

تأثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی

حمیرا سلیمی

موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور

پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۲۰

دریافت: ۱۳۸۸/۴/۲۴

چکیده

جهت بررسی و مقایسه تأثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های مختلف علف هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، بذور از چهار منطقه (استان‌های فارس، آذربایجان غربی، خوزستان و مازندران) جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. وزن هزار دانه و اندازه بذر، تفاوت اکوتیپ‌ها در سطح خفتگی بذر، پاسخ جوانه‌زنی به شرایط نوری و دمایی متفاوت و تأثیر متقابل نور و دما بر جوانه‌زنی بذر بررسی شد. نتایج نشان داد با توجه به اینکه بذور اکوتیپ‌های مختلف از نظر اندازه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند اما از نظر وزنی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. همچنین بذور پس از جمع‌آوری جوانه‌زنی یکسانی نداشتند و تفاوت جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها تابع سطح خفتگی بذر بود و تحت تأثیر اندازه و وزن بذر قرار نگرفت. دامنه دمایی جوانه‌زنی بین ۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس در بذور اکوتیپ‌های مختلف به دست آمد. جوانه‌زنی بذور خوزستان بیشتر از بذور سایر مناطق بود و سطح خفتگی پایین‌تری در آن نسبت به بقیه مشاهده شد. در دمای بالای ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌ها در نور بیشتر از تاریکی بود. در صورتی‌که در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس پاسخ جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها به نور متفاوت بود. نتایج نشان داد که محیط مادری در زمان تشکیل بذر بر رفتار جوانه‌زنی آن تأثیر به‌سزایی داشته است، به طوری که سطح خفتگی بذر در اکوتیپ‌ها متفاوت بوده و علیرغم تغییر شرایط نوری و دمایی و یکسان‌سازی این شرایط برای جوانه‌زنی بذر، اکوتیپ‌ها رفتار متفاوتی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی، خفتگی، زیستایی

مقدمه

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) از علف‌های هرز یکساله و مهم مزارع مختلف خصوصا کلزا محسوب می‌گردد. بذور آن دارای خفتگی عمیقی است و به دلیل تاثیراتی که محیط مادری در مقدار خفتگی آن در زمان تشکیل بذور دارد قادر است در مناطق مختلف آب و هوایی رشد نموده و برای هر اقلیم از ویژگی‌های خاص جوانه‌زنی برخوردار باشد. بررسی بوم‌شناسی جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی که از مناطق مختلفی جمع‌آوری شده‌اند، مبین تاثیر شرایط محیطی در زمان تشکیل بذور بر بیان برخی ژن‌ها بوده، به طوری که به سازگاری گیاهان در اقلیم‌های خاص منجر شده است (Luzuriaga et al. 2006). شناخت رفتار جوانه‌زنی بذور در طبیعت منجر به دستیابی به روش کاربردی جهت کاهش تراکم بانک بذور علف‌های هرز در خاک می‌گردد، به طوری که بررسی‌ها نشان داده است که علف‌های هرزی چون خردل وحشی که دارای طول عمر طولانی در درون خاک هستند نباید با عملیات خاک‌ورزی به داخل خاک رفته و در آنجا مدفون گردند (Boyd & Van Acker 2003). مطالعات، رنگ پوسته بذور و مقدار توده بذور را در میزان جوانه‌زنی بذور خردل وحشی موثر دانسته است (Luzuriaga et al. 2006). تحقیقات نشان داده که تنش خشکی و دمای زیاد در زمان رسیده شدن بذور خردل وحشی موجب کاهش خفتگی و کاهش مقاومت بذور در خاک می‌گردد (Blackshaw & Dekker 1988). تحقیقات نور را حتی با تابشی در یک دوره کوتاه مدت در جوانه‌زنی بذور خردل وحشی موثر دانسته و شخم در تاریکی را در زمانی که نیاز به حداقل رساندن جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ها باشد توصیه نموده‌اند و از این روش در مدیریت مزرعه استفاده شده است (Milberg et al. 1996). در این پژوهش سعی شده است شرایط محیطی شامل دما و نور و تاثیر متقابل آن‌ها بر جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی بررسی و مقایسه شود. همچنین دامنه دمایی و دمای بهینه جوانه‌زنی بذور برای هر اکوتیپ تعیین گردد تا تحقیقات دیگری که در زمینه اکولوژی جوانه‌زنی بذور خردل وحشی به عمل می‌آید در شرایط بهینه برای هر اکوتیپ انجام‌پذیر گردد. با شناخت این عوامل و نیز عوامل بوم‌شناختی دیگر از قبیل تغییرات مقدار آب خاک و پتانسیل اسمزی آب و تاثیر آن در جوانه‌زنی خصوصا در اقلیم‌های متفاوت کشور و تنش‌های خشکی احتمالی، بررسی زنده‌مانی و جوانه‌زنی بذور در اعماق مختلف خاک، میزان شوری، سرعت جوانه‌زنی و غیره می‌توان در تهیه روش مدیریت خردل وحشی در مزارع به تدابیر موثرتری دست یافت.

