پژوهش‌های بذر ایران/ سال هشتم/ شماره دوم/ ۱۴۰۰/ صفحات: ۱۵۰-۱۳۱

مقاله پژوهشی

# خفتگی بذر: مروری براهمیت، انواع خفتگی و روش‌های رفع آن، با تاکید بر روند پژوهش‌های داخلی در حوزه‌ی خفتگی بذر

حکیمه رحیمی [۱]، محسن ملک [۲]، فرشید قادری‌فر [۳،*]

**چکیده مبسوط**

**مقدمه:** بذرها برای بقا و ماندگاری نیازمند جوانه‌زنی موفق در زمان و شرایط مطلوب می‌باشند. گاهی اوقات حتی در شرایط مطلوب محیطی و ژنتیکی بذر، عدم جوانه‌زنی یا جوانه‌زنی همراه با تأخیر اتفاق می‌افتد که به چنین بذرهایی، بذرهای دارای خفتگی گفته می‌شود. خفتگی بذر می‌تواند آثار مثبت در گریز از شرایط نامطلوب و تضمین بقا در آن محیط داشته باشد. با این حال خفتگی بذر گیاهان زراعی از طریق جلوگیری از جوانه‌زنی، سبب کاهش سبز شدن و کاهش عملکرد می‌شود. در ایجاد خفتگی بذر ترکیبی از عوامل محیطی و عوامل ژنتیکی بذر دخیل است. به طورکلی خفتگی بذر شامل خفتگی فیزیکی، خفتگی فیزیولوژیک، خفتگی مورفولوژیک، خفتگی مورفوفیزیولوژیک و خفتگی چندگانه می‌باشد که جهت رفع خفتگی بذر می‌توان از تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی/شیمیایی، استراتیفیکاسیون سرد و گرم، آبشویی، تیمارهای هورمونی، پس‌رسی، نور و تیمارهای ترکیبی، بسته به نوع خفتگی استفاده کرد. از این رو در این مطالعه با استفاده از مطالعات داخلی انجام شده در زمینه خفتگی بذر در گونه‌های مختلف گیاهی، به شناخت و بررسی انواع خفتگی در گونه‌های مختلف گیاهی پرداخته شده و اطلاعات کلی و کاربردی در این خصوص ارائه شده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه تعداد ۱۶۸ گزارش منتشر شده روی ۲۵۰ گونه گیاهی در ۲۰ سال اخیر که در حوزه‌ی خفتگی بذر گیاهان دارویی، علفهرز، مرتعی، زینتی و زراعی منتشر شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. سپس درصد گیاهان مورد مطالعه و تیره‌های گیاهی و هم‌چنین سهم انواع خفتگی بذر و تیمارهای مناسب جهت رفع خفتگی بذر، تعیین شد.

**یافته‌ها:** در بین گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بیشترین نوع خفتگی مربوط به خفتگی فیزیولوژیک (۵۰ درصد) مشاهده شد و پس از آن خفتگی فیزیکی، خفتگی چندگانه، خفتگی مورفوفیزیولوژیک و کم‌ترین سهم خفتگی در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه مربوط به خفتگی مورفولوژیک (۱/۶۱ درصد) بود. موثرترین تیمارها جهت رفع خفتگی فیزیولوژیک استفاده از تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد، اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم بود. همچنین موثرترین تیمارها برای رفع خفتگی فیزیکی استفاده از تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی و مکانیکی، خراش‌دهی شیمیایی و تیمار نیترات پتاسیم بود. با استناد بر نتایج: جهت رفع خفتگی مورفولوژیک استفاده از تیمارهای دمایی و سپس تیمارهای اسید جیبرلیک و نیترات پتاسیم قابل توصیه است. برای رفع خفتگی مورفوفیزیولوژیک استفاده از تیمارهایی جهت بلوغ بذرهای تمایز نیافته یا تمایز یافته کوچک (رفع خفتگی مورفولوژیک) و هم‌چنین تیمارهایی جهت مقابله با عوامل بازدارنده جوانه‌زنی یا جبران نبود تحریک‌کننده‌های جوانه‌زنی قابل توصیه می‌باشد. همچنین بیشترین تیمار استفاده شده برای رفع خفتگی مورفوفیزیولوژیک با بررسی‌های انجام شده تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد و اسید جیبرلیک بود.

**نتیجه‌گیری:** با شناسایی نوع خفتگی و اعمال تیمارهای مناسب می‌توان جوانه‌زنی گیاهان اقتصادی و ارزشمند را بهبود بخشید.

**واژه‌های کلیدی:** خفتگی بذر، انواع خفتگی، تیمارهای رفع خفتگی بذر

**جنبه‌های نوآوری:**

۱- انواع خفتگی در گونه‌های گیاهی بومی ایران از طریق اطلاعات مطالعات داخلی بررسی و گزارش جامع در خصوص خفتگی بذر برای اولین بار ارائه شد.

۲- اطلاعات کلی و کاربردی در خصوص خفتگی بذر، عوامل مؤثر و روش‌های رفع آن به صورت کاربردی مرور گردید.

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۲] کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج

[۳] دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*رایانامه نویسنده مسئول: farshidghaderifar@gau.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.2.7.3

DOI: 10.52547/yujs.8.2.131

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴)

**مقدمه**

بذر یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی و از طرفی نقطه آغاز و پایان چرخه زندگی بسیاری از گیاهان گل‌دار و در واقع واحد بنیادین تکوین حیات در زندگی گیاهان می‌باشد. استقرار موفق از لحاظ مکانی و زمانی و همچنین توان رویشی گیاهچه‌های جوان بطور عمده توسط حالت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذر تعیین می‌شود. حصول این موفقیت وابسته به نحوه واکنش بذر به محیط و میزان ذخایر غذایی آن بوده که با فراهمی این ذخایر در مراحل اولیه رشد قبل از این‌که گیاهچه‌ها بتوانند به‌عنوان یک موجود اتوتروف و مستقل از منابع انرژی استفاده کنند، موجب بقای گیاهچه می‌شوند (بلک و بیولی[1]، ۲۰۰۰). بذرها به‌منظور رسیدن به بقا و ماندگاری نیازمند جوانه‌زنی و استقرار موفق گیاهچه خود در زمان و مکان مناسب می‌باشند. جوانه‌زنی یک فرآیند فیزیولوژیک و مرتبط با ویژگی‌های بذر است که به‌طورمعمول این فرآیند با جذب آب از محیط اطراف آغاز شده و با خروج ریشه‌چه از محور جنینی پایان می‌یابد (ترابی[2] و همکاران، ۲۰۱۵؛ سلطانی[3] و همکاران، ۲۰۰۶؛ برادفورد[4]، ۲۰۰۲). موفقیت در جوانه‌زنی بذرها وابسته به عوامل مختلفی از قبیل آب قابل دسترس، دمای مناسب، اکسیژن کافی، عدم وجود بازدارنده‌ها و در برخی موارد کمیت و کیفیت نور است. با این وجود در برخی مواقع حتی با مساعد بودن شرایط محیطی و ژنتیکی بذر، در یک دوره مشخص از زمان، بذرها قادر به جوانه‌زنی نمی‌باشند که به چنین بذرهایی، بذرهای دارای خفتگی[5] گفته می‌شود. البته در بذرهایی که درنهایت جوانه می‌زنند هم ممکن است خفتگی به‌صورت تأخیر در تکمیل جوانه‌زنی، ظاهر شود (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین خفتگی می‌تواند هدف نهایی بذر که همان بقا و ماندگاری در طبیعت است را در صورت جلوگیری از جوانه‌زنی نابه‌هنگام در شرایط و محیط نامناسب با خطر انقراض مواجه کند را، تضمین کند. به بیان دیگر خفتگی می‌تواند آثار مثبت و قابل قبولی را در گریز از شرایط نامناسب جوانه‌زنی برای بذرها در طی فصول مختلف از سال مهیا نماید و موجب تداوم و پایداری گونه در آن محیط شود. با این حال خفتگی گیاهان زراعی با جلوگیری از جوانه‌زنی تحت تأثیر عوامل بازدارنده، موجب کاهش سبز شدن و درنهایت حصول عملکرد نامناسب می‌گردد (برادفورد، ۲۰۰۴؛ بنچ-ارنولد و ردولف[6]، ۲۰۰۴).

بذر در شرایط خفتگی با داشتن رطوبت و سوخت‌وساز بسیار ناچیز در مقایسه با یک گیاه تازه سبز شده که به شرایط خشکی و دما حساس است، شانس بیشتری برای حفظ گونه و بقا دارد. در شرایط خفتگی، بذرها زنده اما از نظر جوانه‌زنی غیرفعال هستند. خفتگی می‌تواند در بذر بسیاری از گونه‌های زراعی و وحشی وجود داشته باشد و مختص گونه خاصی نمی‌باشد. بذرهای دارای خفتگی می‌توانند به مناطق جغرافیایی گسترده‌تری از طریق پراکنش بذر انتقال پیدا کنند و با مساعد بودن شرایط محیطی در مکان‌های مختلف در طی زمان جوانه بزنند. این ویژگی بیشتر در مناطق خشک که دارای بارندگی کم و بی‌ثبات هستند و همچنین در گیاهان خودرو، مرتعی و جنگلی مشاهده می‌شود و داشتن خفتگی بسیار عمیق از ویژگی‌های گیاهان این مناطق محسوب می‌شود. نکته مهم بدون در نظر گرفتن عوامل و دلایل بروز خفتگی در هر گونه‌ای، نسبی بودن خفتگی است. داشتن خفتگی در یک توده به معنای عدم جوانه‌زنی کل آن توده بذری نیست. نسبی بودن خفتگی راهی برای دوام و پایداری در بانک بذر محسوب می‌شود و امکان جوانه‌زنی در طی زمان را به بذرها می‌دهد (برادفورد، ۲۰۰۴).

در برخی مواقع ممکن است شرایط بذر برای جوانه‌زنی مساعد باشد اما شرایط برای رشد و تبدیل به گیاهچه و استقرار نامناسب باشد که بذر از طریق خفتگی می‌تواند بدون زوال و کاهش کیفیت تا فراهم شدن شرایط مساعد زنده مانده و در شرایط مناسب جوانه‌زده و تولید گیاهچه کند. بذر از طریق وجود مواد بازدارنده در اطراف پوشش خود، توزیع زمانی و مکانی از طریق داشتن سطوح مختلف خفتگی، از مساعد بودن یا نبودن شرایط محیطی آگاه می‌شود. در بسیاری از

[1] Black and Bewley
[2] Torabi
[3] Soltani
[4] Bradford
[5] Dormant seeds
[6] Benech-Arnold and Rodolfo

گونه‌های علف‌هرز داشتن خفتگی از ویژگی‌های اختصاصی و حیاتی برای آن‌ها است. علف‌های هرز به‌واسطه داشتن خفتگی می‌توانند ماندگاری طولانی مدت در بانک بذر خاک داشته باشند و به این طریق بقای اکولوژیک خود را حفظ نمایند. داشتن خفتگی بذرهای علف‌هرز سبب سبز شدن هرساله آن‌ها در مزارع می‌شود و سبب رقابت با گیاه زراعی در دریافت نور، ماده غذایی و غیره خواهد شد (فنر[1]، ۲۰۰۰). البته عملیات کشاورزی به‌موقع با تغییر شرایط خاک بر خفتگی و جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز مؤثر است و اوج جوانه‌زنی علف‌های هرز در مزارع را می‌توان با شخم و تغییر تاریخ کاشت گیاه زراعی تغییر داد (چائوهان[2] و همکاران، ۲۰۰۶)؛ بنابراین با رفع خفتگی بذر علف‌های هرز می‌توان زمان سبز شدن آن‌ها و دمای مطلوب جوانه‌زنی را پیش‌بینی کرد و اقدامات موردنیاز جهت پیشگیری یا کنترل را انجام داد. گیاهان زراعی در مقایسه با گیاهان وحشی یا گیاهانی که سابقه زراعی شدن آن‌ها کمتر است، دارای دوره خفتگی کمتری هستند. خفتگی بذر در گیاهان زراعی به‌طورمعمول صفتی نامطلوب می‌باشد و برای یکنواختی در سبز شدن و رسیدن به بالاترین عملکرد طی برداشت، باید خفتگی بذر آن‌ها قبل از کاشت رفع گردد. در صورت کاشت بذرهای دارای خفتگی، باید از بذر بیشتری جهت کاشت استفاده کرد چون در غیر این صورت درصد جوانه‌زنی بذرها بسیار پایین خواهد بود. گرچه در برخی محصولات از قبیل غلات جهت جلوگیری از جوانه زدن بذرها روی بوته مادری قبل از برداشت و کمک به نگهداری کیفیت بذر، داشتن حدی از خفتگی ضروری می‌باشد (برادفورد، ۲۰۰۴)؛ بنابراین اصلاح‌گران بذر نباید اقدام به حذف کامل خفتگی بذرهای گیاهان زراعی کنند. هم‌چنین در آزمایشگاه‌ها، بذر دارای خفتگی، باوجود فراهم بودن شرایط مساعد باز هم قادر به جوانه‌زنی نمی‌باشد که این فرآیند مانعی پیچیده و مشکل برای محققان تجزیه بذر جهت تحقیق روی گونه‌ای خاص ایجاد می‌کند و برای حل این مشکل باید قبل از شروع آزمایش‌ها، نوع خفتگی بذر را تشخیص داد و سپس با اعمال تیمار مناسب رفع گردد. البته در برخی از گونه‌ها بذرهای دارای خفتگی را می‌توان از روی ظاهر بذر مانند رنگ، اندازه و غیره از بذرهای فاقد خفتگی تا حدودی تشخیص داد که به این نوع روش شناسایی، هترومورفی گفته می‌شود.

