"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
(ص ۱۳۹-۱۲۷)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 2, Summer 2021
(pp: 127-139)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.128548.1312
Research Article

تأثیر امواج فراصوت، سرمادهی و خراش‌دهی مکانیکی بر شکستن خفتگی بذر و شاخص‌های جوانه‌زنی گونه‌های تاتوره (*Datura stramonium*) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*)

هاجر غفوری[۱]، اسحاق کشتکار[۲*]، مجید آقاعلیخانی[۳] و علیرضا مهدویان[۴]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، تربیت مدرس
۲. استادیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
۳. استاد گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس
۴. استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۹/۰۶؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۴/۰۴)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر امواج فراصوت بر شکستن خفتگی بذر گونه‌های تاتوره و پیچک صحرایی در شرایط کنترل شده دو آزمایش جداگانه به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرارانجام شد. امواج فراصوت در پنج توان (صفر، ۸۰، ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰وات) در دو زمان چهار و هشت دقیقه با فرکانس ثابت ۲۰ کیلوهرتز بکار برده شد. دمای سیال آب در حین اعمال فراصوت ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت بود. علاوه بر امواج فراصوت،تیمارهای رایج شکستن خفتگی شامل سرمادهی (طبیعی، مرطوب و خشک) برای تاتوره و خراش‌دهی مکانیکی برای پیچک صحرایی انجام شد.نتایج نشان داد، بیشینه جوانه‌زنی تجمعی (G_{max}) در هر دو گونه علف‌هرزتحت تاثیر تیمارهای فراصوت کاهش پیدا کرد. این تیمار همچنین زمان رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی (G_{50}) در گونه تاتوره راافزایش داد. تأثیر تیمارهای فراصوت بر G_{50}پیچک صحرایی به میزان توان فراصوت وابسته بود، به طوری که فقط توان‌های بالا کاهشG_{50}را به دنبال داشتند.در مجموع امواج فراصوت روش مناسبی برای شکستن خفتگی بذر گونه‌های تاتوره و پیچک صحرایی نبود، در حالی کهسرمادهی طبیعی و خراش‌دهی مکانیکی به‌عنوان بهترین تیمارها، G_{max} تاتوره و پیچک صحرایی در مقایسه با شاهد را به ترتیب ۴۹ و ۳۸ درصد افزایش دادند.

کلمات کلیدی: بیشینه جوانه‌زنی تجمعی (G_{max})، زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی (G_{50})، توان‌های فراصوت،تاتوره،پیچک صحرایی

Effect of ultrasound waves on dormancy-breaking and germination characteristics of *Datura stramonium* and *Convolvulus arvensis*

H. Ghafoori[1], *E. Keshtkar[2], M. Aghaalikhani[3], A. Mahdavian[4]

1. Former MSc Weed Science Student, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University
2. Assistant professor, Department of Agronomy Tarbiat Modares University
3. Professor, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University
4. Assistant Professor, Biosystem Engineering Department, Tarbiat Modares University
(Received: Nov. 27, 2019 – Accepted: Jun. 24, 2020)

Abstract

The phenomenon of seed dormancy in weeds not only leads to management difficulties over time but also can disrupt the biological, morphological and ecological studies carried out on these species. This study was conducted to investigate the effect of ultrasound on seed dormancy breaking of *Datura stramonium* and *Convolvulus arvensis* in laboratory conditions. Two separate experiments were conducted as a completely randomized design with four replications for each species. The ultrasonic waves were applied at five powers including 0, 80, 150, 250 and 350 watts for four and eight minutes, where the applied ultrasonic frequency was 20 kHz and the temperature of water was remained constant at 25°C. In addition to the ultrasound treatments, the common dormancy-breaking treatments including chilling (natural chilling, moist chilling and dry chilling) and mechanical scarification were applied on *D. stramonium* and *C. arvensis*, respectively. All sonication treatments decreased accumulated maximum seed germination (G_{max}) of both weed species. Also, the ultrasound treatments increased time to 50% of maximum germination (G_{50}) of *D. stramonium*. The ultrasonic effect on G_{50} of *C. arvensis* was depended on ultrasonic power, where at low ultrasound powers the G_{50} of *D. stramonium* was similar to untreated seeds, while it was decreased at high ultrasound powers. Accordingly, ultrasound was not a suitable method to break seed dormancy of *D. stramonium* and C. *arvensis*. As the best treatments, the natural chilling and mechanical scarification increased G_{max} of *D. stramonium* and *C. arvensis* up to 49% and 38%, respectively.

Key words: Jimsonweed, field bindweed, accumulated maximum germination (G_{max}), time to 50% maximum germination (G_{50}), ultrasound powers

* Email: keshtkar@modares.ac.ir

مقدمه

مدیریت مؤثرعلف‌های هرز در مزارع مستلزم شناخت هرچه دقیق‌تر از فیزیولوژی، مورفولوژی و اکولوژی آنها می‌باشد. از جمله دشواری‌ها در پژوهش‌های بنیادی در زمینه شناخت و مدیریت علف‌های هرزوجود خفتگی بذر است.این پدیده انجام مطالعات دقیق روی این رستنی‌ها را با دشواری همراه می‌سازد.خواب یکی از ویژگی‌های بذر بسیاری از گیاهان بویژه بذر علف‌های هرز است که موجب می‌شود با عدم جوانه‌زنی در شرایطی که برای رشد و جوانه‌زنی آن‌ها خطرساز است، در زمان یا مکانی دیگر بقای خود را حفظ نمایند (Chancellor, 1982). بنابراین بررسی خفتگی بذرعلف‌های هرز و روش های غلبه بر آن نه‌تنها می‌تواند در بهبود و تسریع پژوهش‌های بنیادی علف‌های هرزمؤثر باشد، بلکه به شناخت روش‌های کنترل آن‌ها کمک می‌کند. دستیابی به این هدف از طریق شکستن (حذف)خفتگی و افزایش جوانه‌زنی بذر این گیاهان امکان‌پذیر خواهد بود.

