مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ ۱، ۱۳۹۶ (ص ۲۸-۱۱)

Iranian Journal of Weed Science
Vol 13, No 1, 2017 (11-28)
DOI: 10.22092/ijws.2017.1301.02

تاثیر دما بر جوانه‌زنی و رویش علف‌های‌هرز کشیده‌برگ گندم وحشی (*Triticum boeoticum* Boiss) و جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch)

سید کریم موسوی[1*]، علی قنبری[2]، رضا قربانی[2] و محمد علی باغستانی میبدی[1]

۱- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۲- تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۶)

چکیده

تعیین دماهای آستانه جوانه‌زنی و رویش با انجام آزمایش در دامنه دمایی صفر تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد، تبیین پاسخ جوانه‌زنی و رویش به نوسان دمایی و ارزیابی اثرات یخبندان کوتاه مدت و بلندمدت بر توانایی جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز باریک‌برگ گندم وحشی و جودره جمع‌آوری شده از سطح مزارع گندم دیم در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس معادلات دو قسمتی برازش داده شده دمای پایه، دمای بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار گندم وحشی به ترتیب برابر ۰/۷۹، ۲۴ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد و برای بذور پوشینک‌دار جودره به ترتیب برابر ۰/۸۲، ۳۰/۶ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. میانگین رویش بذور گندم وحشی پوشینه‌دار کاشته شده در خاک برای شش رژیم نوسان دمایی شب و روز برابر ۷۱/۳ درصد بود. میانگین جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه و پوشینه‌دار گندم وحشی در داخل پتری‌دیش برای شش رژیم نوسان دمایی به ترتیب ۷۰/۵ و ۱۷/۹ درصد بود. در مورد بذور پوشینه‌دار گندم وحشی برای رژیم‌های دمایی ۱۰/۱، ۳۰/۱۰ و ۳۵/۱۵ اصلاً جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد و حداکثر سطح جوانه‌زنی برآوردی (۷۹ درصد) برای رژیم دمایی ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد محقق شد. در این شرایط میانگین جوانه‌زنی رژیم‌های دمایی ۲۰/۵ و ۲۵/۱۰ برابر ۱۴ درصد بود. پایین بودن میانگین جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار گندم وحشی در آزمایش جوانه‌زنی داخل پتری‌دیش در مقایسه با میانگین جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه و میانگین رویش بذور کاشته شده در داخل خاک گویای نقش بازدارنده مواد موجود در پوشینه بذر است که در شرایط خاک به دلیل خاصیت جذب‌کنندگی آن تجمع مواد بازدارنده در محیط پیرامونی بذر حادث نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: خفتگی بذر، دماهای آستانه، سرمادهی، نوسان دما.

The effect of temperature on germination and emergence of wild wheat (*Triticum boeoticum* Boiss) and wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch)

Seyed Karim Mousavi[1], Ali Ghanbari[2], Reza Ghorbani[2] and Mohammad Ali Baghestani Meybodi[1]

1- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, 2 Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran,
(Received: June. 3, 2016 - Accepted: Dec. 28, 2017)

ABSTRACT

A series of laboratory tests were conducted on wild wheat and wild barely, collected from dryland wheat farms of Lorestan province to determine the effect of temperature on their germination and emergence. Treatments included tempereatures raging 0-40 °C. According to the two segments equations fitted to the trend of seed germination, different constant temperatures, base temperature, optimum temperature and maximum temperature for germination of wild wheat intact seed with seed coat (lemma and palea), were estimated at 0.79, 24 and 28 °C respectively, as for wild barley were estimated at 0.82, 30.6 and 36 °C respectively. Average emergence of wild wheat intact seeds planted in the soil at six fluctuating temperatures of day/night regimes was 71.3%. A average of wild wheat dehusked and intact seeds germination in Petri dish experiments for six fluctuating temperatures of day/night regimes, were 70.5 and 17.9 percent respectively. In the case of wild wheat, intact seeds for day/night regimes of 10/1, 30/10 and 35/15 °C seed germination did not happen, and maximum seed germination (79%) was achieved for the 15/10 °C temperature regime. Under these conditions, wild wheat intact seed germination mean of 20/5 and 25/10 °C temperature regimes were 14 percent. The lower mean germination of wild wheat intact seeds with lemma and palea in the testing germination in Petri dishes compared with the mean of dehusked seed germination without lemma and palea, and the emergence mean of intact seeds planted in the soil suggest existence of probable inhibitor substances in the seed coat, that under soil conditions are leached from the surrounding environment of the seed.

Key words: Chilling, seed dormancy, temperature fluctuation, temperature threshold

* Corresponding author E-mail: skmousavi@gmail.com

مقدمه

چند سالی است که در پی رواج نظام تک‌کشتی گندم و روی‌گردانی از تناوب زراعی، نواحی مهمی از کشت‌زارهای دیم لرستان با تهاجم علف‌های‌هرز خانواده گندمیان از جمله گندم وحشی یونانی (*Triticum boeoticum* Boiss) از گروه گندم‌های دیپلوئید و جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) روبه‌روست. گندم وحشی یونانی و جودره علف‌های‌هرز یک‌ساله زمستانه‌ای هستند که در کشت‌های زمستانه به ویژه گندم و جو و حتی حبوبات شایع هستند. جوانه‌زنی طی دوره طولانی از فصل رشد، توانایی پنجه‌زنی و تولید بذر زیاد این علف‌های‌هرز گویای توانایی تهاجم و رقابت‌کنندگی بالای آنهاست (Ogg & Dawson, 1984).

امروزه به دلیل ملاحظات زیست محیطی فشار زیادی برای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در نظام‌های زراعی مطرح است (Mortensen *et al*., 2000)، که این امر گویای ضرورت تاکید بر توسعه راهبردهای کنترلی پایدارتر برای مدیریت علف‌های‌هرز است. توسعه چنین راهبردهای مدیریتی مستلزم شناخت جنبه‌های بیولوژی و اکولوژی علف‌های‌هرز و آگاهی درباره چگونگی تاثیر عوامل محیطی مختلف بر رفتار علف‌های‌هرز تحت شرایط واقعی مزرعه است (Batlla & Benech-Arnold, 2014).

بذر عامل سازگاری و تکثیر گیاهان است و جزء پیشرفته‌ترین ساختارهای حیاتی مهندسی طبیعت به شمار می‌رود. اغلب بذرها پس از پراکنش متحمل دوره خفتگی می‌شوند. بر حسب گونه گیاهی و شرایط محیطی ممکن است خفتگی از چند روز تا چندین دهه یا حتی بیشتر طول بکشد. هارپر (Harper, 1977) به اهمیت وجود توده بذر با عمر طولانی برای هر گونه گیاهی اشاره کرده است. بذرهای دارای خفتگی به طور طبیعی حامل چندین نسل تاثیرپذیری هستند که در گذر زمان شکل گرفته به طوری که بانک بذر، ذخیره‌ای از حافظه تکاملی گیاهان است. بذرها پس از غلبه بر خطرات مختلف مربوط به مراحل رسیدگی، پراکنش و خفتگی، در صورت فراهم بودن شرایط مساعد محیطی، جوانه می‌زنند. گونه‌های مختلف هر کدام به مجموعه شرایط متفاوتی برای جوانه‌زنی نیاز دارند. پاسخ بذر به گستره‌ای از شرایط گوناگون بیانگر نوعی سازگاری برای به حداکثررسانی احتمال تداوم بقاء در محیط‌های مختلف و پیش‌بینی‌ناپذیر است. موفقیت بذر مستلزم تشخیص مکان‌های امن است. جوانه‌زنی از جمله مهمترین پدیده‌های تأثیرگذار بر موفقیت علف‌های هرز است، زیرا اولین مرحله‌ای است که طی آن گیاهان برای تسخیر جایگاه اکولوژیک به رقابت می‌پردازند (Forcella *et al*., 2000). کنترل درونی خفتگی بذر به وضعیت خود بذر مربوط است در حالی که کنترل خارجی آن به عوامل محیطی مربوط می‌شود که سبب شکست خفتگی و وقوع جوانه‌زنی می‌شوند. خفتگی بذر که تقریباً در بین تمام گونه‌های علف‌هرز شایع است، ماندگاری بذور در خاک و الگوهای جوانه‌زنی در بوم‌نظام‌های طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Benech-Arnold, *et al*., 2000; Egley & Duke, 1985). سطوح مختلف خفتگی در بین جمعیت بذر منجر به ناهم زمانی جوانه‌زنی بذور علف‌هرز و تداوم دوره رویش آنها طی فصل زراعی می‌شود (Egley & Duke, 1985). بذور غیرخفته فقط در صورتی جوانه می‌زنند که عوامل اکوفیزیولوژیکی، که برای هر گونه اختصاصی است، برای جوانه‌زنی کافی و مساعد باشند (Bewley & Black, 1994 ; Egley & Duke, 1985). عوامل محیطی نظیر دما و رطوبت در تنظیم وقوع و سرعت جوانه‌زنی بذر نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (Bewley & Black, 1994).