خفتگی می‌تواند به بذرها در زمانی که روی گیاه مادری قرار دارند القا شود که این نوع خفتگی سبب تأخیر یا عدم جوانه‌زنی می‌شود و خفتگی اولیه[3] نام دارد. این نوع خفتگی در اکثر گیاهان مشاهده می‌شود. نوع دیگر خفتگی پس از جدا شدن از گیاه مادری و قرارگیری در شرایط نامساعد محیطی مانند دمای بالا، خشکی، کمبود اکسیژن و نبود نور در بذرها القا می‌شود. این نوع خفتگی بسته به این‌که در بذرهای فاقد خفتگی اولیه یا پس از رفع خفتگی اولیه و قرارگیری در شرایط نامساعد محیطی به بذرها تحمیل شود، به ترتیب خفتگی القایی[4] و خفتگی ثانویه[5] نام دارند (باتلا[6] و همکاران، ۲۰۰۴). در برخی از گونه‌ها ممکن است پس از جدا شدن از گیاه مادری هردو نوع خفتگی به‌صورت هم‌زمان وجود داشته باشند. به‌طورکلی عوامل مؤثر بر ایجاد خفتگی مجموعه‌ای از اثرات محیطی و همچنین صفات ژنتیکی گیاهان می‌باشد (باسکین و باسکین[7]، ۲۰۰۴). عوامل محیطی مؤثر بر ایجاد خفتگی بذر در ادامه به صورت خلاصه ارائه شده است.

**نور:** واکنش جوانه‌زنی و خفتگی بذرها به نور خود به عوامل مختلفی از جمله میزان تشعشع (شدت نور)، طول روز (کمیت نور) و کیفیت نور وابسته است. خفتگی بذر معمولاً با شدت نور در دوره نمو رابطه مستقیم دارد. یکی از دلایل آن افزایش موادی است که نقش کلیدی در این اتفاق را دارند. همچنین افزایش شدت نور می‌تواند موجب تقویت اندام‌هایی از بذر شود که گسترش آن‌ها موجب تأخیر در جوانه‌زنی می‌گردند. به عنوان مثال با افزایش تشعشع، فعالیت‌های فتوسنتزی بالا رفته و بافت‌های پوششی احاطه‌کننده بذر ضخیم‌تر شده و مانع جوانه‌زنی می‌شود. گیاهان همچنین به طول

[1] Fenner
[2] Chauhan
[3] Primary dormancy
[4] Induced dormancy
[5] Secondary dormancy
[6] Batlla
[7] Baskin and Baskin

روز واکنش نشان می‌دهند که بر این اساس به سه دسته روزبلند، روزکوتاه و روزخنثی تقسیم می‌شوند. گیاهان روزبلند بیش‌ترین میزان خفتگی را دارند و پس از آن گیاهان روزخنثی خفتگی بیشتری نسبت به گیاهان روزکوتاه دارند. این امر ناشی از اثرات متقابل فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه با محیط اطراف می‌باشد که از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به نقش طول روز بر فعالیت‌های هورمونی گیاه اشاره کرد. ازطرفی درخصوص تأثیر کیفیت نور؛ بذرها عموماً در مراحل نمو و رسیدگی اگر نور قرمز دریافت کنند خفتگی کمتری دارند اما اگر نور قرمز دور دریافت کنند خفتگی افزایش می‌یابد. به‌طورکلی میزان نور قرمز از بالای کانوپی گیاه به سمت پایین کاهش می‌یابد و این یک اتفاق مثبت برای تجدید نسل گیاه است؛ زیرا در صورت سبز شدن بذرها در پایین کانوپی به علت عدم نور کافی و نبود فضای کافی موفق به استقرار نمی‌شوند (روبرتو و همکاران، ۲۰۰۴).

**دما:** در نواحی گرم به شرط عدم محدودیت آب، خفتگی بذر با دما تنظیم می‌شود. درجه حرارت بالا در طول دوره رسیدگی، خفتگی بذر را کاهش می‌دهد و نوعی پس‌رسی اتفاق می‌افتد؛ البته اثر دما بر میزان خفتگی بذر بسته به اینکه در چه زمانی اعمال شود متفاوت است. هرچه دما افزایش یابد به طبع آن سرعت پس‌رسی نیز افزایش می‌یابد. در مقابل پس از ریزش یا پراکنش بذر، دماهای بالا بطور عمده به عنوان بازدارنده‌های جوانه‌زنی تلقی شده و از طرفی می‌توانند نوعی از خفتگی ثانویه یا القایی را در بذرها به وجود بیاورد (باسکین و باسکین، ۱۹۷۷؛ کروک و بنچ-آرنولد[1]، ۱۹۹۸).

**تنش خشکی:** با افزایش تنش خشکی خفتگی برخی بذرها افزایش و در برخی از بذرها کاهش می‌یابد. عکس‌العمل گیاهان در برابر تنش خشکی به علت شدت تنش و هم‌چنین عوامل ژنتیکی می‌باشد. به‌طورکلی رابطه‌ای تنگاتنگ بین شوری و خشکی وجود دارد. جوانه‌زنی و رفع خفتگی، تابعی از غلظت املاح و میزان بارندگی و تأثیر متقابل این موارد روی بذر می‌باشد (شاهمرادی[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

**عناصر غذایی:** یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیتروژن است. زمانی که غلظت مورد نیاز این عنصر تأمین شود خفتگی بذر کاهش می‌یابد و جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. با کمبود مواد غذایی، ترشح مواد بازدارنده افزایش می‌یابد که موجب افزایش خفتگی بذر می‌شود. نکته قابل‌توجه در این خصوص این است که عناصر غذایی زمانی اثر مثبت بر جوانه‌زنی دارند که محدودیت رطوبتی وجود نداشته باشد (کارسن و هیلهورست[3]، ۱۹۹۲؛ ولیشوورز و بوم میستر[4]، ۲۰۰۱).

**سن گیاه مادری:** سن گیاه تولیدکننده بذر از عوامل مؤثر در جوانه‌زنی یا عدم جوانه‌زنی بذرهای تولیدشده می‌باشد. قاعده کلی در رابطه با سن گیاه این است که با افزایش سن در زمان تشکیل بذر، جوانه‌زنی بذرها در طی فصل رشد بعدی کاهش می‌یابد. به‌طورکلی گیاهانی که سن بالاتری دارند، بذر تولیدی آن‌ها دارای خفتگی بیشتری می‌باشد؛ درعین‌حال بذرهای تازه تولیدشده از گیاهان جوان خفتگی کمتری دارند و دارای ویگور بالاتری می‌باشند (والریانی و تیلبرگر[5]، ۲۰۰۶).

**موقعیت بذر روی گیاه مادری:** موقعیت بذرها روی گیاه مادری می‌تواند روی جوانه‌زنی و خفتگی بذرها در فصل رشد بعدی آن‌ها تأثیر داشته باشد. به گونه‌ای که بذرهای بالای کانوپی به دلیل اینکه نور قرمز کافی دریافت می‌کنند خفتگی کمتری دارند و بذرهای موجود در پایین کانوپی گیاه به دلیل عدم دریافت نور قرمز کافی جهت جوانه‌زنی خفتگی بیشتری دارند (لو[6] و همکاران، ۲۰۱۷؛ وانگ[7] و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسپادالر و گومز[8]، ۲۰۰۱).

**اکسیژن ($O_2$):** در اکثر بذرها میزان جوانه‌زنی تابعی از میزان دسترسی به اکسیژن است. اگر به هر دلیلی بذر نتواند اکسیژن مورد نیاز فرآیندهای هوازی خود را تأمین کند جوانه‌زنی با اختلال روبرو شده و منجر به خفتگی بذر می‌شود. خفتگی در شرایط عدم

[1] Kruk and Benech-Arnold
[2] Shahmoradi
[3] Karssen and Hilhorst
[4] Vleeshouwers and Bouwmeester
[5] Valleriani and Tielborger
[6] Lu
[7] Wang
[8] Espadaler and Gomez

مقدار مناسب اکسیژن حتی می‌تواند یک ویژگی مثبت در جوامع گیاهی به حساب بیاید زیرا خفتگی ثانویه در این بذرها را به تعویق می‌اندازد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱).

**دی اکسید کربن ($CO_2$):** با توجه به فعالیت تنفسی بذر و تولید گاز دی اکسید کربن که بدون توجه به حضور اکسیژن در محیط خود می‌تواند منجر به اختلال در تنفس شود. اسیدی شدن محیط درون‌سلولی به‌خصوص در صورت بالا بودن رطوبت بذر مشکلی است که می‌توان به عنوان عاملی در ایجاد خفتگی یاد کرد که این مورد همبستگی شدیدی با غلظت دی‌اکسید کربن در دسترس بافت‌های بذر می‌باشد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ باسکین و همکاران، ۲۰۰۰).

## انواع خفتگی بذر

برای تعیین نوع خفتگی بذرها به یک سری اطلاعات کلیدی نیاز است (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱). ۱) آیا جنین بذر تمایز یافته است؟ ۲) آیا بذرها نسبت به آب نفوذپذیر هستند؟ ۳) آیا بذرهای تازه برداشت شده قادر به جوانه‌زنی هستند یا تیمارهای رفع خفتگی نیاز دارند؟ ۴) آیا جنین بذر قبل از وقوع جوانه‌زنی رشد می‌کند؟ بر این اساس در ادامه یک طبقه‌بندی کلی از انواع خفتگی ارائه شده است (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ ۲۰۰۸).

**خفتگی ناشی از پوسته بذر**[1]: این نوع خفتگی به دلیل وجود یک یا چند لایه سلول‌های نردبانی نفوذناپذیر به آب در پوشش بذر (میوه) ایجاد می‌شود که از طریق جلوگیری از جذب آب به بذر و جذب آن توسط جنین و ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسید کربن از بذر، مانع خروج ریشه‌چه از بذر و تکمیل جوانه‌زنی بذر می‌گردد. این نوع خفتگی بیشتر در نهاندانگان مشاهده می‌شود (باسکین و همکاران، ۲۰۰۰).

**خفتگی مورفولوژیک**[2]: این نوع بازدارندگی جوانه‌زنی در گونه‌هایی که قبل از بلوغ مورفولوژیکی از بوته مادری جدا می‌شوند اتفاق می‌افتد. در بذرهای با خفتگی مورفولوژیک، جنین خفتگی فیزیولوژیک ندارد. در این نوع خفتگی ممکن است جنین‌ها تمایز یافته[3] (جنین دارای اندام‌های قابل تشخیص) اما توسعه نیافته[4] نیافته[4] (بذر دارای جنین کوچک است) باشند و همچنین نوع دیگر ممکن است جنین تمایز نیافته باشد. در خفتگی مورفولوژیک جنین به پیش‌تیمارهای رفع خفتگی نیاز ندارد، اما برای جوانه‌زنی نیازمند ۲-۱ هفته زمان در شرایط مطلوب نیاز دارد تا جنین رشد کند (پس‌رسی) که این دوره با داشتن خفتگی محقق می‌شود (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ ۲۰۰۸).

