



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰

۲۳-۳۸

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2021.17467.2610

بررسی تغییرات هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک در برگ‌ها و سرشاخه‌های طبقات مختلف سنی *Kochia prostrata* (L) schrad و تأثیر آن بر خصوصیات جوانه‌زنی و خواب بذر تحت تیمار پیش‌سرما دهی

هومن قدسی‌رانی^{*}، عادل سپهری^۲ و حسین بارانی^۳

^۱ دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

^۲ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،

^۳ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: مطالعات اندکی در خصوص سن پایه‌های مادری گیاهان و تأثیر آن بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر انجام شده است. پایه‌های مادری از سنین مختلف، به سبب تفاوت‌های ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی، تأثیرات متفاوتی بر خصوصیات فیتوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر می‌گذارند. این پژوهش با هدف بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی سنین مختلف پایه‌های مادری *Kochia prostrata* و تأثیر آن بر خصوصیات بذرهای آن‌ها صورت گرفت. بررسی عمق خواب بذر در سنین مختلف پایه‌های مادری این گونه و تأثیر تیمار پیش‌سرما دهی بر شکسته شدن خواب از دیگر اهداف این پژوهش بوده است.

مواد و روش‌ها: در جمعیت مورد مطالعه، ۵ بوته از هر طبقه سنی فرضی، به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ریخت‌شناسی شامل ارتفاع و سطح تاج‌پوشش آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس پایه‌های مذکور از قسمت یقه قطع گردیده و در آزمایشگاه تعیین سن گردیدند. پایه‌های مادری *K. prostrata* بر اساس قطر به سه طبقه جوان، بالغ و مسن تقسیم‌بندی گردیدند. در فصل جمع‌آوری بذر، ۱۰ بوته از هر طبقه سنی بر مبنای قطر یقه و سطح تاج‌پوشش به‌طور تصادفی انتخاب و برای تعیین میانگین تولید بذر در بوته و وزن هزاردانه، کل بذر آن‌ها به تفکیک در کیسه‌های نایلونی زیپ‌دار جمع‌آوری گردید. از برگ‌ها و سرشاخه‌ها، به تفکیک سن پایه‌های مادری نمونه‌برداری شد. آزمایش‌های جوانه‌زنی بذر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام گرفت. عامل اول، بذر طبقات سنی مختلف (جوان، بالغ و مسن) و عامل دوم، تیمار پیش‌سرما دهی خشک ۲- درجه سانتی‌گراد بود. خصوصیات فیتوشیمیایی و جوانه‌زنی بذرهای شاهد و تیمار شده شامل نشاسته، قند کل، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های سالم و نرمال، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، بنیه بذر و مقدار هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک در همه نمونه‌های بذر اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین مقدار هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک در اندام‌های گیاهی (برگ‌ها و سرشاخه‌ها) به تفکیک طبقات سنی پایه‌های مادری اندازه‌گیری شد.

* مسئول مکاتبه: h_ghodsirasi@gau.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پایه‌های مادری بالغ با داشتن ارتفاع و سطح تاج‌پوشش مناسب، حداکثر تولید بذر در بوته (۱۳/۰۲ گرم) را داشته و با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری دارد ($P < ۰/۰۱$). هم‌چنین وزن هزاردانه این طبقه سنی (۲/۱۱ گرم) با پایه‌های مادری جوان، اختلاف معنی‌داری دارد ($P < ۰/۰۱$). پایه‌های مادری بالغ بیش‌ترین مقدار هورمون جیبرلین آزاد (۱۵/۸۲ میلی‌گرم در لیتر) و بیش‌ترین مقدار هورمون اسید آبسزیک (۱۰/۸۲ میلی‌گرم در لیتر) را داشته و با سایر پایه‌های مادری اختلاف معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۱$). بالاتر بودن مقدار هورمون اسید آبسزیک در گیاه نشان‌دهنده سازگاری بیش‌تر پایه‌های مادری بالغ با محیط‌های خشک و نیمه‌خشک است. بذره‌های پایه‌های مادری بالغ با دارا بودن ۰/۷۲۶ میلی‌گرم در لیتر هورمون جیبرلین با بذره‌های پایه‌های مادری جوان (۱/۹۷ میلی‌گرم در لیتر) اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P < ۰/۰۱$) اما مقدار هورمون اسید آبسزیک درونی بذرها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت. نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک در بذره‌های پایه‌های مادری بالغ (۰/۳۸۳) با نسبت مذکور در بذره‌های پایه‌های مادری جوان (۰/۷۲۶) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت ($P < ۰/۰۱$) اما به‌مراتب کم‌تر بود که این امر نشانگر خواب عمیق‌تر بذره‌های گروه سنی بالغ می‌باشد. تیمار پیش‌سرمادهی بیش‌ترین تأثیر را بر بذره‌های طبقه سنی بالغ داشت به‌طوری‌که مقدار هورمون جیبرلین آزاد و باند به‌ترتیب به ۱۲/۰۱ و ۸/۹۹ میلی‌گرم در لیتر افزایش یافته و نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک نیز به ۹/۴۱ افزایش یافت. این امر منجر به شکستن خواب بذر، افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و تجزیه نشاسته به قندهای ساده و افزایش درصد گیاهچه‌های نرمال، افزایش طول ریشه‌چه و بینه بذر گردید که بیش‌ترین تأثیر را بر بذره‌های طبقه سنی بالغ شاهدداشت.

نتیجه‌گیری: طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری *K. prostrata* از نظر خصوصیات فیتوشیمیایی و ریخت‌شناسی با یکدیگر تفاوت دارند که این تفاوت بر خصوصیات جوانه‌زنی و فیتوشیمیایی بذره‌های آن‌ها تأثیر گذاشته و سازوکار خواب را در بذرها کنترل و تنظیم می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آلفا آمیلاز، اسید آبسزیک، تیمار پیش‌سرمادهی، جیبرلین‌ها، خصوصیات جوانه‌زنی بذر، طبقات سنی بوته

مقدمه

مطالعات نشان داده است که بذره‌های پایه‌های مادری بالغ *Sorbus torminalis* و *Pinus pinea* و *Kochia prostrata* درصد جوانه‌زنی و بینه بذر بیش‌تری نسبت به بذره‌های پایه‌های مادری جوان و پیر دارند (۷، ۱۰ و ۱۱). مطالعه بذره‌های پایه‌های مادری مختلف *Aciphyllia glacialis* نشان داد که درصد جوانه‌زنی و عمق خواب بذرها با یکدیگر متفاوت است (۱۶). مطالعات نشان می‌دهد که خواب بذر نتیجه‌ای از اثر تنظیمی هورمون اسید آبسزیک است که با تغییرات دما و تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد (۳۴ و ۲۷). مطالعه بذره‌های *Arabidopsis thaliana* و گندم نان *Triticum aestivum* نشان داد که هورمون اسید آبسزیک نقش تنظیم و کنترل‌کننده ژن‌های مرتبط با

سن پایه‌های مادری گیاهان بر خصوصیات جوانه‌زنی و سازوکار خواب بذر تأثیر می‌گذارد (۲۱) و (۱). پایه‌های مادری مختلف در مواجهه با شرایط متنوع اقلیمی و تنش‌های محیطی، سازگاری‌های منحصربفردی یافته‌اند و بذره‌های آن‌ها نیز دارای سطوح متنوعی از خواب اولیه^۱ هستند (۶، ۹، ۱۴، ۱۵، ۲۵، ۲۸، ۳۶ و ۳۷). شاخص جوانه‌زنی یا عدم جوانه‌زنی، بیان‌کننده تمامی جنبه‌های خواب یک بذر نیست (۲۴). سرعت کم جوانه‌زنی، تاخیر و عدم تقارن در جوانه‌زنی و گیاهچه‌های غیرنرمال، از دیگر شاخص‌های خواب بذر هستند (۸ و ۹).

