



The effect of ultrasonic waves on the germination of medicinal plants seeds of *Melissa officinalis*, *Cuminum cyminum* and *Plantago major*

Masomeh Asadi-Gakieh¹, Mahvash Ghazvineh², Nasrin Hatami-Gharah-Ghovini³
Ali Babaei-Ghaghelestany^{4*}

1 Expert, Education and Renovation, Transformation held office, Agricultural-Jahad Organization of Alborz province, Alborz, Iran

2 Expert, Agronomy in Agricultural-Jahad Organization of Alborz province, Alborz, Iran.

3 M.Sc., Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University Kermanshah Branch, Kermanshah, Iran.

4 Ph.D., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabi, Iran, Email: ababae63@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2024-5-30

Accepted: 2024-9-8

Keywords:

Germination Percentage

Medicinal Plants

Seed

Ultrasonic Waves

ABSTRACT

The utilization of ultrasonic waves on seeds constitutes a green technology that heralds a consequential impact on the food industries, fostering heightened germination and seedling growth across various botanical species through the stimulation of water and oxygen absorption, as well as seed metabolism. This study investigated the impact of ultrasonic waves on the germination of medicinal plants, including Lemon balm (*Melissa officinalis*), Cumin (*Cuminum cyminum*), and Plantago (*Plantago major*). Ultrasonic treatments comprised the following durations: control (without ultrasonic waves), 5, 10, 15, and 20 minutes. The experiment, conducted in 3 replications, followed a completely randomized design in the year 2019. The results revealed a significant effect of ultrasonic waves on the germination percentage of *Melissa officinalis*, with a notable increase of 22% in germination under the 20-minute ultrasonic treatment compared to the control. The highest germination percentage for *Cuminum cyminum* seeds was obtained with 20 and 15 minutes of ultrasonic treatment, while the lowest germination percentage was observed in the control group (without ultrasonic waves). Furthermore, the results indicated that in the 15 and 20-minute ultrasonic treatments, the germination percentage of *Cuminum cyminum* increased by 48.90% and 47%, respectively, compared to the control. The highest germination percentage for *Plantago major* seeds was achieved in the 15 and 20-minute ultrasonic treatments. The lowest germination percentage was observed in the control group. In the 20-minute ultrasonic treatment, the germination percentage of *Plantago major* seeds increased by 19.83% compared to the control. Overall, the findings of this research demonstrated a significant increase in the germination of *Melissa officinalis*, *Cuminum cyminum*, and *Plantago major* seeds under the influence of ultrasonic waves compared to the control. The 20-minute ultrasonic treatment exhibited the most pronounced effects, and among the seeds studied, *Cuminum cyminum* displayed a higher germination percentage compared to *Melissa officinalis* and *Plantago major*.

Cite this article: Asadi-Gakieh, M., Ghazvineh, M., Hatami-Gharah-Ghovini, N., Babaei-Ghaghelestany, A. (2024). The effect of ultrasonic waves on the germination of medicinal plants seeds of *Melissa officinalis*, *Cuminum cyminum* and *Plantago major*. *Seed Research*, 13 (4), 17-28.



تأثیر امواج فراصوت بر جوانه زنی بذرهای گیاهان دارویی بادرنجبویه، زیره سبز و بارهنگ

معصومه اسدی گاکیه^۱، مهوش قزوینه^۲، نسرین حاتمی قره‌قوینی^۳، علی بابائی قافلستانی^{۴*}

^۱ کارشناس، مسئول آموزش و نوسازی گروه تحول اداری سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، البرز، ایران

^۲ کارشناس، مسئول زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، البرز، ایران

^۳ کارشناس ارشد، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

^۴ دکتری، گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: m.asadi4243@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	استفاده از امواج فرا صوت بذرهای یک فناوری سبز است که نوید تاثیرگذاری بر صنایع غذایی،
مقاله کامل علمی	افزایش جوانه زنی و رشد گیاهچه در گونه‌های مختلف از طریق تحریک جذب آب و اکسیژن و متابولیسم بذر را می دهد. در این پژوهش به بررسی امواج فراصوت بر بذر گیاهان دارویی بادرنجبویه (<i>Melissa officinalis</i>)، زیره سبز (<i>Cuminum cyminum</i>) و بارهنگ (<i>Plantago major</i>) پرداخته شد. تیمارهای امواج فراصوت شامل: شاهد (بدون امواج فراصوت)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه بود. این آزمایش در ۳ تکرار به صورت طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۸ انجام شد. نتایج داده‌ها نشان داد اثر امواج فراصوت بر درصد جوانه زنی بادرنجبویه معنی دار بود، به طوریکه در تیمار ۲۰ دقیقه تحت اعمال امواج فراصوت درصد جوانه زنی بادرنجبویه نسبت به شاهد ۲۲ درصد افزایش یافت. بالاترین درصد جوانه زنی بذر زیره سبز در تیمارهای ۲۰ و ۱۵ دقیقه امواج فراصوت بدست آمد، و کمترین درصد جوانه زنی در تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) بود. نتایج نشان داد در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه امواج فراصوت درصد جوانه زنی بذر زیره سبز نسبت به تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) به ترتیب ۴۸/۹۰ و ۴۷ درصد جوانه زنی را افزایش پیدا کرد. همچنین بالاترین درصد جوانه زنی بذر بارهنگ در تیمار ۱۵ و ۲۰ دقیقه امواج فراصوت بدست آمد. کمترین درصد جوانه زنی نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت درصد جوانه زنی بارهنگ نسبت به شاهد ۱۹/۸۳ درصد افزایش یافت. نتایج کلی این پژوهش نشان داد امواج فراصوت به طور معنی داری نسبت به شاهد بذر گیاهان بادرنجبویه، زیره سبز و بارهنگ را افزایش داد. در تیمارهای مورد استفاده ۲۰ دقیقه امواج فراصوت بالاترین اثر را داشت. در بین بذرهای مورد استفاده نیز زیره سبز نسبت به بادرنجبویه و بارهنگ درصد جوانه زنی بالاتری داشت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۱۰	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۸	
واژه‌های کلیدی:	
امواج فراصوت	
بذر	
درصد جوانه زنی	
گیاهان دارویی	

استناد: اسدی گاکیه، معصومه؛ قزوینه، مهوش؛ حاتمی قره‌قوینی، نسرین؛ بابائی قافلستانی، علی. (۱۴۰۲). تأثیر امواج فراصوت بر جوانه زنی بذرهای گیاهان دارویی بادرنجبویه، زیره سبز و بارهنگ. *تحقیقات بذر*، ۱۳(۴)، ۲۸-۱۷.