**خفتگی فیزیولوژیک**[5]: بذرهای دارای خفتگی فیزیولوژیک جنین تمایزیافته و کاملاً توسعه یافته دارند ولی یک عامل بازدارنده فیزیولوژیکی از جوانه‌زنی ممانعت می‌کند. خفتگی فیزیولوژیک به علت حضور مواد بازدارنده یا نبود مواد تحریک‌کننده جوانه‌زنی یا ترکیبی از هردو در بذر ایجاد می‌شود. مهم‌ترین بازدارنده جوانه‌زنی در بذرها اسید آبسیزیک می‌باشد که بیشتر در پوسته بذر و در بافت‌هایی که با بذر در ارتباط مستقیم هستند وجود دارد. همچنین مهم‌ترین مواد تحریک‌کننده جوانه‌زنی در بذر اسید جیبرلیک می‌باشد. بذرهایی که خفتگی فیزیولوژیک دارند با توجه به شدت سازوکار بازدارندگی، پاسخ به اسید جیبرلیک و نیازمندی‌های آن برای رفع خفتگی متفاوت‌اند. بر این اساس خفتگی فیزیولوژیک دارای سه سطح غیرعمیق، متوسط و عمیق می‌باشد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۴؛ نیکولاوا[6]، ۱۹۷۷).

درخفتگی فیزیولوژیک غیرعمیق، جنین بعد از جدا شدن از بذر معمولاً رشد می‌کند و گیاهچه نرمال تولید می‌کند (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱). بذرهای دارای خفتگی فیزیولوژیک متوسط جنین‌های کاملاً توسعه یافته دارند. جنین پس از جدا شدن از بذر گیاهچه‌های نرمال تولید می‌کند. بذرها نسبت به آب نفوذپذیر هستند اما ساختار پوششی جنین سرعت انتشار آبنوشی یا انتشار اکسیژن را کاهش می‌دهد. نکته قابل توجه اینکه ممکن است اسید جیبرلیک نقشی در افزایش جوانه‌زنی نداشته باشد یا درصورت استفاده متوالی اسید

[1] Seed-coat dormancy
[2] Morphological dormancy
[3] Differentiated
[4] Underdeveloped
[5] Physiological dormancy
[6] Nikolaeva

جیبرلیک و سرمادهی جوانه‌زنی بهبود یابد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱). بذرهایی که خفتگی فیزیولوژیک عمیق دارند جنین کاملاً توسعه یافته و نسبت به آب و گازها نیز نفوذپذیر هستند (نیکولاوا، ۱۹۷۷). تفاوت این سطح از خفتگی فیزیولوژیک با سایر سطح‌های آن در این است که دوره‌های طولانی از تیمارهای رفع خفتگی برای بهبود جوانه‌زنی باید اعمال شود (نیکولاوا، ۱۹۷۷). اگرچه اسید جیبرلیک قادر به رفع خفتگی فیزیولوژیک سطح غیرعمیق و متوسط است اما تاثیری بر رفع خفتگی بذرهای دارای خفتگی فیزیولوژیک عمیق ندارد (نیکولاوا، ۱۹۷۷).

**خفتگی مورفوفیزیولوژیک**[1]: در این نوع خفتگی، جنین تمایز نیافته (خفتگی مورفولوژیک) و همچنین ممکن است با یک سازوکار بازدارنده فیزیولوژیک (خفتگی فیزیولوژیک) نیز در تعامل باشد. بذرها جهت افزایش رشد جنین و حذف سازوکار بازدارنده فیزیولوژیک به یک یا چند پیش تیمار نیاز دارند (باسکین و همکاران، ۲۰۰۰؛ نیکولاوا، ۱۹۷۷). خفتگی مورفوفیزیولوژیک بسته به پاسخ در مقابل تیمارهای رفع خفتگی به ۹ سطح ساده غیرعمیق، پیچیده غیرعمیق، ساده عمیق، ساده متوسط، پیچیده عمیق، پیچیده متوسط، اپیکوتیل ساده عمیق، اپیکوتیل ساده غیرعمیق و دوگانه ساده عمیق تقسیم می‌شود (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ ۲۰۰۸؛ نیکولاوا، ۱۹۷۷).

**خفتگی چندگانه (خفتگی ترکیبی**[2]): این نوع خفتگی در بذرهایی که دارای دو یا چند نوع خفتگی به‌صورت هم‌زمان می‌باشند، مشاهده می‌شود. باید توجه داشت که در طبیعت و هم‌چنین در مزرعه پایان خفتگی بسیاری از بذرها در گرو تأثیر چندین عامل قرار می‌گیرد. برای مثال شایع‌ترین خفتگی چندگانه، ترکیبی از خفتگی فیزیکی و خفتگی فیزیولوژیک می‌باشد (اتروشی[3] و همکاران، ۲۰۰۹؛ شانموگاولی[4] و همکاران، ۲۰۰۷؛ فنچ-ساویج و لوبنر-متزگر[5]، ۲۰۰۶؛ کاسرا[6] و همکاران، ۲۰۰۵؛ باسکین و باسکین، ۲۰۰۴).

[1] Morphophysiological dormancy
[2] Combinational dormancy
[3] Otroshy
[4] Shanmugavalli
[5] Finch-Savage and Leubner-Metzger

## روش‌های رفع خفتگی

روش‌های مختلفی برای رفع خفتگی بذر وجود دارد که بستگی به نوع خفتگی بذر دارد.

**خراش دهی**[7]**:** هر نوع تیمار فیزیکی و شیمیایی که که سبب نرم و قابل نفوذ شدن پوسته سخت بذر شود، خراش دهی گفته می‌شود. در طبیعت عواملی نظیر عبور از دستگاه گوارش حیوانات، لگدکوب شدن، خورده شدن پوسته توسط جوندگان و پرندگان، تأثیر قارچ‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های خاک موجب از بین رفتن پوسته سخت بذرها می‌شود. روش‌های مصنوعی زیادی برای انجام خراش دهی وجود دارد. برای رفع خفتگی ناشی از پوسته بذر یا خفتگی فیزیکی، تیمار خراش دهی به روش‌های مکانیکی و یا شیمیایی قابل استفاده است. برای اعمال خراش‌دهی مکانیکی از ساییدن بذر بین دو تکه کاغذ سمباده، ایجاد شکاف با استفاده از سوهان، میخ یا چاقو، هم‌چنین استفاده از مخلوط شن‌های زبر همراه با بذر می‌توان استفاده کرد. برای اعمال خراش‌دهی شیمیایی از مواد خورنده مانند اسید سولفوریک جهت برداشتن یا نرم شدن پوسته سخت بذر می‌توان استفاده کرد (باسکین و همکاران، ۲۰۰۰).

**دما:** دما دارای نقش دوگانه در جوانه‌زنی است؛ به‌گونه‌ای که موجب از بین بردن و در عین حال القا خفتگی در بذر می‌شود که مرتبط با تغییرات فیزیولوژیک درونی بذر است. پوسته بذرهای سخت، دارای نقاط خاصی هستند که دارای شکنندگی بوده و در اثر تغییرات دما و یا دماهای خیلی بالا دچار شکستگی و نفوذپذیری می‌شود. این روش بیشتر برای رفع خفتگی فیزیکی قابل استفاده است (باسکین و باسکین، ۱۹۷۷).

**حرارت خشک:** یکی از روش‌های رفع خفتگی بذرهای سخت، استفاده از حرارت خشک می‌باشد که باعث کمبود رطوبت پوسته بذر و پریسپرم شده و از طرفی شرایط ورود سریع‌تر گازها و آب به درون بذر را مهیا می‌کند. دمای حرارت برای رفع خفتگی بذرهای گرمسیری و نیمه گرمسیری حدود ۵۰-۴۰ درجه سلسیوس است (باسکین و باسکین، ۱۹۷۷).

[6] Kucera
[7] Scarification

**آب داغ:** این تیمار بیشتر در گیاهان تیره لگوم کاربرد دارد. برای انجام این کار، بذرها در آبی که ۳ تا ۵ برابر حجم بذر است به مدت معین و در دمایی نزدیک به نقطه جوش قرار می‌گیرد. این کار موجب رفع عواملی که مانع از جوانه‌زنی می‌گردند همانند پوسته سخت یا رفع مواد بازدارنده درون بافت پوسته می‌شود (باسکین و همکاران، ۲۰۰۰).

**آتش:** این تیمار همراه با ریسک فراوان است اما یکی از روش‌های کاربردی در طبیعت می‌باشد. نکته قابل ذکر در استفاده از این تیمار توجه به رطوبت بذر است که در صورت خشک بودن بذر بیشترین کارایی مشاهده می‌شود؛ همچنین توجه به اثرات منفی و نابودکننده بر روی بذرهای مرطوب از نکات قابل توجه است. در این مورد ممکن است گرمای آتش و همچنین مواد ثانویه‌ای که از سوختن ناشی می‌شود باعث رفع خفتگی و تحریک جوانه‌زنی شود. به عنوان مثال کاریکین‌ها از مواد ثانویه‌ای هستند که از سوختن بقایای گیاهی تولید شده و در دود یا محلول‌های دودی و همچنین خاکستر ناشی از آتش وجود دارند که با سازوکاری مشابه با سازوکار جیبرلین‌ها موجب تحریک جوانه‌زنی بذرها در برخی گونه‌ها می‌شوند. اثر دود روی جوانه‌زنی محدود به یک یا چند گونه خاص نیست و روی بذر اکثر گیاهان اثر تحریک‌کنندگی دارد (برادفورد، ۲۰۰۲).

**مالچ:** این تیمار باعث تسریع تجزیه میکروبی و نرم شدن پوسته بذر می‌شود. تنها مشکل این روش نیاز به مدت زمان طولانی می‌باشد اما با این وجود از روش‌هایی است که در طبیعت اتفاق می‌افتد.

**اسید:** برخی از مواد شیمیایی ازجمله اسید سولفوریک، اسید کلریدریک، اسید نیتریک، اسید استیک، هیدروکسید سدیم، استون و الکل قابلیت نرم کردن پوسته سخت بذر و قابل نفوذ کردن پوسته نسبت به آب را دارا می‌باشند. غلظت و مدت استفاده از این تیمار بسته به نوع گونه گیاهی متفاوت است (باسکین و همکاران، ۲۰۰۰).

**استراتیفیکاسیون سرد (سرمادهی مرطوب)[1]:** این تیمار بر رفع خفتگی اولیه و ثانویه، خفتگی ناشی از پوسته و جنین و همچنین خفتگی فیزیولوژیک اثر مثبت دارد. دمای مطلوب این تیمار اغلب دمای ۵ درجه سلسیوس است و طول مدت سرمادهی بسته به گونه گیاهی از ۱ تا ۳ ماه متغیر می‌باشد. سرمادهی حساسیت بذرها را به عواملی چون نور، نیترات و اسید جیبرلیک افزایش می‌دهد. همچنین سرمادهی حلالیت اکسیژن در آب را افزایش می‌دهد و باعث می‌شود که نیاز اکسیژن جنین رفع شود و همچنین تعادل بین بازدارنده‌ها و تحریک‌کننده‌ها را به سمت افزایش تحریک‌کننده‌ها در برخی گونه‌ها تغییر می‌دهد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ کشتکار[2] و همکاران، ۲۰۰۹).

**استراتیفیکاسیون گرم (گرمادهی مرطوب)[3]:** قرار دادن بذر در محیطی مرطوب با دمای ۱۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس را گرمادهی می‌گویند. از این تیمار جهت تکمیل بلوغ بذرهای دارای خفتگی فیزیولوژیک ناشی از عدم بلوغ جنین استفاده می‌شود که در این حالت پس از اعمال گرمادهی به یک دوره سرمادهی نیز نیاز است. همچنین از گرمادهی جهت رفع خفتگی ناشی از پوسته نیز می‌توان استفاده نمود (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ ۱۹۷۷).

**نور:** برخی از بذرها برای جوانه‌زنی به نور نیاز دارند که فتوبلاستیک نامیده می‌شوند. برای رفع خفتگی ناشی از نور می‌بایست ابتدا بذرها را در معرض نور قرمز (۶۶۰ نانومتر) قرار داد و سپس در تاریکی و یا نور سفید وادار به جوانه‌زنی نمود. روش دیگر قرار دادن بذرهای آبگیری کرده به مدت ۸ ساعت در معرض شدت نور ۷۵۰ تا ۱۳۴۵ لوکس (لامپ‌های سفید و زرد) است. همچنین در این نوع بذرها استفاده از اسید جیبرلیک نیز مؤثر است؛ زیرا این هورمون می‌تواند با استفاده از سازوکارهای فیزیولوژیکی وابستگی جوانه‌زنی به نور را کاهش یا از بین ببرد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ برادفورد، ۲۰۰۲).

