نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۲-۱۱۱

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 111-122

بررسی پویایی خواب و جوانه‌زنی بذر علف‌هرز چوچاق در پاسخ به دوره‌های دفن در خاک

محمد لطفی اصل گیگلو[۱]- مصطفی اویسی[۲*]- حمید رحیمیان مشهدی[۳]- بهناز پورمراد کلیبر[٤]- محمدحسین نعیمی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثر دما و نور بر سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی بذر علف‌هرز چوچاق (*Eryngium caeruleum* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل هفت سطح دمایی آزمون جوانه‌زنی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد)، شرایط نوری در زمان آزمون جوانه‌زنی (نور و عدم وجود نور) و دوره‌های دفن در در عمق ۵ سانتی‌متری خاک (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ روز) بودند. نتایج نشان داد سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر دما و شرایط نوری قرار گرفت. سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش و در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. در طول زمان دفن پارامترهای دمائی دمای پایه (T_b)، دمای بهینه (T_o) و دمای سقف (T_c) تحت تأثیر زمان دفن و شرایط نوری در زمان آزمون جوانه‌زنی قرار داشتند. به‌طور کلی با افزایش طول دوره دفن، دمای پایه و دمای بهینه جوانه‌زنی کاهش و دمای سقف افزایش یافت. با افزایش مدت زمان دفن بذر، پارامترهای حداکثر سرعت جوانه‌زنی (Gmax) و سطح بیداری بذر (ai)، صرف نظر از وجود و یا عدم وجود نور در زمان آزمون جوانه‌زنی، به‌صورت خطی افزایش یافتند. نتایج بدست آمده از این تحقیق به تکمیل اطلاعات موجود در مورد زیست‌شناسی و عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی بذر گیاه چوچاق و در نتیجه پیش‌بینی دامنه سازگاری و پراکندگی این گیاه در زیستگاه‌ها کمک می‌کند. از این اطلاعات می‌توان به عنوان ابزار تصمیم‌گیری مدیریتی این علف‌هرز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای دمایی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص سطح بیداری، شرایط نوری

مقدمه

جنس *Eryngium* از خانواده چتریان (Apiaceae) تقریبا دارای ۲۵۰ گونه است که در آسیا، اروپا، شمال آفریقا، شمال و جنوب آمریکا و استرالیا گسترش یافته‌اند (۱۷). گونه‌های مختلفی از این جنس در طیف وسیعی از شرایط محیطی ایران، از نواحی نیمه خشک تا معتدل حضور دارند. چوچاق با نام علمی *Eryngium caeruleum* L. از جمله گیاهان علفی چندساله است (۱۲) که بومی شمال ایران است. ریشه، ساقه، برگ و گل‌آذین این گیاه خاصیت دارویی دارند و برگ های آن به علت خوش طعم و معطر بودن در طبخ غذاهای محلی کاربرد دارد (۵). با این حال این گیاه در مراحل پیشرفت رشد به عنوان علف‌هرز مطرح بوده و علف‌هرز مزارع، حاشیه مزارع و کنار جاده‌ها محسوب می‌شود، که ضمن رقابت با محصولات زراعی با توجه به ساقه‌های چوبی و گل‌های تیغ‌دار مشکلاتی را در برداشت ایجاد می‌کند و خسارت زیادی به محصولات زمستانه و مزارع صیفی‌جات وارد می‌نماید. با این وجود اطلاعات زیادی در ارتباط با واکنش جوانه-زنی آن به دما و شرایط نوری و تاریکی وجود ندارد. جوانه‌زنی بذر جزو مهم‌ترین فرآیندها برای موفقیت یک علف‌هرز است زیرا اولین مرحله شروع رقابت در یک آشیان اکولوژیک می‌باشد (۶). علی‌رغم خسارت این علف‌هرز در مزارع صیفی و سبزیجات و توان بالای پراکنش آن، اطلاعات مدون علمی راجع به اکولوژی و بیولوژی آن در دسترس نیست. شناخت اکولوژی جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌هرز چوچاق نقش بسزایی در مدیریت و کنترل درازمدت آن خواهد داشت. عوامل محیطی متفاوتی از جمله دما و نور بر خواب و جوانه‌زنی بذر تأثیر می-گذارند (۷). دماهای بهینه برای جوانه‌زنی شامل دماهای پایه، حداکثر و مطلوب هستند که در دمای مطلوب سریع‌ترین جوانه‌زنی رخ می‌دهد اما در دماهای پایین‌تر از دمای پایه و بالاتر از دمای حداکثر جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد. میزان حساسیت به نور به شرایطی که بذر پیش از جوانه‌زنی آن را تجربه کرده است مرتبط است. همچنین طول موج،