ضد عفونی کننده، ضد التهاب و ضد باکتری استفاده می شود (Akbar, 2020). زیره (*Cuminum cyminum* L.) از نظر صنعتی مهم و دومین ادویه بذری محبوب است که به دلیل عطر، ارزش درمانی و خواص دارویی بر اساس وجود مواد شیمیایی گیاهی، اسیدهای آلی و ترکیب غذایی آن شناخته شده است (Archangi et al., 2019).

دانه های زیره معمولاً به عنوان دارویی برای درمان اسهال، یرقان و سوء هاضمه به دلیل فعالیت های ادرار آور، کاهش دهنده قند خون و داشتن خواص آنتی اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفته اند (Shashikanthalu et al., 2020). در سال های اخیر، توجه جدیدی به رشد زیره سبز، عملکرد محصول و جمعیت آن جلب شده است. اما تمرکز نسبت به اکولوژی جوانه زنی بذر و رفتار خواب بسیار کمتر است. دانه زیره در مرحله بلوغ خود به دلیل تنش غیرزیستی و رشد ناقص جنین های خطی به خواب مورفوفیزیولوژیکی می رسد. تا به امروز، روش های شیمیایی زیادی برای رفع خواب استفاده شده است (Soltani et al., 2019).

جوانه زنی بذر یک فرآیند بیولوژیکی است که توسط عوامل داخلی و خارجی به خوبی تنظیم می شود تا از استقرار موفق گیاهچه در شرایط مختلف اطمینان حاصل شود. عوامل فیزیکی مانند پوشش بذر مقاوم در برابر آب به طور کلی از جوانه زنی جلوگیری می کند، که می تواند با خراش دادن دستی یا تیمار اسیدی برطرف شود (Aliero, 2004). امواج فراصوت به عنوان انرژی موج صوتی مورد استفاده در زمینه های وسیع شناخته می شود زیرا راندمان بالا، قابلیت تکرار خوب و انعطاف پذیری برای کارکرد آن است (de Carvalho Silvello et al., 2019). تکنیک اولتراسونیک نه تنها برای کریستالیزاسیون، استخراج، فیلتراسیون، نگهداری و استریل کردن در فرآوری مواد

در طول سال ها، مشخص شده است که رابطه بین سلامت و تغذیه پیچیده است. امروزه مصرف کنندگان تمایل بیشتری به انتخاب غذاهایی دارند که نه تنها دارای مولکول های زیستی لازم برای فعالیت های متابولیکی مختلف هستند، بلکه اثرات مثبت بلندمدتی نیز دارند. شواهد رو به رشد نشان می دهد که این ترکیبات زیست فعال ارتباط نزدیکی با سلامت انسان و پیشگیری از بیماری دارند (Lobo et al., 2010).

بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) گیاهی دارویی و معطر از خانواده نعناع (Lamiaceae) است که به دلیل خواص درمانی آن شناخته شده است (Omidbaigi, 2005). اگرچه بادرنجبویه در هر نوع خاکی می تواند رشد کند، اما خاک هایی با بافت متوسط و غنی از ترکیبات کلسیم برای رشد آن کاملاً مناسب است. بادرنجبویه می تواند خشکی کوتاه مدت را تحمل کند، در غیر این صورت ممکن است خشک شود (Omidbaigi, 2005). برگ های آن به دلیل خواص مختلف گوارشی، ضد اسپاسم، آرام بخش، ضد درد در طب گیاهی استفاده می شود (Miraj et al., 2017). در صنایع غذایی از آن به عنوان یک ترکیب طعم دهنده در ترکیب با گیاهان دیگر مانند نعناع استفاده می شود (Verma et al., 2015).

بارهنگ گیاهی است یکساله یا چند ساله، ساقه دار یا بدون ساقه که به طور گسترده در سراسر جهان پراکنده شده است که دارای بیش از ۲۰۰ گونه مانند *Plantago asiatica* L., *Plantago ovata* Forssk., *Plantago depressa* Wild. و *Plantago major* L. است (Addoun et al., 2020). در طب عامیانه، غذای کاربردی و محصولات مکمل غذایی استفاده می شود. در چین، *P. asiatica*، *P. major* یا *P. depressa* را Cheqiancao و دانه های آنها را Cheqianzi می نامند (Akbar, 2020). از برگ ها و دانه های آن به عنوان

را تقویت کرده و سرعت تقسیم و رشد را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، تحت تأثیر امواج فراصوت، ماکرومولکول‌هایی مانند کربوهیدرات‌ها و اسیدهای آمینه می‌توانند ترکیبات جدیدی تولید کنند و در روند رشد و متابولیسم شرکت کنند (Yu et al., 2016).