[1] Cold Stratification
[2] Keshtkar
[3] Warm stratification

**مواد شیمیایی و هورمون‌های تحریک‌کننده جوانه‌زنی:** از مواد شیمیایی مختلفی ازجمله اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم، کینیتین، تیواوره و همچنین پراکسید هیدروژن، هیپوکلریت سدیم، اتیلن و سایتوکینین می‌توان به عنوان تحریک‌کننده جوانه‌زنی و رفع خفتگی استفاده کرد. نکته قابل‌توجه غلظت و مدت استفاده از این مواد است که بسته به نوع خفتگی و گونه گیاهی متفاوت است. از این روش برای رفع خفتگی فیزیولوژیک و خفتگی ترکیبی استفاده می‌شود و همچنین می‌تواند در رفع خفتگی‌های ناشی از جنین همانند خفتگی مورفولوژیک با تسریع در فرایند تمایز بافت‌های ضروری مؤثر باشد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ رحیمی و همکاران، ۲۰۱۷).

**آبشویی:** این روش جهت رفع خفتگی بذرهایی که دارای مواد بازدارنده جوانه‌زنی بر روی پوسته خود می‌باشند مناسب است. به این ترتیب که بذرها را می‌توان در آب قرار داد یا اینکه بذرها را در آب جاری شست تا مواد بازدارنده از بین بروند. مدت زمان برای اعمال این تیمار بستگی به گونه گیاهی دارد (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ بلک، ۲۰۰۰).

**پس‌رسی**[1]: سازوکارهای فعال در فرآیند پس‌رسی بطور کلی پیچیده هستند و تاکنون اطلاعات دقیق از چگونگی فرایندهای سلولی که طی پس‌رسی موجب رفع خفتگی بذر می‌شود، موجود نیست. در این روش بذر خشک را در دمای خاصی قرار داده تا خفتگی بذر رفع شود. برای اعمال پس‌رسی، رطوبت بذر را باید به یک حد معین رساند. پس‌رسی بیشتر برای رفع خفتگی بذرهای دارای جنین نارس به کار برده می‌شود تا قبل از جوانه‌زنی به بلوغ کامل برسند (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ باسکین و باسکین، ۱۹۷۷).

**ترکیب چند عامل:** بذر برخی از گونه‌های گیاهی بیش از یک نوع خفتگی دارند و ممکن است در برابر یک نوع تیمار پاسخ مثبت نشان ندهد. در این صورت استفاده از بیش از یک نوع تیمار به صورت هم‌زمان یا متوالی جهت رفع خفتگی نیاز است (باسکین و باسکین، ۲۰۰۱؛ بلک، ۲۰۰۰).

[1] After- ripening

با توجه با آنچه در خصوص اهمیت خفتگی بذر ذکر شد، درک سازوکارهای خفتگی در بذرها و شناخت روش‌های رفع آن ضروری به نظر می‌رسد. چراکه می‌توان علی‌رغم گریز از اثرات منفی آن مانند ظهور علف‌های هرز و کاهش بهره‌وری محصولات زراعی از اثرات مثبت آن ازجمله حفظ بقای گونه‌های با ارزش و همچنین استفاده در انبارداری بهینه بذرها بهره برد. درنهایت، خفتگی بذر یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بذر می‌باشد که توجه و شناخت عوامل مؤثر بر آن می‌تواند موجب بهره‌وری اکولوژیکی، زراعی و اقتصادی از گونه‌های گیاهی شود. از این رو در این مطالعه با استفاده از مطالعات داخلی انجام شده در زمینه خفتگی بذر در گونه‌های مختلف گیاهی، سعی بر آن شده است که به شناخت و بررسی انواع خفتگی در گونه‌های مختلف گیاهی پرداخته شده و اطلاعات کلی و کاربردی در این خصوص ارائه شود.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۱۶۸ گزارش داخلی منتشر شده روی ۲۵۰ گونه گیاهی در ۲۰ سال اخیر که در حوزه‌ی خفتگی بذر مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور بررسی و مقایسه گزارش‌های منتشر شده، ابتدا مقالات بر اساس سال نشر و سپس گونه یا گونه‌های مورد مطالعه در هر گزارش بر اساس تیره گیاهی مرتب شدند . سپس گونه‌های مورد مطالعه، از لحاظ کاربردی به گروه‌های مختلف دارویی، علف‌هرز، مرتعی، زینتی و زراعی تقسیم‌بندی شدند. لازم به ذکر است در این بخش ملاک تخصیص گونه‌های گیاهی به هر گروه، اشاره و تاکید محققان بر آن بوده است (جدول ۱). برای مثال گیاه آنغوزه در کشور ما جزو گیاهان مرتعی است که کاربرد دارویی فراوانی نیز دارد، از این رو تاکید نویسندگان به کاربرد این گیاه (دارویی یا مرتعی) و نحوه ارائه هدف از پژوهش نویسندگان ملاک دسته‌بندی آن در این بخش بوده است. در ادامه به منظور کمی‌سازی داده‌ها ابتدا دسته بندی‌هایی مختلف که در هر شکل ارائه شده است صورت گرفت و بر اساس وجود یا عدم وجود (۰ یا ۱) صفت مورد نظر (به‌عنوان مثال نوع خفتگی یا روش‌های رفع خفتگی) در مطالب و نتایج

ارائه شده توسط محققان، کمی‌سازی داده‌ها صورت گرفته و در نهایت به کمک نرم‌افزار Excel 2017 محاسبات انجام و شکل‌ها رسم شد.

## نتایج و بحث

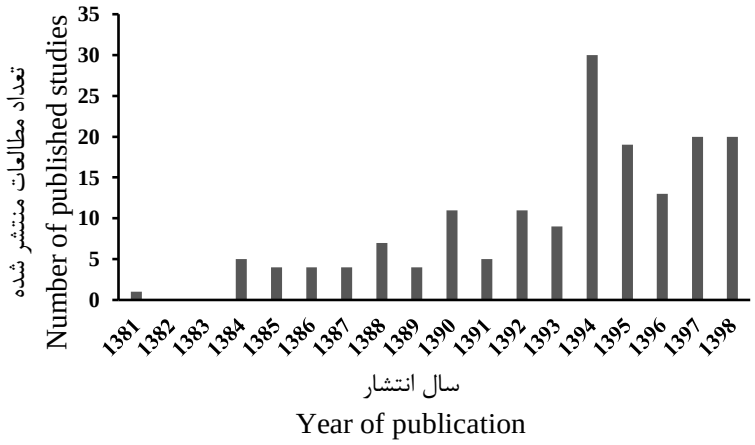
همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود اولین مطالعات که به‌صورت ویژه به مبحث خفتگی بذر پرداختند مربوط به سال ۱۳۸۱ بوده و پس از آن توجه به این حوزه‌ی از علوم بذر در حال افزایش بوده است. همچنین بیشترین تعداد گزارش‌های منتشر شده مربوط به سال ۱۳۹۴ بود (شکل ۱).

