science*. 13: 630-633.
- Afzal, I., S.M.A. Basras, N. Ahmad, and M. Farooq. 2005. Optimization of hormonal priming techniques for evaluation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum*). *Caderno de Pesquisa Serie Biologia*. 17 (1): 95-109.
- Aladjadjiyan, A., and T. Ylieva. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). *Journal of Central European Agriculture*. 4: 131-135.
- Ashraf, M.R., and M. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment a shutgun approach to improve germination, plant growth and crop yield of barley (*Hordeum vulgare*) under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*. 88: 217-223.
- Atak, C., O. Emiroglu, S. Alikamanoglu, and A. Rzakoulieva. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*. 2: 113-119.
- Baser kouchebagh, S., F. Farahvash, B. Mirshekari, F. Rahimzadeh Khoei, and H. Kazemi arbat. 2015. The effects of physical primings of seeds on agronomical characteristics and alkaloid content of datura (*Datura stramonium* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 34(2): 293-306.
- Boqumila, B., and D. Bert. 2005. Effects of priming methods on germination of *Calendula officinalis*. *Floriculture*. 18: 96-100.
- Chen, Y.P., L. Li., and F.M. Wang. 2002. The effects of He-Ne laser and KT treatment on the seeds germination and growth of wheat. *Acta Laser Biology Sinica*. 6: 412 416.
- Emiroglu, O., and S. Alikamanoglu. 2006. Seed physiology of barley (*Hordeum vulgare*) under pre-sowing physical treatments as an effective method for plant growth improvement. *Advances in Agronomy*. 79: 154-158.
- Farahvash, F., H. Porfeaizi, M.A. Madadi Saray, and P. Azarfam. 2007. Effect of gamma irradiation on wheat physiological traits. *Journal of Agricultural Science*. 1(3): 38-50. (In Persian).
- Feghe Nabi, F., and M. Tajbakhsh. 2007. Effect of different seed treatments on yield and yield components of rape seed. Thesis in Agronomy. University of Urmia, Iran. PP: 129. (In Persian).
- Gupta, S., and P. Hunsigi. 2006. Effects of ultrasonic waves on growth relative parameters of medicinal plants. *Indian Journal of Agronomy*. 18(1): 96-100.
- Hejazi, A.Z., and N. Hamideddin. 2010. The effect of gamma irradiation on enhancement of growth and seed yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) and associated molecular changes. *Journal of Horticulture.* 2(3): 38-51. (In Persian).
- Iannotti, M. 2012. *Achillea*: Growing yarrow in the perennial garden. http://gardening.about.com/od/plantprofile1/p/Achillea.htm.

- Lal Bahadur, D., R. Gupta, and B. Mishra. 2010. Effect of time of radiation on three local varieties of spearmint (*Mentha spicata*) under Haryana state conditions. Indian Journal of Agronomy. 34(2): 29-34.
- Mahboub, Z., and P.S. Riaz. 2012. Application of ultrasonic waves as a priming technique for improvement of germination and growth of some medicinal plants under semi arid regions. *Indian Journal of Agronomy*. 42(3): 40-46.
- Majd, A., S. Farzpour Majiani, and D. Deranian. 2010. Study effect of magnetic field on seed germination of mungbean. *Journal of Plant Science Research*. 18(2): 25-34.
- Mishra, B., and B. Shahrokh. 2006. Identification of *Achillea* species. *Indian Journal of Medicinal Plants*. 15: 43-48.
- Omidbeigi, R. 2008. Production and processing of medicinal plants. Vol. 3, Astan-e-Ghods Razavi Publ., 400p. (In Persian).
- Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant physiology*. Special Issue: 179-186.
- Vasilevski, G., and D. Boshev. 1995. The use of laser light as a possibility for production of healthy food. Proc. Int. Eco-Conference, Skopje, 21-25 May, Macedonia.
- Yaldagard, M., and S.A. Mortazavi. 2008. Application of ultrasonic waves as a priming technique for the germination of barley seed. *Journal of Institute Brew*. 114 (1): 14-21.
- Zeynal Zadeh Tabrizi, H., and M. Gaffari. 2009. Regression analysis of seed and oil yield of single cross sunflower hybrids. *Research Journal of Agronomy Science*. 6: 41-54. (In Persian).

Improvement of Seed Germination, Seedling Vigor and Yield of *Achillea santolina* and *A. millefolium* by Physical Priming Techniques

Bahram Mirshekari[1*]

Received: April 2017, Revised: 7 January 2018, Accepted: 26 September 2018

Abstract

To study the effect of physical primings on growth and yield of *Achillea santolina* and *A. millefolium* two experiments were conducted in Islamic Azad University of Tabriz, Iran, with three replications during 2014. Treatments were ultrasonication, laser, magnetic field, gamma and beta radiations for 5, 10 and 15 min. along with a control. By increasing ultrasonic exposure time of *Achillea santolina* seed its germination was delayed. Seeds treated with ultrasonic wave for 5-10 min. and laser for 5 min. produced seedlings with higher vigors. Seeds of *A. millefolium* hydroprimed germinated only by 65%. Also, seeds of plants treated by magnetic field, gamma and beta radiations produced weaker seedlings. *Achillea santolina* plants treated by ultrasonic waves produced higher essence percentage. Essence yields of seeds of both species expesed to ultrasonic wave and laser were higher than the other ones. The effects of seedling vigor index and number of secondary branches on yield of both species were 1.90 and 1.85 times greater than that of final germination percentage. Ultrasonication and laser treatment of *Achillea* seeds resulted in both strong seedlings and higher essence yields.

Key words: Essence, Ultrasonic waves, seed vigor, *Achillea*.

1- Associate Professor, Department of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
* *Corresponding Author: Mirshekari@iaut.ac.ir*