روش بررسی

جمع‌آوری نمونه

حدود ۱۰۰۰ گرم بذر خردل وحشی از یک مزرعه کلزای آلوده به این علف هرز از استان‌های مازندران، فارس، خوزستان و آذربایجان غربی جمع‌آوری گردید. وزن ۱۰۰۰ دانه در ۱۰ تکرار و بزرگترین طول و عرض ۱۵۰ بذر از هر نمونه توسط لوپ الیمپوس مدل SZH-ILLB اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه از طرح آماری کاملاً تصادفی در چهار تیمار مربوط به چهار اکوتیپ استفاده شد که برای مقایسه وزن بذر اکوتیپ ۱۵ تکرار و برای مقایسه طول و عرض بذر ۱۵۰ تکرار در نظر گرفته شد (Colbach & Durr 2003, Gulden *et al.* 2004). درصد جوانه‌زنی بذر نیز مطابق روش‌های زیر بررسی گردید (Anderson *et al.* 2002). جهت تاثیر تناوب دما در جوانه‌زنی، بذور دو الی سه هفته پس از جمع‌آوری در ژرمیناتور با دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس هم در تاریکی و هم در روشنایی مستمر (با شدت ۳۰۰۰ لوکس) قرار گرفتند. آزمایش فوق در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در چهار تکرار به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل: ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح (فارس، خوزستان، مازندران و آذربایجان) و ۲- روشنایی در دو سطح (نور و تاریکی مستمر) اجرا گردید. دامنه دمایی، دمای حداقل، دمای بهینه و دمای حداکثر برای هر یک از نمونه‌ها هم در نور و هم در تاریکی مستمر به دست آمد، به طوری که بذور در دمای مختلف در هر دو شرایط نوری و تاریکی مستمر قرار گرفتند. آزمایش فوق در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل سه عاملی انجام گردید. فاکتورها شامل ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح، ۲- دما در هفت سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) و ۳- نور در دو سطح (نور و تاریکی مستمر) در نظر گرفته شد. جهت بررسی تاثیر تناوب دما و روشنایی بر جوانه‌زنی بذر آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل: ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح و ۲- تناوب دما و روشنایی در دو سطح (۱۵/۵) درجه سلسیوس ۱۶/۸ تاریکی/روشنایی، ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس ۱۶/۸ تاریکی/روشنایی) بود. در آزمایش‌های فوق ۵۰ بذر برای هر تیمار درون تشتک‌های پتری به قطر هفت سانتی‌متر همراه با نه میلی‌لیتر آب مقطر استریل استفاده شد. آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت. قابل ذکر است که درصد زیستایی بذور با آزمون تترازولیوم کلراید به دست آمد، به طوری که بذور در محلول یک درصد تترازولیوم کلراید به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و تاریکی قرار گرفتند (Salimi & Shahrean 2000). آزمایش فوق زیستایی بذور آذربایجان، مازندران، فارس و خوزستان را پس از جمع‌آوری به ترتیب ۹۸، ۹۹، ۹۸ و ۱۰۰ درصد نشان داد. زیستایی بذور جوانه زنده طی آزمایش‌های مختلف بررسی گردید. نتایج نشان داد بذور جوانه زنده و خفته بودند.

نتیجه و بحث

بررسی و مقایسه ویژگی‌های درونی بذر

با توجه به جدول ۱ اندازه طول و عرض بذر بین تیمارها معنی‌دار بود و بذور جمع‌آوری شده از آذربایجان و مازندران کوچکتر از دو منطقه دیگر بودند. وزن بذور در هیچیک از مناطق تفاوت معنی‌داری نشان نداد و علیرغم اینکه بذور آذربایجان و سپس مازندران سبک‌تر بود اما تفاوت معنی‌دار حتی در سطح یک درصد مشاهده نشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین اندازه طول، عرض و وزن بذر خردل وحشی

Table. 1. Comparison between mean length, width and weight of wild mustard seeds

Location	Width (mm)	Length (mm)	Weight (g.)
Azərbayjan	1.33b	1.42b	1.45a
Fars	1.42a	1.47a	1.53a
Mazandaran	1.36b	1.43b	1.51a
Khoozestan	1.41a	1.49a	1.57a

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with the same letter have no significant difference (P=5%).

بررسی و مقایسه سطح خفتگی بذر در اکوتیپ‌های مختلف

با توجه به جدول ۲، بذور منطقه خوزستان بیشترین درصد جوانه‌زنی را در شرایط مختلف نوری و دمایی داشت و سپس به ترتیب بذور مناطق مازندران، فارس و آذربایجان در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور خوزستان ۶۴/۵ درصد در حضور نور و دمای ۱۰ درجه سلسیوس بود. این مقدار در بذور مازندران ۴۷/۲۵ درصد در تاریکی و دمای ۱۰ درجه سلسیوس، در فارس ۲۶ درصد در نور و دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در آذربایجان ۱۳ درصد در دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس در حضور نور به دست آمد. کمترین جوانه‌زنی در بذور فارس به مقدار یک درصد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در تاریکی به دست آمد. پس از آن آذربایجان دو درصد با دمای پنج درجه سلسیوس در تاریکی و خوزستان و مازندران ۱/۵ درصد که خوزستان در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در هر دو شرایط نور و تاریکی و مازندران ۳۵ درجه سلسیوس در نور و ۲۵ درجه سلسیوس در تاریکی کمترین درصد جوانه‌زنی را نشان دادند.

تعیین شرایط نوری و دمایی بهینه برای جوانه‌زنی بذر

درصد جوانه‌زنی بذور آذربایجان در حضور نور بیشتر از تاریکی بود و نور سهم به‌سزایی در افزایش جوانه‌زنی بذور داشت. جوانه‌زنی پس از ۲۰ درجه سلسیوس در روشنایی افزایش یافت و دمای بهینه جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس در حضور نور بود (شکل ۱A).

جوانه‌زنی بذور مازندران در دماهای پایین (زیر ۲۰ درجه سلسیوس) بیشتر از دماهای بالاتر بود و با کاهش دما افزایش یافت. این افزایش در تاریکی بیشتر از روشنایی بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تاریکی و دمای ۱۰ درجه سلسیوس به دست آمد. در شرایط نوری دمای بهینه نیز ۱۰ درجه سلسیوس معرفی گردید. در هر دو شرایط نوری، دمای پنج درجه سلسیوس بیشتر از سایر دماها پس از دمای ۱۰ درجه سلسیوس در افزایش جوانه‌زنی بذر موثر بود. درصد جوانه‌زنی در دماهای مختلف در تاریکی بیشتر از روشنایی مشاهده شد (شکل ۱B). در بذور فارس تاثیر معکوس نور و تاریکی در درصد جوانه‌زنی مشاهده گردید. در دمای پایین‌تر از ۲۵ درجه سلسیوس در هر دمایی که تاریکی موجب افزایش یا کاهش جوانه‌زنی می‌شد روشنایی عکس آن عمل می‌نمود. تنها پس از دمای ۲۵ درجه سلسیوس در هر دو شرایط نوری جوانه‌زنی کاهش یافت و این کاهش در تاریکی بیشتر بود. به طور کلی، در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی در تاریکی بیشتر از روشنایی بود و نوسانات جوانه‌زنی در این دامنه دمایی در نور بیشتر بود. درصد جوانه‌زنی بذور بین ۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس در تاریکی بیشتر از سایر دماها مشاهده شد و در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس روشنایی در افزایش جوانه‌زنی تاثیر بیشتری داشت. دمای بهینه ۲۵ درجه سلسیوس در روشنایی و ۱۵ درجه سلسیوس در تاریکی به دست آمد (شکل ۱C).