بذری که به طور ذاتی در حال خفتگی است حتی در شرایط مناسب برای رشد دانه‌رست نیز قادر به جوانه‌زنی نیست. در برخی موارد این نوع خواب با سایش یا تخریب پوشش سخت بذر برطرف می‌شود. خواب ذاتی ممکن است بر اثر وجود مواد شیمیایی بازدارنده در پوسته بذر یا جنین ایجاد شود. اغلب این مواد با آبشویی به آسانی برطرف می‌شوند. در

حالات دیگر بذر بایستی ابتدا در معرض برخی شرایط محیطی خاص مانند سرما، نوسانات حرارتی یا دوره روشنایی قرار گیرد. احتمالاً این عوامل، آغازگر فرآیندهای بیوشیمیایی هستند که در نهایت سبب شکست خفتگی می‌شود. وجود خواب ذاتی معمولاً نوعی سازگاری و عاملی در جهت تناوب جوانه‌زنی یا تاخیر جوانه‌زنی تا مساعدترین زمان تلقی می‌شود. ویژگی‌های توارثی و فیزیولوژیکی نقش مهمی در خفتگی بذر ایفا می‌نمایند، که تعامل بین این ویژگی‌ها و محیط مسئول تخفیف خفتگی یا آغازش جوانه‌زنی است (Murdoch & Ellis, 1992). عوامل یا پدیده‌های بسیاری سبب حذف یا کاهش خفتگی می‌شوند که بسته به گونه گیاهی متفاوت هستند (Buhler *et al*.,1997). رطوبت خاک، فراهمی اکسیژن و درجه حرارت مهمترین عوامل محیطی هستند که جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Baskin & Baskin. 1990; Oryokot *et al*., 1997).

در نواحی معتدل، درجه حرارت مهمترین عامل تأثیرگذار بر جوانه‌زنی بذور علف‌هرز است (Forcella, 1998). دماهای سرد طی زمستان و در اوایل بهار هرچند از متابولیسم بذور غیرخفته و به تبع آن جوانه‌زنی آنها جلوگیری می‌کند، امّا سبب تخفیف خفتگی بذر برخی گونه‌ها نیز می‌شود. از سوی دیگر، درجه حرارت گرم طی بهار سبب افزایش متابولیسم و تحریک واکنش‌های بیوشیمیایی ضروری برای جوانه‌زنی بذور غیرخفته و تخفیف خفتگی بذور برخی گونه‌ها می‌شود. جوانه‌زنی برخی بذور فقط مشروط به بیشتر بودن درجه حرارت از یک حد کمینه است، در حالی که دیگر بذور علاوه بر آن به نوسانات حرارتی روزانه نیاز دارند. برای این گونه‌ها، میزان نوسانات حرارتی نقش مهمی در کاهش خفتگی ایفا می‌کند (Baskin & Baskin, 1998).

کارایی عملیات کنترلی علف‌های‌هرز نظیر خاک‌ورزی و کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی تحت تأثیر زمان رویش علف‌های‌هرز قرار می‌گیرد (Forcella, 1993). کارا بودن مدل‌های رویش علف‌هرز در شرایط محیطی مختلف مستلزم وجود اطلاعات دقیق گسترده‌ای درباره زیست‌شناسی گونه‌های علف‌هرز است (Forcella *et al*., 2000).

شناخت شرایط حرارتی مورد نیاز برای تخفیف خفتگی و جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز در طراحی و کاربرد راهبردهای کنترل علف‌های‌هرز مهم است. امروزه استفاده از مدل‌سازی برای مطالعه نظام‌های کشاورزی رو به گسترش است. مدل‌هایی که قادر به پیش‌بینی رویش علف‌های‌هرز در سطح مزرعه باشند، در راهبردهای کنترل علف‌های‌هرز سودمند خواهند بود. بر این اساس تعیین دماهای کاردینال، تبیین پاسخ جوانه‌زنی به نوسان دمایی و ارزیابی اثرات سرمادهی بر توانایی جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز باریک‌برگ گندم وحشی و جودره مزارع دیم در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذر: سنبله‌های علف‌های‌هرز کشیده‌برگ گندم وحشی و جودره در مرحله رسیدگی کامل به فاصله کوتاهی پیش از ریزش طبیعی طی اواخر خرداد و اوایل تیرماه از سطح گندم‌زارهای دیم آلوده به این علف‌های‌هرز در منطقه گریت واقع در جنوب شرقی شهرستان خرم‌آباد جمع‌آوری شدند. بذر علف‌هرز جودره با میانگین وزن هزار دانه ۲۷/۹٤ گرم در دهه آخر خرداد ۱۳۹۲ از سطح مزارع گندم دیم منطقه گریت شهرستان خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی "۵۹/٦ '۲۱ °۳۳ شمالی، "۵۷/۵ '٤۰ °٤۸ شرقی با ارتفاع ۱۸۸۰ متر از سطح دریا و بذر علف‌هرز گندم وحشی با میانگین وزن هزار دانه ۱۲/۷٦ گرم نیز در دهه آخر تیر ۱۳۹۲ از سطح مزارع گندم دیم همان منطقه با مختصات جغرافیایی"٤۸/۷ '۲۰ °۳۳ شمالی، "۳۸/٦ '٤۱ °٤۸ شرقی با ارتفاع ۱۸٦۰ متر از سطح دریا جمع‌آوری شدند. سنبله‌ها در داخل پاکت‌های کاغذی با ذکر مشخصات محل و تاریخ جمع‌آوری ریخته شد. در آزمایشگاه بذور از سنبله‌ها به طور دستی جدا گشته و بوجاری گردید. بذور پوشینه‌دار گندم وحشی مشتمل بر

پوشش سنبلچه[1] و پوشینک بذر[2] (لما و پالئا) و بذور پوشینک‌دار جودره مشتمل بر لما و پالئا در داخل پاکت‌های کاغذی در دمای اتاق تا زمان اجرای آزمایش‌ها نگهداری شد. پیش از اجرای آزمایش‌ها حسب تیمار مورد نظر پوشینه بذور جدا می‌شد. بذر گندم دیم رقم کریم با وزن هزار دانه ۵۲/۸۵ گرم در آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

پروتکل جوانه‌زنی و رویش: پس از ضدعفونی سطحی ۲۰ بذر روی یک لایه کاغذ صافی درون پتری‌دیش‌های با قطر ۹ سانتی‌متر قرار داده می‌شد. برای ضدعفونی سطحی، بذور به مدت ۵ دقیقه در محلول ۱ درصد هیپوکلریت سدیم قرار داده می‌شدند و پس از آن در سه مرحله با آب مقطر شسته می شدند. برای تامین رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی به هر پتری‌دیش ۵ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده می‌شد. پتری‌دیش‌ها در انکوباتور حسب مورد با دمای ثابت یا متغیر شبانه‌روزی قرار داده می‌شد. ثبت اطلاعات جوانه‌زنی به صورت روزانه و در دماهای بالا بر حسب ضرورت به صورت چند ساعتی صورت می‌گرفت. خروج ریشه‌چه معیار جوانه‌زنی محسوب می‌شد. خاتمه هر آزمایش توقف جوانه‌زنی به مدت سه روز بود. در همه آزمایش‌ها هر تیمار دارای چهار تکرار بود.

به طور هم‌زمان با آزمایش جوانه‌زنی، وضعیت رویش بذور در شرایط خاک در دماهای مختلف نیز مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. برای این منظور بذور در ظروف پلاستیکی با ابعاد ۱۰×۲۰ سانتی‌متر در داخل خاک در عمق ۳ سانتی‌متر به تعداد ۱۰ بذر در هر ظرف کاشته و رویش دانه‌رست‌ها طی زمان ثبت می‌شد. طی دوره آزمایش با انجام آبیاری کافی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ می‌شد.

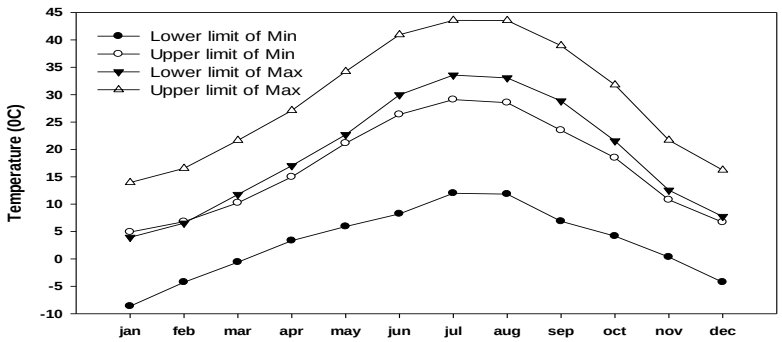
تعیین دماهای آستانه جوانه‌زنی و رویش: تعیین دماهای آستانه جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز کشیده‌برگ گندم وحشی و جودره و مقایسه آن با گندم زراعی، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور اصلی دما شامل دوازده دمای صفر، ۲، ٤، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲۰، ۲٤، ۲۸، ۳۲، ۳٦ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد و فاکتور فرعی نوع بذر شامل بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی بود. آزمایش‌ها در انکوباتور با دمای ثابت و شرایط تاریکی اجرا شد.

به طور هم‌زمان با آزمایش جوانه‌زنی، وضعیت رویش بذور در شرایط خاک در دماهای مختلف نیز به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور اصلی دما شامل دوازده دمای ثابت مذکور و فاکتور فرعی گونه گیاهی شامل بذور پوشینه‌دار دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی بود. برای این منظور بذور در ظروف پلاستیکی با ابعاد ۱۰×۲۰ سانتی‌متر در داخل خاک در عمق ۳ سانتی‌متر به تعداد ۱۰ بذر در هر ظرف کاشته و رویش دانه‌رست‌ها طی زمان ثبت می‌شد. طی دوره آزمایش با انجام آبیاری کافی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ می‌شد.

اثر نوسانات دمایی بر جوانه‌زنی و رویش: با شبیه‌سازی دماهای شب و روز ماه‌های مختلف سال زراعی منطقه، اثر نوسانات دمایی بر جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای نوسان دما به نحوی انتخاب شدند که با حدود بالا و پایین حداقل و حداکثر دمای منطقه در مواقعی از سال که امکان رویش متصور است، انطباق داشته باشند (شکل ۱).