با این حال، مکانیسم استخراج با استفاده از امواج فراصوت به ندرت در مقالات و بررسی‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. اولتراسوند می‌تواند کایتاسیون، ارتعاش، خرد کردن، اختلاط و سایر اثرات جامع را در سلول ایجاد کند. این اثرات می‌تواند دیواره سلولی را بشکند و در فرآیندهای استخراج اجزای محصول طبیعی با موفقیت اعمال شود (Cravotto et al., 2008). در این پژوهش به بررسی اثر امواج فراصوت بر روی جوانه‌زنی بذرهای گیاهان بادرنبویه، زیره سبز و بارهنگ پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین اثر امواج فراصوت بر جوانه‌زنی بذرهای گیاهان بادرنبویه، زیره سبز و بارهنگ آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. امواج فراصوت مورد استفاده در این پژوهش شامل (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه) بود. در این تیمار بذرهای تحت تأثیر امواج با فرکانس ۴۰ KHZ قرار داده شدند.

درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر محاسبه شد:

$$GP = \left[\frac{n}{N} \right] \times 100$$

در این رابطه GP درصد جوانه‌زنی، n برابر با کل بذرهای جوانه زده و N برابر با کل بذرهای کشت شده در هر پتری دیش بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS، رسم نمودارها با Excel و مقایسه میانگین نیز با آزمون LSD انجام گرفت.

غذایی مورد استفاده قرار گرفت، بلکه برای تحریک جوانه‌زنی بذر و بهبود رشد و عملکرد گیاه نیز استفاده شد (Gallo et al., 2018). محققان گزارش دادند که امواج صوتی می‌توانند برهمکنش‌های سلول-سلول را کنترل کنند، بنابراین می‌توانند در زیست‌شناسی رشد به کار روند. در همین حال، بذر تیمار شده با اولتراسونیک باعث بهبود خوراک و کیفیت غذایی جوانه‌های سویا و همچنین شبیه‌سازی جوانه‌زنی برنج و افزایش عملکرد دانه شد (Yang et al., 2015). امواج اولتراسونیک با شدت مناسب می‌تواند واکنش‌های آنزیمی و عملکردهای فیزیولوژیکی را برای کمک به رشد سلولی تعدیل کنند (de Carvalho Silvello et al., 2019).

بخش قابل توجهی از بیوفیزیک کشاورزی، اصلاح اولتراسونیک دارای مزایای مقرون به صرفه بودن، بهره‌وری بالا و حفاظت از محیط زیست است. امواج فراصوت می‌تواند خواب بذرهای گیاه را بشکند، سرعت جوانه‌زنی را بهبود بخشد و زمان جوانه‌زنی را کوتاه کند (Naumenko et al., 2022). اولتراسوند به دلیل مزایایی مانند سازگاری با محیط زیست، هزینه انرژی پایین، عدم نیاز به افزودنی‌های برون‌زا و سهولت کار، پتانسیل استفاده گسترده در زمینه فرآوری مواد غذایی کشاورزی را دارد. امواج فراصوت با فرکانس بالا عمدتاً در تشخیص پزشکی و در صنایع غذایی برای شناسایی مواد تشکیل دهنده و آزمایش کیفیت خط تولید استفاده می‌شود، در حالی که امواج فراصوت با فرکانس پایین عمدتاً برای استخراج و جداسازی، تسریع واکنش‌های شیمیایی، تخمیر میکروبی کمکی و افزایش کیفیت استفاده می‌شود (Li et al., 2021).

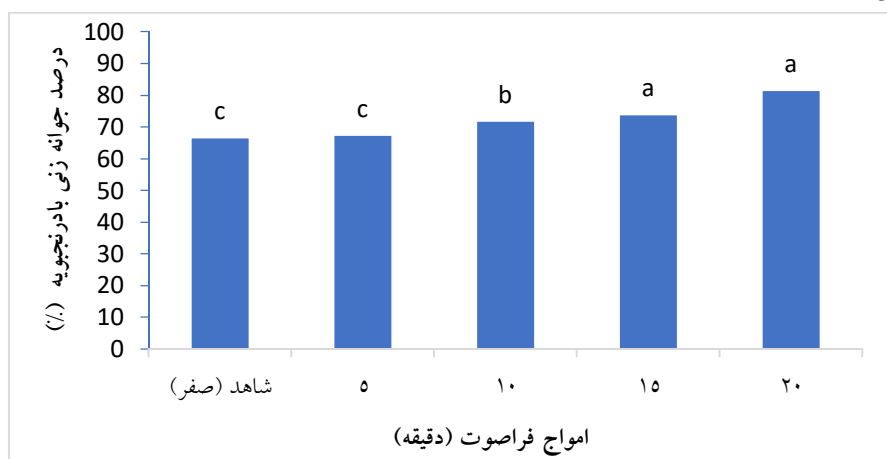
انرژی تولید شده توسط امواج فراصوت می‌تواند حیات سلول‌های گیاهی را افزایش دهد، همچنین فعالیت آنزیم‌های آمیلاز و پراکسیداز، تقسیم سلول‌ها

نتایج و بحث

درصد جوانه زنی بذر بادرنبویه: نتایج تاثیر امواج فراصوت بر بذر بادرنبویه نشان داد امواج فراصوت بر درصد جوانه زنی آن تاثیر معنی داری داشت. بالاترین درصد جوانه زنی در تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت بود که نسبت به شاهد تاثیر معنی داری داشت (شکل ۱). تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت توانست درصد جوانه زنی بذر بادرنبویه را نسبت به شاهد ۲۲ درصد افزایش دهد. جوانه زنی یک فرآیند سنتی و طبیعی است که پس از هیدراته شدن دانه اتفاق می افتد. هیدراتاسیون (خیساندن) در طی فرآیند جوانه زنی به فعال سازی بیوشیمیایی مانند تحریک هورمون های گیاهی (اسید جیبرلیک) کمک می کند که به نوبه خود باعث ترشح آنزیم های هیدرولیتیک می شود که باعث تجزیه نشاسته به

ترکیبات ساده (گلوکز، مالتوز، مالتودکسترین و غیره) می شود که می توان از آنها برای رشد جنین استفاده کرد (Kalita et al., 2017).