مکانیزم خواب و خصوصیات جوانه‌زنی بذر بود. همچنین بررسی تأثیر تیمار پیش‌سرما‌دهی بر سطح هورمون‌های مذکور و اثر آن بر شکستن خواب بذر از دیگر اهداف این پژوهش بوده است.

مواد و روش‌ها

تعیین سن پایه‌های مادری: جمعیتی از گونه *K. prostrata* در مراتع شهرستان مراوه‌تپه در استان گلستان شناسایی گردید (55°48'7"N, 37°42'15"E) (۱۱). به‌منظور تعیین سن، ۱۵ بوته با قطرهای مختلف به‌طور تصادفی شناسایی (۵ بوته به‌ازای هر طبقه سنی فرضی) و پس از اندازه‌گیری قطر یقه، ارتفاع گیاه و سطح تاج پوشش، پایه‌ها قطع و به آزمایشگاه گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. در آزمایشگاه، نمونه‌ها به روش شمارش تعداد حلقه‌های رشد تعیین سن گردیدند (۳۵ و ۱۷). پایه‌های مادری به سه طبقه سنی جوان، بالغ و مسن تقسیم بندی شدند.

جمع‌آوری بذر و نمونه‌های گیاهی از منطقه مورد مطالعه: از هر سه طبقه سنی، ده پایه مادری به‌طور تصادفی انتخاب و کل بذر بوته‌های مذکور به تفکیک طبقه سنی و بوته، در کیسه‌های نایلونی زیپ‌دار جمع‌آوری گردید. در آزمایشگاه بذرهای به‌مدت دو هفته روی کاغذ روزنامه خشک گردید و بذرهای خالص جهت تعیین تولید بذر در بوته و وزن هزاردانه مورد استفاده قرار گرفت. جهت اندازه‌گیری هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک در اندام‌های گیاهی (شامل سرشاخه‌ها، برگ‌ها و بذرها)، مقدار مورد نیاز از اندام‌های مذکور از هر طبقه سنی به تفکیک جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد.

خواب بذر را بر عهده داشته و این نقش تحت مدل‌های تعادل هورمون‌ها^۱ و کنترل از راه دور^۲ مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۹ و ۳۱).

سازوکارهای رفع خواب بذر بر اثر سرما، به‌درستی شناخته شده نیستند. فرضیاتی مبنی بر این‌که سرما با کاهش یا حذف بازدارنده‌های جوانه‌زنی درون بذر (مثل اسید آبسزیک) و فعال کردن تولید جیبرلین، سبب شکستن خواب بذر می‌گردد، وجود دارد (۲). مرحله‌ای که بذرهای دماهای کم و مداوم را مشابه شرایط زمستان‌های طبیعی تجربه می‌کنند، اصطلاحاً تیمار پیش‌سرما‌دهی^۳ نامیده می‌شود (۵). درصد جوانه‌زنی بذرهای *Oryza sativa* و *Aciphyllia glacialis* در اثر تیمار پیش‌سرما‌دهی افزایش یافت. نتایج نشان داد که بر اثر تیمار پیش‌سرما‌دهی، سطح هورمون اسید آبسزیک در بذر کاهش و سطح هورمون جیبرلین افزایش یافت (۱۶ و ۳۶). همچنین تیمار پیش‌سرما‌دهی سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای *Pinus pinea* گردید (۱۲). افزایش درصد گیاهچه‌های نرمال، طول ریشه‌چه و بینه بذر *Kochia prostrata* در اثر تیمار پیش‌سرما‌دهی گزارش گردید (۱۱).

کوخیا پروستراتا *Kochia prostrata* از خانواده اسفناجیان، گیاهی دائمی و نیمه بوته‌ای و بومی مراتع خشک و نیمه خشک کشور است. طول عمر این گیاه ۱۰ الی ۱۵ سال و بیش‌ترین تولید بذر را در سن بلوغ یعنی ۵ تا ۶ سالگی دارد (۳۳). به‌نظر می‌رسد بذرهای *K. prostrata* برای مقابله با تنش‌های محیطی، از سازوکار خواب جهت عدم هم‌زمانی و کاهش سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند (۳، ۲۲ و ۲۳).

هدف از این پژوهش مطالعه تغییرات هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک در سنین مختلف پایه‌های مادری *K. prostrata* به‌منظور بررسی تأثیر آن بر

- 1- Hormone-balance model
- 2- Remote control model
- 3- Prechilling

هورمون اسید آبسزیک، از روش ماهادوان (۱۹۸۴)، (۱۹۸۶) استفاده گردید (۴، ۱۲، ۱۵، ۱۹، ۲۰ و ۳۴). اندازه‌گیری نشاسته، قند کل و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذرها: نشاسته، قند کل و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذرها شاهد و تیمار شده کلیه طبقات سنی پایه‌های مادری *K.prostrata* اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری نشاسته و قند کل از روش آنترون (۲۹) و برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، از روش ۳-۵-دی‌نیترو سالیسیلیک‌اسید (DNS) و محلول نشاسته ۱ درصد استفاده شد (۴).

تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید (۳۰). برای مقایسه اثرات اصلی از آزمون ANOVA و در صورت معنی‌دار شدن اثرات متقابل، از حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج شمارش حلقه‌های رشد در آزمایشگاه و با توجه به قطر یقه‌ای بوته‌ها، پایه‌های مادری *K.prostrata* به سه طبقه سنی جوان، بالغ و مسن تقسیم‌بندی گردیدند (۳۳). تجزیه واریانس اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر خصوصیات ریختی گیاه، نشان داد که ارتفاع بوته، سطح تاج‌پوشش، تولید بذر در بوته و وزن هزاردانه پایه‌های مختلف سنی *K.prostrata* در سطح ۱ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۱).