برای غلبه بر خفتگی بذر روش‌های مختلفی از قبیل کاربرد مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد، استفاده از نمک‌ها، نوسان دما و رطوبت، نور و خراش‌دهی بذر، سرمادهی بذر و کوددهی مورد بررسی قرار گرفته است.این روش‌ها به‌رغم مزایای ذکر شده با معایبی مانند سمی بودن مواد شیمیایی، نیاز به مهارت کافی برای استفاده از مواد شیمیایی و زمان‌بر بودن همراه هستند. فناوری و توسعه تکنیک‌های نوین شکستن خفتگی بذر از قبیل کاربرد آب مغناطیسی، ترکیبات نانو و امواج فراصوت نیز اخیراً توصیه شده‌اند (Sharififar et al., 2015). در این بین به نظر می‌رسد استفاده از امواج فراصوت نسبت به سایر روش‌های مکانیکی و شیمیایی آسان‌تر، ایمن‌تر و سالم‌تر باشد (Nazari et al., 2014). این تکنیک در میان روش‌های موجود برای پیش تیمار بذر منحصر به فرد بوده و روشی آسان، ارزان، سازگار با محیط زیست و چند منظوره می‌باشد (Goussous et al., 2010). تاکنون تأثیر امواج فراصوت بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف بررسی شده و نتایج مختلفی از اثرات این امواج گزارش شده است. دیدگاه‌های مختلفی در مورد مکانیزم‌های عمل فراصوت بر بذر وجود دارد. انتشار امواج فراصوت به داخل سیال سبب حفره‌زایی می‌شود. ترکیدگی حباب‌های ایجاد شده بر اثر حفره‌زایی سبب فشار مکانیکی بر دانه‌ها می‌شود و این تنش مکانیکی باعث سیالیت دیواره سلولی (Yaldagard et al., 2008) و ایجاد منافذ ریز و میکروشکاف در دیواره سلول می‌شود (da Silva and Dobránszki, 2014) در نتیجه این امر نفوذپذیری بذرها نسبت به آب و اکسیژن افزایش می‌یابد. افزایش جذب آب تحت تیمار فراصوت موجب افزایش فعالیت‌های آنزیمی به‌ویژه آلفا- آمیلاز می‌شود (Miano et al., 2016, Yaldagard et al., 2008). در نتیجه هیدرولیز نشاسته افزایش یافته و به دنبال آن درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش می‌یابد (Sharififar et al., 2015).

پیچک‌صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) علف هرز چند ساله‌ی تابستانه و از خانواده Convolvulaceae می‌باشد.این گونه در ۴۴ کشور و در ۳۲ محصول زراعی مختلف به عنوان یک گیاه هرز بوده و به صورت جدی می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود (Holm, 1997). به عنوان مثال پیچک‌صحرایی می‌تواند به تنهایی باعث کاهش ۵۰ تا ۶۰ درصدی عملکرد غلات دانه‌ریز شده و علاوه بر آن مشکلاتی در امر برداشت آنها ایجاد کند (Zeidali et al., 2010). بذرهای پیچک‌صحرایی پوسته سخت و غیرقابل نفوذی دارند که جوانه‌زنی آن‌ها با تیمار اسید سولفوریک غلیظ، الکل اتیلیک و یا خراش‌دهی بهبود می‌یابد (Weaver and Riley, 1982).

تاتوره (*Datura stramonium* L.) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز یکساله‌ی تابستانه و متعلق به خانواده بادنجانیان است. این علف‌هرز در تولیدبیش از ۴۰ گیاه زراعی تداخل ایجاد می‌کند و یکی از ۱۰ علف‌هرز پرهزینه در تولید گیاهان زراعی می‌باشد (Deng, 2005).

بذرهای تازه برداشت شده تاتوره ممکن است پوسته غیرقابل نفوذ داشته باشند که از جوانه‌زنی آن‌ها جلوگیری می‌کند (Loddo et al., 2014). مجنی و همکاران (Karimmojeni et al., 2009) بیان داشتند که جنین نارس، عوامل فیزیکی (پوسته سخت) و برخی عوامل فیزیولوژیک در خواب بذرهای این گیاه دخیل هستند. محمودزاده و همکاران (Mahmoodzadeh et al., 2005) برترین تیمارها برای شکست خواب بذور تاتوره را کشت جنین، خراش‌دهی پوسته با اسکالپل، سوزن و سنگ مرمر گزارش کرده‌اند، اما در مطالعه مجنی و همکاران (Karimmojeni et al., 2009) سرمادهی مرطوب بیشترین تاثیر را داشته است.

هرچند تاثیر تیمارهای مختلف بر جوانه زنی و خفتگی بذر پیچک‌صحرایی و تاتوره تاکنون توسطتنی چند از پژوهشگران ارزیابی شده است، اما بررسی‌های نویسندگان نشان داد که تاکنون تاثیر امواج فراصوت بر جوانه زنی و خواب بذر این دوگونه علف‌هرز مطالعه نشده است. براین اساس هدف از این پژوهش بررسی اثر امواج فراصوت بر شکستن خفتگی بذر و افزایش جوانه‌نی دو گونه پیچک صحرایی و تاتوره در مقایسه با روش‌های رایج شکستن خواب این گونه‌های گیاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذرها

بذر گونه‌های تاتوره و پیچک صحرایی از گیاهان خودرو واقع در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس در سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری شدند. بذرها تا قبل از انجام آزمایش‌ها بدون جداشدن از کپسول و غلاف در دمای اتاق نگهداری شدند.

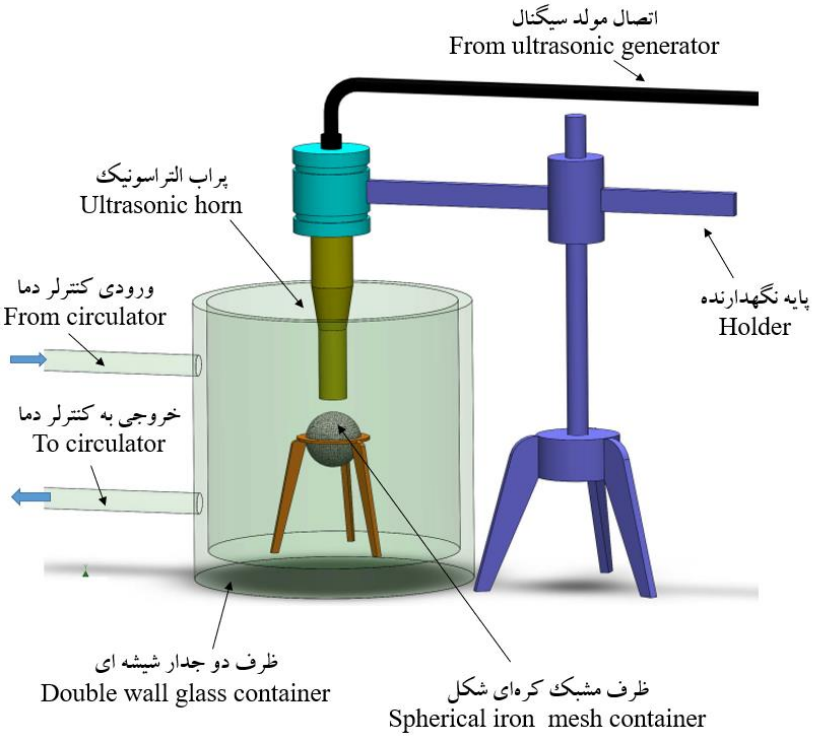
اعمال تیمارهای فراصوتبر بذرتاتوره و پیچک‌صحرایی