**جدول ۱.** اسامی گیاهان مورد بررسی در گزارش‌های منتشر شده در حوزه‌ی خفتگی بذر.

**Table 1.** Names of the plants studied in published reports on seed dormancy.

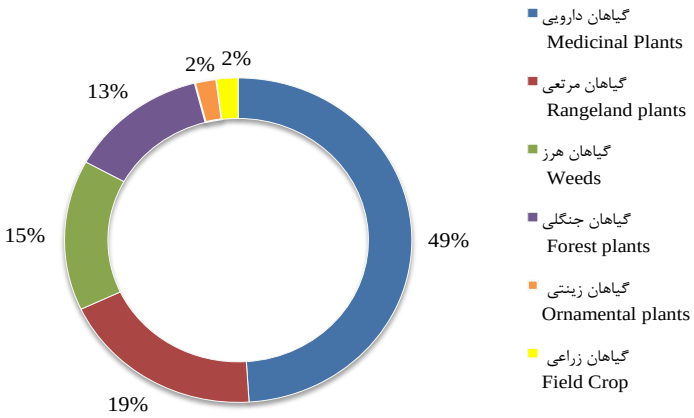
| اختصار نام نویسندگان Abbreviation of authors' names | سال Year | نام گیاه Plant name | اختصار نام نویسندگان Abbreviation of authors' names | سال Year | نام گیاه Plant name | اختصار نام نویسندگان Abbreviation of authors' names | سال Year | نام گیاه Plant name |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رحمانپور و نساج | 1381 | پیچ اناری گل درشت | روحی و رفیعی | 1392 | بادام بادامک | چراغی و همکاران | 1395 | کلخونک |
| رحمانپور و نساج | 1381 | جوالدوزک | روحی و رفیعی | 1392 | بادام تنگرس | شریفی و همکاران | 1395 | آوندول |
| رحمانپور و نساج | 1381 | سروشیرازی | روحی و رفیعی | 1392 | بادام تلخ | شریفی و همکاران | 1395 | خارپنبه |
| رحمانپور و نساج | 1381 | زیتون تلخ | ظفریان و هوشمند | 1392 | کرفس کوهی | شریفی و همکاران | 1395 | گل سگ زبان |
| رحمانپور و نساج | 1381 | سرو خمره‌ای | کارگر و همکاران | 1392 | علف قناری | شریفی و همکاران | 1395 | علف مار |
| پوراسماعیل و شریفی | 1381 | زیره سیاه | مکی زاده تفتی و فرهودی | 1392 | کرفس کوهی | شریفی و همکاران | 1395 | سنبل بیابانی |
| اعتضاعی جمع و همکاران | 1384 | گندم نان | امیرزاده گرو و امیدی | 1392 | هندوانه ابوجهل | شریفی و همکاران | 1395 | موسیر |
| قاسمی پیربلوطی و همکاران | 1384 | آویشن دنایی | عموآقایی | 1392 | قیچ | شریفی و همکاران | 1395 | گل ختمی |
| رحمانپور و همکاران | 1384 | سریش زرین | نبئی و همکاران | 1392 | باباآدم | شریفی و همکاران | 1395 | مورد |
| کوچکی و عزیزی | 1384 | کلپوره | پالیزدار و همکاران | 1393 | درختچه پر | شریفی و همکاران | 1395 | شیرین بیان |
| محمودزاده و همکاران | 1384 | تاتوره | تیموی و همکاران | 1393 | کیکم | شریفی و همکاران | 1395 | ترشک |
| عموآقایی | 1385 | کما | رضائی چیانه و همکاران | 1393 | البنج مشبک | شریفی و همکاران | 1395 | روناس |
| فرهودی و همکاران | 1385 | روناس | خیاط مقدم و همکاران | 1393 | گون سفید | شریفی و همکاران | 1395 | خارخسک |
| مکی زاده تفتی و همکاران | 1385 | روناس | رستمی و توکل افشاری | 1393 | باریجه | یوسف آبادی و همکاران | 1395 | سس زراعی |
| مکی‌زاده تفتی و همکاران | 1385 | اکیناسه | رفیعی الحسینی و همکاران | 1393 | شیرین بیان | رهباریان و همکاران | 1395 | شاهتره |
| مکی‌زاده تفتی و همکاران | 1385 | مورد | فرهودی و مکی زاده تفتی | 1393 | گزخوانسار | آقابابانژاد | 1396 | لاله واژگون |
| نصیری | 1385 | نمدار | محمودی وهمکاران | 1393 | آکاسیا | رادسریان و همکاران | 1396 | زالزالک گرجی |
| رجبیان و همکاران | 1386 | آنغوزه | پرمون و همکاران | 1393 | ماریتیغال | شجاعیان و همکاران | 1396 | سس |
| رحمانپور و همکاران | 1386 | سریش طناز | شاهمرادی و همکاران | 1393 | جووحشی | شریفی و همکاران | 1396 | آنغوزه |
| ساسانی و همکاران | 1386 | زیره سیاه | تیموی و همکاران | 1394 | دیوآلبالو | شریفی و همکاران | 1396 | باریجه |
| پیربلوطی و همکاران | 1386 | زوفا | محمودی وهمکاران | 1394 | کهور | شریفی و همکاران | 1396 | کرفس کوهی |
| پیربلوطی و همکاران | 1386 | آویشن دنایی | احمدلو وهمکاران | 1394 | زالزالک ایروانی | شریفی و همکاران | 1396 | زیره سیاه |
| پیربلوطی و همکاران | 1386 | بادیان رومی یا انیسون | احمدی و همکاران | 1394 | باریجه | فرخی و همکاران | 1396 | شاهتره |
| پیربلوطی و همکاران | 1386 | بومادران | اسعدی و حشمتی | 1394 | آویشن خراسانی | ملاشاهی و همکاران | 1396 | نمدار |
| پیربلوطی و همکاران | 1386 | کلوس | اسعدی و حشمتی | 1394 | آویشن شیرازی | ملاشاهی و همکاران | 1396 | اقاقیا |
| حاتمی مقدم و زینلی | 1387 | گاوپنبه | اسماعیلی شریف و همکاران | 1394 | بارانک ایرانی | یزدانی پور و همکاران | 1396 | گل گندم مرهمی |
| طویلی و همکاران | 1387 | دم گاوی | پارسا و همکاران | 1394 | باریجه | رحیمی و همکاران | 1396 | خردل وحشی |
| نصیری | 1387 | کیکم | حسینی و همکاران | 1394 | آلیوم خراسان | رحیمی و همکاران | 1396 | خردل وحشی |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | کاروانکش | حکیمی میبدی و جعفری | 1394 | برگ گندمی باریک | اسکندری و همکاران | 1396 | زالزالک |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | اسکنبیل شن دوست | درویشی و همکاران | 1394 | زیره سیاه | شایان فر و همکاران | 1396 | کلزا |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | اسکنبیل هفت بندی | رستمی پور و همکاران | 1394 | گون مرتعی | صابری و همکاران | 1396 | هندوانه ابوجهل |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | کور یا کبر | رسولی و همکاران | 1394 | گلابی | همتی فر و همکاران | 1396 | زالزالک |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | شب بوی بیابانی | رسولی و همکاران | 1394 | ارژن | افضلی گروه و همکاران | 1397 | انجدان رومی |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | شقایق لوب تیز | رسولی و همکاران | 1394 | ارجنک | بادلی و زارعی | 1397 | سیدالاشجار |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | زنبق صحرایی | رسولی و همکاران | 1394 | هلو | پناهی و ارست | 1397 | باباآدم |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | پرند | زنگوئی و پارسا | 1394 | کما | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | فراسیون |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | وسمه تالشی | شریفی و گلدانی | 1394 | خردل وحشی | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | پونه |
| برزل‌آباد و توکلی | 1387 | اولیله یا سنبله‌ای ارغوانی | شریفی و همکاران | 1394 | گلپر | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | پونه هزاری |
| خانجانی و محمودی | 1388 | تاتوره | شریفی و همکاران | 1394 | کندل کوهی | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | پونه برگدار |
| سلطانی‌پور و همکاران | 1388 | رازیانه | شریفی و همکاران | 1394 | کرفس وحشی | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | پونه شکافته |
| سلطانی‌پور و همکاران | 1388 | مریم گلی جنوبی | شریفی و همکاران | 1394 | چویل | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | پونه کرمانی |
| سلطانی‌پور و همکاران | 1388 | برگ نمدی درختچه‌ای | صالحی و همکاران | 1394 | بیلهر (کندل کوهی) | خواجه حسینی و همکاران | 1397 | ریحان درختی |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاکری و همکاران | 1388 | مریم نخودی | 1394 | طویلی و همکاران | 1394 | گرگ خار | 1397 | سنبله تماشایی |
| مجاب و همکاران | 1388 | کهورک | 1394 | فتاحی و همکاران | 1394 | تاتوره تماشائی | 1397 | مرزه |
| مرادی و اسلامی | 1388 | تاجریزی زرد | 1394 | گنجعلی و همکاران | 1394 | قدومه | 1397 | کاکوتی |
| میرزاده واقفی | 1388 | زالزالک | 1394 | مجاب و همکاران | 1394 | کهورک | 1397 | فندق جنگلی مکش |
| مغانلو و همکاران | 1388 | کمای ایرانی | 1394 | ناصری و طبری کوچکسرایی | 1394 | افرای کرب | 1397 | خوشاریزه |
| آل‌ابراهیم و همکاران | 1389 | تلخه | 1394 | یزدانشناس و همکاران | 1394 | تاج خروس | 1397 | زنبق نمکزار |
| صفائیان و آذرنیوند | 1389 | جاشیر | 1394 | احمدی و همکاران | 1394 | کهورک | 1397 | کیوی رقم هایوارد |
| طویلی و همکاران | 1389 | آموندرون | 1394 | آهنی و همکاران | 1394 | سنجد تلخ | 1397 | تاج خروس وحشی |
| مجنی و همکاران | 1389 | توق | 1394 | سلیمانی و همکاران | 1394 | رازیانه | 1397 | یولاف وحشی |
| ابراهیمی و همکاران | 1390 | بادبر | 1394 | شاهمرادی و همکاران | 1394 | جووحشی | 1397 | پنیربادفنوج |
| زارع و همکاران | 1390 | کاج چلغوزه | 1394 | شریفی و همکاران | 1394 | موسیر | 1397 | کهورک |
| سخاوتی و همکاران | 1390 | محلب | 1394 | شریفی و همکاران | 1394 | روناس | 1397 | پنیرک |
| سری و همکاران | 1390 | نوروزک | 1394 | شمسی و همکاران | 1394 | سلمه | 1397 | بزچره |
| شیرانپور و همکاران | 1390 | گیلاس وحشی | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | آجیلپس | 1397 | کلزای خودرو |
| مکی زاده تفتی و همکاران | 1390 | کور | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | بیدگیاه | 1397 | شبدر قرمز |
| نبئی و همکاران | 1390 | ریواس | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | دم موشی | 1397 | پنجه مرغی |
| هادی و همکاران | 1390 | سنبل ختایی | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | پیچک | 1397 | پنیرباد |
| هادی و همکاران | 1390 | پیرتر | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | ارزن وحشی | 1397 | مشگک |
| هادی و همکاران | 1390 | مامیران | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | گل گندم | 1397 | بلوبری |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | ختمی | 1394 | مظهری و همکاران | 1394 | پنجه مرغی | 1397 | مریم گلی کبیر |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | همیشه بهار | 1394 | ملکی فراهانی و همکاران | 1394 | زیره سبز | 1398 | اقاقیا |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | زیره | 1395 | آخوندی و همکاران | 1395 | مورد | 1398 | کلماتیس اصفهانی |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | تاتوره | 1395 | بازی و مرادی | 1395 | جاشیر | 1398 | کنگر |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | بنگ دانه | 1395 | پیام نور و همکاران | 1395 | سیاه کرکو | 1398 | ارشته خطایی |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | حنا | 1395 | تقی نژاد و همکاران | 1395 | زرشک زرافشان | 1398 | کهورک سوکان |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | خرفه | 1395 | چراغی و همکاران | 1395 | کلخونگ | 1398 | کرفس کوهی |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | گل صابونی | 1395 | کمالی و صادقی پور | 1395 | زیره سیاه | 1398 | ماریتیغال |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | خارمریم | 1395 | ناصری و همکاران | 1395 | کیکم قفقازی | 1398 | گل حسرت |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | خاکشیر | 1395 | نعمتی و همکاران | 1395 | خارمریم | 1398 | پیکل |
| احیایی و خواجه حسینی | 1390 | بابونه گاوی | 1395 | نعمتی و همکاران | 1395 | هندوانه ابوجهل | 1398 | گون سفید |
| چراغی و همکاران | 1390 | گلپر | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | جغجغه | 1398 | کلزا |
| سلطانی‌پور و همکاران | 1390 | قیچ | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | چرخه | 1398 | گل پامچال |
| دهقانپور فراشاه و همکاران | 1391 | مرزنگوش | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | علف مورچه | 1398 | سورگوم |
| طویلی و همکاران | 1391 | گون سفید | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | سلمه تره | 1398 | نمدار |
| لطفی و همکاران | 1391 | تلخه | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | پیچک صحرایی | 1398 | اسفناج |
| طالبی و همکاران | 1391 | دغدغک | 1395 | علی نقی زاده و همکاران | 1395 | دم روباهی سبز | 1398 | کما |
| جزایری و همکاران | 1392 | کنف وحشی | 1395 | نوروزیان و همکاران | 1395 | آنغوزه | 1398 | بارانک لرستانی |
| الوندیان و همکاران | 1392 | مورد | 1395 | احمدلو وهمکاران | 1395 | زالزالک ایروانی | 1398 | لگجی |
| خاکپور و همکاران | 1392 | مریم گلی بنفش | 1395 | بهمنی و همکاران | 1395 | کور آویز | 1398 | کهورک |
| رضوانی و همکاران | 1392 | خردل وحشی | 1395 | پژوهان و همکاران | 1395 | مورد | 1398 | وشاء |
| روحی و رفیعی | 1392 | بادام ارژن | 1395 | پیام نور و کردعلیوند | 1395 | | | |



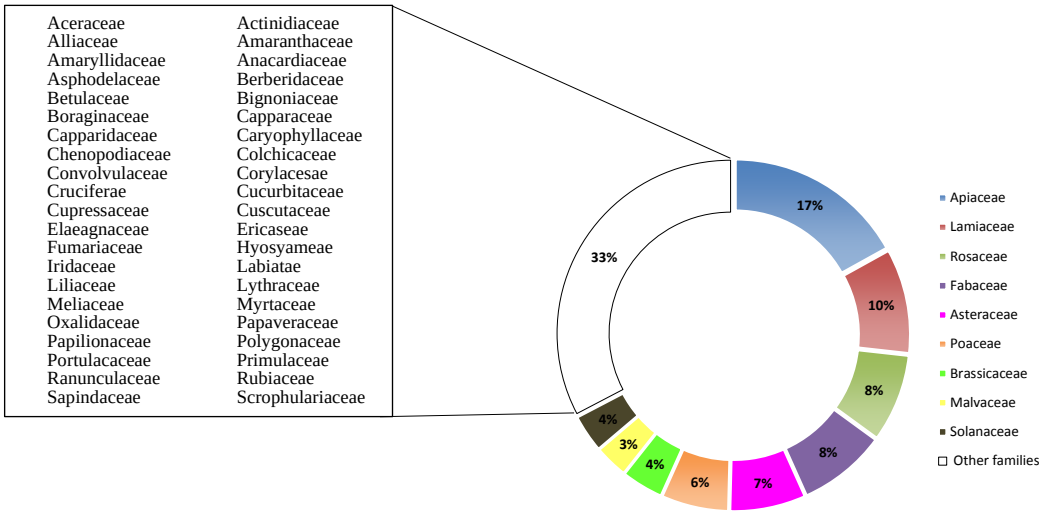

**شکل ۱.** مطالعات منتشر شده در بحث خفتگی بذر طی ۲۰ سال اخیر

**Fig. 1.** Published researches in seed dormancy during the last 20 years



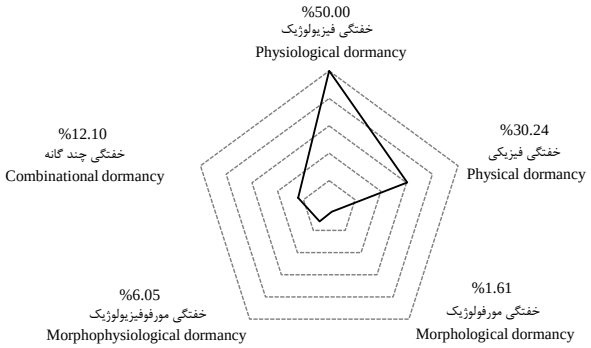

**شکل ۲.** دسته بندی و فراوانی گیاهان منتشر شده در این پژوهش

**Fig. 2.** Categorizarion and abundance of plants published in this study




**شکل ۳.** فراوانی تیره‌های گیاهی مورد مطالعه

**Fig. 3.** The abundance of the studied plant families




**شکل ۴.** سهم انواع خفتگی بذر در بین گونه‌های گیاهی

**Fig. 4.** The share of seed dormancy types among plant species

بیشترین درصد گیاهان مورد مطالعه در این پژوهش مربوط به بذر گیاهان دارویی با میزان ۴۹ درصد و کم‌ترین درصد مربوط به گیاهان زینتی و گیاهان زراعی هر کدام به میزان ۲ درصد بود (شکل ۲). این موضوع نشان‌دهنده اهمیت خفتگی بذر گیاهان دارویی و تلاش برای رفع خفتگی آن‌ها است که اکثر گیاهان دارویی با مشکل جوانه‌زنی بسیار پایین مواجه می‌باشند. همچنین در میان تیره‌های گیاهی بیشترین تیره مورد مطالعه در این پژوهش مربوط به تیره چتریان[1] (۱۷ درصد) و کم‌ترین آن مربوط به تیره پنیرک[2] (۳ درصد) بود؛ ۳۳ درصد از مطالعات نیز مربوط به سایر تیره‌های گیاهی بود (شکل ۳).