آزمون‌های جوانه‌زنی بذر و تیمار پیش‌سرمادهی بذر: به‌منظور اعمال تیمار پیش‌سرمادهی، بذرها کلیه طبقات سنی به‌مدت دو هفته در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد درون انکوباتور یخچال‌دار قرار گرفتند (۱۱). آزمون‌های جوانه‌زنی بذر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار ۵۰ تایی درون پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر، روی کاغذ صافی واتمن انجام شد (۱۷). عامل اول، بذرها ۳ طبقه سنی پایه‌های مادری (جوان، بالغ، مسن) و عامل دوم، تیمار پیش‌سرمادهی بذر در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها به مدت دو هفته ادامه یافت و بذرها به‌صورت روزانه و هر ۶ ساعت یکبار کنترل گردیدند. بذرهایی که ریشه‌چه آن‌ها به اندازه ۲ میلی‌متر از بذر خارج گردید به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد. شمارش هنگامی متوقف گردید که در ۳ شمارش متوالی، تعداد بذرها جوانه‌زده تغییری نکرد. پس از پایان آزمایش‌ها، درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال، سرعت جوانه‌زنی و بینه بذر در تمامی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (۱۸، ۲۶، ۳۲ و ۳۵). برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول نهال و بینه بذر، تعداد ۱۵ گیاهچه سالم از هر پتری‌دیش انتخاب و خصوصیات مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری هورمون‌های جیبرلین آزاد و اسید آبسزیک: هورمون‌های گیاهی به تفکیک برای اندام‌های گیاهی (سرشاخه‌ها و برگ‌ها)، بذرها شاهد (تیمار نشده) و بذرها تیمار شده (تیمار پیش‌سرمادهی) در کلیه طبقات سنی پایه‌های مادری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری هورمون جیبرلین آزاد و باند از روش هولبروک و همکاران (۱۹۶۱) و برای اندازه‌گیری

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر طبقات مختلف سنی (جوان، بالغ و مسن) پایه‌های مادری بر خصوصیات بوته‌های *K.prostrata*.

Table 1. Analysis of variance of maternal age classes (young, mature and old) on characteristics of *K.prostrata* shrubs.

میانگین مربعات Mean of squares					
وزن هزاردانه 1000-seed weight	سطح تاج پوشش Canopy cover	ارتفاع بوته Plant height	تولید بذر در بوته Seed production per plant	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.304**	56250445.1.00**	3912.10**	80.12**	2	طبقات سنی پایه‌های مادری (A) Maternal age classes
0.002	3649930.2	49.70	1.79	6	خطا Error
2.49	32.97	6.35	18.96	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns, *, ** non-significant and significant in 5% and 1% level of probability, respectively.

هزاردانه پایه‌های مادری جوان (۱/۶۵ گرم) اختلاف معنی‌دار دارد. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه مقدار تولید بذر بعد از سن بلوغ کاهش می‌یابد، اما وزن بذرهای بالطبع اندازه بذرهای کاهش پیدا نمی‌کند (جدول ۲). نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار تولید بذر در بوته‌های *K.prostrata* تا سن بلوغ به اندازه و سن گیاه وابستگی دارد. به نظر می‌رسد با افزایش سن گیاه، تعداد شاخه‌های حاوی گل‌آذین افزوده شده و بنابراین تولید بذر افزایش می‌یابد. میزان تولید بذر بعد از سن بلوغ، تنها تابعی از سن گیاه است، به طوری که پایه‌های مادری مسن، علی‌رغم ارتفاع و سطح تاج‌پوشش بیش‌تری که دارند، تولید بذر در بوته بسیار کم است. نتایج این پژوهش، با نتایج آلخانو و همکاران (۲۰۱۹)، کوارلس و روک (۲۰۱۹) و فنر و تامپسون (۲۰۰۶) همخوانی دارد (۱، ۸، ۲۵). گمان می‌رود پایه‌های مادری مسن با اختصاص منابع به فعالیت‌های بقاء و نگهداری، از فعالیت تولیدمثلی خود می‌کاهند.

مقایسه میانگین‌های اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر خصوصیات ریختی *K.prostrata* (جدول ۲) نشان داد که ارتفاع پایه‌های مادری مسن، بالغ و جوان به ترتیب با ۱۴۷/۲۲، ۱۱۰/۵۵ و ۷۵ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲). جدول ۲ نشان می‌دهد که پایه‌های مادری مسن با ۱۰۴۹۷ سانتی‌مترمربع، بیش‌ترین میزان تاج‌پوشش را داشته و با سایر طبقات اختلاف معنی‌داری دارند. تاج‌پوشش پایه‌های مادری بالغ و جوان به ترتیب با ۴۹۱۳ و ۱۹۷۲ سانتی‌مترمربع، در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. پایه‌های مادری بالغ (گروه سنی ۲) با ۱۳/۰۲ گرم، بالاترین مقدار تولید بذر در بوته را داشته و با بقیه گروه‌ها اختلاف معنی‌داری دارد. مقدار تولید بذر در پایه‌های مادری جوان (گروه سنی ۱) و مسن (گروه سنی ۳) به ترتیب با ۳/۵۷ و ۴/۴۳ گرم، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲). همچنین بیش‌ترین وزن هزاردانه (۲/۲۷ گرم) متعلق به پایه‌های مادری مسن است که با وزن هزاردانه پایه‌های مادری بالغ (۲/۱۱ گرم) و وزن

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری (جوان، بالغ و مسن) بر خصوصیات بوته‌های *K. prostrata*

Table 2. Mean comparison of the effects of different maternal age classes (young, mature and old) on characteristics of *K. prostrata* shrubs.

وزن هزاردانه (گرم) The weight of 1000 seeds (gr)	سطح تاج پوشش (سانتی‌متر مربع) Canopy cover (cm ²)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تولید بذر در بوته (گرم) Seed production per plant (gr)	طبقات سنی پایه‌های مادری Maternal age classes
1.65 ^c	1972.00 ^c	75.00 ^c	3.57 ^b	۳-۴ ساله (گروه سنی ۱) (3-4 years old)
2.11 ^b	4913.00 ^b	110.55 ^b	13.02 ^a	۵-۶ ساله (گروه سنی ۲) (5-6 years old)
2.27 ^a	10497. ^a	147.22 ^a	4.43 ^b	۷ سال به بالا (گروه سنی ۳) (7 years old and more)

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار است.

The common letters in each column indicate no differences.

جدول ۳ نشان می‌دهد که تیمار پیش‌سرمادهی بر کلیه خصوصیات جوانه‌زنی بذر در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. هم‌چنین اثر متقابل طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری و تیمار پیش‌سرمادهی بر درصد گیاهچه‌های نرمال در سطح ۱ درصد و بر طول ریشه‌چه و بنیه بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود.

تجزیه واریانس اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری *K. prostrata* و تیمار پیش‌سرمادهی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر (جدول ۳)، نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بذرهای طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری، در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. سن پایه‌های مادری بر درصد جوانه‌زنی، طول ساقچه و طول گیاهچه بذر اثر معنی‌داری نداشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات طبقات سنی پایه‌های مادری (جوان، بالغ و مسن) و تیمار پیش‌سرمادهی بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذر *K. prostrata*

Table 3. Analysis of variance of maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some seed germination traits of *K. prostrata*.