در بذور خوزستان با کاهش دما از ۳۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی بذر در نور و تاریکی افزایش یافت و پس از دمای ۱۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی در نور کاهش یافت اما در تاریکی این مقدار ثابت باقی ماند. بین دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس نور و تاریکی تاثیر تقریباً مشابهی بر درصد جوانه‌زنی داشتند اما پس از ۲۰ درجه سلسیوس تعداد بذور جوانه‌زده در حضور نور افزایش یافت. دمای بهینه برای بذور فوق ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس در حضور نور به دست آمد (شکل ۱D).

اثر تناوب دما با شرایط نوری ثابت بر مقدار جوانه‌زنی بذر

پس از قرار گرفتن بذور در دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس با دو تیمار روشنایی و تاریکی ثابت و مستمر، نتایج مربوط به بررسی مقدار جوانه‌زنی آن‌ها نشان داد بذور اکوتیپ‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار در درصد جوانه‌زنی بودند، اما اثر متقابل اکوتیپ و تیمارهای نوری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با توجه به نتایج به دست آمده مقدار جوانه‌زنی بذر به اکوتیپ و خاستگاه مادری بذور بستگی داشته و با تغییر شرایط نوری و دمایی، درصد جوانه‌زنی درون هر اکوتیپ تغییر نموده است، اما تفاوت بین اکوتیپ‌ها همواره وجود داشته است (جدول ۲).

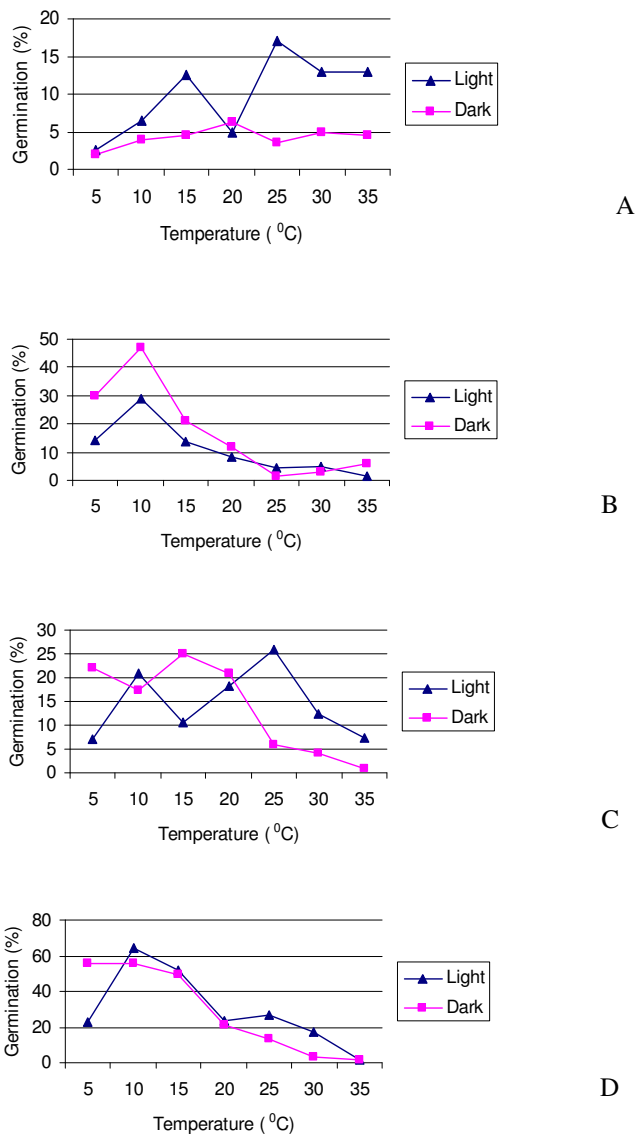
جدول ۲- اثر متقابل اکوتیپ، نور و دما بر درصد جوانه‌زنی بذر

Table 2. Interaction effect among ecotype, light and temperature on seed germination

Location	5° C		10° C		15° C		20° C		25° C		30° C		35° C	
	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light
Azərbayjan	2 uvw	2.5vw	4 stuvw	6.5 nopqrst	4.5 rstuvw	12.5 klmnopq	6.25 nopqrst	5 qrstuvw	3.5 stuvw	17 efghijkl	5 stuvw	13 hijklmno	4.5 rstuvw	13 ijklmno
Fars	22 cdefgh	7 mnopqrst	17.25 efghijkl	21 cdefghij	25 cde	10.5 lmnopqr	21 cdefghi	18.25 defghijkl	6 pqrstuv	26 cde	4 stuvw	12.5 ijklmno	1 w	7.5 mnopqrst
Mazandaran	29.75 c	14 fghijklm	47.25 b	28.75 cd	21 cdefghijk	13.5 ghijklmn	12 jklmnop	8.25 mnopqrs	1.5 vw	4.5 rstuvw	3 stuvw	5 qrstuvw	6 opqrstu	1.5 vw
Khoozestan	55.5 ab	23 cdefg	55.5 ab	64.5 a	49.5 ab	51.5 ab	21 cdefghi	23.5 cdef	13 hijklmno	27 cde	3.5 stuvw	17 efghijkl	1.5 uvw	1.5 uvw

Means with the same letter have no significant difference (P=5%).

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.



شکل ۱- جوانه‌زنی بذور آذربایجان (A)، مازندران (مازندران)، فارس (C)، خوزستان (D) در شرایط نوری و دمایی مختلف.