در تحقیقی که در آن رابطه بین رشد جنین و جوانه زنی بذر *Cypripedium formosanum* در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد، کاربرد اولتراسونیک به مدت ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه انجام شد. کاربرد اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه در مقایسه با شاهد باعث افزایش جوانه زنی شد. اما کاربرد اولتراسونیک به مدت ۴۵ و ۶۰ دقیقه باعث افزایش دوره جوانه زنی شد. مشخص شد که کاربرد امواج فراصوت به مدت ۳۰ دقیقه روی بذر *Cypripedium formosanum* به پوشش بذر آسیبی نمی رساند. تاکید شد که این نتیجه ممکن است عامل مهمی در سایش مکانیکی باشد (Lee et al., 2005).



شکل ۱: درصد جوانه زنی بذر بادرنبویه تحت امواج فراصوت (دقیقه)

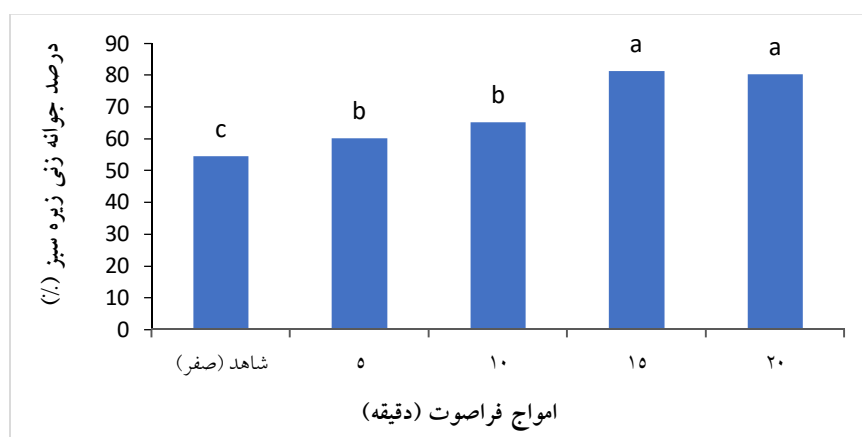
درصد جوانه زنی بذر زیره سبز: نتایج داده ها نشان داد امواج فراصوت در همه تیمارها اثر معنی داری بر جوانه زنی بذر زیره سبز داشت. بالاترین درصد جوانه زنی در تیمارهای ۲۰ و ۱۵ دقیقه امواج فراصوت بدست آمد، و کمترین درصد جوانه زنی در تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) بود (شکل ۲). نتایج نشان داد در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه امواج فراصوت

درصد جوانه زنی زیره سبز را نسبت به تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) به ترتیب ۴۸/۹۰ و ۴۷ درصد جوانه زنی را افزایش داد. دانه ها در بازسازی ظرفیت تولید یک محصول، حفظ ژرم پلاسما و بهبود تنوع گونه ها ضروری هستند. از یک سو، جوانه زنی بذر دوره حیاتی استقرار گیاه است (Sharififar et al., 2015). جوانه زدن بذر مرحله بسیار مهمی از زندگی

Goussous et al.,) و هندوانه (*Capsiummannuum*) (2010) (*Citrullus vulgaris*) تأثیر امواج فراصوت بر درصد جوانه زنی بذرها بررسی شد. در این بررسی مشاهده شد که درصد جوانه زنی نخود، گندم و هندوانه به ترتیب ۳۶ درصد، ۲ درصد و ۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (Nazari et al., 2014)، مشخص شد که امواج فراصوت درصد جوانه زنی بذر *Medicagoscutellata* (L.) Mill را در مقایسه با شاهد ۶۳/۳ درصد افزایش داد.

گیاه است. استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک تکنیک امیدوارکننده برای شکستن خواب بذر و افزایش درصد جوانه زنی اخیراً توسط محققین مورد تأکید قرار گرفته است.

در تحقیقی در مورد تأثیر امواج فراصوت بر روی نخود (*Pisumsativum*)، کاربرد آن منجر به افزایش ۱۳ درصدی در جوانه زنی بذر در مقایسه با تیمار شاهد شد (Chiu & Sung, 2014). در آزمایش دیگری بر روی چهار گونه نخود (*Cicer arietinum*)، گندم (*Triticumaestivum*)، فلفل



شکل ۲: درصد جوانه زنی بذر زیره سبز تحت امواج فراصوت (دقیقه)

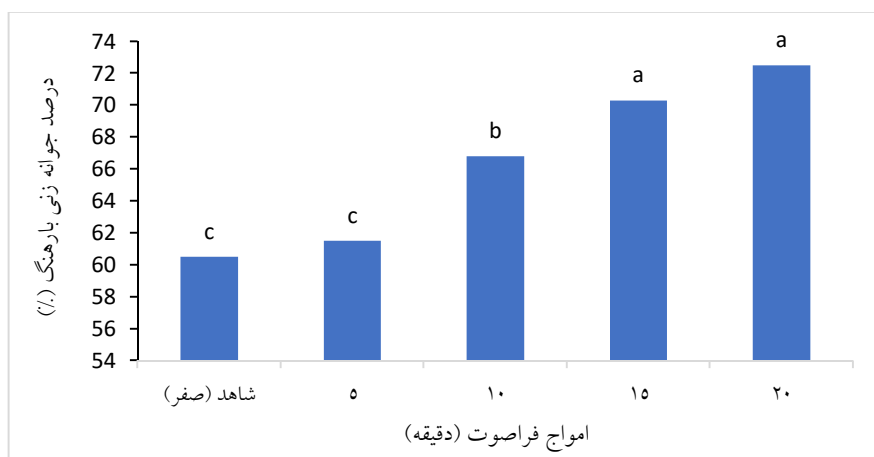
Zygophyllum eurypterum و *Cuminum cyminum* نسبت به شاهد افزایش دادند (Sharififar et al., 2015). در مطالعه دیگری در مورد اثرات امواج فرا صوت بر روی بذور آفتابگردان (*Helianthus annuus*) (L.)، جوانه زنی حداکثر تا ۴۳ درصد افزایش یافت (Machikowa et al., 2013). در یک تحقیق دیگر بر روی بذرهای *Festuca arundinacea* و چاودار وحشی امواج فراصوت توانستند جوانه زنی را نسبت به شاهد به ترتیب ۴۰ و ۵۰ درصد افزایش دهند (Liu et al., 2016). علاوه بر این، نشان داده شده است که امواج فراصوت جوانه زنی بذر *Lotus corniculatus* L. نزدیک به ۹ درصد افزایش یافت (Toth, 2012).