برای اعمال تیمارهای فراصوت از دستگاه تولید کننده امواج فراصوت ساخت کشور سوئیس، مدل ای تری ام جنریتور (AMMM generators) با حداکثر توان خروجی ۱۰۰۰ وات و فرکانس متغیر ۱۵ تا ۹۵ کیلوهرتز استفاده شد. تیمارهای فراصوت در پنج توان شامل صفر، ۸۰، ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ وات تقریبا مشابه تیمارهای استفاده شده در آزمایش یلداگرد و همکاران (Yaldagard et al., 2008) بودند. انرژی امواج فراصوت با استفاده از یک کنترلر چرخه‌ای به‌صورت ضربانی بوده و سیکل انتشار امواج در کل آزمایش روی ۵۰درصد تنظیم شد به طوری‌که امواج به مدت نیم ثانیه انتشار یافته و سپس نیم ثانیه قطع می‌شدند. برای انتشار امواج فراصوت از سیال واسط آب به‌عنوان محیط انتشار استفاده شد. اعمال تیمارهای فراصوت به مدت چهار و هشت دقیقه انجام شد. ضمناً یک تیمار شاهد یعنی بدون اعمال تیمار فراصوت (توان صفر) و عدم قرار گیری در سیال آب (بذر خشک) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در حین اعمال امواج فراصوت دمای محیط سیال (آب) روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه‌داشته شد. برای این کار از ظرف دوجداره متصل به دستگاه سیرکولاتور (کنترلر دما) استفاده شد. دستگاه سیرکولاتور از طریق گردش آب با دمای موردنظر در ظرف از نوسانات دما جلوگیری می‌کند. برای اجرای تیمارها بذرها درون ظرف مشبک کره‌ای شکل روی یک سازه پلاستیکی سه‌پایه در داخل ظرف دوجداره قرار داده شدند. بدین ترتیب بذرها بدون پراکندگی در سطح آب به شکل مستقیم و یکنواخت در معرض امواج قرار گرفتند (شکل ۱).

اعمال تیمارهای سرمادهی بذر تاتوره

به منظور ارزیابی مقایسه کارایی امواج فراصوت در مقایسه با تیمارهای رایج شکستن خفتگی (سرمادهی) بذر تاتوره، تیمارهای سرمادهی نیز در سه سطح شامل سرمادهی مرطوب، سرمادهی خشک و سرمادهی طبیعیاعمال شد. برای اعمال *تیمارسرمادهی مرطوب* ابتدا بذرهای هر تکرار به مدت پنج دقیقه بین دستمال کاغذی نم‌دار نگهداری و سپس در ظروف پتری ضدعفونی شده حاوی دو لایه کاغذ صافی و دو میلی‌لیتر آب مقطر قرار

داده شـــدند. ســـپس پتری ها در پاکت شـــفاف از جنس پلی‌اتیلن قرار گرفتـه و در یخچـال بـا دمـای چهـار درجـه ســـانتی‌گراد به مدت چهار ماه نگهداری شـــدند.به منظور اعمال *تیمارسـرمادهی خشـک*، بذرها پس از جدا شدن از کپســـول در پاکت‌های کاغذی قرار داده شـــده و به مدت چهـار مـاه در یخچـال بـا دمـای چهـار درجه ســـانتی‌گراد نگهداری شدند.*سرمادهی طبیعی* به این صورت اعمال شد که بذرهای هر تکرار در کیسه‌های پارچه‌ای (ابعاد تقریبی ۸ × ۶ سـانتی‌متر) قرار داده شدند و سپس کیسه‌های حاوی بذر در عمق ۱۰ ســـانتی‌متری خاک در مزرعه دانشـــکده کشـــاورزی دانشـــگاه تربیت‌مدرس دفن شـــدند. پس از گـذشـــت چهـار مـاه بـذرهای هر ســـه تیمار ســـرمادهی (سرمادهی خشک، مرطوب و طبیعی) هم‌زمان با تیمارهای فراصوت تحت آزمایش جوانه‌زنی قرار گرفتند.



شکل ۱- شماتیک مجموعه مورد استفاده در این پژوهش به منظور اعمال امواج فراصوت

Figure 1- Schematic diagram of the experimental setup used in this research to apply ultrasonic weaves

اعمـال تیمـارخراش‌دهی مکـانیکی بـذر پیچـک صحرایی

به منظور ارزیابی مقایســـه کارایی امواج فراصـــوت در مقـایســـه با تیمارخراش‌دهی یعنی تیمار رایج شـــکســـتن خفتگی بذر پیچک‌صـحرایی نیز بکار گرفته شـد. به‌منظور خراش‌دهی بذرها از کاغذ سمباده چوب شماره دو استفاده شد. برای این کار بذرها بین دو لایه کاغذ سمباده به حالت پخش و بدون روی هم قرار گرفتن گذاشته شدند و با فشار دست به مدت دو دقیقه خراش‌دهی انجام شد.

آزمون جوانه‌زنی

پس از اعمال تیمارهای فراصوت روی بذر هر دوگونه، ســـرمـادهی روی بـذر تـاتوره و خراش‌دهی روی بـذر پیچک‌صحرایی، تعداد ۴۰ عدد بذر ازهر یک از گونه‌ها در ظروف پتری دیش نه سـانتی‌متری شـیشه‌ای حاوی دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شدند، سپس پنج میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری دیش اضـافه شد.قبل از قرار دادن بـذرهـا، پتری هـا بـا محلول هیپوکلریـت ســـدیم

ضدعفونی شدند. برای جلوگیری از تبخیر آب، پتری‌ها در دسته‌های چهار تایی در پاکت‌های شفاف از جنس پلی اتیلن قرار داده شدند. بلافاصله بعد از افزودن آب مقطر به بذرها، پتری‌ها به انکوباتور منتقل شدند. بذرهای تاتوره در انکوباتور با شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (Buhler and Hoffman, 1999). بذرهای پیچک‌صحرایی در انکوباتور با ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Buhler and Hoffman, 1999). شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز اول پس از کاشت و به‌صورت روزانه انجام شد. بذرهای که طول ریشه‌چه‌آن‌ها به دو میلی‌متر رسید جوانه‌زده محسوب شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده تا زمانی ادامه یافت که سه روز متوالی جوانه‌زنی جدیدی مشاهده نشد (Keshtkar et al., 2020). بعد از اتمام آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای فراصوت بر زنده‌مانی بذرها، آزمون زنده‌مانی با محلول یک درصد تترازولیوم روی بذرهای تیمار شده با امواج فراصوت و تیمار شاهد انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار انجام شد که در آن علاوه بر امواج فراصوت، تأثیر رایج‌ترین تیمار در شکستن خواب هریک از گونه‌ها نیز بررسی و نتایج آن با امواج فراصوت مقایسه شد. برای داده‌های مربوط به جوانه‌زنی تجمعی (در طی زمان) مدل لگ لجستیک سه پارامتره با راهکار زمان- وقوع (رابطه ۱) برازش داده شد (Ritz et al., 2013).

$$G(t) = \frac{G_{max}}{1+\exp[b(\log(t)-\log(G_{50}))]} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

در این معادله G(t) جوانه‌زنی تجمعی در زمان t، G_{max} بیشینه جوانه‌زنی تجمعی، t زمان برحسب ساعت، G_{50}مدت‌زمان برحسب ساعت تا رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی و bشیب خط در ناحیه G_{50} است. بعد از برازش مدل، مقایسه تیمارها برای هر یک از پارامترها محاسبه شده از طریق آزمون تی انجام شد. برازش مدل رگرسیونی سه پارامتره لگ لجستیک و رسم شکل‌ها با استفاده از بسته نرم افزاری drc (Ritz et al., 2015) در محیط R (R Core Team, 2018) صورت گرفت.