Fig. 1. Seed germination of Azarbaijan (A), Mazandaran (B), Fars (C), Khuzestan (D), Ecotypes at different light and temperature conditions.

تأثیر متقابل تناوب دمایی و تناوب نوری بر مقدار جوانه‌زنی بذر بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط متناوب نور و دما در بذور خوزستان و کمترین جوانه‌زنی در بذور آذربایجان مشاهده گردید. بذور مازندران نیز کمتر از بذور فارس جوانه‌زنی داشتند (جدول ۳). در مقایسه با جدول ۲، تنها بذور فارس در شرایط متناوب جوانه‌زنی بیشتری نسبت به دمای بهینه ثابت نشان داد (دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس)، به طوری که در شرایط متناوب ۳۴ درصد (جدول ۳) و در شرایط ثابت دمای ۲۵ درجه سلسیوس و نور ۲۶ درصد (جدول ۲) جوانه‌زنی داشت.

جدول ۳- اثر متقابل اکوتیپ و شرایط متناوب محیطی بر جوانه‌زنی بذر

Table 3. Interaction between ecotype and alternative conditions on seed germination

Treatment	Mazandaran	Fars	Azərbayjan	Khoozestan
Alternative light and temperature (15/5C)	14c	13.25c	10d	37.25b
Alternative light and temperature (20/10 C)	11d	34b	10.5d	51.5a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with the same letter have no significant difference (P = 0.05%).

نتایج بررسی حاضر نشان داد که پاسخ جوانه‌زنی بذور چهار اکوتیپ تحت آزمایش نسبت به شرایط نوری و دمایی که در آن قرار گرفتند متفاوت بوده است. بنابر تحقیقات انجام شده (Baskin & Baskin 1998)، برخی از اختلافات در این زمینه ژنتیکی بوده، اما بیشتر به شرایط محیطی که بذور در آن شرایط رسیده و بالغ می‌شوند بستگی دارد. از جمله شرایط فوق می‌توان به طول روز، مقدار و کیفیت نور، مواد معدنی، سن گیاه مادری، دما و رطوبت خاک اشاره نمود. بذور خوزستان و فارس از نظر اندازه بزرگتر از بذور دو منطقه دیگر بودند، اما جوانه‌زنی در بذور خوزستان بیشتر بود و بذور فارس کمتر از بذور مازندران جوانه‌زنی داشت. وزن بذور در همه اکوتیپ‌ها تقریباً یکسان بود و سطح خفتگی و درصد رویش بذور ارتباط معنی‌داری با وزن بذر نداشت. نتایج نشان داد که تفاوت موجود در جوانه‌زنی بذر بین اکوتیپ‌های مختلف تحت تأثیر محیط مادری بوده و به شرایط محیطی در زمان تشکیل بذر بستگی داشته است. تحقیقات لوزوریگا و همکاران (Luzuriaga et al. 2006) نشان داد که غلظت بالای نیتروژن خاک در زمان تشکیل بذر خردل وحشی موجب القای خفتگی شده است.

همچنین افزایش آب به محیط مادری نیز در کاهش نرخ جوانه‌زنی موثر بوده است. نتایج به دست آمده از این پژوهش حاکی از وجود دامنه وسیعی از درجه حرارتی است که بذور در این دامنه قابل رویش می‌باشند و این نکته در سازگاری آن‌ها در مناطق اقلیمی مختلف تاثیر به سزایی دارد. دامنه دمایی برای اکوتیپ‌ها یکسان بود و دمای حداقل و حداکثر برای جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها تفاوتی نداشت. این یافته موافق با نتایج به دست آمده از مطالعاتی بود که تاثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر دم روباهی کشیده *Alopecurus myosuroides* Huds. را بررسی نمودند، به طوری که نشان داده شد دمای حداقل جوانه‌زنی به وزن بذر و جمعیتی که بذر از آن جمع‌آوری شده ارتباطی نداشته است (Colbach *et al.* 2002). اکوتیپ‌های خردل وحشی نیز در شروع و پایان دامنه دمایی جوانه‌زنی یعنی بین ۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس تفاوتی نداشتند اما در سطح خفتگی، درصد جوانه‌زنی، دمای بهینه جوانه‌زنی و حساسیت به نور تفاوت نشان دادند. در برابر نور واکنش متفاوتی خصوصا در دماهای مختلف نشان داده شد، به طوری که به غیر از بذور مازندران که در تاریکی خصوصا در دمای پایین‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بیشتری داشتند بقیه در دماهای مذکور در حضور نور جوانه‌زنی بیشتری نشان دادند. طبق نتایج به دست آمده توسط منان و نگوجیو (Mennan & Ngouajio 2006) بذور خردل وحشی در سطح خاک دارای جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذور موجود در عمق خاک هستند. این پدیده تاثیر حضور نور پس از خاک‌ورزی در افزایش جوانه‌زنی بذوری که از درون خاک به سطح خاک برگشته‌اند را نشان می‌دهد. همچنین با مدیریت زمان در آبیاری و انجام آن قبل از عملیات خاک‌ورزی برای رویش بذر خردل وحشی و سپس کنترل مکانیکی یا شیمیایی گیاهچه‌های رویش یافته در مزارع آلوده می‌توان از جمعیت غلف‌های هرز در مزرعه و نیز از افزایش تجمع بانک بذر خاک جلوگیری نمود. این شیوه در اواخر تابستان خصوصا در مناطق آذربایجان، فارس و احتمالا خوزستان که بذور در روشنایی و در دمای بالا جوانه‌زنی بالایی داشته‌اند قابل بررسی می‌باشد.