درصد جوانه‌زنی بذر بارهنگ: نتایج داده‌ها همچنین اثر امواج فراصوت بر درصد جوانه زنی بذر بارهنگ را معنی دار نشان داد. در شکل ۳ بالاترین درصد جوانه زنی در تیمار ۱۵ و ۲۰ دقیقه امواج فراصوت بود. کمترین درصد جوانه زنی نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳). در تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت درصد جوانه زنی نسبت به شاهد ۱۹/۸۳ درصد افزایش یافت.

در آزمایشی مشابه نشان داده شد که جوانه زنی بذر سه گونه دارویی مهم به امواج فراصوت معنی دار بود. در این آزمایش تیمار با امواج فراصوت درصد جوانه زنی را در بذرهای *Atriplex lentiformis*

افزایش داد (Miyoshi & Mii, 1988). همچنین پژوهشگران در بررسی اثر امواج فراصوت بر روی بذرهای *Panicum virgatum* L. مشاهده کردند درصد جوانه زنی نسبت به شاهد ۲۳ درصد افزایش یافت (Wang QuanZhen et al., 2012).

یکی دیگر از آزمایش‌ها نشان داد امواج فراصوت جوانه زنی در بذر جو را ۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Yaldagard et al., 2008). همچنین نشان داده شد که امواج فراصوت جوانه زنی بذرهای *Calanthe discolor* ۵۰ درصد نسبت به شاهد

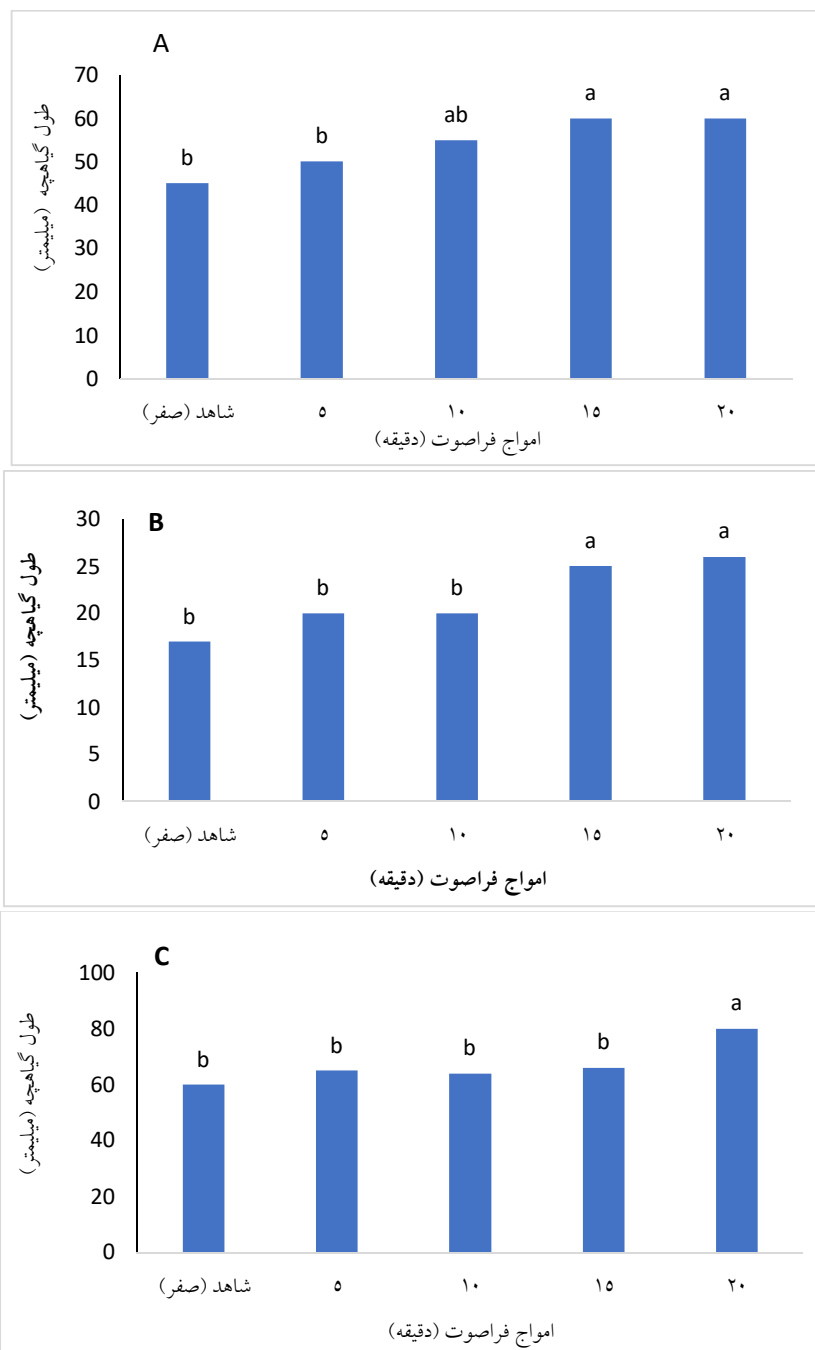


شکل ۳: درصد جوانه زنی بذر بارهنگ تحت امواج فراصوت (دقیقه)

تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه در گروه a جای داشتند. بیشترین طول گیاهچه در تیمار ۲۰ دقیقه با مقدار ۲۶ میلی‌متر مشاهده شد که نشان‌دهنده اثر مثبت امواج فراصوت در افزایش رشد گیاهچه‌های زیره سبز، به‌ویژه در تیمارهای طولانی‌تر است. این نتایج حاکی از آن است که تیمارهای با زمان کوتاه‌تر ممکن است تأثیر چشمگیری نداشته باشند، اما افزایش زمان مواجهه، اثرات مطلوب‌تری بر رشد گیاهچه‌ها خواهد داشت. در بررسی بارهنگ، طبق شکل ۴ (C)، تمامی تیمارها در گروه b قرار گرفتند، به‌جز تیمار ۲۰ دقیقه که در گروه a جای داشت. همچنین، بیشترین طول گیاهچه در تیمار ۲۰ دقیقه با مقدار ۸۰ میلی‌متر ثبت شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت و قابل‌توجه امواج فراصوت، به‌ویژه در مدت‌زمان طولانی‌تر، بر رشد گیاهچه بارهنگ است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بر خلاف بادرنبویه و زیره سبز، که در زمان‌های کوتاه‌تر نیز اثرات مثبتی مشاهده شد، در مورد بارهنگ

طول گیاهچه بادرنبویه، زیره سبز و بارهنگ: نتایج این پژوهش نشان داد که امواج فراصوت تأثیر معنی‌داری بر طول گیاهچه‌های بادرنبویه، زیره سبز و بارهنگ دارد. به‌منظور بررسی این اثر، تیمارهای مختلف شامل زمان‌های شاهد (صفر دقیقه)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شدند. همان‌طور که در شکل ۴ (A) مشاهده می‌شود، در گیاهچه‌های بادرنبویه، تیمارهای شاهد و ۵ دقیقه در گروه b قرار گرفتند، در حالی که تیمار ۱۰ دقیقه در گروه ab جای داشت. از سوی دیگر، تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه که بیشترین زمان قرارگیری در معرض امواج را داشتند، در گروه a قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مدت‌زمان تیمار، طول گیاهچه‌ها افزایش یافته و بیشترین تأثیر در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه مشاهده شد. در مورد زیره سبز، همان‌طور که در شکل ۴ (B) نشان داده شده است، تیمارهای شاهد، ۵ و ۱۰ دقیقه در گروه b قرار گرفتند، در حالی که

تأثیر معنادار تنها در تیمار ۲۰ دقیقه نمایان شد. به‌طور کلی، این پژوهش نشان داد که مدت‌زمان تیمار با امواج فراصوت نقش مهمی در بهبود رشد گیاهچه‌ها دارد. بیشترین افزایش طول گیاهچه در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه مشاهده شد که می‌تواند به دلیل تحریک متابولیسم سلولی، افزایش نفوذپذیری غشای سلولی و تسهیل جذب مواد مغذی در اثر امواج فراصوت باشد.



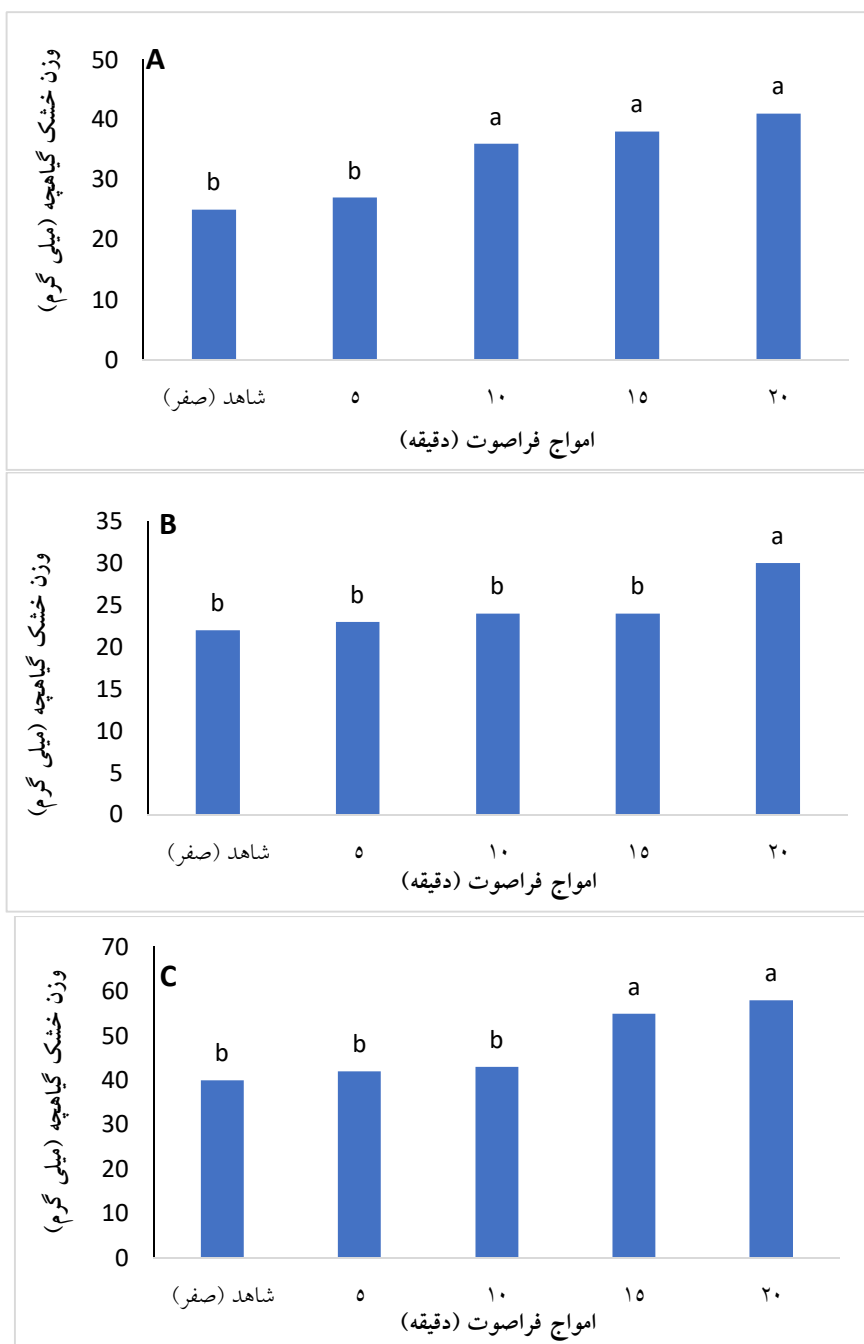
شکل ۴: طول گیاهچه بادرنبجویه (A)، زیره سبز (B) و بارهنگ (C) تحت تأثیر امواج فراصوت (دقیقه)