میانگین مربعات Mean of squares								منابع تغییرات S.O.V
بینه بذر (*) (۱۰۰۰)	طول Seedling length	طول Root length	طول Shoot length	گیاهچه‌های نرمال Normal Seedlings	سرعت جوانه‌زنی بذر Germination rate	جوانه‌زنی بذر Seed germination	درجه آزادی df	
29.07 ^{ns}	4.29 ^{ns}	4.51 ^{**}	0.0032 ^{ns}	338.00 ^{**}	0.000017 [*]	12.16 ^{ns}	2	طبقات سنی پایه‌های مادری Maternal age classes (A)
10.95 ^{**}	1091.37 ^{**}	107.21 ^{**}	514.02 ^{**}	9800.0 ^{**}	0.00014 ^{**}	180.50 ^{**}	1	تیمار پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C (B)
80.36 [*]	5.007 ^{ns}	2.70 [*]	1.04 ^{ns}	160.66 ^{**}	0.000007 ^{ns}	22.16 ^{ns}	2	A*B
13.87	1.57	0.49	1.09	18.88	0.000004	9.27	12	خطا Error
5.84	5.75	8.62	7.63	7.009	8.03	3.34	-	ضریب تغییرات (%) CV (%)

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

^{ns}, *, ** non-significant and significant in 5% and 1% level of probability, respectively.

جوانه‌زنی کم‌تری برخوردارند. نتایج این پژوهش با نتایج سنزانو و همکاران (۲۰۱۸)، فنر و تامپسون (۲۰۰۶) و بسکین و بسکین (۲۰۰۴) همخوانی داشت (۳، ۶، ۸). کاهش سرعت و تاخیر در جوانه‌زنی، به‌عنوان سازوکارهای مقابله با تنش‌های متناوب خشکی، در بذره‌های پایه‌های مادری بالغ توسعه بیش‌تری یافته است (۸، ۱۶). بدین‌ترتیب، خصوصیات مانده درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه در *K.prostrata* تابعی از اندازه بذر و سن گیاه نیست. نتایج این پژوهش با نتایج اسپهبدی و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی نداشت. آن‌ها نشان دادند که بذره‌های پایه‌های مادری بالغ *Sorbus torminalis* درشت‌تر بوده و درصد جوانه‌زنی بیش‌تری از بذره‌های پایه‌های مادری جوان داشتند (۷).

مقایسه میانگین‌های اثرات ساده طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری و تیمار پیش‌سرمادهی بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی بذر *K.prostrata* (جدول ۴) نشان داد که علی‌رغم تفاوت در وزن هزاردانه و اندازه بذر پایه‌های مختلف سنی، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه بذره‌های شاهد سه طبقه سنی، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. سرعت جوانه‌زنی بذره‌های شاهد طبقه سنی بالغ از سایر طبقات سنی کم‌تر بود (جدول ۴). نسبت سطح به حجم در بذره‌های کوچک‌تر مانند بذره‌های پایه‌های مادری جوان بیش‌تر است، بنابراین سرعت آبنوشی بیش‌تری داشته و رشد جنین سریع‌تر می‌باشد. در مقابل، بذره‌های پایه‌های مادری بالغ، به سبب اندازه بزرگ‌تری که دارند، سرعت آبنوشی بذر کم‌تر بوده و بنابراین از سرعت

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده طبقه سنی بوته (جوان، بالغ و مسن) و تیمار سرمادهی بر برخی از خصوصیات جوانه‌زنی بذر *K.prostrata*

Table 4. Mean comparison of maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some seed germination traits of *K.prostrata*.

طول گیاهچه (میلی‌متر) Seedling length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Shoot length (mm)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)	جوانه‌زنی بذر (درصد) Seed germination percentage (%)	طبقات سنی پایه‌های مادری Maternal age classes
21.47 ^a	13.70 ^a	0.026 ^a	92.66 ^a	۳-۴ ساله (جوان) (3-4 years old)
22.81 ^a	13.66 ^a	0.023 ^b	89.83 ^a	۵-۶ ساله (بالغ) (5-6 years old)
21.24 ^a	13.71 ^a	0.025 ^{ab}	91.00 ^a	۷ سال به بالا (مسن) (7 years old and more)
تیمار پیش‌سرمادهی Prechilling				
14.05 ^b	8.34 ^b	0.020 ^b	88.00 ^b	شاهد Control
29.63 ^a	19.03 ^o	0.027 ^a	94.33 ^a	پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف است.

The common letters in each column indicate no differences.

(۲۰۰۴) داشتن گیاهچه‌های غیرنرمال را نشان‌دهنده خواب عمیق فیزیولوژیکی بذر قلمداد نموده‌اند که نتایج این پژوهش با نتایج آن‌ها همخوانی دارد (۳). این سازوکار که در بذره‌های طبقات سنی بالغ و مسن تکامل بیشتری یافته است سبب می‌گردد تا در کنار سرعت کم‌تر جوانه‌زنی، بتوانند در خشکی‌های متناوب عملکردی بهتر داشته و تنش‌های محیطی را با ریسک کم‌تری پشت سر گذارند. شکستن خواب فیزیولوژیک در این دسته از بذرها با یک تغییر شیمیایی که در اثر دماهای زیر صفر رخ می‌دهد، همزمان خواهد بود (۸). تیمار پیش‌سرمادهی سبب افزایش درصد گیاهچه‌های نرمال بذر در همه طبقات سنی گردید. نتایج این پژوهش با نتایج هویل و همکاران (۲۰۱۴) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. آن‌ها نشان دادند که سرما سبب شکستن خواب ریختشناسی بذر می‌شود، اما شکستن خواب فیزیولوژیکی بذر به یک ماشه سرمایی شدید نیاز دارد (۱۶، ۳۷).

جدول ۴ نشان می‌دهد که تیمار پیش‌سرمادهی سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقچه و طول گیاهچه، بذره‌های *K.prostrata* گردید. نتایج این پژوهش با نتایج اسعدی و همکاران (۲۰۱۶)، هویل و همکاران (۲۰۱۴) و گیمنس-بناویدس (۲۰۰۵) در خصوص تأثیر تیمار پیش‌سرمادهی بر افزایش جوانه‌زنی بذرها همخوانی داشت (۲، ۱۳، ۱۶). به نظر می‌رسد سرما سبب برهم خوردن تعادل هورمون‌های گیاهی درون بذر به نفع هورمون‌های رشد مانند جیبرلین شده و بدین ترتیب رشد گیاهچه بیشتر می‌گردد.

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری و تیمار پیش‌سرمادهی بذر (جدول ۵) نشان می‌دهد که بذره‌های شاهد پایه‌های مادری جوان با ۵۱/۳۳ درصد بیش‌ترین گیاهچه‌های نرمال را به خود اختصاص داده و با بذره‌های شاهد گروه سنی بالغ (۳۸/۶۶ درصد) و بذره‌های شاهد گروه سنی مسن (۲۶ درصد) اختلاف معنی‌داری دارند. بسکین و بسکین

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل طبقه سنی بوته (جوان، بالغ و مسن) و تیمار سرمادهی بر برخی از خصوصیات جوانه‌زنی بذر *K.prostrata*

Table 5. Comparison of interactions between maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some seed germination traits of *K.prostrata*.