با توجه به شکل ۴، در بین گونه‌های گیاهی مورد مطالعه بیشترین نوع خفتگی مربوط به خفتگی فیزیولوژیک (۵۰ درصد) مشاهده شد و پس از آن خفتگی فیزیکی، خفتگی چندگانه، خفتگی مورفوفیزیولوژیک و کم‌ترین سهم خفتگی در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه مربوط به خفتگی مورفولوژیک (۱/۶۱ درصد) بود. در واقع این شکل به بیان این موضوع پرداخته است که در بین گونه‌های گیاهی موجود در کشور سهم انواع خفتگی بذر به طور کلی چه وضعیتی را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۵، در تیره چتریان خفتگی فیزیولوژیک مشهودترین نوع خفتگی و پس از آن خفتگی مورفوفیزیولوژیک مشاهده شد. در تیره نعنائیان[3] خفتگی فیزیولوژیک بیش‌ترین درصد و سپس خفتگی فیزیکی و خفتگی چندگانه نیز مشاهده شد. در تیره باقلائیان[4] خفتگی فیزیکی بیشترین نوع خفتگی می‌باشد و همچنین خفتگی چندگانه و خفتگی فیزیولوژیک نیز به ندرت مشاهده می‌شود. در تیره گلسرخیان[5] خفتگی چندگانه بیشترین نوع خفتگی و سپس خفتگی فیزیولوژیک و کم‌ترین آن خفتگی فیزیکی بود. در تیره کاسنیان[6] خفتگی فیزیولوژیک و خفتگی فیزیکی بیشترین درصد را به خود اختصاص داده بودند. در تیره گندمیان[7] خفتگی فیزیولوژیک بیش‌ترین سهم و سپس خفتگی فیزیکی و کم‌ترین سهم مربوط به خفتگی مورفولوژیک بود. در تیره شب‌بویان[8] خفتگی فیزیولوژیک تنها نوع خفتگی بود. در تیره پنیرک خفتگی فیزیکی و خفتگی چندگانه دیده شده است. در تیره بادمجانیان[9] سه نوع خفتگی فیزیولوژیک، خفتگی فیزیکی و خفتگی چندگانه دیده شد. در سایر تیره‌ها بیشترین نوع خفتگی، خفتگی فیزیکی و سپس خفتگی فیزیولوژیک، خفتگی چندگانه و همچنین خفتگی مورفوفیزیولوژیک و خفتگی مورفولوژیک مشاهده شد.

تیمارهای متنوعی برای غلبه بر خفتگی بذرهای گیاهان تیره چتریان گزارش شده است. کشتکار و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که مؤثرترین تیمار برای رفع خفتگی بذرها در گونه باریجه تیمار شستشو و سرمادهی مرطوب به مدت ۶۰ روز و در گونه آنغوزه، سرمادهی به مدت ۱۴ روز می‌باشد (شریفی[10] و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهش (کشتکار و همکاران، ۲۰۰۹) بر جوانه‌زنی گونه‌های جاشیر و آنغوزه نشان داد که افزودن هورمون اسید جیبرلیک بر جوانه‌زنی هردو گونه مؤثر است. نتایج بررسی (عموآقایی[11]، ۲۰۰۹) بر جوانه‌زنی بذر گیاه کما (*Ferula ovina* Boiss.) نشان داد که خفتگی بذر این گیاه را می‌توان از طریق تیمار سرمادهی مرطوب به مدت ۶ هفته یا تیمار ۴ هفته سرمادهی پس از قرار دادن بذرها در معرض اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۲۴ ساعت برطرف کرد. در تیره نعنائیان نیز برای رفع خفتگی از تیمارهای متنوعی می‌توان استفاده کرد. برای مثال برای رفع خفتگی آویشن خراسانی و آویشن شیرازی به ترتیب از تیمارهای سرمادهی مرطوب به مدت ۲۰ روز و ۱۰ روز استفاده شد (اسعدی و حشمتی[12]، ۲۰۱۵). همچنین برای غلبه بر خفتگی کرفس کوهی تیمار ترکیبی تنظیم‌کننده رشد بنزیل‌آمینوپورین با غلظت

[1] Apiaceae
[2] Malvaceae
[3] Lamiaceae
[4] Fabaceae
[5] Rosaceae
[6] Asteraceae
[7] Poaceae
[8] Brassicaceae
[9] Solanaceae
[10] Sharifi
[11] Amooaghaie
[12] Asaadi and Heshmati

۰/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به عنوان موثرترین تیمار پیشنهاد شده است (ظفریان و هوشمند[1]، ۲۰۱۳). در مطالعه (خواجه حسینی[2] و همکاران، ۲۰۱۸) برای رفع خفتگی مرزه (*Satureja hortensis*) استفاده از تیمار نیترات پتاسیم با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موثرترین تیمار معرفی شده است. در گیاهان متعلق به تیره گلسرخیان نیز از تیمارهای متفاوتی جهت رفع خفتگی استفاده می‌شود از جمله: خفتگی گیاه بارانک لرستانی (*Sorbus luristanica*) که تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانودی‌اکسید تیتانیوم موثرترین روش برای رفع خفتگی این گونه می‌باشد (سیدنا[3] و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین همچنین در گیاه زالزالک ایروانی (*Crataegus pseudoheterophylla* Pojark.) استفاده از تیمار اسید سولفوریک به مدت ۱۲۰ دقیقه همراه با سرمادهی متناوب بهترین راه جهت رفع خفتگی آن می‌باشد (احمدلو[4] و همکاران، ۲۰۱۶). در ارجنگ (*Prunus haussknechtii* Bornm) مناسب‌ترین تیمار استفاده از اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر جهت رفع خفتگی می‌باشد (رسولی[5] و همکاران، ۲۰۱۶). در تیره باقلائیان که اکثراً دارای خفتگی فیزیکی‌اند از تیمارهایی جهت برداشتن پوسته سخت بذر استفاده می‌شود. برای مثال برای رفع خفتگی بذر کهورک استفاده از تیمار ۶۰ دقیقه اسیدسولفوریک مؤثرین تیمار می‌باشد (مجاب[6] و همکاران، ۲۰۱۵). در گیاهان متعلق به تیره کاسنیان نیز جهت رفع خفتگی از تیمارهای متفاوتی استفاده می‌شود. جهت رفع خفتگی گل گندم مرهمی (*Centaurea balsamita* Lam.) استفاده از تیمار اسید جیبرلیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مناسب است (یزدانی‌پور[7] و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین در مطالعه (علی‌نقی‌زاده[8] و همکاران، ۲۰۱۷) جهت رفع خفتگی چرخه (*Launaea acanthodes* Boiss) استفاده از تیمار ۵ هفته سرمادهی مرطوب پیشنهاد شده است. در تیره گندمیان نیز بیشتر از تیمارهایی متنوعی جهت رفع خفتگی فیزیولوژیک استفاده شده است. ازجمله: جهت رفع خفتگی دم‌روباهی‌سبز (*Setaria viridis* L.) استفاده از اسید جیبرلیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مناسب می‌باشد (علی‌نقی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین استفاده از تیمار اسیدسالسیلیک ۳۰۰ میلی‌گرم جهت رفع خفتگی پنجه مرغی پیشنهاد شده است (فخیره و شهریاری[9]، ۲۰۱۸). در تیره شب‌بویان نیز از تیمارهای رفع خفتگی فیزیولوژیک استفاده شده است. برای مثال در خردل وحشی استفاده تیمار اسید جیبرلیک ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر جهت رفع خفتگی پیشنهاد شده است (رحیمی و همکاران، ۲۰۱۷). در تیره پنیرکیان نیز از تیمارهای رفع خفتگی فیزیکی و چندگانه استفاده شده است؛ مثلاً جهت رفع خفتگی گاو پنبه از تیمار ۵ و ۱۰ ثانیه آب جوش و ۲۰ دقیقه غوطه‌وری در اسیدسولفوریک استفاده شده است (حاتمی‌مقدم و زینلی[10]، ۲۰۰۸). همچنین جهت رفع خفتگی کنف وحشی (*Hibiscus trionum*) از تیمار خراش دهی با کاغذ سمباده به مدت ۹ دقیقه استفاده می‌شود (جزایری[11] و همکاران، ۲۰۱۳). در مطالعه (سلطانی‌پور[12] و همکاران، ۲۰۰۹) جهت رفع خفتگی برگ نمدی درختچه‌ای (*Abutilon fruticosum* Guill. et Perr.) از تیمار اسیدسولفوریک به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. در تیره بادمجانیان نیز از تیمارهای مختلف جهت رفع خفتگی استفاده شده است. ازجمله: در مطالعه (خانجانی و محمودی[13]، ۲۰۱۰) بر روی بذرهای تاتوره (*Datura stramonium* L.) از تیمار سرمادهی مرطوب و خراش دهی همراه با سرمادهی مرطوب در دمای متناوب جهت رفع خفتگی استفاده شده است. همچنین برای رفع خفتگی بذر البنج‌مشبک (*Hyoscyamus reticulatus* L.) از تیمار تلفیقی ۲۱ روز سرمادهی و اسید جیبرلیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر

[1] Zafarian and Houshmand
[2] Khajeh-Hosseini
[3] Sayedena
[4] Ahmadloo
[5] Rasouli
[6] Mojab
[7] Yazdanipour
[8] Alinaghizadeh
[9] Fakhire and Shahriari
[10] Hatami Moghadam and Zeinali
[11] Jazayeri
[12] Soltanipoor
[13] Khanjani and Mahmoodi

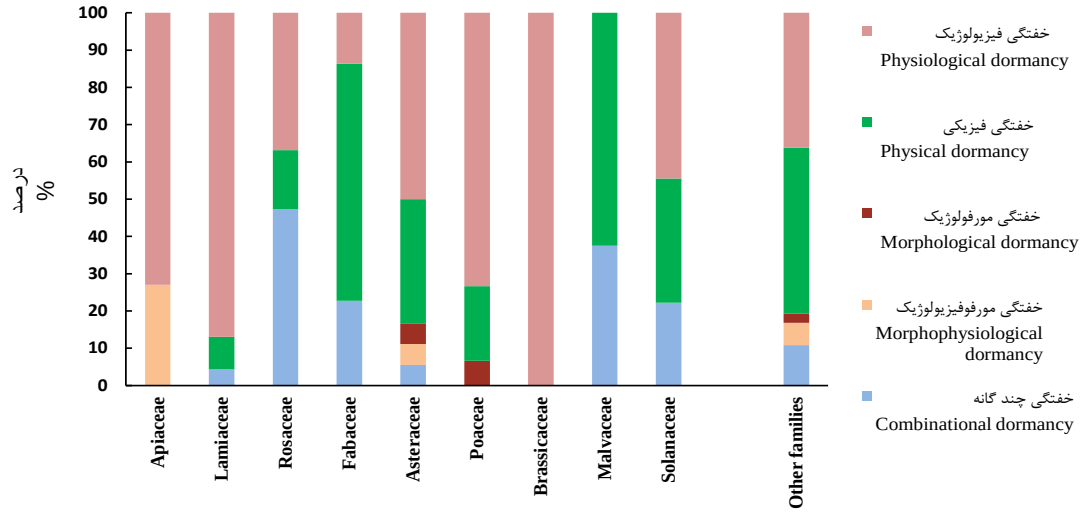
استفاده شده است (رضائی‌چیانه[1] و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین جهت رفع خفتگی سایر تیره‌ها برحسب نوع خفتگی از تیمار متناسب با آن استفاده شده است.