فراصوت تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهچه‌های بادرنبجویه، زیره سبز و بارهنگ دارد. همان‌طور که در

وزن خشک گیاهچه بادرنبجویه، زیره سبز و بارهنگ: نتایج این پژوهش نشان داد که امواج

شکل ۵ (A) مشاهده می‌شود، در گیاهچه‌های بادرنبویه، تیمارهای شاهد (صفر دقیقه) و ۵ دقیقه در گروه b قرار گرفتند، در حالی که تیمارهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه در گروه a جای داشتند. همچنین، بیشترین میزان وزن خشک در تیمار ۲۰ دقیقه با مقدار ۴۱ میلی‌گرم ثبت شد، در حالی که کمترین مقدار در تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) با مقدار ۲۵ میلی‌گرم مشاهده گردید. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش زمان تیمار با امواج فراصوت سبب بهبود رشد و افزایش وزن خشک گیاهچه‌های بادرنبویه شده است که احتمالاً به دلیل تحریک فعالیت‌های متابولیکی، افزایش جذب مواد مغذی و بهبود ساختار سلولی رخ داده است. در مورد زیره سبز، همان‌طور که در شکل شکل ۵ (B) نشان داده شده است، تمامی تیمارها در گروه b قرار گرفتند، به‌جز تیمار ۲۰ دقیقه که در گروه a جای داشت. همچنین، بیشترین وزن خشک در تیمار ۲۰ دقیقه با مقدار ۳۰ میلی‌گرم و کمترین میزان در تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) با مقدار ۲۲ میلی‌گرم ثبت شد. این نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای کوتاه‌مدت تأثیر قابل‌توجهی بر وزن خشک گیاهچه‌های زیره سبز نداشته‌اند، اما افزایش مدت‌زمان تیمار به ۲۰ دقیقه، منجر به بهبود وزن خشک گیاهچه شده است. این افزایش ممکن است ناشی از افزایش نفوذپذیری غشا، تحریک متابولیسم و بهبود استفاده از منابع غذایی در اثر اعمال امواج فراصوت باشد. نتایج بررسی وزن خشک گیاهچه

بارهنگ نیز نشان داد که امواج فراصوت تأثیر معنی‌داری بر میزان ماده خشک این گیاهچه دارد. طبق شکل ۵ (A)، تیمارهای شاهد (صفر دقیقه)، ۵ و ۱۰ دقیقه در گروه b قرار گرفتند، در حالی که تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه در گروه a جای داشتند. همچنین، بیشترین وزن خشک در تیمار ۲۰ دقیقه با مقدار ۵۸ میلی‌گرم و کمترین میزان در تیمار شاهد با مقدار ۴۰ میلی‌گرم ثبت شد، در حالی که تیمار ۱۵ دقیقه وزن خشک ۵۵ میلی‌گرم را نشان داد. این یافته‌ها بیانگر آن است که افزایش مدت‌زمان تیمار با امواج فراصوت، به‌ویژه در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه، تأثیر مثبتی بر وزن خشک گیاهچه‌های بارهنگ داشته است. این اثر احتمالاً به دلیل تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیکی، بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش کارایی فرایندهای رشد در نتیجه امواج فراصوت می‌باشد. به‌طور کلی، این مطالعه نشان داد که افزایش مدت‌زمان تیمار با امواج فراصوت، به‌ویژه در سطوح ۱۵ و ۲۰ دقیقه، تأثیر مثبتی بر افزایش وزن خشک گیاهچه‌ها داشته است. این نتایج می‌تواند در بهینه‌سازی شرایط رشد گیاهان دارویی و بهبود کارایی تولید آنها در شرایط آزمایشگاهی و زراعی مورد استفاده قرار گیرد. در یک بررسی مشخص شد که فناوری‌های نوین مانند امواج فراصوت، میدان مغناطیسی، پلاسما و پرتوهای فرابنفش می‌توانند با شکستن خواب بذر، موجب افزایش نرخ جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاه شوند (Rifna et al., 2019).



شکل ۵: وزن خشک گیاهچه بادرنبویه (A)، زیره سبز (B) و بارهنگ (C) تحت تأثیر امواج فراصوت (دقیقه)

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش تأثیر امواج فراصوت بر جوانه‌زنی بذر گیاهان بادرنبویه، زیره سبز و بارهنگ مورد بررسی قرار گرفت. تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت توانست درصد جوانه‌زنی بذر بادرنبویه را نسبت

به شاهد ۲۲ درصد افزایش دهد. همچنین نتایج نشان داد در تیمارهای ۱۵ و ۲۰ دقیقه امواج فراصوت درصد جوانه‌زنی زیره سبز را نسبت به تیمار شاهد (بدون امواج فراصوت) به ترتیب ۴۸/۹۰ و ۴۷ درصد جوانه‌زنی را افزایش داد. در جوانه‌زنی بذر بارهنگ

تیمار ۲۰ دقیقه امواج فراصوت درصد جوانه زنی
نسبت به شاهد ۱۹/۸۳ درصد افزایش داد. نتیجه گیری
کلی این پژوهش نشان داد در بین گیاهان مورد
بررسی بیشترین اثر امواج فراصوت در بذر گیاه زیره
سبز مشاهده شد.