بینه بذر (*۱۰۰۰)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	گیاهچه‌های نرمال (درصد)	تیمار	طبقات سنی پایه‌های مادری
Seed vigor (*1000)	Root length (mm)	Normal Seedlings (%)	Treatment	Maternal age classes
1.33 ^c	6.11 ^c	51.33 ^b	شاهد Control	۳-۴ ساله (3-4 years old)
2.66 ^b	9.44 ^b	87.33 ^a	پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۳-۴ ساله (3-4 years old)
1.19 ^c	6.31 ^c	38.66 ^c	شاهد Control	۵-۶ ساله (5-6 years old)
2.98 ^a	11.97 ^a	86.00 ^a	پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۵-۶ ساله (5-6 years old)
1.17 ^c	4.71 ^d	26.00 ^d	شاهد Control	۷ سال به بالا (7 years old and more)
2.73 ^b	10.35 ^b	82.66 ^a	پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۷ سال به بالا (7 years old and more)

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف است.

The common letters in each column indicate no differences.

داشت (۳۶). به نظر می‌رسد که سن پایه‌های مادری *K.prostrata* با برخی از خصوصیات جوانه‌زنی بذر از جمله سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های نرمال، طول ریشه‌چه و وزن بذر که به سازگاری و استقرار گیاهچه و نهال کمک می‌کنند، ارتباط بیش‌تری دارد.

تجزیه واریانس اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر هورمون‌های گیاهی موجود در اندام‌های گیاهی *K.prostrata* (جدول ۶)، نشان می‌دهد هورمون‌های جیبرلین، اسید آبسزیک و نسبت جیبرلین به اسید آبسزیک بین سنین مختلف پایه‌های مادری در سطح ۱ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند.

اگر چه طول ریشه‌چه بذرهای شاهد گروه سنی بالغ با بذرهای شاهد گروه سنی جوان اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵)، اما تیمار پیش‌سرمادهی سبب افزایش طول ریشه‌چه بذرهای همه طبقات سنی خصوصاً بذرهای طبقه سنی بالغ گردید. بذرهایی که از طول ریشه‌چه بیش‌تری برخوردارند می‌توانند به منابع محدود رطوبت خاک دسترسی مناسب‌تری داشته و تنش‌های خشکی را بهتر سپری نمایند (۹). بیش‌تر بودن بنیه بذرهای تیمار شده گروه سنی بالغ، بر این مسأله تاکید می‌نماید (جدول ۵). نتایج این پژوهش با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۱۹) که نشان دادند تیمار پیش‌سرمادهی سبب افزایش بنیه بذر می‌گردد مطابقت

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر طبقات سنی پایه‌های مادری (جوان، بالغ و مسن) بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی گونه *K.prostrata*

Table 6. Analysis of variance of maternal age classes (young, mature and old) on some phytohormones of *K.prostrata* shrubs.

میانگین مربعات Mean of squares				درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
نسبت جیبرلین به اسید آبسزیک GA/ABA	اسید آبسزیک Abscisic Acid	جیبرلین باند Bond Gibberellin	جیبرلین آزاد Free Gibberellin		
3.15**	33.82**	0.73**	153.94**	2	طبقه سنی پایه‌های مادری Maternal age classes
0.135	0.872	0.032	0.896	6	خطا Error
26.86	11.86	15.78	11.25	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار.
ns, *, ** non-significant and significant in 5% and 1% level of probability, respectively.

میزان هورمون جیبرلین را به خود اختصاص داده‌اند. از نظر میزان هورمون جیبرلین باند، پایه‌های مادری جوان و بالغ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته اما پایه‌های مادری مسن کم‌ترین میزان را به خود اختصاص داده و با دو گروه دیگر اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۷). جدول ۷ نشان می‌دهد که پایه‌های مادری بالغ بیش‌ترین مقدار اسید آبسزیک را داشته و پس از آن پایه‌های

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر مقدار هورمون‌های گیاهی در اندام‌های گیاه شامل برگ‌ها و سرشاخه‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد که مقدار هورمون جیبرلین آزاد در پایه‌های مادری بالغ، بیش‌ترین میزان را داشته و با سایر طبقات سنی اختلاف معنی‌داری دارد. پایه‌های مادری جوان در رتبه بعدی قرار داشته و پایه‌های مادری مسن کم‌ترین

مادری مسن در رتبه دوم قرار دارند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. کم‌ترین میزان هورمون اسید آبسزیک متعلق به پایه‌های مادری جوان بود. میزان اسید آبسزیک درونی گیاه شاخص سازگاری گیاه با شرایط تنش‌زای محیطی مانند خشکی است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پایه‌های مادری بالغ با داشتن غلظت‌های بالاتر از این هورمون، از سازگاری بیشتری با محیط خود برخوردار هستند. نتایج این پژوهش با نتایج رضایتمند (۲۰۰۴) هم‌خوانی داشت (۲۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثر طبقه سنی بوته (جوان، بالغ و مسن) بر برخی از خصوصیات فیتوشیمیایی بوته‌های *K.prostrata*.

Table 7. Means comparison of maternal age classes (young, mature and old) on some phytohormones of *K.prostrata* shrubs.

نسبت جیبرلین به اسید آبسزیک GA/ABA	اسید آبسزیک (میلی‌گرم بر لیتر) Abscisic acid (mg/l)	جیبرلین بانده (میلی‌گرم بر لیتر) Bond Gibberellin (mg/l)	جیبرلین آزاد (میلی‌گرم بر لیتر) Free Gibberellin (mg/l)	طبقات سنی پایه‌های مادری Maternal age classes
2.26 ^a	4.21 ^c	1.31 ^a	7.87 ^b	۳-۴ ساله (3-4 years old)
1.60 ^a	10.82 ^a	1.53 ^a	15.82 ^a	۵-۶ ساله (5-6 years old)
0.25 ^b	8.57 ^b	0.586 ^b	1.53 ^c	۷ سال به بالا (7 years old and more)

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف است.

The common letters in each column indicate no differences.

تجزیه واریانس اثر طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر خصوصیات فیتوشیمیایی بذر *K.prostrata* (جدول ۸) نشان می‌دهد که بذر پایه‌های سنی مختلف، از نظر میزان قند کل در سطح ۱ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که اثر تیمار پیش‌سرمادهی بر همه خصوصیات فیتوشیمیایی بذر شامل نشاسته، قند کل، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، هورمون‌های جیبرلین، اسید آبسزیک و نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل تیمار پیش‌سرمادهی و طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری بر خصوصیات فیتوشیمیایی بذر نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، هورمون جیبرلین و نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک است (جدول ۸).