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: moveisi@ut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp. v33i1.71492

شدت نور و دوره قرارگیری در معرض نور، اثر تعیین‌کننده‌ای بر خواب بذر دارند (۹). بذر بسیاری از علف‌های‌هرز مانند خرگوشک، ترشک وآلاله در نور و بذر عده ای دیگر مانند تاتوره و پیاز وحشی در تاریکی جوانه می‌زنند و بسیاری دیگر مانند خرفه، قیاق و تاج‌خروس برای جوانه‌زنی مستقل عمل کرده و نیاز به نور یا تاریکی ندارند (۱۷). در تحقیقی بر روی ۴۵ گونه علفی مشخص شد که نور، جوانه‌زنی ۱۶ گونه را تقویت و ۱۳ گونه را متوقف کرد. ۱۳ گونه نیز واکنشی به نور و تاریکی نشان ندادند (۱). در آزمایشی میلبرگ و همکاران (۱۱) با ارزیابی ۴۴ گونه گیاهی که اکثر آن‌ها علف‌هرز مزارع بودند، دریافتند جوانه‌زنی ۲۴ گونه با قرارگرفتن در معرض نور به مدت پنج ثانیه، بهبود یافت. برخورداری از نیاز نوری به‌عنوان شاخصی در جهت نشان دادن سطح خواب بذر مطرح می‌باشد (۲). بنابراین دست‌ورزی نور محیط در شرایط مزرعه‌ای، ابزاری بالقوه در مدیریت جوانه‌زنی و کنترل بذرهای فتوبلاستیک به‌شمار می‌رود.

شناخت اکولوژی جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های‌هرز نقش بسزایی در مدیریت و کنترل دراز مدت آن‌ها خواهد داشت. با توجه به اهمیت خواب بذور در گسترش زمانی و مکانی و مدیریت علف های‌هرز، این تحقیق با هدف درک ارتباط نور و دما به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در تحریک جوانه‌زنی علف‌هرز چوچاق طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل هفت سطح دمای آزمون جوانه‌زنی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد)، شرایط نوری در زمان آزمون جوانه‌زنی (نور و عدم وجود نور) و دوره‌های دفن در عمق ۵ سانتی‌متری خاک (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ روز) بودند. بذرهای گیاه چوچاق در آذرماه ۱۳۹۴ از شهرهای تنکابن و قائم‌شهر (موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی محل‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ آورده شده است) از گیاهانی که بطور طبیعی به بلوغ رسیده و در مرحله رسیدگی کامل بودند جمع‌آوری گردیدند و تا زمان اجرای آزمایش در داخل نایلون پلاستیکی در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس بذرها به مدت شش ماه (از تیرماه تا آذرماه ۱۳۹۵) در خاک در شرایط محیطی در عمق پنج سانتی‌متری در درون کیسه‌های توری دارای منافذ ریز، دفن شدند و به فواصل یک ماهه از خاک خارج و در دو حالت نور (Osram, L 18 W/77, 20 $\mu molm^{-2}s^{-1}$) و تاریکی در هفت سطح دمایی قرار داده شدند. برای این منظور بذرها به مدت ۱۴ روز به‌صورت پیوسته در داخل ژرمیناتور قرار گرفتند و پتری‌دیش‌هایی که تحت تیمار تاریکی قرار داشتند برای جلوگیری از دریافت نور در ژرمیناتور، با فویل آلومینیومی احاطه شدند. خصوصیات کیسه‌های پارچه‌ای به‌گونه‌ای بود که بذر را به‌خوبی در معرض رژیم‌های دمایی و رطوبتی و همچنین محیط شیمیایی خاک قرار می‌داد، ضمن اینکه بذر از آن‌ها خارج نمی‌شد. محتویات هر کیسه از تکرار مربوط به آن، در پتری دیش قرار داده شد. با توجه به تعداد بذرهای لازم برای هر پتری دیش، احتمال از دست رفتن بذر در مراحل مختلف دفن، استخراج و سایر دست ورزی‌ها، تعداد ۱۰۵۰ عدد بذر درون هر کیسه قرار داده شد. ضمن اینکه به منظور سهولت استخراج بذرها به هر کیسه یک نخ دوخته شده و بر روی سطح خاک قرار داده شدند.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی محل‌های نمونه‌برداری بذر