تاثیرپذیری جوانه‌زنی بذور از رژیم نوسان دمایی شب/روز به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور اصلی دما شامل شش دمای متناوب (دمای شب/روز ۱۰/۱، ۱۵/۱۰، ۲۰/۵، ۲۵/۱۰، ۳۰/۱۰ و ۳۵/۱۵ به صورت ۱٤ ساعت روز و ۱۰ ساعت شب) و فاکتور فرعی نوع بذر شامل بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی بود.

[1] Glume
[2] Glumule (lemma and palea)



شکل ۱- حدود بالا و پایین حداقل و حداکثر دما براساس میانگین داده‌های آب و هوایی بلندمدت ایستگاههای سینوپتیک لرستان

Figure 1- The upper and lower limits of the minimum and maximum temperatures of Lorestan province based on the long-term climate data of synoptic stations

در آزمایش دمای متناوب نیز همزمان با آزمایش جوانه‌زنی، وضعیت رویش بذور در شرایط خاک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور اصلی دما شامل شش دمای متناوب مذکور و فاکتور فرعی گونه گیاهی شامل بذور پوشینه‌دار دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی بود.

اثر یخبندان کوتاه‌مدت بر جوانه‌زنی بذر: اثر تیمار یخبندان ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر به مدت ٦، ۱۲، ۱۸، ۲٤، ۳٦ و ٤۸ ساعت بر جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. برای یخبندان، بذور پوشینه‌دار به تعداد کافی پس از قرارگیری در لای دو برگ کاغذ صافی مرطوب در داخل پتری‌دیش در فریزر با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر در مدت زمان مورد نظر قرار داده شدند. تیمار شاهد بدون سرمادهی نیز در آزمایش گنجانده شد. پس از اعمال تیمارهای یخبندان، آزمایش جوانه‌زنی بر اساس پروتکل ذکر شده، در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

اثر یخبندان طولانی‌مدت بر جوانه‌زنی بذر: اثر تداوم یخبندان طولانی‌مدت ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر بر جوانه‌زنی بذور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. دستجات بذر پوشینه‌دار دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی به طور جداگانه در لای دو برگ کاغذ صافی مرطوب در داخل پتری‌دیش به مدت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ٤۰ و ٤۵ روز در سرمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر نگهداری شدند. پس از اعمال تیمارهای یخبندان با حضور تیمار شاهد بدون سرمادهی، جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی در انکوباتور با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش جوانه‌زنی بذور پس از اعمال تیمار یخبندان به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد.

برای تبیین پاسخ جوانه‌زنی به تغییرات دما از معادلات سه پارامتری گامپرتز (معادله ۱) و چاپمن (معادله ۲) کمک گرفته شد.

$$Y = a \times \exp^{-\exp(-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}$$

معادله ۱

که در آن پارامترهای a، b و x_0 به ترتیب بیانگر حداکثر درصد جوانه‌زنی یا رویش، شیب خط و زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی یا رویش است.

$$Y = a \times (1 - \exp(-b \times x))^c$$

معادله ۲

دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی با برازش معادلات دو قسمتی (معادله ۳) تعیین شد.

$$Region_1(t) = \frac{(Y_o \times (t - T_b))}{(T_o - T_b)}, region_2(t) = \frac{(Y_o \times (T_m - t))}{(T_m - T_o)}, f = if(t <= T_o; region_1(t); region_2(t))$$

معادله ٣

که در آن T_b دمای پایه، T_o دمای بهینه، T_m بیشینه دما و Y_o معکوس زمان رسیدن به ٥٠ درصد جوانه‌زنی در دمای بهینه است. حسب مورد از آنالیز واریانس با مقایسه میانگین LSD در سطح ٥ درصد برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

دماهای آستانه جوانه‌زنی: بر اساس معادلات برازش داده شده حداکثر درصد جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه گندم وحشی به ترتیب در دماهای ٤ و ٢٠ درجه سانتی‌گراد و برای جودره به ترتیب در دماهای ٨ و ١٦ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. سرعت جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار علف‌هرز گندم وحشی در مقایسه با گندم زراعی کندتر بود به طوری که زمان رسیدن به ٥٠ درصد جوانه‌زنی بهینه برای علف‌هرز گندم وحشی طولانی‌تر و ٢/٧ برابر گندم زراعی بود. حذف پوشینه بذر سبب کاهش ٧٣/٨ درصد زمان رسیدن به ٥٠ درصد جوانه‌زنی بهینه بذور گندم وحشی شد. سرعت جوانه‌زنی بذور بدون پوشینه علف‌هرز گندم وحشی سریع‌تر از گندم زراعی بود. با حذف پوشینه زمان رسیدن به ٥٠ درصد جوانه‌زنی بهینه برای بذور گندم وحشی ٣٠/٥ درصد کوتاه‌تر از گندم زراعی شد. بر اساس معادلات برازش داده شده در دامنه ٢ تا ٢٤ درجه سانتی‌گراد برای گندم وحشی و ٢ تا ٣٢ درجه سانتی‌گراد برای جودره، زمان رسیدن به ٥٠ درصد جوانه‌زنی بذور گندم وحشی و جودره با حذف پوشینه به ترتیب ٤٥/٩ و ٣١/٦ درصد کاهش یافت (جدول ١).

طی دوره آماس بذر، پوشینه‌ها به صورت مانعی برای انتشار اکسیژن به درون جنین عمل می‌کنند، زیرا اکسیژن می‌بایست در آب بذر آماس کرده حل شود، اما پوشینه‌ها نیز گهرمایه‌ها[1] و آنزیم‌هایی برای واکنش‌های اکسیداسیون فراهم می‌کنند. در جو و یولاف پوشینه‌ها سبب تثبیت مقادیر محدود اکسیژن موجود طی دوره آماس بذر از طریق اکسیداسیون آنزیمی ترکیبات فنولیکی با استفاده از پلی‌فنل‌اکسیداز موجود در دیواره‌های سلولی می‌شوند (Lenoir *et al.*, 1986). کارایی این مکانیسم تخلیه اکسیژن با افزایش دما ارتقاء می‌یابد، به طوری که گزارش شده است در دمای ٣٠ درجه سانتی‌گراد بیش از ٥٠ درصد اکسیژن جذب شده مصروف پوشینه‌ها می‌شود، در حالی که در دمای ١٥–١٠ درجه سانتی‌گراد این مقدار به بیش از ٢٥ درصد نمی‌رسد (Coˆme *et al.*, 1988; Rodríguez, *et al.*, 2015).

بر اساس معادلات دو قسمتی برازش داده شده دمای پایه، دمای بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار گندم وحشی به ترتیب برابر ٠/٧٩، ٢٤/٠٢ و ٢٨ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. با حذف پوشینه دماهای مذکور به ترتیب به ٣/٠٦، ٢٨/٨٨ و ٣٩/٤٦ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. بدین ترتیب وجود پوشینه سبب کاهش دماهای پایه، بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی بذر گندم وحشی به ترتیب به میزان ٧٤/٢، ١٦/٨ و ٢٩ درصد شد (شکل ٢؛ جدول ٢). از آنجا که تاثیر پوشینه بذر به خصوص در مورد دمای پایه محسوس است به نظر می‌رسد که پوشینه بذر به صورت عایقی برای تامین دمای مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر عمل می‌کند.

دمای پایه، دمای بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی برای بذور پوشینه‌دار علف‌هرز گندم وحشی کمتر از علف‌هرز جودره و گندم زراعی بود. دمای پایه، دمای بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی علف‌هرز گندم وحشی به ترتیب ٥٠/٦، ٢٠/٧ و ٢٩/٣ درصد کمتر از گندم زراعی بود.

[1] Substrate

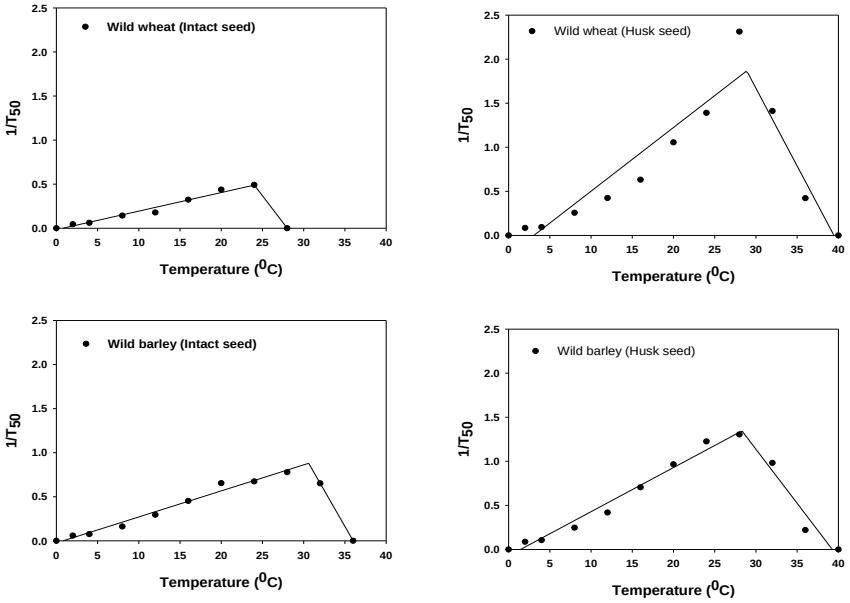
جدول ۱- پارامترهای معادلات برازش داده شده به روند تجمعی جوانه‌زنی گندم وحشی، جودره و گندم زراعی در دماهای مختلف

Table 1- Parameters of fitted equations to cumulative seed germination of wild wheat, wild barley and cultivated wheat under different temperatures.