با توجه به شکل ۶، موثرترین تیمارها جهت رفع خفتگی فیزیولوژیک استفاده از تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد، جیبرلیک اسید و نیترات پتاسیم بود که با اعمال این نوع تیمارها تعادل هورمونی به سمت افزایش تحریک‌کننده‌های جوانه‌زنی پیش می‌رود. همچنین موثرترین تیمارها برای رفع خفتگی فیزیکی استفاده از تیمارهای خراش‌دهی فیزیکی/مکانیکی، خراش‌دهی شیمیایی و تیمار نیترات پتاسیم بود؛ زیرا برای فائق آمدن بر خفتگی فیزیکی، برداشتن پوسته سخت بذر و یا نرم و قابل نفوذ کردن پوسته مورد نیاز است. جهت رفع خفتگی مورفولوژیک استفاده از تیمارهای دمایی و سپس تیمارهای اسید جیبرلیک، نیترات پتاسیم منطقی است که به این ترتیب جنین تمایز نیافته یا تمایز یافته کوچک با اعمال این تیمارها به بلوغ جهت شروع جوانه‌زنی و رهایی از خفتگی می‌رسد. البته توجه به این نکته ضروری است که در برخی مواقع جهت رفع خفتگی مورفولوژیک نیاز به تیمارهای رفع خفتگی نمی‌باشد و با قرارگیری بذرها در شرایط مطلوب و در طی پس‌رسی بلوغ بذرها تکمیل شده و خفتگی رفع می‌گردد. برای رفع خفتگی مورفوفیزیولوژیک استفاده از تیمارهایی جهت بلوغ بذرهای تمایز نیافته یا تمایزیافته کوچک (رفع خفتگی مورفولوژیک) و هم‌چنین تیمارهایی جهت مقابله با عوامل بازدارنده جوانه‌زنی یا جبران نبود تحریک‌کننده‌های جوانه‌زنی قابل توصیه می‌باشد. در این مطالعه از تیمارهای استراتیفیکاسیون سرد و جیبرلیک اسید جهت رفع خفتگی مورفوفیزیولوژیک استفاده شده است. هم‌چنین جهت رفع خفتگی چندگانه نیز می‌توان ترکیبی از تیمارهای مختلف را بکار برد که شایع‌ترین نمونه از خفتگی ترکیبی داشتن خفتگی فیزیکی در کنار خفتگی فیزیولوژیک می‌باشد که در این صورت ابتدا باید بر خفتگی فیزیکی غلبه کرد و سپس به دنبال راهی جهت رفع خفتگی فیزیولوژیک بود.

در این مطالعه به بررسی مطالعات انجام شده در حوزه‌ی خفتگی بذر پرداخته شد. در طول بررسی اطلاعات مطالعات منتشرشده به یک اشتباه رایج برخورد شد که لازم است به منظور جلوگیری از تکرار در مطالعات آتی ذکر شود چرا که رعایت این نکات در طراحی، اجرا و تهیه گزارش علمی در مطالعات در حوزه‌ی خفتگی بذر ضروری می‌باشد. مهم‌ترین و رایج‌ترین اشکالی که به درصد قابل توجهی از مطالعات وارد است استفاده از بذرهای سالخورده و غیرتازه در آزمون‌ها بود. همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود در مطالعات بررسی شده ۲۹ درصد از بذرهای غیرتازه گونه‌های گیاهی مختلف استفاده شده است. درصورتی که در مطالعات خفتگی بذر سن بذر به‌عنوان تیمار آزمایشی مورد استفاده قرار نگیرد استفاده از بذرهای غیرتازه کار کاملاً اشتباهی است. همانطور که در این مطالعه هم ذکر شد پس‌رسی یکی از تیمارهای رفع خفتگی در بذرها می‌باشد. این بدین معنا است که هنگامی که بذرها از گیاهان مادری برداشت یا ریخته می‌شوند فرآیندهای فیزیولوژیک در بذرها درحال انجام است و می‌تواند وضعیت خفتگی بذرها بسته به محیط نگهداری دچار تغییرات قابل‌توجهی شود. به عنوان مثال در شکل (۵) طبق اطلاعات منتشر شده توسط محققان شایع‌ترین نوع خفتگی در تیره چتریان خفتگی فیزیولوژیک است درصورتی که طبق اطلاعات منتشر شده در منابع معتبر شایع‌ترین نوع خفتگی در این تیره گیاهی خفتگی مورفوفیزیولوژیک است. از طرفی در شکل (۷) مشاهده می‌شود درصد قابل توجهی از بذرهای غیر تازه که در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است مربوط به این تیره گیاهی می‌باشد. همانطور که می‌دانیم خفتگی مورفوفیزیولوژیک ترکیبی از عوامل مورفولوژیک و فیزیولوژیک هستند. نارس بودن جنین یکی از مهمترین موانع مورفولوژیک برای جوانه‌زنی است که انبارداری یا پس‌رسی بذرها موجب رفع این خفتگی می‌گردد. به‌این ترتیب ممکن است همین مورد دلیل بر نتیجه‌گیری اشتباه در خصوص نوع خفتگی در برخی گونه‌های گیاهی باشد؛ بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آتی که در حوزه‌ی خفتگی بذرها انجام می‌شود از بذرهای تازه گونه‌های گیاهی استفاده شود و یا بذرها

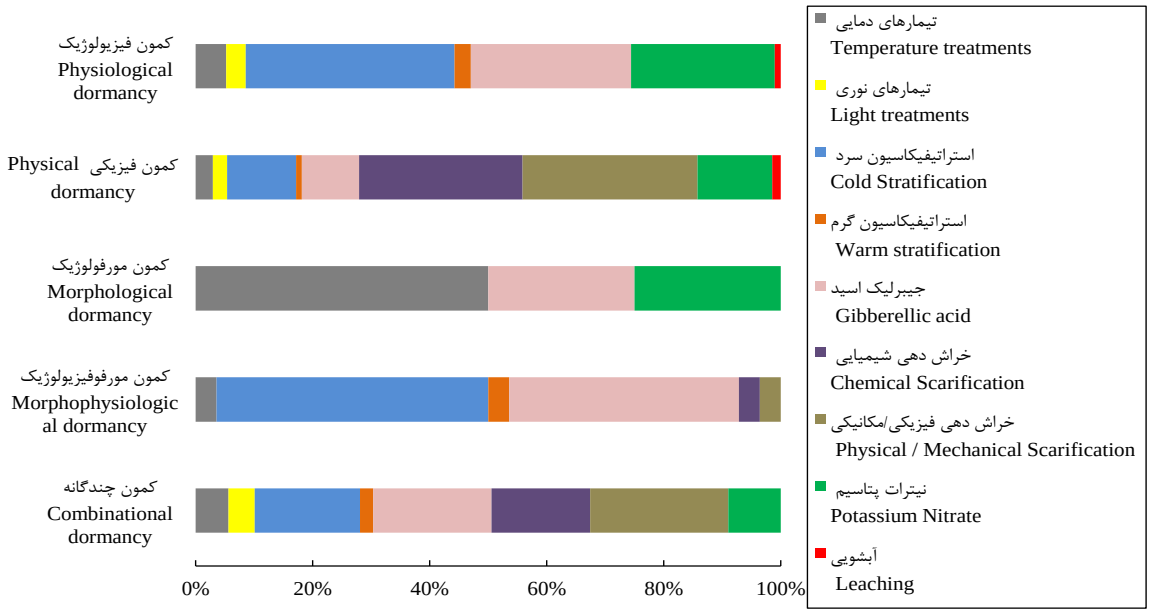
[1] Rezaei-chiyaneh

بلافاصله پس از جمع‌آوری و برداشت در شرایطی نگهداری شوند که وضعیت خفتگی بذرها تغییری نکرده و مانع از نتیجه‌گیری اشتباه در مطالعات شود.



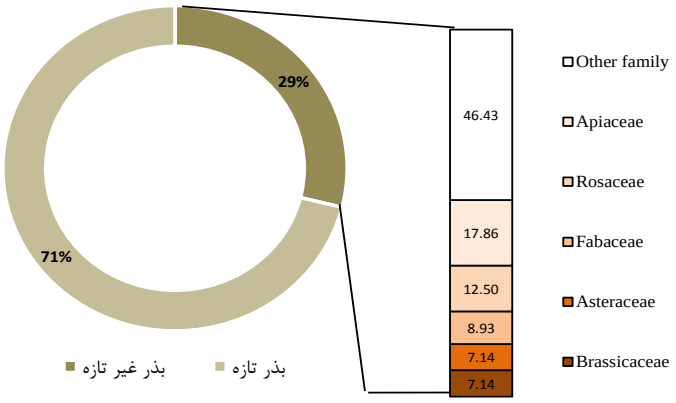

شکل ۳. تنوع و فراوانی خفتگی بذر تیره‌های مختلف گیاهی

**Fig. 5.** Variety and abundance of seed dormancy in different plant families




**شکل ۶.** تیمارهای رفع خفتگی مورد استفاده متناسب با نوع خفتگی

**Fig. 6**. Dormancy elimination treatments applied according to the type of dormancy




**شکل ۷.** درصد بذرهای تازه و غیرتازه گونه‌های گیاهی استفاده شده در مطالعات منتشر شده در حوزه‌ی خفتگی بذر. بذرهایی به‌عنوان بذرهای غیر تازه یا به اصطلاح سالخورده درنظر گرفته شدند که آزمون‌های انجام‌شده درخصوص بررسی وضعیت جوانه زنی و خفتگی بذرها مدت طولانی پس از جمع آوری بذرها انجام شدند.

**Fig. 7.** Percentage of fresh and non-fresh seeds of plant species used in the studies published in seed dormancy field. Seeds on which the tests performed to investigate the germination and dormancy status long time after seed collection were considered as non-fresh or so-called aged.

## نتیجه‌گیری

امروزه جمعیت انسانی به‌سرعت در حال گسترش است. همچنین بدیهی است منابع طبیعی در آینده نه‌چندان دور جوابگوی برآوردن نیازهای بشر نیستند؛ بنابراین در این خصوص راهکار مؤثر استفاده از حداکثر کارایی منابع طبیعی بوده نه استفاده بیشتر با کارایی پایین‌تر. شناخت خفتگی بذر و روش‌های رفع آن حوزه‌ی مهمی در علوم بذر به شمار رفته و این موضوع بیش از پیش توجه محققان را به خود جلب کرده است. اهمیت این موضوع برآمده از اهمیت بذر در کشاورزی بوده که مهمترین نهاده ورودی و تعیین کننده موفقیت در کشاورزی مدرن به شمار می‌رود. در کشور ما در مقایسه با سایر کشورها تاکنون توجه به این حوزه‌ی از علوم بذر پیشرفت لازم را نداشته است اما در مقایسه با سال‌های اخیر پژوهش‌های این حوزه‌ی در حال گسترش هستند. مسلماً توجه به این حوزه‌ی می‌تواند در استفاده هرچه بیشتر منابع طبیعی مؤثر واقع شده و در برآورده کردن نیازهای انسان کمک شایانی کند. در این مطالعه با اشاره به انواع خفتگی و روش‌های رفع آن و همچنین به تصویر کشیدن مطالعات با محوریت خفتگی بذر در کشور، سعی بر آن بود که اهمیت مطالعه در حوزه‌ی علوم بذر بیان گردد و همچنین روند مطالعات در این حوزه‌ی را به‌طوری شرح داد که محققان بتوانند با هدف‌گذاری مناسب موجبات هرچه بیشتر توجه به این موضوع را فراهم کرده و همچنین سمت و سوی هدف‌گذاری‌ها به سمت کاربردی کردن موضوعات در عرصه و قابل کاربرد در کشاورزی کشیده شوند.

## منابع

Ahmadloo, F., Tabari Kouchaksaraei, M., Azadi, P. and Hamidi A. 2016. Improving germination of hawthorn (*Crataegus pseudoheterophylla* Pojark.) seed by potassium nitrate, sulfuric acid and stratification. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 2(1): 254-263. [In Persian with English Summary].

Alinaghizadeh, M., Khajeh-Hosseini, M., Hosseini, S.A. and Rashed Mohasel, M.H. 2017. Study of seed germination and dormancy of *Prosopis farcta* L., *Launaea acanthodes* (Boiss) and *Cressa cretica* L. in pistachio orchards of Rafsanjan. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(2): 199-213. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/yujs.3.2.71

Amooaghaie, R. 2009. The effect mechanism of moist-chilling and GA3 on seed germination and subsequent seedling growth of Ferula ovina Boiss. The Open Plant Science Journal, 3: 22-28. https://doi.org/10.2174/1874294700903010022

Asaadi, A.M. and Heshmati, GH. 2015. The effect of different treatments on seeds dormancy and germination of *Thymus transcaucasicus* Ronn. and *Zataria moltiflora* Boiss. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28(1): 12-22. [In Persian with English Summary].

Baskin, C. and Baskin, J.M. 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego. 150-162.