منابع

جهت ملاحظه منابع به متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارنده: حمیرا سلیمی، بخش تحقیقات غلف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵.
پست الکترونیکی: hom_salimi@yahoo.com

تأثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی

حمیرا سلیمی

موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور

پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۲۰

دریافت: ۱۳۸۸/۴/۲۴

چکیده

جهت بررسی و مقایسه تأثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های مختلف علف هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، بذور از چهار منطقه (استان‌های فارس، آذربایجان غربی، خوزستان و مازندران) جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. وزن هزار دانه و اندازه بذر، تفاوت اکوتیپ‌ها در سطح خفتگی بذر، پاسخ جوانه‌زنی به شرایط نوری و دمایی متفاوت و تأثیر متقابل نور و دما بر جوانه‌زنی بذر بررسی شد. نتایج نشان داد با توجه به اینکه بذور اکوتیپ‌های مختلف از نظر اندازه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند اما از نظر وزنی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. همچنین بذور پس از جمع‌آوری جوانه‌زنی یکسانی نداشتند و تفاوت جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها تابع سطح خفتگی بذر بود و تحت تأثیر اندازه و وزن بذر قرار نگرفت. دامنه دمایی جوانه‌زنی بین ۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس در بذور اکوتیپ‌های مختلف به دست آمد. جوانه‌زنی بذور خوزستان بیشتر از بذور سایر مناطق بود و سطح خفتگی پایین‌تری در آن نسبت به بقیه مشاهده شد. در دمای بالای ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌ها در نور بیشتر از تاریکی بود. در صورتی‌که در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس پاسخ جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها به نور متفاوت بود. نتایج نشان داد که محیط مادری در زمان تشکیل بذر بر رفتار جوانه‌زنی آن تأثیر به‌سزایی داشته است، به طوری که سطح خفتگی بذر در اکوتیپ‌ها متفاوت بوده و علیرغم تغییر شرایط نوری و دمایی و یکسان‌سازی این شرایط برای جوانه‌زنی بذر، اکوتیپ‌ها رفتار متفاوتی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی، خفتگی، زیستایی

مقدمه

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) از علف‌های هرز یکساله و مهم مزارع مختلف خصوصا کلزا محسوب می‌گردد. بذور آن دارای خفتگی عمیقی است و به دلیل تاثیراتی که محیط مادری در مقدار خفتگی آن در زمان تشکیل بذور دارد قادر است در مناطق مختلف آب و هوایی رشد نموده و برای هر اقلیم از ویژگی‌های خاص جوانه‌زنی برخوردار باشد. بررسی بوم‌شناسی جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی که از مناطق مختلفی جمع‌آوری شده‌اند، مبین تاثیر شرایط محیطی در زمان تشکیل بذور بر بیان برخی ژن‌ها بوده، به طوری که به سازگاری گیاهان در اقلیم‌های خاص منجر شده است (Luzuriaga et al. 2006). شناخت رفتار جوانه‌زنی بذور در طبیعت منجر به دستیابی به روش کاربردی جهت کاهش تراکم بانک بذور علف‌های هرز در خاک می‌گردد، به طوری که بررسی‌ها نشان داده است که علف‌های هرزی چون خردل وحشی که دارای طول عمر طولانی در درون خاک هستند نباید با عملیات خاک‌ورزی به داخل خاک رفته و در آنجا مدفون گردند (Boyd & Van Acker 2003). مطالعات، رنگ پوسته بذور و مقدار توده بذور را در میزان جوانه‌زنی بذور خردل وحشی موثر دانسته است (Luzuriaga et al. 2006). تحقیقات نشان داده که تنش خشکی و دمای زیاد در زمان رسیده شدن بذور خردل وحشی موجب کاهش خفتگی و کاهش مقاومت بذور در خاک می‌گردد (Blackshaw & Dekker 1988). تحقیقات نور را حتی با تابشی در یک دوره کوتاه مدت در جوانه‌زنی بذور خردل وحشی موثر دانسته و شخم در تاریکی را در زمانی که نیاز به حداقل رساندن جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ها باشد توصیه نموده‌اند و از این روش در مدیریت مزرعه استفاده شده است (Milberg et al. 1996). در این پژوهش سعی شده است شرایط محیطی شامل دما و نور و تاثیر متقابل آن‌ها بر جوانه‌زنی بذور اکوتیپ‌های مختلف خردل وحشی بررسی و مقایسه شود. همچنین دامنه دمایی و دمای بهینه جوانه‌زنی بذور برای هر اکوتیپ تعیین گردد تا تحقیقات دیگری که در زمینه اکولوژی جوانه‌زنی بذور خردل وحشی به عمل می‌آید در شرایط بهینه برای هر اکوتیپ انجام‌پذیر گردد. با شناخت این عوامل و نیز عوامل بوم‌شناختی دیگر از قبیل تغییرات مقدار آب خاک و پتانسیل اسمزی آب و تاثیر آن در جوانه‌زنی خصوصا در اقلیم‌های متفاوت کشور و تنش‌های خشکی احتمالی، بررسی زنده‌مانی و جوانه‌زنی بذور در اعماق مختلف خاک، میزان شوری، سرعت جوانه‌زنی و غیره می‌توان در تهیه روش مدیریت خردل وحشی در مزارع به تدابیر موثرتری دست یافت.