تحلیل داده‌های آزمایش تترازولیوم به روش تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. مقایسه میانگین ها و رسم شکل‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری agricolae (De Mendiburu, 2014) در محیط R (R Core Team, 2018) صورت گرفت.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی بذرهای تاتوره تحت توان‌های فراصوت و تیمارهای سرمادهی

تیمارهای فراصوت تاثیر منفی بر بیشینه جوانه‌زنی تجمعی (G_{max}) بذر تاتوره داشت (جدول ۱ ، جدول A ضمیمه و شکل ۲ A-F). مقدار G_{max} در تیمار شاهد ۵۷ درصد بود، درحالی که مقدار G_{max} در همه تیمارهای فراصوت کمتر از ۳۰ درصد بود، بعبارتی تیمارهای فراصوت مقدار G_{max} را نسبت به تیمار شاهد به نصف کاهش دادند. کم‌ترین مقدار G_{max} در توان ۳۵۰ وات و در زمان چهار دقیقه بدست آمد.بالاترین G_{max} به میزان ۸۵ درصد مربوط به تیمار سرمادهی طبیعی بود که ازنظر آماری اختلاف معنی داری درسطح ۵ درصد با تیمار شاهد (۵۶ درصد) داشت. تیمار سرمادهی خشک تاثیری بر بیشینه جوانه‌زنی تجمعی بذر تاتوره نداشت.

تیمارهای امواج فراصوت، صفت زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی (G_{50}) بذرهای تاتوره را نیزافزایش دادند (جدول ۱ ، جدول B ضمیمه). بطور کلی بین افزایش توان و سرعت جوانه‌زنی رابطه عکس وجود داشت، زیرا با افزایش توان، G_{50} (زمان رسیدن به پنجاه درصد جوانه‌زنی) نیز افزایش یافت. با این حال این رابطه از نظر آماری معنی دار نبود. از طرفی افزایش مدت زمان فراصوت نیز باعث

کاهش G_{50} شد اما تنها در توان‌های ۲۵۰ و ۳۵۰ وات اختلاف بین مدت زمان چهار و هشت دقیقه معنی‌دار بود.

بطورکلی تیمارهای سرمادهی مرطوب و سرمادهی طبیعی (دفن بذرها در شرایط طبیعی مزرعه) به طور معنی‌دار باعث افزایش G_{max} بذرهای تاتوره شدند (شکل ۲ A و C).همچنین تیمارهای سرمادهی خشک و سرمادهی مرطوب به طور موثر G_{50} را کاهش دادند (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای جوانه‌زنی تاتوره و پیچک صحرایی تحت تیمارهای فراصوت (U) در دو زمان چهار و هشت دقیقه(T) و تیمارهای رایج شکستن خواب شامل سرمادهی (N.Ch: سرمادهی طبیعی، M.Ch: سرمادهی مرطوب و D.Ch: سرمادهی خشک) و خراش‌دهی مکانیکی (SC) بترتیب برای تاتوره و پیچک صحرایی.

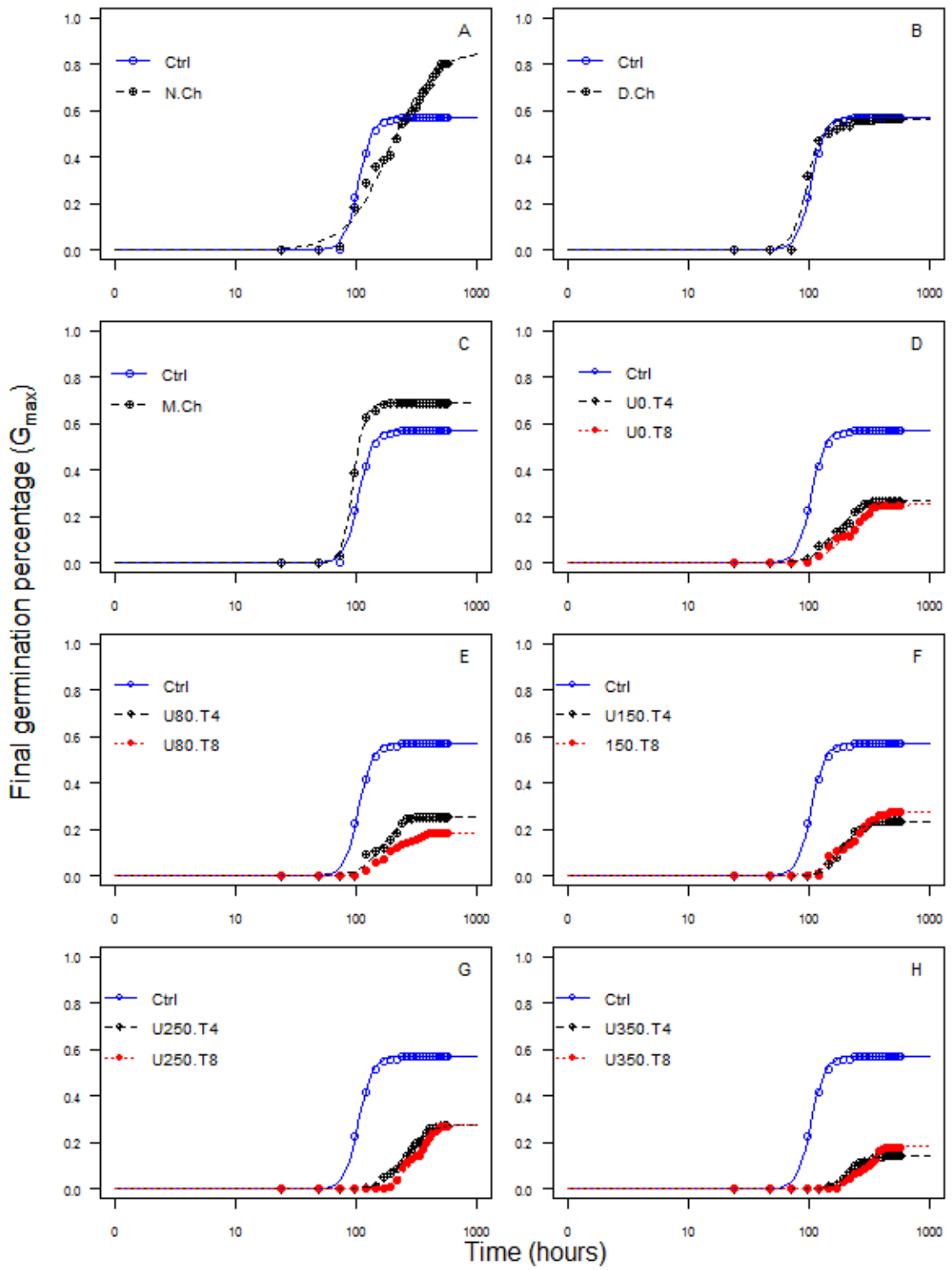
Table 1- Germination parameters of Jimsonweed (*Datura stramonium*) and Field Bindweed (*Convolvulusarvensis*) seeds exposed to ultrasound (U) treatments for four and eight minutes (T), and conventional seed dormancy breakingtreatments including chilling (N.Ch; Natural Chilling, M.Ch; Moist Chilling and D.Ch; Dry Chilling) and mechanical scarification for Jimsonweed and Field Bindweed, respectably.