از نظر نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک، بیش‌ترین نسبت متعلق به پایه‌های مادری جوان است که با پایه‌های مادری بالغ اختلاف معنی‌داری ندارد. کم‌ترین نسبت مذکور، متعلق به پایه‌های مادری مسن بود که با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۷). کم‌تر بودن میزان هورمون جیبرلین و اسید آبسزیک در پایه‌های مادری مسن نسبت به پایه‌های مادری بالغ می‌تواند به دلیل کم شدن فعالیت‌های سوخت و سازی پایه‌های مادری مسن در انتهای دوره حیات گیاه باشد. این امر منجر به تغییر سازوکار سازگاری گیاه نسبت به تنش‌های محیطی مانند خشکی شده و عملکرد تولیدمثلی گیاه به نفع بقاء و فعالیت‌های نگهداری کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش با نتایج کوارلس و روک (۲۰۱۹) هم‌خوانی داشت (۲۵).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثرات طبقات سنی پایه‌های مادری (جوان، بالغ و مسن) و تیمار پیش‌سرما‌دهی بر برخی خصوصیات فیتوشیمیایی بذر *K.prostrata*.

Table 8. Analysis of variance of maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some phytochemical characteristics of *K.prostrata* seeds.

میانگین مربعات Mean of squares								
نسبت جیبرلین به اسید آبسیزیک GA/ABA	اسید آبسیزیک Abscisic acid	جیبرلین باند Bond Gibberellin	جیبرلین آزاد Free Gibberellin	فعالیت آلفا آمیلاز Alpha Amylase Activity	قند کل Total Carbohydrates	نشاسته Starch	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
21.36**	0.277 ^{ns}	19.67**	44.25**	366.08**	168978.8**	60.86 ^{ns}	2	طبقه سنی پایه‌های مادری (a) Maternal age classes
94.94**	12.10**	74.25**	92.20**	7942.06**	12768.08**	894.52**	1	تیمار پیش‌سرما‌دهی (b) prechilling
23.04**	0.277 ^{ns}	19.86**	51.52**	171.31**	789.78 ^{ns}	5.22 ^{ns}	2	a*b
0.705	0.811	0.125	0.188	4.30	625.62	35.94	12	خطا Error
29.90	30.29	12.80	12.84	1.52	5.56	3.50	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار.
^{ns}, *, ** non-significant and significant in 5% and 1% level of probability, respectively.

ندادند. اگرچه سطح هورمون اسید آبسیزیک در پایه‌های مادری بالغ و مسن بسیار بالاتر از پایه‌های مادری جوان است، اما میزان آن در بذره‌های این سه طبقه سنی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری از نظر آماری ندارد (جدول ۹). نتایج این پژوهش با مطالعات بسکین و بسکین (۲۰۰۴) و مائو و همکاران (۲۰۱۹) و فینچ-ساویج و فوتیت (۲۰۱۷) هم‌خوانی داشت (۳، ۹، ۲۰). آنها بیان داشتند که نقش تنظیم‌کننده اسید آبسیزیک بعنوان هورمون القاء‌کننده خواب به بذر، در حین رسیدن و توسعه بذر بر روی پایه‌های مادری نمایان می‌گردد، اما سطح هورمون مذکور در بذره‌های خواب و غیرخواب بسیار شبیه به یکدیگر است.

مقایسه میانگین‌های اثرات ساده طبقات مختلف سنی پایه‌های مادری و تیمار پیش‌سرما‌دهی بر خصوصیات فیتوشیمیایی بذر *K.prostrata* (جدول ۹) نشان می‌دهد که بذره‌های شاهد طبقات مختلف سنی از نظر میزان نشاسته با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بذره‌های شاهد پایه‌های مادری بالغ بیش‌ترین میزان قند کل را داشته و با سایر طبقات اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۹). بیش‌تر بودن محتوای قند کل در بذره‌های پایه‌های مادری بالغ سبب می‌گردد تا در مراحل آغازین رشد گیاهچه، وابستگی گیاهچه به منابع غذایی خاک کم‌تر باشد. بذره‌های شاهد طبقات مختلف سنی از نظر میزان اسید آبسیزیک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثرات ساده طبقه سنی بوته (جوان، بالغ و مسن) و تیمار سرمادهی بر برخی از خصوصیات فیتوشیمیایی بذر گیاه *K.prostrata*.

Table 9. Means comparison of maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some of phytochemicals characteristics of *K.prostrata* seeds.

اسید آبسزیک (میلی‌گرم بر لیتر) Abscisic acid (mg/l)	قند کل (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) Total Carbohydrates (mg/100g ⁻¹ FW)	نشاسته (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) Starch (mg/100g ⁻¹ FW)	تیمارها Treatments
طبقات سنی بوته Age classes shrubs			
2.73 ^a	308.30 ^e	174.61 ^a	۳-۴ ساله (3-4 years old)
3.02 ^a	635.03 ^a	168.36 ^a	۵-۶ ساله (5-6 years old)
3.16 ^a	405.14 ^b	170.41 ^a	۷ سال به بالا (7 years old and more)
تیمار پیش‌سرمادهی Prechilling			
3.79 ^a	422.86 ^b	178.17 ^a	شاهد Control
2.15 ^b	476.13 ^a	164.08 ^b	پیش‌سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف است.

The common letters in each column indicate no differences.

(۲۰۱۹) در خصوص تأثیر تیمار پیش‌سرمادهی بر افزایش فعالیت آنزیم آلفا‌امیلاز در بذر، همخوانی داشت (۳۶).

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل طبقات سنی مختلف پایه‌های مادری و تیمار پیش‌سرمادهی بر خصوصیات فیتوشیمیایی بذر *K.prostrata* (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که مقدار هورمون جیبرلین آزاد در بذرهای شاهد پایه‌های مادری جوان با سایر طبقات سنی اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۱۰). مقدار هورمون جیبرلین باند در بذرهای شاهد پایه‌های مادری جوان، بالغ و مسن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (جدول ۱۰).

تیمار پیش‌سرمادهی سبب کاهش سطح هورمون اسید آبسزیک (جدول ۹) و برهم خوردن تعادل هورمون‌ها شده، به طوری که نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک در بذرهای تیمار شده خصوصاً بذرهای پایه‌های مادری بالغ به شدت افزایش یافت (جدول ۱۰). بدین ترتیب، بالا رفتن نسبت هورمون جیبرلین به اسید آبسزیک در بذر و کاهش سطح اسید آبسزیک به واسطه تیمار پیش‌سرمادهی، سبب شکستن خواب مورفوفیزیولوژیک بذر شده و هم‌زمان افزایش فعالیت آنزیم آلفا‌امیلاز نیز منجر به شکسته شدن بیش‌تر نشاسته و تبدیل آن به قندهای ساده‌تر می‌گردد (جدول‌های ۹ و ۱۰). نتایج این پژوهش با نتایج یانگ و همکاران

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل طبقه سنی بوته (جوان، بالغ و مسن) و تیمار سرمادهی بر برخی از خصوصیات فیتوشیمیایی بذر *K.prostrata*.