روش بررسی

جمع‌آوری نمونه

حدود ۱۰۰۰ گرم بذر خردل وحشی از یک مزرعه کلزای آلوده به این علف هرز از استان‌های مازندران، فارس، خوزستان و آذربایجان غربی جمع‌آوری گردید. وزن ۱۰۰۰ دانه در ۱۰ تکرار و بزرگترین طول و عرض ۱۵۰ بذر از هر نمونه توسط لوپ الیمپوس مدل SZH-ILLB اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه از طرح آماری کاملاً تصادفی در چهار تیمار مربوط به چهار اکوتیپ استفاده شد که برای مقایسه وزن بذر اکوتیپ ۱۵ تکرار و برای مقایسه طول و عرض بذر ۱۵۰ تکرار در نظر گرفته شد (Colbach & Durr 2003, Gulden *et al.* 2004). درصد جوانه‌زنی بذر نیز مطابق روش‌های زیر بررسی گردید (Anderson *et al.* 2002). جهت تاثیر تناوب دما در جوانه‌زنی، بذور دو الی سه هفته پس از جمع‌آوری در ژرمیناتور با دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس هم در تاریکی و هم در روشنایی مستمر (با شدت ۳۰۰۰ لوکس) قرار گرفتند. آزمایش فوق در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در چهار تکرار به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل: ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح (فارس، خوزستان، مازندران و آذربایجان) و ۲- روشنایی در دو سطح (نور و تاریکی مستمر) اجرا گردید. دامنه دمایی، دمای حداقل، دمای بهینه و دمای حداکثر برای هر یک از نمونه‌ها هم در نور و هم در تاریکی مستمر به دست آمد، به طوری که بذور در دمای مختلف در هر دو شرایط نوری و تاریکی مستمر قرار گرفتند. آزمایش فوق در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل سه عاملی انجام گردید. فاکتورها شامل ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح، ۲- دما در هفت سطح (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) و ۳- نور در دو سطح (نور و تاریکی مستمر) در نظر گرفته شد. جهت بررسی تاثیر تناوب دما و روشنایی بر جوانه‌زنی بذر آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل: ۱- اکوتیپ‌ها در چهار سطح و ۲- تناوب دما و روشنایی در دو سطح (۱۵/۵) درجه سلسیوس ۱۶/۸ تاریکی/روشنایی، ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس ۱۶/۸ تاریکی/روشنایی) بود. در آزمایش‌های فوق ۵۰ بذر برای هر تیمار درون تشتک‌های پتری به قطر هفت سانتی‌متر همراه با نه میلی‌لیتر آب مقطر استریل استفاده شد. آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام گرفت. قابل ذکر است که درصد زیستایی بذور با آزمون تترازولیوم کلراید به دست آمد، به طوری که بذور در محلول یک درصد تترازولیوم کلراید به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و تاریکی قرار گرفتند (Salimi & Shahrean 2000). آزمایش فوق زیستایی بذور آذربایجان، مازندران، فارس و خوزستان را پس از جمع‌آوری به ترتیب ۹۸، ۹۹، ۹۸ و ۱۰۰ درصد نشان داد. زیستایی بذور جوانه نزنه طی آزمایش‌های مختلف بررسی گردید. نتایج نشان داد بذور جوانه نزنه و خفته بودند.

نتیجه و بحث

بررسی و مقایسه ویژگی‌های درونی بذر

با توجه به جدول ۱ اندازه طول و عرض بذر بین تیمارها معنی‌دار بود و بذور جمع‌آوری شده از آذربایجان و مازندران کوچکتر از دو منطقه دیگر بودند. وزن بذور در هیچیک از مناطق تفاوت معنی‌داری نشان نداد و علیرغم اینکه بذور آذربایجان و سپس مازندران سبک‌تر بود اما تفاوت معنی‌دار حتی در سطح یک درصد مشاهده نشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین اندازه طول، عرض و وزن بذر خردل وحشی

Table. 1. Comparison between mean length, width and weight of wild mustard seeds

Location	Width (mm)	Length (mm)	Weight (g.)
Azərbayjan	1.33b	1.42b	1.45a
Fars	1.42a	1.47a	1.53a
Mazandaran	1.36b	1.43b	1.51a
Khoozestan	1.41a	1.49a	1.57a

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with the same letter have no significant difference (P=5%).

بررسی و مقایسه سطح خفتگی بذر در اکوتیپ‌های مختلف

با توجه به جدول ۲، بذور منطقه خوزستان بیشترین درصد جوانه‌زنی را در شرایط مختلف نوری و دمایی داشت و سپس به ترتیب بذور مناطق مازندران، فارس و آذربایجان در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور خوزستان ۶۴/۵ درصد در حضور نور و دمای ۱۰ درجه سلسیوس بود. این مقدار در بذور مازندران ۴۷/۲۵ درصد در تاریکی و دمای ۱۰ درجه سلسیوس، در فارس ۲۶ درصد در نور و دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در آذربایجان ۱۳ درصد در دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس در حضور نور به دست آمد. کمترین جوانه‌زنی در بذور فارس به مقدار یک درصد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در تاریکی به دست آمد. پس از آن آذربایجان دو درصد با دمای پنج درجه سلسیوس در تاریکی و خوزستان و مازندران ۱/۵ درصد که خوزستان در دمای ۳۵ درجه سلسیوس در هر دو شرایط نور و تاریکی و مازندران ۳۵ درجه سلسیوس در نور و ۲۵ درجه سلسیوس در تاریکی کمترین درصد جوانه‌زنی را نشان دادند.

تعیین شرایط نوری و دمایی بهینه برای جوانه‌زنی بذر

درصد جوانه‌زنی بذور آذربایجان در حضور نور بیشتر از تاریکی بود و نور سهم به‌سزایی در افزایش جوانه‌زنی بذور داشت. جوانه‌زنی پس از ۲۰ درجه سلسیوس در روشنایی افزایش یافت و دمای بهینه جوانه‌زنی ۲۵ درجه سلسیوس در حضور نور بود (شکل ۱A).

جوانه‌زنی بذور مازندران در دماهای پایین (زیر ۲۰ درجه سلسیوس) بیشتر از دماهای بالاتر بود و با کاهش دما افزایش یافت. این افزایش در تاریکی بیشتر از روشنایی بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تاریکی و دمای ۱۰ درجه سلسیوس به دست آمد. در شرایط نوری دمای بهینه نیز ۱۰ درجه سلسیوس معرفی گردید. در هر دو شرایط نوری، دمای پنج درجه سلسیوس بیشتر از سایر دماها پس از دمای ۱۰ درجه سلسیوس در افزایش جوانه‌زنی بذر موثر بود. درصد جوانه‌زنی در دماهای مختلف در تاریکی بیشتر از روشنایی مشاهده شد (شکل ۱B). در بذور فارس تاثیر معکوس نور و تاریکی در درصد جوانه‌زنی مشاهده گردید. در دمای پایین‌تر از ۲۵ درجه سلسیوس در هر دمایی که تاریکی موجب افزایش یا کاهش جوانه‌زنی می‌شد روشنایی عکس آن عمل می‌نمود. تنها پس از دمای ۲۵ درجه سلسیوس در هر دو شرایط نوری جوانه‌زنی کاهش یافت و این کاهش در تاریکی بیشتر بود. به طور کلی، در دمای کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی در تاریکی بیشتر از روشنایی بود و نوسانات جوانه‌زنی در این دامنه دمایی در نور بیشتر بود. درصد جوانه‌زنی بذور بین ۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس در تاریکی بیشتر از سایر دماها مشاهده شد و در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس روشنایی در افزایش جوانه‌زنی تاثیر بیشتری داشت. دمای بهینه ۲۵ درجه سلسیوس در روشنایی و ۱۵ درجه سلسیوس در تاریکی به دست آمد (شکل ۱C).