تیمارها Treatment		تاتوره *Datura stramonium*		پیچک صحرایی *Convolvulus arvensis*	
		G_{max} (%)*	G_{50} (hour)**	G_{max} (%)	G_{50} (hour)
	شاهد Control	57 ^{c***}	104.3^{b}	24^{abc}	59.7^{de}
	خراش‌دهی Scarification	nd	nd	33^{a}	20 ^{a}
سرمادهی Chilling	N.Ch سرمادهی طبیعی	85 a	187.6^{cde}	Nd	nd
	سرمادهی مرطوب M.Ch	69 b	94.2^{a}	Nd	nd
	D.Ch سرمادهی خشک	56 ^{c}	96.8^{a}	Nd	nd
فراصوت (وات-زمان) Ultrasonic (watt-time)	U0-T4 صفر وات-۴ دقیقه	26 ^{d}	169.7^{cd}	27 ^{a}	50.8^{cde}
	U0-T8 صفر وات-۸ دقیقه	25 ^{d}	204.2^{de}	16 ^{d}	72.2^{e}
	U80-T4 ۸۰ وات-۴ دقیقه	25 ^{d}	160.8^{c}	16 ^{d}	46^{cde}
	U80-T8 ۸۰ وات-۸ دقیقه	19 ^{de}	185.8^{cde}	15 ^{d}	53^{cde}
	U150-T4 ۱۵۰ وات – ۴ دقیقه	24 ^{d}	190.6^{de}	17 ^{cd}	43.6^{bcd}
	U150-T8 ۱۵۰ وات- ۸ دقیقه	24^{d}	210.2^{e}	17^{cd}	45.1^{cd}
	U250-T4 ۲۵۰ وات-۴ دقیقه	28 ^{d}	257.8^{f}	14 ^{d}	38.3^{bc}
	U250-T8 ۲۵۰وات- ۸ دقیقه	28 ^{d}	306^{g}	13 ^{de}	27.7^{ab}
	U350-T4 ۳۵۰ وات- ۴دقیقه	14 ^{e}	217.6^{e}	7 ^{e}	52.8^{cde}
	U350-T8 ۳۵۰ وات- ۸ دقیقه	18 ^{de}	284.8^{fg}	20 ^{bcd}	38.7^{bc}

***حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف بین میانگین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است.

** بیشینه جوانه‌زنی تجمعی؛ *** زمان رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی

*The similar letters within each column indicate that there is no significant difference at 5% probability level.
** Accumulated maximum germination (G_{max}); ***Time to 50% of maximum germination (G_{50})



شکل ۲- الگوی جوانه‌زنی تاتوره تحت تیمارهای فراصوت (U)دردو زمان چهار و هشت دقیقه(T) و سرمادهیدر مقایسه با شاهد.A؛ سرمادهی طبیعی، B؛ سرمادهی خشک، C؛ سرمادهی مرطوب، D؛ فراصوت صفر وات، E؛ ۸۰ وات، F؛ ۱۵۰ وات، G؛ ۲۵۰ وات، H؛ ۳۵۰ وات.

Figure 2- Germination pattern of *Datura stramonium* under ultrasound (U) for four and eight minutes (T) and chilling treatments compared with control.A; Natural Chilling, B; Dry Chilling, C; Moist Chilling, D; 0 watt, E; 80 watt, F; 150 watt, G; 250 watt and H; 350 watt.

برخی تحقیقات بر اثرات مطلوب این امواج بر جوانه‌زنی گونه های مختلف تاکید نموده اند. برای مثال جوانه‌زنی بذرهای آفتابگردان تحت تاثیر فراصوت ۴۳ درصد افزایش یافت (Machikowa et al., 2013). بذرهای گیاه جو در معرض امواج فراصوت نیز ۱/۰۶۵ تا ۱/۰۴۵ برابر بذرهای شاهد جوانه‌زنی داشتند (Yaldagard et al., 2008). اما در این میان گزارش‌هایی نیز مبنی بر اثرات منفی این امواج بر گونه‌های مختلف ارائه شده است. فاتح و همکاران (Fateh et al., 2012) گزارش کردند که امواج فراصوت نمی‌تواند به عنوان یک تیمار مناسب برای جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) توصیه شود چرا که جوانه‌زنی این گونه را به اندازه ۳۰/۵ درصد کاهش داد علاوه بر این با افزایش زمان فراصوت سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش یافت. این در حالی است که در بررسی دیگر اثرات مطلوب فراصوت بر رازیانه مشاهده شده است. در همین ارتباط حجازی‌راد گزارش کرد امواج فراصوت در مدت زمان هشت دقیقه و فرکانس ۴۰ کیلوهرتز باعث افزایش ۲۰ درصدی میانگین جوانه‌زنی رازیانه نسبت به شاهد شدند (Hejazirad, 2016). دلیل نتایج متفاوت و گاهی متناقض در آزمایش‌های مختلف جوانه‌زنی می تواند مربوط به تفاوت بین نمونه‌های بذری برداشت شده از نقاط مختلف باشد. به هرحال اخیراً به اهمیت تفاوت جوانه‌زنی در بین بذرهای یک گونه علف‌هرز در آزمایش‌های مختلف اشاره شده است (Marshall, 2019).

در بررسی حاضر امواج فراصوت G_{max} گونه تاتوره نسبت به شاهد را کاهش و G_{50} را افزایش داد. باتوجه به نتایج تست تترازولیوم از آنجا که زنده‌مانی بذرهای تیمار شده با امواج فراصوت در مقایسه با شاهد کاهش نیافته بود (جدول ۲ و شکل ۳) می‌توان چنین نتیجه گرفت که نیروی ناشی از کاویتاسیون امواج فراصوت باعث آسیب به جنین و از بین رفتن قوه نامیه بذرها نشده است. برعکس شاید بتوان کاهش جوانه‌زنی ناشی از امواج فراصوت را با القاء خواب ثانویه در بذرها مرتبط دانست. به بیان دیگر قرار گرفتن در معرض فراصوت ممکن است به عنوان یک تنش عمل کرده و سبب بروز خواب ثانویه از طریق بیان ژن‌های مربوطه در این بذرها شده باشد. عده‌ای از پژوهشگران معتقدند برخی از ژن‌های القاءشونده بوسیله تنش ممکن است تحت شرایط امواج صوتی روشن شوند (Chowdhury et al., 2014). در این باره تاثیر صدا بر افزایش میزان تولید RNA و پروتئین محلول گل داوودی (*chrysanthemum*)گزارش شده است (Xiujuan et al., 2003a, Xiujuan et al., 2003b).