Species	Seed treatment	Temp. (^{0}C)	a (%)	b (%.day^{-1})	X_0 (day)	r^2	P Regression
Wild wheat	*Intact seed*	0*	-	-	-	-	-
		2	28.4 (0.6)	5.0 (0.3)	22.2 (0.2)	0.99	<0.0001
		4	57.0 (0.4)	3.6 (0.2)	16.5 (0.1)	0.99	<0.0001
		8	34.0 (0.7)	1.1 (0.1)	7.0 (0.1)	0.99	<0.0001
		12	19.1 (1.5)	1.6 (0.3)	5.6 (0.2)	0.99	<0.0001
		16	20.2 (1.9)	1.6 (0.5)	3.1 (0.3)	0.93	<0.0001
		20	30.8 (0.6)	0.3 (0.1)	2.3 (0.0)	0.99	<0.0001
		24	6.2 (0.6)	1.0 (0.2)	2.0 (0.1)	0.98	<0.0001
		28*	-	-	-	-	-
	Husked seed	0*	-	-	-	-	-
		2	61.1 (2.0)	4.7 (0.4)	11.7 (0.3)	0.98	<0.0001
		4	55.4 (0.6)	3.0 (0.2)	10.6 (0.2)	0.99	<0.0001
		8	77.9 (1.7)	1.4 (0.1)	3.9 (0.1)	0.99	<0.0001
		12	77.6 (1.1)	0.6 (0.1)	2.4 (0.1)	0.99	<0.0001
		16	78.1 (2.7)	0.7 (0.1)	1.6 (0.1)	0.99	<0.0001
		20	90.1 (1.1)	0.5 (0.0)	0.9 (0.0)	0.99	<0.0001
		24	71.4 (1.7)	0.2 (0.0)	0.7 (0.0)	0.98	<0.0001
		28	66.2 (1.3)	0.3 (0.1)	0.4 (0.1)	0.98	<0.0001
		32	48.0 (0.8)	0.7 (0.1)	0.7 (0.1)	0.98	<0.0001
		36	58.0 (2.1)	1.0 (0.2)	2.4 (0.1)	0.96	<0.0001
		40*	-	-	-	-	-
Wild barley	*Intact seed*	0*	-	-	-	-	-
		2	40.3 (0.6)	3.2 (0.2)	17.0 (0.1)	0.99	<0.0001
		4	53.9 (0.4)	1.8 (0.1)	13.2 (0.0)	0.99	<0.0001
		8	81.7 (0.8)	0.5 (0.0)	6.2 (0.0)	0.99	<0.0001
		12	53.5 (0.5)	0.7 (0.0)	3.4 (0.0)	0.99	<0.0001
		16	64.8 (0.8)	0.4 (0.0)	2.2 (0.0)	0.99	<0.0001
		20	64.2 (1.5)	0.4 (0.0)	1.5 (0.0)	0.99	<0.0001
		24	55.9 (4.1)	0.5 (0.1)	1.5 (0.1)	0.99	<0.0001
		28	51.5 (0.2)	0.2 (0.0)	1.3 (0.0)	0.99	<0.0001
		32	13.9 (4.4)	0.7 (0.4)	1.5 (0.3)	0.94	0.0035
		36*	-	-	-	-	-
	Husked seed	0*	-	-	-	-	-
		2	74.3 (0.7)	1.3 (0.1)	11.6 (0.1)	0.99	<0.0001
		4	81.9 (0.3)	1.0 (0.0)	9.6 (0.0)	0.99	<0.0001
		8	80.8 (1.0)	0.7 (0.1)	4.1 (0.0)	0.99	<0.0001
		12	72.2 (0.3)	0.3 (0.0)	2.4 (0.0)	0.99	<0.0001
		16	82.8 (1.6)	0.3 (0.0)	1.4 (0.0)	0.99	<0.0001
		20	75.7 (0.8)	0.2 (0.0)	1.0 (0.0)	0.99	<0.0001
		24	75.4 (0.7)	0.2 (0.0)	0.8 (0.0)	0.99	<0.0001
		28	56.0 (0.8)	0.3 (0.0)	0.8 (0.0)	0.99	<0.0001
		32	63.7 (1.7)	0.4 (0.1)	1.0 (0.0)	0.97	<0.0001
		36	29.0 (3.8)	2.7 (0.7)	4.6 (0.5)	0.95	<0.0001
		40*	-	-	-	-	-
Wheat		0*	-	-	-	-	-
		2	99.4 (1.0)	1.4 (0.1)	11.9 (0.1)	0.99	<0.0001
		4	99.6 (0.3)	0.3 (0.0)	11.1 (0.0)	0.99	<0.0001
		8$^{\#}$	99.0 (0.2)	3.7 (0.2)	4.8 (0.0)	0.99	<0.0001
		12	100.6 (0.0)	0.2 (0.0)	2.6 (0.0)	0.99	<0.0001
		16	97.4 (2.3)	0.2 (0.0)	1.6 (0.1)	0.99	<0.0001
		20	96.7 (0.7)	0.2 (0.0)	1.2 (0.0)	0.99	<0.0001
		24	97.9 (0.3)	0.1 (0.0)	0.9 (0.0)	0.99	<0.0001
		28	97.5 (0.0)	0.1 (0.0)	0.8 (0.0)	0.99	<0.0001
		32	96.4 (1.2)	0.1 (0.0)	0.9 (0.0)	0.99	<0.0001
		36	44.5 (0.6)	0.5 (0.0)	2.5 (0.0)	0.99	<0.0001
		40*	-	-	-	-	-

Gompertz, 3 parameters: $Y=a*\exp(-\exp(-(x-x_0)/b))$; #Sigmoidal; Chapman, 3 Parameter; $Y=a*(1-\exp(-b*x))^c$; * Not any emergence
Standard errors are shown in parentheses

بر اساس معادلات دو قسمتی برازش داده شده دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی برای بذور پوشینک‌دار جودره به ترتیب برابر ۰/۸۲، ۳۰/٦ و ۳٦ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. تغییرات دماهای آستانه جوانه‌زنی بذور جودره بر اثر حذف پوشینک بذر به شدت تاثیر حذف پوشینه بذر گندم وحشی نبود. حذف پوشینک بذر جودره سبب افزایش ٤۳/٤ درصد دمای پایه جوانه‌زنی شد. در مورد دماهای بهینه و بیشینه دمای جوانه‌زنی، حذف پوشینک جودره به ترتیب سبب کاهش ۸/۱ درصد و افزایش ۸/۳ درصد دمای مورد نیاز شد. حذف پوشینک جودره نیز مدت زمان جوانه‌زنی را کاهش داد. با حذف پوشینک مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بهینه برای بذور علف‌هرز جودره به میزان ۳٤/۸ درصد کاهش یافت (شکل ۲، جدول ۲).



شکل ۲- برآورد دماهای آستانه جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی با استفاده از برازش معادله دو قسمتی.

Figure 2- Estimated germination cardinal temperatures of husked and intact seeds of wild wheat and wild barley and wheat by fitting two-part equation.

جدول ۲- پارامترهای تابع دو قسمتی مورد استفاده برای برآورد دماهای آستانه جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی

Table 1- Parameters of two segment function used to estimate cardinal temperatures of germination of the intact and husked seeds of wild wheat, and wild barley grassy weeds, and cultivated wheat.

Species	Seed treatment	پارامترهای معادلات (Parameters)				ضریب تبیین	سطح احتمال
		T_b	T_o	T_m	Y_o	r^2	P
Wild wheat	Intact	0.79 (0.79)	24.02 (0.48)	28.00 (0.24)	0.49 (0.02)	0.98	<0.0001
	Husked	3.06 (1.78)	28.88 (1.67)	39.46 (1.29)	1.87 (0.17)	0.90	0.0002
Wild barley	Intact	0.82 (0.80)	30.60 (0.36)	36.00 (0.27)	0.88 (0.03)	0.99	<0.0001
	Husked	1.45 (1.09)	28.31 (0.98)	39.26 (0.70)	1.35 (0.07)	0.97	<0.0001
Wheat		1.60 (0.88)	30.31 (0.57)	39.61 (0.48)	1.30 (0.05)	0.98	<0.0001

$Region_1(t)=(Y_o*(t-T_b))/(T_o-T_b)$, $region_2(t)=(Y_o*(T_m-t))/(T_m-T_o)$, $f=if(t<=T_o; region_1(t); region_2(t))$

T_b= base temperature, T_o= Optimum temperature, T_m= Maximum temperature, Y_o= Reciprocal of the time to 50% germination at optimum temperature.
Standard errors are shown in parentheses.

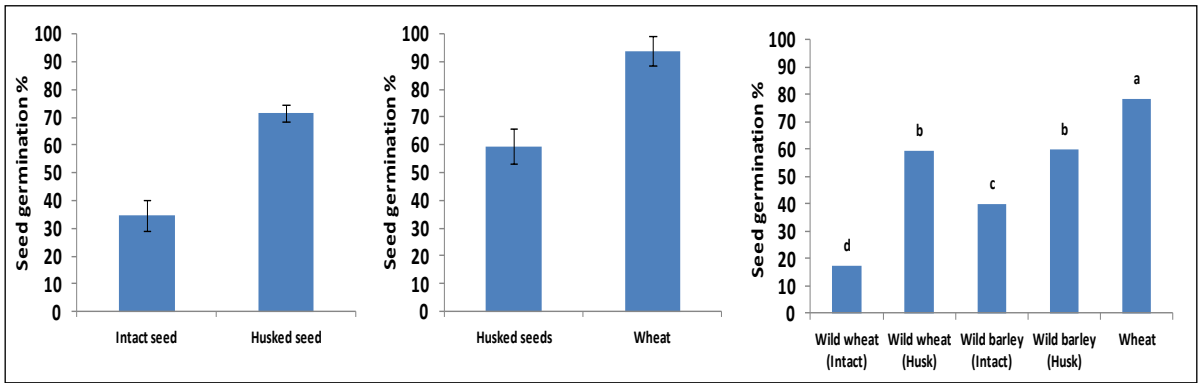
در مورد هیچ یک از بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره و همچنین گندم زراعی در دماهای صفر و ٤٠ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی رخ نداد. بر اساس میانگین جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۲ تا ۳٦ درجه سانتی‌گراد (که عملاً جوانه‌زنی به وقوع پیوست) حذف پوشینه بذر به ترتیب سبب افزایش ۲٤٠ و ٤٨/۹ درصد میانگین جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز گندم وحشی و جودره شد. بر اساس مقایسه میانگین صورت گرفته افزایش سطح جوانه‌زنی ناشی از حذف پوشینه در مورد هر دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۳).