Table 10. Means comparison of interactions between different maternal age classes (young, mature and old) and prechilling on some of phytochemical characteristics of *K.prostrata* seeds.

نسبت جیبرلین به اسید آبسزیک GA/ABA	جیبرلین باند (میلی گرم در لیتر) Bond Gibberellin (mg/l)	جیبرلین آزاد (میلی گرم در لیتر) Free Gibberellin (mg/l)	فعالیت آلفا آمیلاز (میلی گرم در دقیقه) Alpha Amylase Activity (mg/min ⁻¹)	تیمار Treatment	طبقات سنی پایه‌های مادری Maternal age classes
0.726 ^{cd}	0.653 ^c	1.97 ^e	106.09 ^f	شاهد Control	۳-۴ ساله (3-4 years old)
3.86 ^b	2.70 ^b	3.46 ^b	156.33 ^b	پیش سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۳-۴ ساله (3-4 years old)
0.383 ^d	0.72 ^c	0.726 ^{de}	122.35 ^d	شاهد Control	۵-۶ ساله (5-6 years old)
9.41 ^a	8.99 ^a	12.01 ^a	168.21 ^a	پیش سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۵-۶ ساله (5-6 years old)
0.426 ^d	0.830 ^c	0.653 ^c	117.40 ^e	شاهد Control	۷ سال به بالا (7 years old and more)
2.04 ^c	2.70 ^b	1.46 ^{cd}	147.33 ^c	پیش سرمادهی -۲°C Prechilling -2°C	۷ سال به بالا (7 years old and more)

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف است.

The common letters in each column indicate no differences.

هورمون جیبرلین درونی بذر که بتواند آنرا به جوانه‌زنی یکنواخت و نرمال وادار نماید، با میزان حساسیت بذر به غلظت اسید آبسزیک کنترل می‌گردد (۳). بذرهایی که در طول دوره رسیدن و توسعه، مقدار کمی اسید آبسزیک توسط جنین آن‌ها تولید شده یا از طریق پایه‌های مادری به آن‌ها منتقل شده، به مقدار کمی جیبرلین درونی برای شروع جوانه‌زنی نیاز دارند، که این خصوصیت بیش‌تر در بذرهای پایه‌های مادری جوان *K.prostrata* مشاهده گردید. اما بذرهایی که در دوره توسعه و رسیدن بر روی پایه‌های مادری، مقدار زیادی اسید آبسزیک توسط جنین آن‌ها تولید شده یا توسط پایه‌های مادری به آن‌ها منتقل شده، برای جوانه‌زنی به

با وجودی که مقدار جیبرلین آزاد و باند در بذرهای شاهد پایه‌های مادری بالغ بسیار کم است، اما پس از تیمار پیش‌سرمادهی، مقدار آن به شدت افزایش یافت (جدول ۱۰). نتایج این پژوهش با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۱۹) که تیمار سرمادهی سبب افزایش سطح هورمون جیبرلین درونی بذر و کاهش سطح اسید آبسزیک می‌گردد، هم‌خوانی دارد (۳۶). میزان حساسیت بذر به هورمون اسید آبسزیک، عمق خواب بذر را تعیین می‌نماید. با استناد بر مدل کنترل از راه دور، عمق خواب بذر، تحت تأثیر اسید آبسزیک انتقال یافته از پایه‌های مادری (یا تولید شده توسط جنین بذر) در حین توسعه و بلوغ بذر است. در واقع، سطحی از

نتیجه‌گیری کلی

پایه‌های مادری *K.prostrata* در حین تکامل با محیط‌های خشک و نیمه‌خشک سازگاری یافته و واجد سطوح مختلفی از هورمون‌های اسید آبسزیک و جیبرلین در اندام‌های خود هستند. این امر موجب بروز سازگاری‌های منحصربفردی در بذر طبقات مختلف سنی این گونه گردیده است. بذرهای *K.prostrata* برای شکستن خواب نیاز به سرما و شوک سرمایی دارند و با چنین شرایطی سازگاری و تکامل پیدا کرده‌اند. تیمار پیش‌سرمادهی توانست ضمن تغییر در سطح هورمون‌های جیبرلین و اسید آبسزیک درونی بذر، جنین را تحریک به جوانه‌زنی نرمال نماید.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی و علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است. نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری اساتید و کارشناسان گروه باغبانی دانشکده تولیدات گیاهی ابراز می‌دارند. از جناب آقای مهندس صادق آتشی مربی آزمایشگاه گروه باغبانی، که در همه مراحل این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

مقادیر بیش‌تری جیبرلین درونی بذر نیاز دارند، که خصوصیت مذکور در بذرهای پایه‌های مادری بالغ و مسن *K.prostrata* بیش‌تر بود. نتایج این پژوهش با نتایج یانگ و همکاران (۲۰۱۹) در زمینه تغییرات هورمون اسید آبسزیک و تأثیر آن بر خواب بذر همخوانی داشت (۳۶).

نتایج این پژوهش نشان داد که بذرهای *K.prostrata* دارای خواب مورفوفیزیولوژیک غیرعمیق پیچیده هستند (خواب فیزیولوژیک غیرعمیق اما دارای گیاهچه‌های غیرنرمال و واجد خواب مورفولوژیک) (۳۷). عمق این خواب در بذرهای پایه‌های مادری بالغ و مسن، تکامل بیش‌تری یافته است. این بذرها، برای تولید گیاهچه‌های نرمال به مقادیر به مراتب بالاتری از هورمون جیبرلین داخلی بذر نیاز دارند که این امر بدون تحریک سرمایی شدید، حاصل نمی‌گردد. از آنجائی‌که در این پژوهش بر بذرهای *K. prostrata* تیمار پیش‌سرمادهی خشک اعمال گردید بنابراین نتایج این پژوهش با مطالعات فنر و تامپسون (۲۰۰۶) که معتقد هستند بخش فیزیولوژیکی خواب بذر بدون آبنوشی و در حالت خشک نیز شکسته می‌شود همخوانی دارد (۸).

منابع

- Alejano, R., Dominguez-Delmas, M., Garcia-Gonzalez, L., Wazny, T., Vazquez-Pique, J. and Fernandez-Martinez, M. 2019. The age of black pine (*Pinus nigra* Arn.ssp.salzm annii (dunal) Franco) mother trees has no effect on seed germination and on offspring seedling performance. *Ann. forest Sci. J.* 76: 15. 1-10.
- Assadi, A.M. and Heshmati, GH.A. 2015. The effect of different treatments on breaking seeds dormancy and inducing germination of *Thymus transcaucasicus* Ronn. and *Zataria multiflora* Boiss. *J. Plant Res.* 28: 1. 12-21. (In Persian)
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *J. Seed Sci. Res.* 14: 1. 1-16.
- Bernfeld, P. 1955. Methods in enzymology. *Aca. Pre. N. Y.* 1: 149.
- Cavieres, A. and Sierra-Almeida, A. 2018. Assessing the importance of cold-stratification for seed germination in alpine plant species of the High-Andes of central Chile. *J. Per. Plant Eco. Evo. Sys.* 30: 125-131.
- Cenzano, A.M., Reginato, M., Celeste Varela, M. and Virginia Luna, M. 2018. Abscisic acid and its metabolites are involved in drought tolerance in four native species of Patagonian semiarid