جدول ۲- تجزیه واریانس برای تاثیر تیمارهای مختلف (فراصوت و شاهد) بر زنده مانی بذر تاتوره و پیچک صحرایی بر اساس آزمون تترازولیوم.

Table 2- Analysis of variance for the effects of different treatments (ultrasound and control) on seed viability percentage of *Datura stramonium* and *Convolvulus arvensis* based on Tetrazolium test.

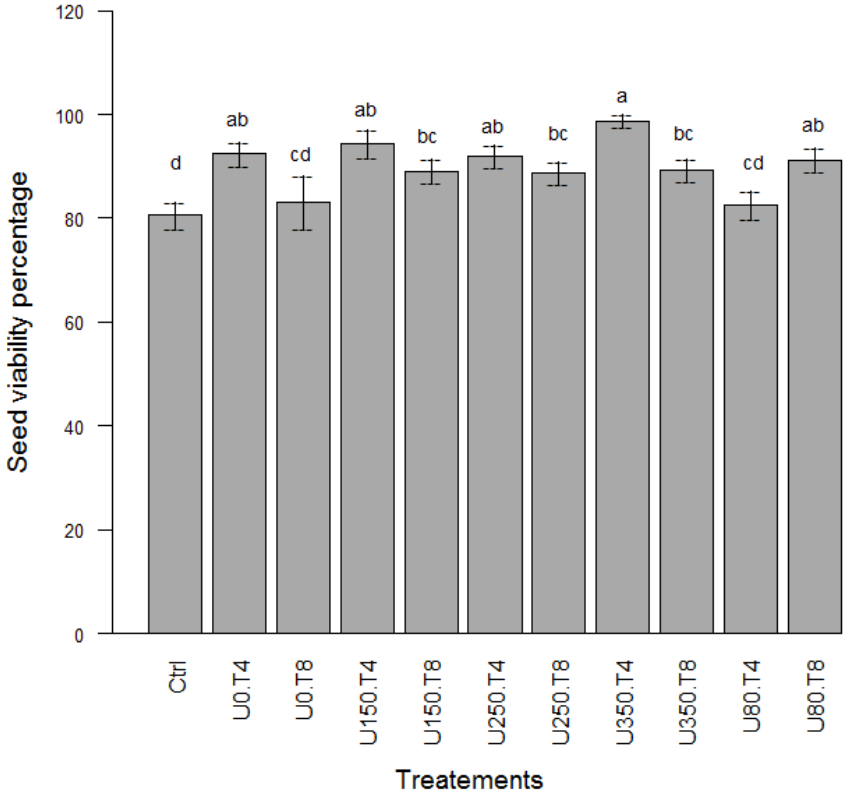
منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی Df	تاتوره *Datura stramonium*		پیچک صحرایی *Convolvulus arvensis*	
		میانگین مربعات mean squares	مقدار اف F value	میانگین مربعات mean squares	مقدار اف F value
تیماره Treatment	10	118.40	4.22 ***	0.29	0.90 ns
اشتباه Error	32	28.09		0.33	
ضریب تغییرات CV (%)		5.93		0.57	

غیر معنی دار در سطح احتمال پنج درصد

معنی دار در سطح احتمال یک هزار ns ***

ns, not significant at the 0.05 probability level

*** Significant at the 0.001 probability level.



شکل ۳- درصد زنده مانی بذرهای تاتوره تحت تاثیر پنج توان مختلف فراصوت (U از صفر تا ۳۵۰ وات) دردو زمان چهار و هشت دقیقه (T) در مقایسه با شاهد (Ctrl) براساس آزمون تترازولیوم.

Figure 3- Seed viability percentage of *Datura stramonium* under five different ultrasound (U from 0 to 350 watt) treatments for four and eight minutes (T) compared with control (Ctrl) based on Tetrazolium test.

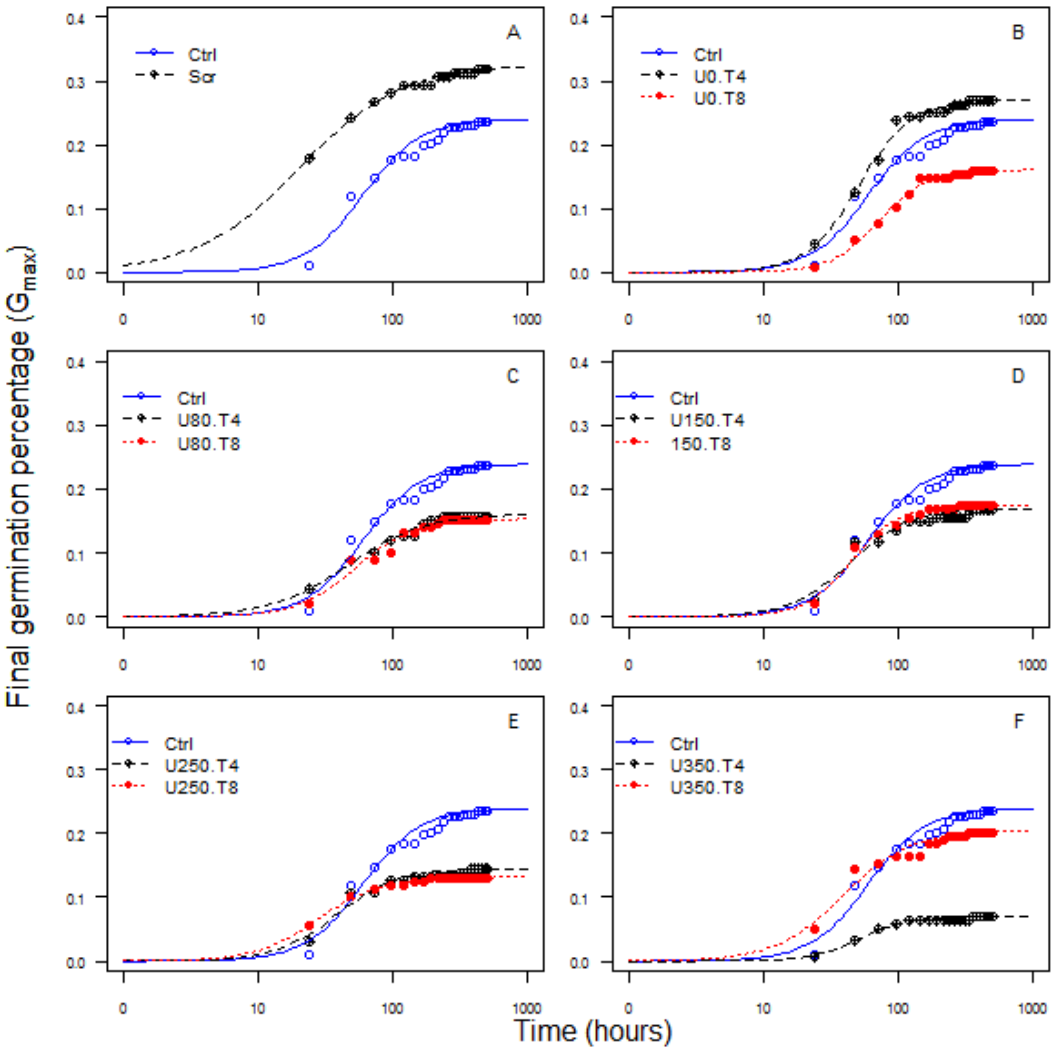
گرچه تیمارهای سرمادهی در افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی تاتوره تاثیرگذار بودند. اما دماهای پایین به تنهایی قادر به رفع خواب تاتوره نشدند. وجود رطوبت در تیمار سرمادهی مرطوب می‌تواند علت تاثیرگذاری بیشتر آن شده و به دنبال کاتابولیسم آبسیزیک اسید، سنتز جیبرلین افزایش می‌یابد (Yamauchi et al., 2004). سرمادهی طبیعی یا به عبارتی دفن شدن درشرایط طبیعی مزرعه موثرترین تیمار بوده و بالاترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد. در این تیمار علاوه بر دمای پایین و رطوبت خاک، نوسانات دمایی در طی شب و روز نیز بر بذرها تاثیرگذار بوده‌اند. این مسئله در پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده شده است به طوری که در بررسی تاثیر سرمادهی بر جوانه‌زنی جگن‌ها احتمال جوانه‌زنی در رژیم دمایی همراه با نوسان، نه برابر دمای ثابت بود (Schütz and Rave, 1999). مظاهری و همکاران گزارش کردند که تناوب دمایی ۱۵-۵ درجه سانتی‌گراد و تناوب نور و تاریکی بیش‌ترین تاثیر را بر جوانه‌زنی پیچک صحرایی، گل گندم و پنجه مرغی داشتند (Mazhari et al., 2015).