بر اساس نتایج آنالیز واریانس اثرمتقابل نوع بذر و دما بر درصد جوانه‌زنی بذر کاملاً معنی‌دار بود (جدول ۳)، که این موضوع گویای پاسخ متفاوت جوانه‌زنی انواع بذر به تغییرات دماست. مقایسه متعامد صورت گرفته بین دو گروه بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه نیز گویای برتری معنی‌دار سطح جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه بود (شکل ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس جوانه‌زنی انواع بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه گندم وحشی و جودره و گندم زراعی در دماهای ثابت

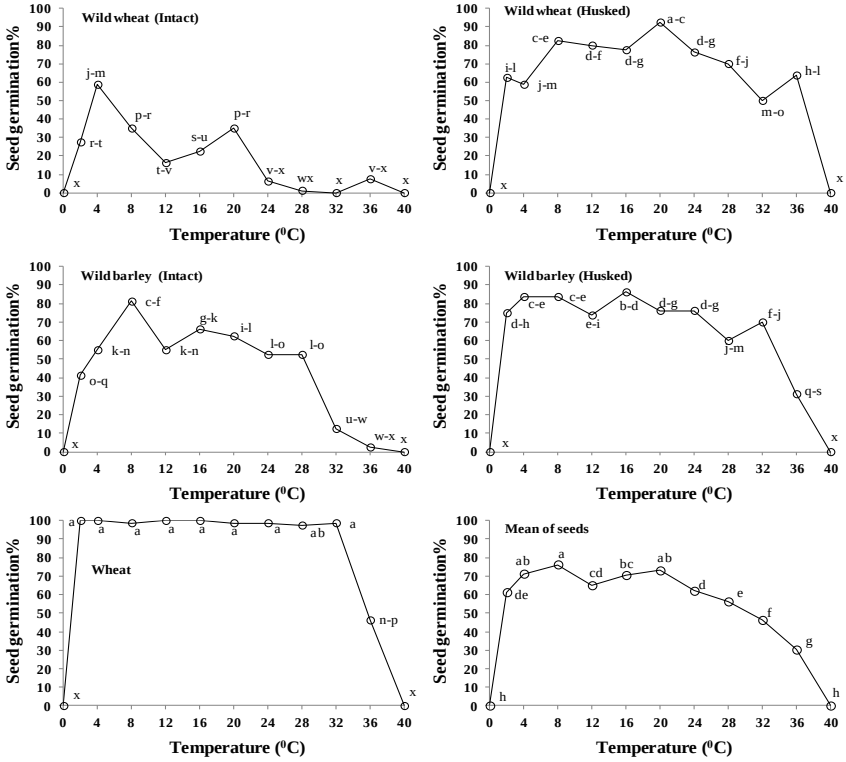
Table 3- Analysis of variance for germination of husked and intact seeds of wild wheat, wild barley, and cultivated wheat at constant temperatures

Source	df	Ms
Replication	3	51.4
Temperature	11	14575.7 **
Error	33	78.9
Seed	4	25557.2 **
Temperature * Seed	44	985.5 **
Error	144	73.8
CV %		16.9



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی انواع بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه گندم وحشی و جودره و گندم زراعی بر مبنای جوانه‌زنی در دامنه صفر تا ٤٠ درجه سانتی‌گراد (سمت راست) در شرایط تاریکی. در شکل‌های سمت چپ و وسط داده‌ها میانگین جوانه‌زنی گندم وحشی و جودره در دامنه تحقق جوانه‌زنی (۲ تا ۳٦ درجه سانتی‌گراد) است. خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است. وجود حداقل یک حرف مشترک گویای عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون مقایسه میانگین FLSD در سطح ٥ درصد است.

Figure 3- Comparison of the mean germination percentage of husked and intact seeds of wild wheat, wild barley, and cultivated wheat based on germination in the range of zero to 40 degrees Celsius (right), in darkness condition. In figures at the left and middle, wild wheat and wild barley average germination in the occurrence of germination (2 to 36 degrees Celsius) were shown. Standard error is shown. The presence of at least one common letter indicates non-significant difference based on the mean comparison test FLSD at 5%.



شکل ٤- اثر دما بر جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه گندم وحشی و جودره و گندم زراعی در دمای ثابت در دامنه صفر تا ٤٠ درجه سانتی‌گراد. میانگین اثر دما برای سه گونه در قسمت پایین سمت راست نشان داده شده است. وجود حداقل یک حرف مشترک گویای عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد است.

Figure 4- The effect of temperature on the husked and intact seed germination of wild wheat, wild barley and cultivated wheat at constant temperatures in the range of zero to 40 degrees Celsius. Average of temperature effect for three species are shown in the bottom right. The presence of at least one common letter indicates non-significant difference based on the mean comparison test FLSD at 5%.

در بررسی گوترمن و نیو (Gutterman Nevo, 1994) در حالی که بذور پوشینه‌دار جودره اصلاً قادر به جوانه‌زنی نبودند، حذف پوشینه بذور تازه برداشت شده سبب تحقق جوانه‌زنی ۸۷ درصد در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد شد، هر چند در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه نیز در سطح پایینی بود. این محققان نیز فقدان جوانه‌زنی بذور جودره در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد را گزارش دادند.

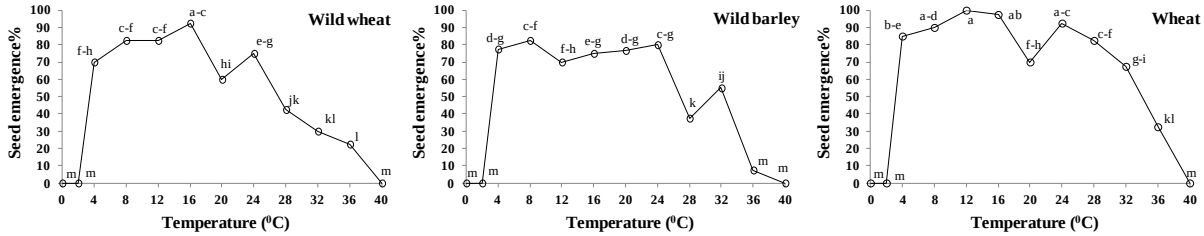
حمیدی و همکاران (Hamidi *et al*., 2009) جوانه‌زنی مناسب بذور علف‌هرز جودره را در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد قابل تحقق دانستند، به طوری که حداکثر جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. در بررسی یاد شده میزان جوانه‌زنی برای دماهای ۳۵ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ٢٤ و صفر درصد گزارش شد.

رویش در دماهای مختلف: اثرمتقابل گونه گیاهی و دما بر رویش بذور از نظر آماری کاملاً معنی‌دار بود (جدول ٤). این موضوع گویای پاسخ متفاوت رویش بذور دو گونه علف‌هرز گندم وحشی و جودره و گندم زراعی نسبت به تغییرات دماست. به طور کلی در دماهای صفر، ۲ و ٤٠ درجه سانتی‌گراد اصلاً رویشی اتفاق نیفتاد. بین دو علف‌هرز گندم وحشی و جودره از نظر میزان رویش بر مبنای میانگین دماهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که درصد رویش برای هر دو علف‌هرز به میزان ۲۲ درصد کمتر از گندم زراعی بود. بالاترین سطح رویش علف‌هرز گندم وحشی در دمای ١٦ درجه سانتی‌گراد و بالاترین سطح رویش علف‌هرز جودره در دمای ٢٤ درجه سانتی‌گراد محقق شد (شکل ٥).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس رویش گندم وحشی و جودره و گندم زراعی در دماهای ثابت

Table 4- Analysis of variance of wild wheat, wild barley and cultivated wheat emergence at constant temperatures

Source	df	Ms
Replication	3	176.6
Temperature	11	15695.5 **
Error	33	203.3
Seed	۲	2772.2 **
Temperature * Seed	22	375.1 **
Error	72	112.2
CV %		۲۰.۷



شکل ٥- اثر دما بر رویش علف‌های‌هرز کشیده‌برگ گندم وحشی، جودره و گندم زراعی در دماهای ثابت. وجود حداقل یک حرف مشترک گویای عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون مقایسه میانگین LSD در سطح ٥ درصد است.

Figure 5- The effect of temperature on the wild wheat, wild barley and cultivated wheat emergence at constant temperatures. The presence of at least one common letter indicates non-significant difference based on the mean comparison test FLSD at 5%.