References

- Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Ursu, A. V., Desbrières, J., Le Cerf, D., Gardarin, C., Hentati, F., El-Hadj, M. D. O., Michaud, P. and Pierre, G. 2020. Structural features and rheological behavior of a water-soluble polysaccharide extracted from the seeds of *Plantago ciliata* Desf. *International Journal of Biological Macromolecules*. 155: 1333–1341. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.106>.
- Akbar, S. 2020. *Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications*. Springer Nature.
- Aliero, B. 2004. Effects of sulphuric acid, mechanical scarification and wet heat treatments on germination of seeds of African locust bean tree, *Parkia biglobosa*. *African Journal of Biotechnology*. 3(3): 179–181.
- Archangi, A., Heidari, B. and Mohammadi-Nejad, G. 2019. Association between seed yield-related traits and cDNA-AFLP markers in cumin (*Cuminum cyminum*) under drought and irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 133: 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.038>.
- Chiu, K. Y., & Sung, J. M. 2014. Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(7): 1699–1706.
- Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M. and Cintas, P. 2008). Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves. *Ultrasonics Sonochemistry*. 15(5): 898–902.
- de Carvalho Silvello, M. A., Martínez, J. and Goldbeck, R. 2019. Increase of reducing sugars release by enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse intensified by ultrasonic treatment. *Biomass and Bioenergy*. 122: 481–489. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.032>.
- Gallo, M., Ferrara, L. and Naviglio, D. 2018. Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. *Foods*, 7(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>
- Goussous, S., Samarah, N., Alqudah, A. and Othman, M. 2010. Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique. *Experimental Agriculture*. 46(2): 231–242.
- Kalita, D., Sarma, B., & Srivastava, B. 2017. Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and physico chemical properties. *Food Chemistry*, 220: 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.193>
- Lee, Y.-I., Lee, N., Yeung, E. C. and Chung, M.-C. 2005. Embryo Development of *Cypripedium formosanum* in Relation to Seed Germination In Vitro. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(5): 747–753. <https://doi.org/10.21273/JASHS.130.5.747>.
- Li, W., Ma, H., He, R., Ren, X. and Zhou, C. 2021. Prospects and application of ultrasound and magnetic fields in the fermentation of rare edible fungi. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105613. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105613>.
- Liu, J., Wang, Q., Karagić, V., Jura, Liu, X. V., Cui, J., Gui, J., Gu, M. and Gao, W. 2016. Effects of ultrasonication on increased germination and improved seedling growth of aged grass seeds of tall fescue and Russian wildrye. *Scientific Reports*. 6(1): 22–403.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8): 118.
- Machikowa, T., Kulrattanarak, T. and Wonprasaid, S. 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. 7(1): 1–3.
- Miraj, S., Rafieian-Kopaei, & Kiani, S. 2017. *Melissa officinalis* L: A Review study with an antioxidant prospective. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*. 22(3): 385–394.
- Miyoshi, K. and Mii, M. 1988. Ultrasonic treatment for enhancing seed germination of terrestrial orchid, *Calanthe discolor*, in asymbiotic culture. *Scientia Horticulturae*. 35(1–2): 127–130.
- Naumenko, N., Potoroko, I. and Kalinina, I. 2022. Stimulation of antioxidant activity and γ -aminobutyric acid synthesis in germinated wheat grain *Triticum aestivum* L. by ultrasound: Increasing the nutritional value of the product. *Ultrasonics Sonochemistry*, 86, 106000.
- Nazari, M., Sharififar, A. and Asghari, H. R. 2014. *Medicago scutellata* seed dormancy breaking by ultrasonic waves. *Plant Breeding and Seed Science*. 69(1): 15.

- Omidbaigi, R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Astan'eQods' eRazavi Publication, 3.
- Sharififar, A., Nazari, M. and Asghari, H. R. 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2(3): 102–104. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.05.003>
- Shashikanthalu, S. P., Ramireddy, L. and Radhakrishnan, M. 2020. Stimulation of the germination and seedling growth of *Cuminum cyminum* L. seeds by cold plasma. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 18: 100-259.
- Soltani, E., Mortazavian, S. M. M., Faghihi, S. and Akbari, G. A. 2019. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Cuminum cyminum* L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 15, 100-222. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100222>.
- Rifna, E. J., Ramanan, K. R. and Mahendran, R. 2019. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology*. 86: 95–108.
- Toth, I. 2012. The effects of ultrasound exposure on the germination capacity of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) seeds. *Roman J Biophys*. 22(1): 13–20.
- Verma, P. S., Singh, A., Rahaman, L. and Bahl, J. 2015. Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) an herbal medicinal plant with broad therapeutic uses and cultivation practices: A review. *Internal Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*. 2: 928–933.
- Wang QuanZhen, W. Q., Chen Guo, C. G., Yersaiyiti, H., Liu Yuan, L. Y., Cui Jian, C. J., Wu ChunHui, W. C., Zhang YunWei, Z. Y. and He XueQing, H. X. 2012. Modeling analysis on germination and seedling growth using ultrasound seed pretreatment in switchgrass. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123401016>.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S. A. and Tabatabaie, F. 2008. Influence of ultrasonic stimulation on the germination of barley seed and its alpha-amylase activity. *African Journal of Biotechnology*. 7(14). <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59035>.
- Yang, H., Gao, J., Yang, A. and Chen, H. 2015. The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Research International*. 77: 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.011>.
- Yu, M., Liu, H., Shi, A., Liu, L. and Wang, Q. 2016. Preparation of resveratrol-enriched and poor allergic protein peanut sprout from ultrasound treated peanut seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*. 28: 334–340.