جوانه‌زنی بذرهای پیچک‌صحرایی تحت توان‌های فراصوت و خراش‌دهی مکانیکی

تاثیر تیمارهای فراصوت بر بیشینه جوانه‌زنی تجمعی (G_{max}) بذر پیچک صحرایی متفاوت بود. در حالی که میزان G_{max} برای برخی از تیمارهای فراصوت با تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت، بسیاری از تیمارها همانند نتایج بدست آمده در مورد تاتوره، تاثیر منفی بر بیشینه جوانه‌زنی تجمعی (G_{max}) بذر پیچک صحرایی

داشتند. درواقع در بیش از نیمی از تیمارها پارامتر G_{max} نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۱ و جدول C ضمیمه).آزمون ترازولیوم نشان داد که تفاوتی بین زنده‌مانی بذرهای تیمار شده با امواج فراصوت و تیمار شاهد وجود ندارد (جدول ۲). بنابراین کاهش جوانه‌زنی نمی‌تواند ناشی از صدمه امواج فراصوت به جنین و کاهش قوه نامیه بذرها باشد. تیمار خراش‌دهی مکانیکی موثرترین تیمار بر بیشینه جوانه‌زنی تجمعی بود، با این وجود اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت.

از نظرزمان تا رسیدن به ۵۰ درصد بیشینه جوانه‌زنی (G_{50})، تیمارهای ۲۵۰ وات در زمان چهار و هشت دقیقه و ۳۵۰ وات در زمان هشت دقیقه بطور معنی داری منجر به کاهش G_{50} در مقایسه با تیمار شاهد شدند(جدول ۱ و جدول D ضمیمه). بقیه تیمارهای فراصوت تفاوتی با تیمار شاهد نداشتند. کمترین G_{50}و بعبارتی بالاترین سرعت جوانه‌زنی (۲۰ ساعت) در تیمار خراش‌دهی مکانیکی بدست آمد (شکل ۴).



شکل ۴- الگوی جوانه‌زنی پیچک صحرایی تحت تیمارهای فراصوت (U) در دو زمان چهار و هشت دقیقه (T) و خراش‌دهی مکانیکی (Scr) در مقایسه با شاهد. A؛ خراش‌دهی مکانیکی ، B؛ فراصوت صفر وات، C؛ ۸۰ وات، D؛ ۱۵۰ وات، E؛ ۲۵۰ وات، F؛ ۳۵۰ وات.

Figure 4- Germination pattern of *Convolvulus arvensis* under ultrasound treatments (U) for four and eight minutes (T) and mechanical scarification (Scr) treatment compared with control. A; mechanical scarification, B; 0 watt, C; 80 watt, D; 150 watt, E; 250 watt and F; 350 watt.

گرچه گفته می‌شود انتشار امواج فراصوت درون یک سیال سبب ایجاد کاویتاسیون و وارد آمدن فشار مکانیکی روی دانه‌ها شده و درنهایت فشار ایجاد شده منجر به سیالیت دیواره سلولی و ایجاد منافذ ریز گردد. با این حال نشان داده شده است که پاسخ بذر به امواج فراصوت به فرکانس، شدت و مدت زمان در معرض امواج بودن و همچنین گونه و رقم بذر بستگی دارد (Aladjadjiyan, 2011, Weinberger and Burton, 1981). همانطور که اشاره شد هیچ یک از تیمارها، حتی خراش‌دهی نتواستند به طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی پیچک صحرایی را نسبت به شاهد افزایش دهند. با این حال بالاترین Gmax مربوط به تیمار خراش‌دهی بود. علت عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمار شاهد و تیمار خراش‌دهی می‌تواند به کوتاه بودن مدت زمان خراش‌دهی مکانیکی مربوط باشد. افزایش جوانه‌زنی بذر پیچک صحرایی با تیمار خراش‌دهی مکانیکی توسط جایاسوریا و همکاران ۲۰۰۸ (Jayasuriya et al., 2008) و علی‌نقی‌زاده و همکاران ۲۰۱۶ (Alinaghizadeh et al., 2016) گزارش شده است. خراش‌دهی مکانیکی با برداشتن موانع جذب آب در پوسته بذر و ضعیف شدن ساختار پوسته باعث خروج ریشه می‌شود (Tigabu and Oden, 2001).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد فراصوت تیمار مناسبی برای افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی گونه‌های تاتوره وپیچک صحرایی نیست.در حالی که تیمارهای رایج شامل سرمادهی طبیعی ومرطوب بهترین تیمار برای غلبه بر خفتگی بذر تاتوره می‌باشند. برای بذرهای پیچک صحرایی تیمار خراش‌دهی مکانیکی به عنوان تیمار رایج شکستن خواب تفاوت معنی داری با شاهد نداشت، با این حال بدلیل روند افزایشی مشاهده شده ناشی از این تیمار پیش‌بینی می‌شود با افزایش شدت و زمان خراش‌دهی مکانیکی بتوان جوانه‌زنی را به طور چشمگیری افزایش داد و امکان بررسی های دقیق‌تر در آزمایش‌های مربوط به جوانه‌زنی و رویش این گونه را فراهم ساخت.