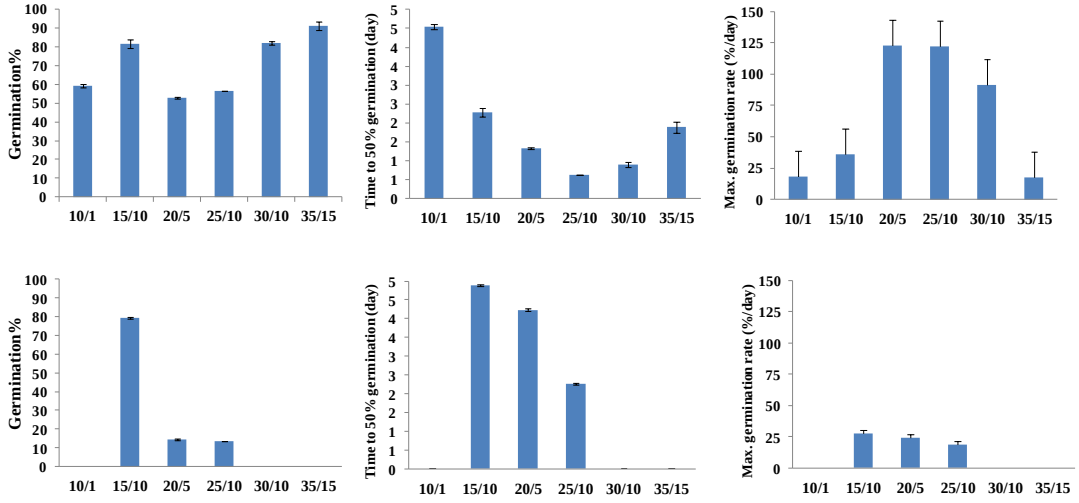
تاثیر نوسان شبانه‌روزی دما بر جوانه‌زنی و رویش

گندم وحشی: در مورد بذور فاقد پوشینه گندم وحشی حداکثر سطح جوانه‌زنی برآورد شده بر اساس معادلات برازش داده شده به رژیم‌های دمایی شب و روز ۱۵/۱۰، ۳۰/۱۰ و ۳۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد مربوط بود. حداکثر رویش برآورد شده برای این رژیم‌های دمایی بیشتر از ۸۰ درصد بود. میانگین حداکثر سطح جوانه‌زنی برای رژیم‌های دمایی شب/روز ۱۰/۱، ۲۰/۵ و ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد به طور متوسط ۳۳/۹ درصد کمتر از میانگین حداکثر جوانه‌زنی رژیم‌های دمایی ۱۵/۱۰، ۳۰/۱۰ و ۳۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. مدت زمان جوانه‌زنی برای رژیم دمایی ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سایر رژیم‌های دمایی سردتر و گرم‌تر از آن بود. کندترین جوانه‌زنی به رژیم دمایی ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد مربوط بود. مدت زمان لازم برای رسیدن به میانه (۵۰ درصد) جوانه‌زنی برای رژیم دمایی ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ٥٤ و ۸۱ درصد کمتر از متوسط مدت زمان رسیدن به میانه جوانه‌زنی رژیم‌های دمایی سردتر و گرم‌تر از آن بود. برای بذور فاقد پوشینه گندم وحشی در بین رژیم‌های دمایی مورد ارزیابی بالاترین سرعت جوانه‌زنی به رژیم‌های دمایی ۲۵/۵ و ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد (رژیم‌های پاییزه بهاره) و کمترین سرعت جوانه‌زنی به رژیم‌های دمایی ۱۰/۱ و ۳۵/۱۵ درجه سانتی‌گراد (رژیم‌های دمایی زمستانه و تابستانه) مربوط بود (شکل ٦).

در مورد بذور پوشینه‌دار گندم وحشی برای رژیم‌های دمایی ۱۰/۱، ۳۰/۱۰ و ۳۵/۱۵ اصلاً جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد و حداکثر سطح جوانه‌زنی برآوردی (۷۹ درصد) برای رژیم دمایی ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد محقق شد. در این شرایط میانگین جوانه‌زنی رژیم‌های دمایی ۲۰/۵ و ۲۵/۱۰ برابر ١٤ درصد بود. در مورد بذور پوشینه‌دار گندم وحشی کوتاه‌ترین زمان دستیابی به ۵۰ درصد جوانه‌زنی به رژیم دمایی ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد تعلق

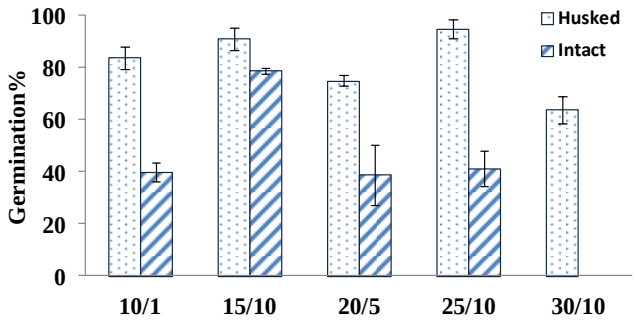
داشت که به ترتیب ٤٦ و ٥٤ درصد کمتر از مدت زمان دستیابی به ۵۰ درصد جوانه‌زنی برای رژیم‌های دمایی ۲۰/۵ و ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. برای بذور پوشینه‌دار گندم وحشی بالاترین سرعت جوانه‌زنی به رژیم دمایی پاییزه ـ بهاره ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت (شکل ٦).

در مورد رژیم‌های دمایی مختلف پاییزه، بهاره و زمستانه، شرایط تاریکی کامل در مقایسه با نوسان نوری شب و روز سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شد. جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه گندم وحشی تحت رژیم‌های دمایی ۱۰/۱، ۱۵/۱۰، ۲۰/۵ و ۲۵/۱۰ در شرایط تاریکی کامل در مقایسه با شرایط نوسان نوری شب و روز به طور متوسط به میزان ۳۹ درصد افزایش یافت. چنین مقایسه‌ای برای بذور پوشینه‌دار گندم وحشی گویای متوسط افزایش ٤٦ درصد برای چهار رژیم دمایی موصوف در شرایط تاریکی کامل در مقایسه با شرایط نوسان نوری شب و روز بود (شکل ۷).



شکل ٦- درصد جوانه‌زنی نهایی، زمان رسیدن به میانه جوانه‌زنی و بیشینه سرعت جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه (بالا) و پوشینه‌دار (پایین) علف‌هرز گندم وحشی در رژیم‌های مختلف دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

Figure 6- Final germination percentage, time to reach 50% of maximum germination and the maximum germination rate of husked (upper) and intact (below) seeds of wild wheat at different temperature regimes (day/night). Standard error is shown.

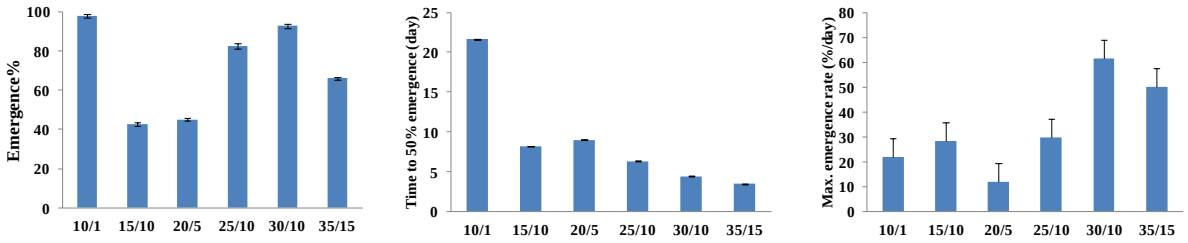


شکل ۷- جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه گندم وحشی در شرایط تاریکی در رژیم‌های مختلف دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

Figure 7- Germination of husked and intact seeds of wild wheat under different temperature regimes (night/day) at darkness situation. Standard error is shown.

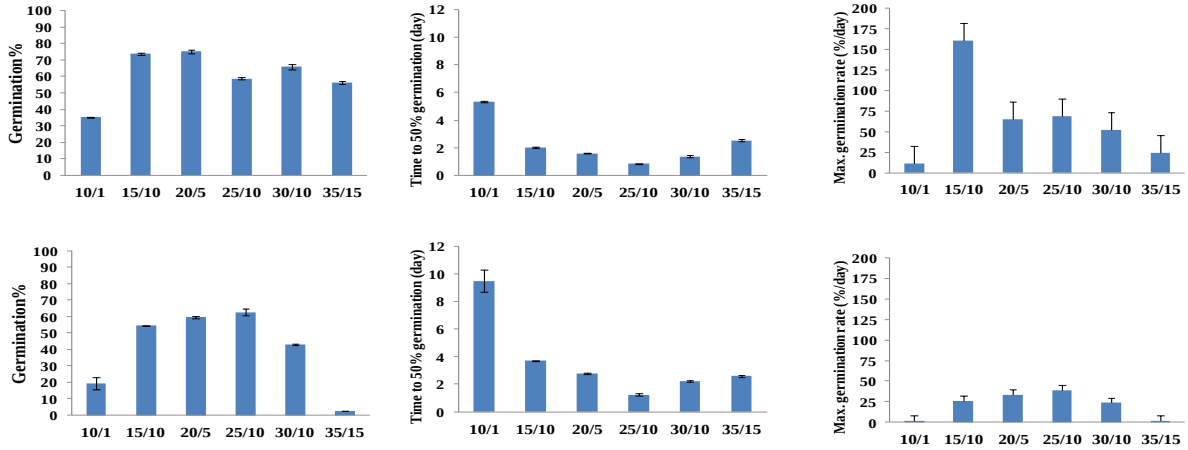
میانگین رویش بذور گندم وحشی پوشینه‌دار کاشته شده در خاک برای شش رژیم نوسان دمایی شب و روز برابر ۷۱/۳ درصد بود (شکل ۸). میانگین جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه و پوشینه‌دار گندم وحشی در داخل پتری‌دیش برای شش رژیم نوسان دمایی به ترتیب ۷۰/۵ و ۱۷/۹ درصد بود. پایین بودن میانگین جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار گندم وحشی در آزمایش جوانه‌زنی داخل پتری‌دیش در مقایسه با میانگین جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه و میانگین رویش بذور کاشته شده در داخل خاک گویای نقش بازدارنده مواد موجود در پوشینه بذر است که در شرایط خاک به دلیل خاصیت جذب‌کنندگی آن تجمع مواد بازدارنده در محیط پیرامونی بذر حادث نمی‌شود.