- shrublands (Argentina). *Aus. J. Bot.* 66: 8. 589-600.
7. Espahbodi, K., Hosseini, S.M., Mirzaie-Nodoushan, H., Tabar, M., Akbarian, M. and Dehghan-Shooraki, Y. 2007. Tree age effects on seed germination in *Sorbus torminalis*. *Gen. Appl. Plant Physiol. J.* 33: 1. 107-119.
 8. Fenner, M. and Thompson, K. 2006. *The Ecology of Seeds*. Camb. Uni. Press, 250p.
 9. Finch-Savage, W.E. and Footitt, S. 2017. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *J. Exp. Bot.* 68:4.843-856.
 10. Ganatsas, P., Tsakalimi, M. and Thanos, C. 2008. Seed and cone diversity and seed germination of *Pinus pinea* in stroylia site of the Natura 2000 Network. *Bio. Cons. J.* 17: 10. 2427-2439.
 11. Ghodsirasi, H., Sepehry, A. and Barani, H. 2020. Effects of priming techniques on seed germination of *Kochia prostrata* [L.] schrad in relation to seed harvest date and shrubs' age. *J. Plant Pro.* (accepted) (In Persian)
 12. Ghosh, D., Gupta, A. and Mohapatra, S. 2019. A comparative analysis of exopolysaccharide and phytohormone secretions by four drought-tolerant rhizobacterial strains and their impact on osmotic-stress mitigation in *Arabidopsis thaliana*. *J. Micro. Biotech.* 35: 6. 1-15.
 13. Gimenez-Benavides, L., Escudero, A. and Perez-Garcia, F. 2005. Seed germination of high mountain Mediterranean species: altitudinal, interpopulation and interannual variability. *J. Eco. Res.* 20: 433-444.
 14. Herman, J.J., Sultan, S.E., Horgan-Kobelski, T. and Riggs, C. 2012. Adaptive transgenerational plasticity in an annual plant: grand-parental and parental drought stress enhance performance of seedlings in dry soil. *Int. Com. Bio. J.* 52: 1. 77-88.
 15. Holbrook, A.A., Edge, W.J.W. and Bailey, F. 1961. Spectrophotometric method for determination of gibberlic acid. In: *Gibberellin*, A.C.S. D.C. Pp: 159-167.
 16. Hoyle, G.L., Cordiner, H., Good, R.B. and Nicotra, A.B. 2014. Effects of reduced winter duration on seed dormancy and germination in six population of the alpine herb *Aciphyllia glacialis* (Apiaceae). *J. Con. Physiol.* 2: 1-10.
 17. International Rules for Seed Testing. Edi. 2009. International Seed Testing Association. Chapter 5&6.
 18. Maguire, J.D. 1962. Seed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *J. Cro. Sci.* 2: 111-116.
 19. Mahadevan, A. 1984. *Growth regulators, microorganisms and diseased plants*. Oxf. IBH Pub. Co., N. Delhi, Pp: 184-192.
 20. Mahadevan, A. and Sridhar, R. 1986. In: *Methods in physiology and plant pathology* (3rd edn.), Siv. Pub. Che, Pp: 284-288.
 21. Mao, P., Guo, L., Gao, Y., Qi, L. and Cao, B. 2019. Effects of seed size and sand burial on germination and early growth of seedlings for coastal *pinus thunbergii* Parl. In the northern Shandong peninsula, China. *J. For.* 10: 3. 1-14.
 22. Meyer, S.E. and Monsen, S.B. 1991. Habitat-correlated variation in mountain big sagebrush (*Artemisia tridentate* ssp. *Vaseyana*) seed germination patterns. *J. Eco.* 72: 2. 739-742.
 23. Moradi, P. 2018. The impact of drought stress on growth and hormone alterations in Thyme plant. *Plant proc. Func J.* 6: 19. 311-322.
 24. Murdoch, A.J. and Ellis, R.H. 2000. Dormancy, viability and longevity. In: *The ecology of regeneration in plant communities*, ed. M. fenner, Wallingford: CA. Pub., Pp: 183-214.
 25. Quarles, B. and Roach, D.A. 2019. Increases in mortality and decreases in physiology and seed mass. *J. Eco.* 107: 3. 1409-1418.
 26. Rezai, A., Balouchi, H., Movahhedi Dehnavi, M. and Ahmadi, I. 2018. Effect of Different priming on seed germination indices and enzyme of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) SOR834 genotype under cadmium chloride and nitrate toxicity. *J. Plant Pro.* 41: 1. 69-82.

27. Rezaatmand, Z. 2004. Effect of Abscisic Acid under Stressful Conditions for Resistance in Five Rangeland Species. J. Bio. I. Azad Uni. 14: 54. 4603-4608. (In Persian)
28. Richardson, W.C., Badrakh, T., Roundy, B.A., Aanderud, Z.T., Peterson, S.L., Allen, P.S. and Whitaker, D.R. 2019. Influence of an abscisic acid (ABA) seed coating on seed germination rate and timing of Bluebunch Wheatgrass. J. Eco. Evo. 9: 13. 7438-7447.
29. Sadasivam, S. and Manickam, A. 1992. In: Biochemical methods for agricultural sciences ltd. N. Delhi, Pp: 184-185.
30. Statistical Software Ver.9.4. SAS Institute, 2017.
31. Tavakol Afshari, R., Badri, S. and Abbasi, A. 2010. Effects of gibberellin and abscisic acid on germination, dormancy induction as well as acid and alkaline phosphatase activity in seed embryo of bread wheat cultivar. Iranian J. Crop Sci. 41: 4. 781-789. (In Persian)
32. Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effects on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. J. Plant Physiol. 167: 2. 149-156.
33. Waldron, B.L., Eun, J.S., ZoBell, D.R. and Olson, K.C. 2010. Forage Kochia (*Kochia prostrata*) for fall and winter grazing. J. S. Rum. Res. 91: 1.47-55.
34. Wang, S., Lin, H., Saito, T., Ohkawa, K., Ohara, H. and Jia, H. 2019. Abscisic acid effects ethylene metabolism and carotenoid biosynthesis in Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. ET Zucc.). J. Agri. Gene. 12: 1. 1-7.
35. Willis, G., Baskin, C., Baskin, M., Auld, R., Venable, L., Cavender-Bares, J., Donohue, K. and Rubio de Casas, R. 2014. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. J. N. Phyt. 203: 1. 300-309.
36. Yang, B., Cheng, J., Wang, J., Cheng, Y., He, Y., Zhang, H. and Wang, Z. 2019. Physiological characteristics of cold stratification on seed dormancy release in rice. J. Plant Gr. Reg. 89: 2. 131-141.
37. Zhang, K., Zhang, Y., Walck, J.L. and Tao, J. 2019. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Angelica keiskei* (Apiaceae). J. Sci. Hort. 255: 20. 202-208.