منابع

Reference

Aladjadjiyan, A. 2011. Ultrasonic stimulation of the development of lentils and wheat seedlings. Rom. J. Biophys. 21: 179-188.

Alinaghizadeh, M., M. Khajehhosseini, S.A. Hosseini, and M.H. Rashed Mohasel. 2016. Study of germination and seed dormancy in Chenopodium album, (*Convolvulus arvensis*) and (*Setaria viridis*) in Rafsanjan pistachio gardens. Iran. J. Seed Res. 3: 71-88.

Buhler, D.D., and M.L. Hoffman. 1999. Andersen's guide to practical methods of propagating weeds & other plants. Weed Sci. Soc. Am, Lawrence, Kansas, USA.

Chancellor, R. 1982. Dormancy in weed seeds. Outlook Agric. 11: 87-93.

Chowdhury, M., H. Lim, and H. Bae. 2014. Update on the Effects of Sound Wave on Plants. Res. Plant Dis. 20**:** 1-7.

Da Silva, J.A.T., and J. Dobránszki. 2014. Sonication and ultrasound: impact on plant growth and development. Plant Cell Tissue Organ Cult. 117**:** 131-143.

De Mendiburu, F. 2014. *agricolae*: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.2-1. [Online] Available at http://CRAN.R-project.org/package=agricolae.

Deng, F. 2005. Effects of glyphosate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimsonweed (*Datura stramonium* L.). Pestic. Biochem. Physiol. 82: 16-26.

Fateh, E., H. Noroozi, M. Farbod, and F. Gerami. 2012. Assessment of Fennel (*Foeniculum vulgare*) seed germination characteristics as influenced by ultrasonic waves and magnetic water. Eur. J. Exp. Biol. 2: 662-666.

Goussous, S., N. Samarah, A. Alqudah, and M. Othman. 2010. Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique. Exp. Agric. 46: 231-242.

Hejazirad, Z. 2016. *The study of ultrasound waves pretreatment and electromagnetic on germination of Foeniculum vulgare under conditions of osmotic and salinity stress.* Masters degree in Agroecology, Shahed University. (In Persian, with English Abstract)

Holm, L.G. 1997. World Weeds: Natural Histories and Distribution, John Wiley & Sons, New York, USA.

JayasuriyA.K.G., J.M. Baskin, and C.C. Baskin. 2008. Dormancy, germination requirements and storage behaviour of seeds of Convolvulaceae (Solanales) and evolutionary considerations. Seed Sci. Res. 18: 223-237.

Keshtkar, E., S.K.Mathiassen, M. Aghaalikhani, and P. Kudsk. 2020. Differences in growth, development and innate seed dormancy of susceptible and fenoxaprop-P non-target site resistant black-grass sub-populations. Crop Prot. 129: 105022.

Loddo, D., E. Sousa, R. Masin, I. Calha, G. Zanin, C. Fernández-Quintanilla, and J. Dorado. 2014. Germination response of local Southern European populations of *Datura stramonium* at a range of constant temperatures. Weed Res. 54: 356-365.

Machikowa, T., T. Kulrattanarak, and S. Wonprasaid. 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. Int. J. Agric. Biosyst. Eng. 7(1): 1-3.

Mahmoodzadeh, A., M. Nojavan, and Z. Bagheri. 2005. The effect of different treatments on breaking dormancy and germination of seeds (*Datura stramonium* L.). Iran. J. Biol. 18: 341-349.

Karimmojeni, H., H. Rahimian-Mashhadi, H. Alizadeh, E. Keshtkar, Z. Yaghobi-Ashrafi, and V. Raufirad. 2009. Effect of Environmental Factors and Plant Growth Regulators on breaking dormancy and Stimulation of Germination of *Datura stramonium* Seeds. J. Iran. Crop Sci. 40: 71-79.

Marshall, E.J.P. 2019. Reflections on 14 years as Editor-in-Chief. Weed Res. 59: 1-4.

Mazhari, M., M.R. Tadayon, and A. Tadayon. 2015. Effect of chilling, temperature and light treatments on germination of some weed species. J. Weed Ecol. 3: 23-29.

Miano, A.C., J. Da Costa Pereira, N. Castanha, M.D. Da Matta Júnior, and P.E.D. Augusto. 2016. Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: description of mechanisms and impact on its germination and main components. Sci. Rep. 6: 38996.

Nazari, M., A. Sharififar, and H.R. Asghari. 2014. Medicago scutellata seed dormancy breaking by ultrasonic waves. Plant Breed. Seed Sci. 69: 15-24.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ritz, C., F. Baty, J.C. Streibig, and D. Gerhard. 2015. Dose-Response Analysis Using R. PLoS One. 10: e0146021.

Ritz, C., C.B. Pipper, and J.C. Streibig. 2013. Analysis of germination data from agricultural experiments. Eur. J. Agron. 45: 1-6.

Schütz, W., and G. Rave. 1999. The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (Carex) from various habitats and implications for regenerative strategies. Plant Ecol. 144: 215-230.

Sharififar, A., M. Nazari, and H.R. Asghari. 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants. 2**:** 102-104.

Tigabu, M. and P. Oden. 2001. Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose Albizia species from Ethiopia. Seed Sci. Technol. 29: 11-20.

Weaver, S.E., and W.R. Riley. 1982. The Biology of Canadian Weeds. 53. *Convolvulus arvensis* L. Can. J. Plant Sci. 62: 461-472.

Weinberger, P., and C. Burton. 1981. The effect of sonication on the growth of some tree seeds. Can. J. For. Res. 11: 840-844.

Xiujuan, W., W. Bochu, J. Yi, D. Chuanren, and A. Sakanishi. 2003a. Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum. Colloids Surf. B Biointerfaces. 29: 99-102.

Xiujuan, W., W. Bochu, J. Yi, D. Liu, D. Chuanren, Y. Xiaocheng, and A. Sakanishi. 2003b. Effects of sound stimulation on protective enzyme activities and peroxidase isoenzymes of chrysanthemum. Colloids Surf. B Biointerfaces. 27: 59-63.

Yaldagard, M., S.A. Mortazavi, and F. Tabatabaie. 2008. Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: Optimization of method by the Taguchi approach. J. Inst. Brew. 114**:**14-21.

Yamauchi, Y., M. Ogawa, A. Kuwahara, A. Hanada, Y. Kamiya, and S. Yamaguchi. 2004. Activation of gibberellin biosynthesis and response pathways by low temperature during imbibition of *Arabidopsis thaliana* seeds. Plant Cell. 16**:** 367-378.

Zeidali, E., R. Ghorbani, A. Koochaki, N. Azadbakht, V. Jahanbakhsh, and H. Aghel. 2010. Investigation on the possibility of biological control of *Convolvulus arvensis* weed by plant antagonistic fungi. J. Plant Prot. 24(1): 8-15.