جودره: بر مبنای میانگین شش رژیم نوسان دمایی شب و روز مورد مطالعه حذف پوشینه سبب افزایش ۵۲/۵ درصد جوانه‌زنی بذور جودره شد. افزایش جوانه‌زنی ناشی از حذف پوشینه به خصوص برای رژیم‌های دمایی ۳۵/۱۵ و ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد قابل توجه بود. در دو رژیم دمایی ۳۵/۱۵ و ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد وجود پوشینه بذر به ترتیب سبب کاهش ۹۵/۶ و ۴۵/۲ درصد میانگین جوانه‌زنی بذور جودره شد. این در حالی بود که برای رژیم‌های نوسان دمایی پاییزه ـ بهاره (۲۵/۱۰، ۲۰/۵ و ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد) تاثیر بازدارنده پوشینه بذر به طور متوسط فقط ۱۵ درصد بود (شکل ۹).



شکل ۸- میزان رویش، زمان رسیدن به ۵۰ درصد رویش و بیشینه سرعت رویش بذور پوشینه‌دار علف‌هرز گندم وحشی کاشته شده در خاک گلدان در رژیم‌های مختلف دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

Figure 8- Emergence%, time to reach 50% of the maximum emergence rate and the maximum of emergence rate of intact seeds of wild wheat planted in potting soil at different temperature regimes (day/night). Standard error is shown.



شکل ۹- درصد جوانه‌زنی نهایی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و بیشینه سرعت جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه (بالا) و پوشینه‌دار (پایین) علف هرز جودره در رژیم‌های مختلف دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

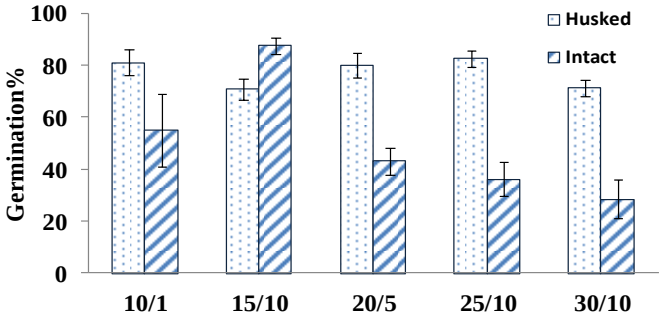
Figure 9- Final germination percentage, time to reach 50% of maximum germination and the maximum germination rate of husked (upper) and intact (below) seeds of wild barley at different temperature regimes (day/night). Standard error is shown.

برای بذور جودره پوشینه‌دار و فاقد پوشینه کمترین و بیشترین مدت زمان نیل به میانه جوانه‌زنی به ترتیب به رژیم‌های نوسان دمایی ۲۵/۱۰ و ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. حذف پوشینه به طور متوسط برای رژیم‌های مختلف نوسان دمایی سبب کاهش ۳۸/۲ درصد مدت زمان رسیدن به میانه جوانه‌زنی شد. در شرایط فقدان پوشینه بذر جودره بالاترین سرعت جوانه‌زنی به رژیم نوسان دمایی ۱۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد مربوط بود که نسبت به سایر رژیم‌های نوسان دمایی برتری فاحشی داشت. در مورد بذور پوشینه‌دار جودره بالاترین سرعت جوانه‌زنی به رژیم دمایی ۲۵/۱۰ درجه سانتی‌گراد تعلق داشت. میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور فاقد پوشینه جودره در رژیم‌های نوسان دمایی پاییزه ـ بهاره به ترتیب ۷/۵ و ۳/۵ برابر سرعت جوانه‌زنی در رژیم‌های نوسان دمایی زمستانه و تابستانه بود. به عبارت دیگر رژیم‌های نوسان دمایی زمستانه و تابستانه در مقایسه با رژیم‌های پاییزه ـ بهاره به طور متوسط به ترتیب سبب کاهش ۸٦/۷ و ۷۱/۵ درصد میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور جودره شدند (شکل ۹).

در مورد بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه جودره به طور متوسط شرایط تاریکی کامل در مقایسه با رژیم نوسان نوری شب و روز سبب افزایش ۱٦/۲ درصد جوانه‌زنی شد (شکل ۱۰).

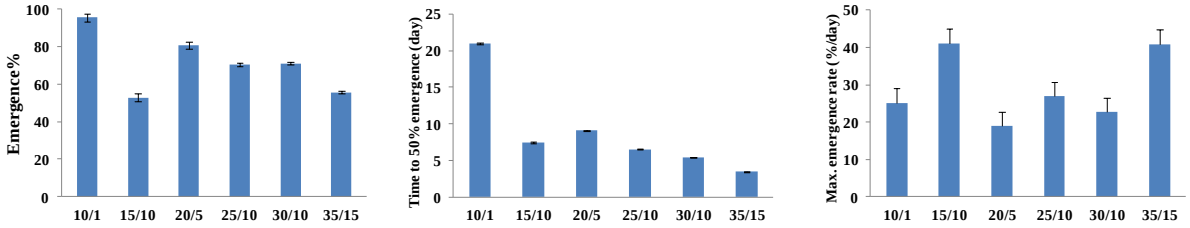
بر مبنای میانگین شش رژیم نوسان دمایی مورد مطالعه، متوسط رویش بذور پوشینه‌دار جودره در خاک به ترتیب ۷٦/۹ و ۱٦/۸ درصد بیشتر از میانگین جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه در داخل پتری‌دیش بود. لازم به ذکر است که تفاوت عمده رویش در خاک و جوانه‌زنی در پتری‌دیش برای بذور پوشینه‌دار جودره عمدتاً به رژیم‌های نوسان دمایی زمستانه و تابستانه مربوط بود. برای رژیم‌های نوسان دمایی زمستانه، تابستانه و پاییزه ـ بهاره میانگین جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار جودره در پتری‌دیش به ترتیب ۷۹/۸ درصد، ٦٤/٤ درصد و ۱۳/٤ درصد کمتر از میانگین رویش در خاک بود. بالاترین سرعت رویش جودره در خاک به رژیم‌های نوسان دمایی ۱۵/۱۰ و ۳۵/۱۵ درجه سانتی‌گراد مربوط بود (شکل ۱۱).

گزارش شده است که نوسانات دمایی سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی علف‌های‌هرز یک‌ساله زمستانه می‌شود (Bond *et al.*, 2007). علاوه بر این گزارش شده است که رویش علف‌های‌هرز یک‌ساله زمستانه در شرایط مزرعه به دوره زمانی کاهش دمای خاک در دامنه دمایی ممکن برای جوانه‌زنی محدود می‌شود (Benech-Arnold, *et al.*, 2000). در برخی گونه‌های گیاهی خروج از حالت خفتگی تنها پس از قرارگیری بذور در معرض دماهای نوسانی محقق می‌شود. اهمیت اکولوژیکی این نیاز به احتمال یافتن فضاهای خالی در تاج‌پوشش گیاهی و همچنین تشخیص عمق مدفون شدن مربوط دانسته شده است (Kegode *et al.*, Thompson & Grime, 1983; Ghersa, *et al.*, 1992; 1998). همچنین به عنوان مکانیسم موثری برای توزیع جوانه‌زنی طی دوره زمانی طولانی



شکل ۱۰- جوانه‌زنی بذور پوشینه‌دار و فاقد پوشینه جودره در شرایط تاریکی در رژیم‌های مختلف نوسان دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

Figure 10- Germination of husked and intact seeds of wild barley under different temperature regimes (night/day) at darkness situation. Standard error is shown.



شکل ۱۱- میزان رویش، زمان رسیدن به میانه رویش و سرعت رویش بذور پوشینه‌دار علف‌هرز جودره کاشته شده در خاک گلدان در رژیم‌های مختلف نوسان دمایی شبانه‌روزی (شب/روز). خطای استاندارد داده‌ها نشان داده شده است.

Figure 11- Emergence%, time to 50% of the maximum emergence rate and the maximum of emergence rate of intact seeds of wild barley planted in potting soil in different temperature regimes (day/night). Standard error is shown.

مطرح شده است (Benech-Arnold, *et al.*, 2000). دماهای نوسانی موجب خاتمه حالت خفتگی بذر در بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌شوند. هوارت و همکاران (Huarte *et al.*, 2014) نیز پاسخ فیزیولوژیکی به نوسانات دمایی را سیگنالی برای تشخیص موقعیت قرارگیری بذر در خاک دانسته‌اند.

در بررسی کشتکار و همکاران (Keshtkar *et al.*, 2009) حداکثر و حداقل مقادیر رویش بیشینه جودره به ترتیب در رژیم‌های حرارتی ۲۰/۱۵ و ۲۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد. ویو و همکاران (Wu *et al.*, 2015) بالاترین سطح جوانه‌زنی علف‌هرز کشیده‌برگ پلی‌پوگون (*Polypogon gugax*) را برای رژیم‌های نوسان دمایی ۲۵/۱۰ تا ۲۵/۱۵ درجه سانتی‌گراد گزارش دادند.