در بذور خوزستان با کاهش دما از ۳۵ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی بذر در نور و تاریکی افزایش یافت و پس از دمای ۱۰ درجه سلسیوس درصد جوانه‌زنی در نور کاهش یافت اما در تاریکی این مقدار ثابت باقی ماند. بین دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سلسیوس نور و تاریکی تاثیر تقریباً مشابهی بر درصد جوانه‌زنی داشتند اما پس از ۲۰ درجه سلسیوس تعداد بذور جوانه‌زده در حضور نور افزایش یافت. دمای بهینه برای بذور فوق ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس در حضور نور به دست آمد (شکل ۱D).

اثر تناوب دما با شرایط نوری ثابت بر مقدار جوانه‌زنی بذر

پس از قرار گرفتن بذور در دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس با دو تیمار روشنایی و تاریکی ثابت و مستمر، نتایج مربوط به بررسی مقدار جوانه‌زنی آن‌ها نشان داد بذور اکوتیپ‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار در درصد جوانه‌زنی بودند، اما اثر متقابل اکوتیپ و تیمارهای نوری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با توجه به نتایج به دست آمده مقدار جوانه‌زنی بذر به اکوتیپ و خاستگاه مادری بذور بستگی داشته و با تغییر شرایط نوری و دمایی، درصد جوانه‌زنی درون هر اکوتیپ تغییر نموده است، اما تفاوت بین اکوتیپ‌ها همواره وجود داشته است (جدول ۲).

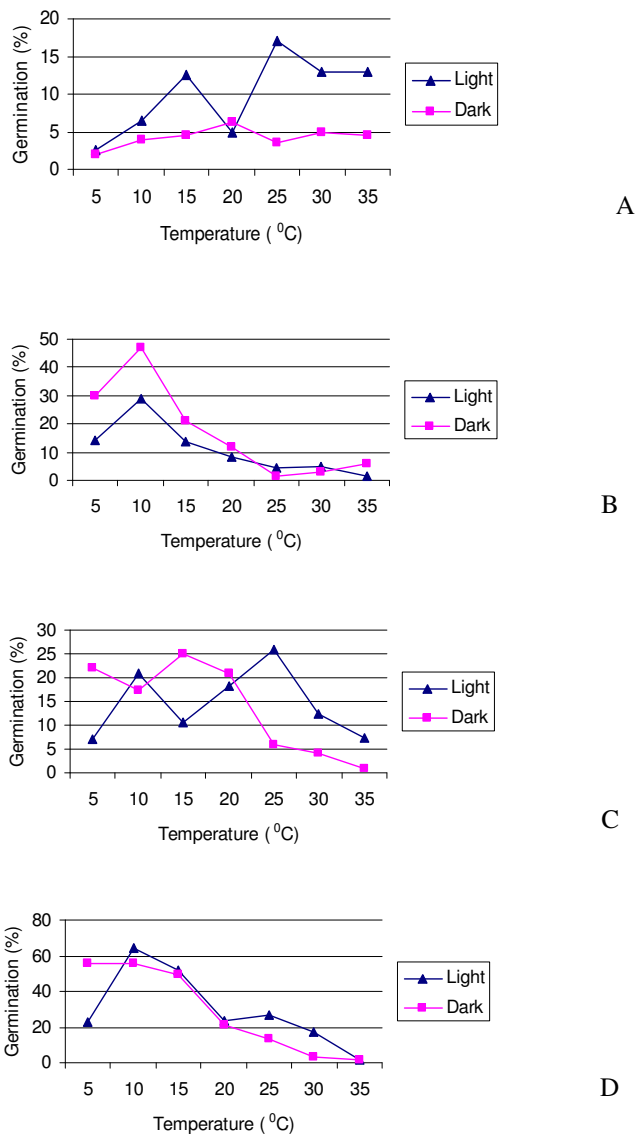
جدول ۲- اثر متقابل اکوتیپ، نور و دما بر درصد جوانه‌زنی بذر

Table 2. Interaction effect among ecotype, light and temperature on seed germination

Location	5° C		10° C		15° C		20° C		25° C		30° C		35° C	
	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light	Darkness	Light
Azərbayjan	2 uvw	2.5vw	4 stuvw	6.5 nopqrst	4.5 rstuvw	12.5 klmnopq	6.25 nopqrst	5 qrstuvw	3.5 stuvw	17 efghijkl	5 stuvw	13 hijklmno	4.5 rstuvw	13 ijklmno
Fars	22 cdefgh	7 mnopqrst	17.25 efghijkl	21 cdefghij	25 cde	10.5 lmnopqr	21 cdefghi	18.25 defghijkl	6 pqrstuv	26 cde	4 stuvw	12.5 ijklmno	1 w	7.5 mnopqrst
Mazandaran	29.75 c	14 fghijklm	47.25 b	28.75 cd	21 cdefghijk	13.5 ghijklmn	12 jklmnop	8.25 mnopqrs	1.5 vw	4.5 rstuvw	3 stuvw	5 qrstuvw	6 opqrstu	1.5 vw
Khoozestan	55.5 ab	23 cdefg	55.5 ab	64.5 a	49.5 ab	51.5 ab	21 cdefghi	23.5 cdef	13 hijklmno	27 cde	3.5 stuvw	17 efghijkl	1.5 uvw	1.5 uvw

Means with the same letter have no significant difference (P=5%).

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.



شکل ۱- جوانه‌زنی بذر آذربایجان (A)، مازندران (مازندران)، فارس (C)، خوزستان (D) در شرایط نوری و دمایی مختلف.