Baskin, C. and Baskin, J.M. 2008. Some considerations for adoption of Nikolaeva's formula system into seed dormancy classification. Seed Science Research, 18(3): 131-137. https://doi.org/10.1017/S096025850803674X

Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 1977. Role of temperature in the germination ecology of threesummer annual weeds. Oecologia, 30(4): 377-382. https://doi.org/10.1007/BF00399768

Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 1: 1-16. https://doi.org/10.1079/SSR2003150

Baskin, J.M., Baskin, C.C. and Li, X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. Plant Species Biology, 15: 139-152. https://doi.org/10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x

Batlla, D., Kruk, B.C. and Benech-Arnold, R.L. 2004. Modelling changes in dormancy in weed soil seed banks: implications for the prediction of weed emergence. In: Benech-Arnold R.L. and Sanchez R.A. (eds.). Handbook of Seed Physiology. Applications to Agriculture. Haworth Press, Inc., New York. pp: 245-264.

Benech-Arnold, R. and Rodolfo, S. 2004. Handbook of seed physiology: Applications to agriculture. CRC Press.

Benech-Arnold, R.L., Sanchez, V., Forcella, V., Kruk, B.C. and Ghersa, C.M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. Field Crops Research, 67(2): 105-122. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00087-3

Black, M. and Bewley, J.D. 2000. Seed Technology and Its Biological Basis. Crc Press. 399p.

Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 2(1): 248-260. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0248:AOHTTQ]2.0.CO;2

Bradford, K.J. 2004. Seed production and quality. Department of Vegetable Crops University of California. Davis, CA 95616. USA.

Espadaler, X. and Gomez, C. 2001. Female performance in Euphorbia characias: effect of flower position on seed quantity and quality. Seed Science Research, 11(2): 163-172.

Fakhire, S. and Shahriari, A. 2018. Analysis of seed germination characteristics of *Cynodon dactylon* affected by treatments of salicylic acid, gibberellic acid and potassium nitrate. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 1: 127-136. [In Persian with English Summary].

Fenner, M. 2000. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. Wallingford, United Kingdom, CABI Publishing. 410p. https://doi.org/10.1079/9780851994321.0000

Finch-Savage, W. E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phytology. 171: 501-23. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x

Hatami Moghadam, Z. and Zeinali, E. 2008. Investigating the performance of prechilling, and chemical and mechanical scarification treatments on the breaking seed dormancy in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Journal of Crop Production, 1: 17-37.

Jazayeri, S.J., Parsa, S. and Mahmodi, S. and Eslami, S.V. 2013. The effects of mechanichal scarification and GA on Venice mallow (*Hibiscus trionum*). 5th Iranian Weed Science Congress. [In Persian with English Summary].

Karssen, C.M. and Hilhorst, H.W.M. 1992. Effect of chemical environment on seed germination. In: seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities (ed. M. Fenner), pp: 327-348. CAB International, Wallingford, UK.

Keshtkar, H.R., Azarnivand, H. and Atashi, H. 2009. Effect of prechilling and GA3 on seed germination of Ferula assa-foetida and Prangos ferulacea. Seed Science and Technology, 37(2): 464- 468. https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.2.19

Keshtkar, H.R., Azarnivand, H., Etemad, V. and Moosavi, S.S. 2008. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Ferula ovina* and *Ferula gummosa*. Desert, 13(1): 45-51. [In Persian with English Summary].

Khajeh-Hosseini1, M., Rashed-Mohassel, M.H., Mahmoodi. P. and Emamipoor, Y. 2018. Investigation on the germination characteristics and seed dormancy of fourteen medicinal plant species (Lamiaceae family) grown in Kerman Province Iran. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 2: 233-242. [In Persian with English Summary].

Khanjani, M. and Mahmoodi, S. 2010. Effect of different treatments on breaking seed dormancy and germination characteristics of Jimson weed (*Datura stramonium* L.). The 3rd Iranian Weed Science Congress. [In Persian with English Summary].

Kruk, B.C. and Benech-Arnold, R.L. 1998. Functional and quantitative analysis of seed thermal responses in prostrate knotweed (*Polygonum aviculare*) and common purslane (*Portulaca oleracea)*. Weed Science, 46(1): 83-90. https://doi.org/10.1017/S0043174500090214

Kucera, B., Cohn, M.A. and Leubner-Metzger, G. 2005. Plant hormone interaction during seed dormancy release and germination. Seed Science Research, 15(4): 281-307. https://doi.org/10.1079/SSR2005218

Lu, J. J., Tan, D.Y., Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2017. Effect of seed position on parental plant on proportion of seeds produced with nondeep and intermediate physiological dormancy. Frontiers in Plant Science, 8: 147-147. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00147

Mojab, M., Hosseini, M., Zamani, GH., Kohansal, A. and Ebrahimi, E. 2015. Evaluation of different dormancy breaking methods and effects of salt (NaCl) and drought (PEG600) stresses on germination characteristic of mesquite (*Prosopis stephaniana* Willd). Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(1): 101-108. [In Persian with English Summary].

Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. pp. 51-74. in: Khan, A.A. (ed.). Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam, North-Holland.

Otroshy, M., Zamani, A., Khodambashi, M., Ebrahimi, M. and Struik, P.C. 2009. Effect of exogenous hormons and chilling on dormancy breaking of seeds of Asafoetida (*Ferula assafoetida* L). Research Journal of Seed Science, 2(1): 9-15. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.3923/rjss.2009.9.15

Rahimi, H., Torabi, B., Soltani, E. and Ghaderi-Far, F. 2017. Investigation of the process of seed germination of wild mustard (*Sinapis arvensis*) during dormancy elimination. Weed Research Journal, 2: 15-30.

Rasouli, M., Tavakkoli Benizi, R. and Imani, A. 2016. Effect of some chemical and hormonal treatments on breaking of seed dormancy of some Almond species and peach (*Prunus* spp.). Iranian Journal of Horticultural Science, 46(4): 623-635. [In Persian with English Summary].

Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., Banaei Asl, F. and Mahdavikia, H. 2014. Study of effective methods to break seed dormancy of henbane (*Hyoscyamus reticulatus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 2: 246-253. [In Persian with English Summary].

Sayedena, S.V., Pilehvar, B., Abrari-Vajari, K., Zarafshar, M. and Eisvand, H.R. 2019. Effects of $TiO_2$ nanoparticles on germination and primary growth of mountain ash (*Sorbus luristanica*). Iranian Journal of Seed Research, 6(1): 173-184. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/yujs.6.1.173

Shahmoradi, SH., Chaichi, MR., Mozafari, J.D., Mazahheri, D. and Sharif Zadeh, F. 2015. Effects of drought stress on seed dormancy in *Hordeum spontaneum*. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 5: 1028-1042. [In Persian with English Summary].

Shanmugavalli, M., Renganayaki, P.R. and Menaka, C. 2007. Seed dormancy and germination improvement treatments in fodder sorghum [Online]. SAT eJournal. Available at www.semanticscholar.org/paper/seed-dormancy. 1.

Sharifi, H., Khajeh-Hosseini, M. and Rashed-Mohassel, M.H. 2015. Study of seed dormancy in seven medicinal species from Apiaceae. Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 25-36. [In Persian with English Summary].

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 4: 156 - 167. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.04.004

Soltani, E., Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2017. A graphical method for identifying the six types of non-deep physiological dormancy in seeds. Plant Biology, 5: 673-682. https://doi.org/10.1111/plb.12590

Soltanipoor, M.A., Asadpoor, R., Hajebi, A.H., and Moradi, N.A. 2009. Study of pre-treatments on seed germination of *Foeniculum vulgare* L., *Salvia sharifii* Rech. cv. Esfand. and *Abutilon fruticosum* Guill. et Perr. Journal of Research of Medicinal and Aromatic Plants, 25(4): 528-539. [In Persian with English Summary].

Torabi, B., Adibniya, M. and Rahimi, A. 2015. Seedling emergence response to temperature in safflower: measurements and modeling. International Journal of Plant Production, 9(3): 393-412.

Valleriani, A. and Tielbörger, K. 2006. Effect of age on germination of dormant seeds. Theoretical Population Biology, 70(1): 1-9. https://doi.org/10.1016/j.tpb.2006.02.003

Vleeshouwers, L.M. and Bouwmeester, H.J. 2001. A simulation model for seasonal changes in dormancy and germination of seeds. Seed Science Research, 11: 77-92. https://doi.org/10.1079/SSR200062

Wang, A.B., Tan, D.Y., Baskin, C.C. and Baskin, J. M. 2010. Effect of seed position in spikelet on life history of *Eremopyrum distans* (Poaceae) from the cold desert of north-west China. Annals of Botany, 106(1): 95-105. https://doi.org/10.1093/aob/mcq089

Yazdanipour, S., Alizade, H., Nosratti, I. and Bahraminejad, S. 2017. Evaluation the effects of different factors on the seed germination and dormancy-breaking of Knapweed (*Centaurea balsamita* Lam.). Iranian Journal of Weed Science, 2: 89-96. [In Persian with English Summary].

Zafarian, S., Houshmand, S. 2013. Study of effects of time, quantity and application method of benzylaminopurine and gibberellic acid growth regulators on breaking seed dormancy of Kelussia odoratissima M. Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology, 8: 165-176. [In Persian with English Summary].

Iranian Journal of Seed Research, 2022, 8(2): 131-150

Research Article

# Seed Dormancy: A Review on Importance, Dormancy Types and Elimination Methods, with Emphasis on the Trend of Seed Dormancy Research in Iran

**Hakimeh Rahimi[1], Mohsen Malek[2], Farshid Ghaderi-Far[3, *]**

**Extended Abstract**

**Introduction:** Seeds need successful germination at the optimal time and conditions to survive. Sometimes, even in the best environmental and genetic conditions of the seed, they do not germinate or germinate with a delay, which are called dormant seeds. Seed dormancy can have positive effects on avoiding adverse conditions and ensuring survival in the environment. However, dormancy in crop plants reduces emergence and yield by preventing germination. A combination of environmental and seed genetic factors are involved in seed dormancy formation. In general, seed dormancy includes: physical dormancy, physiological dormancy, morphological dormancy, morphophysiological dormancy and combinational dormancy, and physical / chemical scarification treatments, hot and cold stratification, leaching, hormonal treatments, after-ripening, light and combination treatments can be used to eliminate dormancy depending on its type. Therefore, in this study, using domestic studies conducted in the field of seed dormancy in different plant species, identification of dormancy in different plant species and its types have been discussed, and general and practical information in this regard has been provided.

**Materials and Methods:** In this study, 168 reports published on 250 plant species in the last 20 years, which were published in the seed dormancy of medicinal plants, weeds, rangelands, ornamentals and crops were investigated. Then, the percentage of plants studied and their families, as well as the share of different types of seed dormancy and appropriate treatments to for its eliminate were determined.

**Results:** Among the plant species studied, the most freuqent type of dormancy was related to physiological dormancy (50%), followed by physical dormancy, combinational dormancy, morphophysiological dormancy and the lowest share of dormancy in the studied plant species was related to morphological dormancy (1.61%). The most effective treatments to eliminate physiological dormancy were the use of cold stratification, gibberellic acid, and potassium nitrate. Also, the most effective treatments for the removal of physical dormancy were the use of physical / mechanical scarification treatments, chemical scarification and potassium nitrate treatment. According to the results, temperature treatments and then gibberellic acid and potassium nitrate treatments are recommendedt eliminate morphological dormancy. To eliminate morphophysiological dormancy, it is recommended to use treatments to maturate differentiated small or undifferentiated seeds (removal of morphological dormancy) as well as treatments to counteract the germination inhibitory factors or to compensate the were applied the most to eliminate morphophysiological dormancy.

**Conclusion:** By identifying the type of dormancy and applying the appropriate treatments, the germination of economical and valuable plants can be improved.

***Keywords: Seed dormancy, Dormancy types, Seed dormancy removal treatments***

***Highlights*:**

1- Dormancy types in native plant species of Iran through the information of domestic studies was investigated and a comprehensive report on seed dormancy was presented for the first time.

2- General and practical information about seed dormancy, effective factors and methods of dormancy elimination was reviewed in a practical way.

[1] Graduated of Seed Science and Technology of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[2] M.Sc. of Seed Science and Technology, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Karaj, Iran

[3] Associate Professor of Agronomy at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

* Corresponding author, E-mail: farshidghaderifar@gau.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.2.7.3

DOI: 10.52547/yujs.8.2.131

(Received: 08.26.2020; Accepted: 02.02.2021)