تاثیر یخبندان بر توانایی جوانه‌زنی بذر

یخبندان کوتاه‌مدت: قرارگیری بذور پوشینه‌دار با رسیدگی کامل گندم وحشی و جودره تحت تیمار یخبندان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر طی دوره‌های کوتاه‌مدت ٦ تا ٤٨ ساعت بر جوانه‌زنی بذور متعاقب دوره یخبندان تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵)، به طوری که میزان جوانه‌زنی برای بذور تحت تیمارهای مختلف یخبندان با تیمار شاهد بدون سرمادهی تفاوت معنی‌داری نداشت. این امر گویای عدم تاثیرپذیری زیستایی و بقای بذور پوشینه‌دار گندم وحشی و جودره از شرایط یخبندان ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر طی دوره زمانی کوتاه‌مدت تا ٤٨ ساعت است. این در حالی بود که زنده‌مانی بذور گندم زراعی رقم کریم تحت تیمار یخبندان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر به مدت ٤٨ ساعت به میزان ٦٨ درصد کاهش یافت.

یخبندان طولانی‌مدت: ارزیابی اثرات تیمار یخبندان طولانی‌مدت ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر در دامنه ۱۰ تا ٤٥ روز بر جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز کشیده‌برگ گندم وحشی و جودره گویای عدم تاثیرپذیری معنی‌دار جوانه‌زنی بذور با رسیدگی کامل از قرارگیری در معرض تیمار یخبندان طولانی‌مدت بود (جدول ۵)، به طوری که بین تیمار شاهد بدون سرمادهی و تیمارهای مختلف سرمادهی طولانی‌مدت تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد.

در پژوهش حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2009) نیز بین دوره‌های سرمادهی در تمام رژیم‌های دمایی مورد بررسی از نظر جوانه‌زنی بذور جودره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف دارای نیازمندی‌های حرارتی متفاوتی است (Egley & Duke, 1985). این که یک‌ساله‌های تابستانه در زمستان قادر به جوانه‌زنی نیستند به این دلیل است که حداقل دمایی که در آن قادر به جوانه‌زنی هستند بیشتر از دمای محیط در زمستان است؛ از سوی دیگر یک‌ساله‌های زمستانه به این دلیل در تابستان قادر به جوانه‌زنی نیستند چون حداکثر دمایی که در آن امکان جوانه‌زنی آنها میسر است کمتر از دمای محیط در تابستان است (Benech-Arnold *et al.*, 2000).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر یخبندان کوتاه‌مدت ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و یخبندان بلندمدت ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر بر جوانه‌زنی گندم وحشی و جودره

Table 5- Analysis of variance of short-term freezing temperatures at -20 degrees Celsius and long-term -15 degrees Celsius on wild wheat and wild barley seed germination

	-20 ºC		-15 ºC	
Source	**df**	**MS**	**df**	**MS**
Replication	2	57.4	2	288.5
Species	1	11810.2 **	1	2552.3 **
Seed	1	17149.7 **	1	8158.6 **
Species×Seed	1	6510.6 **	1	2350.3 **
Frozen	6	142.0 ns	7	318.1 ns
Species×Frozen	6	57.3 ns	7	145.8 ns
Seed×Frozen	6	101.7 ns	7	333.0 ns
Species×Seed×Frozen	6	104.7 ns	7	178.2 ns
Error	54	64.0	62	239.9
CV %		14.9		23.1

نیازمندی‌های حرارتی جوانه‌زنی نقش مهمی در تعیین توالی رویش گونه‌های گیاهی ایفا می‌کند. درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی در بر دارنده دو مؤلفه میزان و سرعت جوانه‌زنی است از این‌رو ارزیابی سرعت جوانه‌زنی اهمیت زیادی دارد (; Carberry, & Campbell, 1989Bradford, 2002).

نتیجه‌گیری کلی

سطح بالای رویش بذور پوشینه‌دار در خاک گلدان در مقایسه با میزان جوانه‌زنی در پتری‌دیش گویای این است که در مورد بذور با دوره پس‌رسی سپری شده، ممانعت فیزیکی پوسته بذر عامل بازدارنده مهمی برای جوانه‌زنی بذور گندم وحشی و جودره محسوب نمی‌شود و نقش بازدارندگی پوسته بذر عمدتاً به تجمع بالای مواد بازدارنده پیرامون بذر مربوط می‌شود، به طوری که در محیط کوچک پتری‌دیش به دلیل غلظت بالای مواد بازدارنده، جونه‌زنی مناسب محقق نشده در حالی که در آزمایش گلدانی، با کاهش غلظت مواد بازدارنده در محیط پیرامونی بذر، زمینه جوانه‌زنی و رویش در خاک فراهم شده است. بر این اساس به نظر می‌رسد در مورد بررسی جوانه‌زنی بذور علف‌هرز در شرایط آزمایشگاهی در درون پتری‌دیش می‌بایست به نقش غلظت مواد بازدارنده و تفاوت شرایط با محیط خاک به واسطه فراهم نمودن زمینه آبشویی و کاهش غلظت مواد بازدارنده پیرامون بذر توجه شود.

منابع

Baskin, C.C. & Baskin, J.M., 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and, Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, USA, Academic Press.

Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1990. Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of *Potentilla recta*. Annals of Applied Biology, 117: 611-616.

Batlla, D., & Benech-Arnold, R.L. 2014. Weed seed germination and the light environment: implications for weed management. Weed Biology and Management, 14: 77-87.

Benech-Arnold, R.L., Sánchez, R.A., Forcella, F., Kruk, B.C., & Ghersa, C.M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. Field Crops Research, 67: 105-122.

Bewley, J.D. & Black, M. 1994. Dormancy and the control of germination. In: *Seeds* (pp. 199-271). Springer US.

Bond, W., Davies, G., Turner, R. 2007. The biology and nonchemical control of common chickweed (*Stellaria media*). Henry Doubleday Research Association,Coventry,UK. http://www.gardenorganic.org.uk/organicweeds/downloads/stellaria%20media.pdf.Accessed August 3, 2013.

Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50: 248-260.

Buhler, D.D., Hartzler R.G., Forcella F., Gunsolus J.L. 1997. Sustainable agriculture: Relative emergence sequence for weeds of corn and soybeans. Iowa State University Extension Bulletin SA-11, 4 p.

Carberry, P.S., & Campbell, L.C. 1989. Temperature parameters useful for modeling the germination and emergence of pearl millet. Crop Science, 29: 220-223.

Coˆme, D., Corbineau, F. & Lecat, S. 1988. Some aspects of metabolic regulation of cereal seed germination and dormancy. Seed Science and Technology, 16: 175-186.

Egley, G.H., Duke, S.O. 1985. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: *Weed Physiology, Vol I: Reproduction and Ecophysiology*. Duke, S.O. (Ed.). CRC Press.

Forcella, F. 1993. Seedling emergence model for velvetleaf. Agronomy Journal, 85: 929-933.

Forcella, F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. Seed Science Research, 8:201-209.

Forcella, F., Benech-Arnold R.L., Sanchez R.E., Ghersa C.M. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crop Research, 67:123-139.

Ghersa, C.M., Benech-Arnold, R.L., Martinez Ghersa, M.A. 1992. The role of fluctuating temperatures in germination and establishment of *S. halepense* (L.) Pers. II. Regulation of germination at increasing depths. *Functional Ecology*, 6: 460-468.

Gutterman, Y., Nevo, E. 1994. Temperatures and ecological-genetic differentiation affecting the germination of *Hordeum spontaneum* caryopses harvested from three populations: The Negev desert and opposing slopes on Mediterranean Mount Carmel. Israel Journal of Plant Sciences, 42: 183-195.

Hamidi, R., Mazaheri, D., & Rahimian, H. 2009. Wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) seed germination as affected by dry storage periods, temperature regimes, and glumellae characteristics. Iranian Journal of Weed Science, *5*: 1-12.

Harper, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.

Huarte, H.R., Luna, V., Pagano, E.A., Zavala, J.A., & Benech-Arnold, R.L. 2014. Fluctuating temperatures terminate dormancy in *Cynara cardunculus* seeds by turning off ABA synthesis and reducing ABA signalling, but not stimulating GA synthesis or signalling. Seed Science Research, 24: 79-89.

Kegode, G.O., Pearce, R.B. & Bailey, T.B. 1998. Influence of fluctuating temperatures on emergence of shattercane (*Sorghum bicolor*) and giant foxtail (*Setaria faberi*). Weed Science, 46: 330-335.

Keshtkar, E., Kordbacheh, F., Mesgaran, M. B., Mashhadi, H. R., & Alizadeh, H. M. 2009. Effects of the sowing depth and temperature on the seedling emergence and early growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*) and wheat. Weed Biology and Management, 9: 10-19.

Lenoir, C., Corbineau, F. & Coˆme, D. 1986. Barley (*Hordeum vulgare*) seed dormancy as related to glumellae characteristics. Physiologia Plantarum, 68: 301-307.

Mortensen, D.A., Bastiaans, L., & Sattin, M. 2000. The role of ecology in the development of weed management systems: An outlook. Weed Researc, 40: 49-62.

Murdoch, A.J., & Ellis, R.H. 1992. Longevity, viability and dormancy. In: *Seeds: The Ecology of Regeneration and Plant Communities*. Fenner, M. (ed.). pp. 193-229. Wallingford: CAB International.

Ogg A.G. Jr, Dawson J.H. 1984. Time of emergence of eight weed species. Weed Science, 32: 327-335.

Oryokot, J.O., Hunt, L.A., Murphy, S. & Swanton, C.J. 1997. Simulation of pigweed (*Amaranthus* spp.) seedling emergence in different tillage systems. Weed Science, 45: 684-690.

Rodríguez, M.V., Barrero, J.M., Corbineau, F., Gubler, F., & Benech-Arnold, R.L. 2015. Dormancy in cereals (not too much, not so little): About the mechanisms behind this trait. Seed Science Research, 25: 99-119.

Thompson, K. & Grime, J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. Journal of Applied Ecology, 20: 141-156.

Wu, X., Li, J., Xu, H., & Dong, L. 2015. Factors affecting seed germination and seedling emergence of asia minor bluegrass (*Polypogon fugax*). Weed Science, 63:440-447.