Fig. 1. Seed germination of Azarbaijan (A), Mazandaran (B), Fars (C), Khuzestan (D), Ecotypes at different light and temperature conditions.

تأثیر متقابل تناوب دمایی و تناوب نوری بر مقدار جوانه‌زنی بذر بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط متناوب نور و دما در بذور خوزستان و کمترین جوانه‌زنی در بذور آذربایجان مشاهده گردید. بذور مازندران نیز کمتر از بذور فارس جوانه‌زنی داشتند (جدول ۳). در مقایسه با جدول ۲، تنها بذور فارس در شرایط متناوب جوانه‌زنی بیشتری نسبت به دمای بهینه ثابت نشان داد (دمای متناوب ۲۰/۱۰ درجه سلسیوس)، به طوری که در شرایط متناوب ۳۴ درصد (جدول ۳) و در شرایط ثابت دمای ۲۵ درجه سلسیوس و نور ۲۶ درصد (جدول ۲) جوانه‌زنی داشت.

جدول ۳- اثر متقابل اکوتیپ و شرایط متناوب محیطی بر جوانه‌زنی بذر

Table 3. Interaction between ecotype and alternative conditions on seed germination

Treatment	Mazandaran	Fars	Azərbayjan	Khoozestan
Alternative light and temperature (15/5C)	14c	13.25c	10d	37.25b
Alternative light and temperature (20/10 C)	11d	34b	10.5d	51.5a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.
Means with the same letter have no significant difference (P = 0.05%).

نتایج بررسی حاضر نشان داد که پاسخ جوانه‌زنی بذور چهار اکوتیپ تحت آزمایش نسبت به شرایط نوری و دمایی که در آن قرار گرفتند متفاوت بوده است. بنابر تحقیقات انجام شده (Baskin & Baskin 1998)، برخی از اختلافات در این زمینه ژنتیکی بوده، اما بیشتر به شرایط محیطی که بذور در آن شرایط رسیده و بالغ می‌شوند بستگی دارد. از جمله شرایط فوق می‌توان به طول روز، مقدار و کیفیت نور، مواد معدنی، سن گیاه مادری، دما و رطوبت خاک اشاره نمود. بذور خوزستان و فارس از نظر اندازه بزرگتر از بذور دو منطقه دیگر بودند، اما جوانه‌زنی در بذور خوزستان بیشتر بود و بذور فارس کمتر از بذور مازندران جوانه‌زنی داشت. وزن بذور در همه اکوتیپ‌ها تقریباً یکسان بود و سطح خفتگی و درصد رویش بذور ارتباط معنی‌داری با وزن بذر نداشت. نتایج نشان داد که تفاوت موجود در جوانه‌زنی بذر بین اکوتیپ‌های مختلف تحت تأثیر محیط مادری بوده و به شرایط محیطی در زمان تشکیل بذر بستگی داشته است. تحقیقات لوزوریگا و همکاران (Luzuriaga et al. 2006) نشان داد که غلظت بالای نیتروژن خاک در زمان تشکیل بذر خردل وحشی موجب القای خفتگی شده است.

همچنین افزایش آب به محیط مادری نیز در کاهش نرخ جوانه‌زنی موثر بوده است. نتایج به دست آمده از این پژوهش حاکی از وجود دامنه وسیعی از درجه حرارتی است که بذور در این دامنه قابل رویش می‌باشند و این نکته در سازگاری آن‌ها در مناطق اقلیمی مختلف تاثیر به سزایی دارد. دامنه دمایی برای اکوتیپ‌ها یکسان بود و دمای حداقل و حداکثر برای جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها تفاوتی نداشت. این یافته موافق با نتایج به دست آمده از مطالعاتی بود که تاثیر دما و نور بر جوانه‌زنی بذر دم روباهی کشیده *Alopecurus myosuroides* Huds. را بررسی نمودند، به طوری که نشان داده شد دمای حداقل جوانه‌زنی به وزن بذر و جمعیتی که بذر از آن جمع‌آوری شده ارتباطی نداشته است (Colbach *et al.* 2002). اکوتیپ‌های خردل وحشی نیز در شروع و پایان دامنه دمایی جوانه‌زنی یعنی بین ۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس تفاوتی نداشتند اما در سطح خفتگی، درصد جوانه‌زنی، دمای بهینه جوانه‌زنی و حساسیت به نور تفاوت نشان دادند. در برابر نور واکنش متفاوتی خصوصا در دماهای مختلف نشان داده شد، به طوری که به غیر از بذور مازندران که در تاریکی خصوصا در دمای پایین‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بیشتری داشتند بقیه در دماهای مذکور در حضور نور جوانه‌زنی بیشتری نشان دادند. طبق نتایج به دست آمده توسط منان و نگوجیو (Mennan & Ngouajio 2006) بذور خردل وحشی در سطح خاک دارای جوانه‌زنی بیشتری نسبت به بذور موجود در عمق خاک هستند. این پدیده تاثیر حضور نور پس از خاک‌ورزی در افزایش جوانه‌زنی بذوری که از درون خاک به سطح خاک برگشته‌اند را نشان می‌دهد. همچنین با مدیریت زمان در آبیاری و انجام آن قبل از عملیات خاک‌ورزی برای رویش بذر خردل وحشی و سپس کنترل مکانیکی یا شیمیایی گیاهچه‌های رویش یافته در مزارع آلوده می‌توان از جمعیت غلف‌های هرز در مزرعه و نیز از افزایش تجمع بانک بذر خاک جلوگیری نمود. این شیوه در اواخر تابستان خصوصا در مناطق آذربایجان، فارس و احتمالا خوزستان که بذور در روشنایی و در دمای بالا جوانه‌زنی بالایی داشته‌اند قابل بررسی می‌باشد.

منابع

جهت ملاحظه منابع به متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارنده: حمیرا سلیمی، بخش تحقیقات غلف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، صندوق پستی ۱۴۵۴، تهران ۱۹۳۹۵.
پست الکترونیکی: hom_salimi@yahoo.com