Table 1- Geographical and weather parameters of seed sampling locations

محل نمونه‌برداری Sampling site	موقعیت جغرافیایی Coordinate	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height (m)	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) Average rainfall (mm)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) Average temperature (°C)
تنکابن Tonekabon	36°45'N;51°12'E	20	1100-1500	16
قائم‌شهر Qaemshar	36°28'N;52°53'E	15/7	725	16/7

صفات مورد بررسی در این آزمایش، درصد و سرعت جوانه‌زنی بودند. به منظور انجام آزمون جوانه‌زنی در هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر کشت گردید و هر ماه بذور جوانه زده شمارش شدند که شمارش بذور جوانه‌زده در هر ماه ۱۴ روز به طول انجامید. در هر بار بذرهای جوانه زده پس از مشاهده و شمارش حذف می‌شدند. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه‌ی دو میلی‌متر یا بیشتر بود (۱۵).

سرعت جوانه‌زنی (Vg) برحسب تعداد بذر در روز، از فرمول زیر (فرمول ۱) به‌دست آمد (Maguire, 1962) :

$$Vg = \sum \frac{Ni}{Di}$$ فرمول ۱)

که در این فرمول Ni تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز، و Di شماره ی آن روز می‌باشند.

قبل از انجام آنالیزهای آماری، نرمالیتی داده‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی، با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 بررسی گردید و با توجه به نرمال بودن داده‌ها بر روی آن‌ها تبدیل داده انجام نگرفت. آنالیز واریانس داده‌ها به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف بر درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، با استفاده از نرم افزار R انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل، برای آنالیز این اثرات از تجزیه رگرسیونی استفاده شد. به منظور بررسی سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما از مدل دوتکه‌ای در تیمارهای نور و دماهای متناوب استفاده شد که این کار از طریق نرم‌افزار سیگماپلات انجام گرفت و نمودارهای مربوطه در این نرم افزار رسم شد. مدل دو تکه‌ای (۱۵) عبارت است از:

$$f(T) = \frac{(T-T_b)}{(T_o-T_b)} \quad if \quad T_b<T\leq T_o$$ فرمول ۲)

$$f(T) = \left[\frac{1-(T-T_o)}{(T_c-T_o)}\right] \quad if \quad T_o<T<T_c$$

$$f(T) = 0 \text{ if } T\leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

پارامترهای دمایی جوانه‌زنی برای تیمارهای مختلف نور و دماهای متناوب محاسبه شد. این پارامترها عبارتند از: G_{max}[1] (حداکثر سرعت جوانه‌زنی) ، T_b[2] (دمای پایه برای جوانه‌زنی)، T_o[3] (دمای بهینه‌ی جوانه‌زنی) و T_c[4] (دمای سقف جوانه‌زنی). مقادیر پارامترهای مربوط به دمای پایه شامل بالاترین دمای پایه ثبت شده در کمترین مدت زمان دفن (a)، شیب خط (b)، مدت زمان دفن لازم برای کاهش دمای پایه به میزان ۵۰ درصد مقدار پارامتر a (X_0) و همچنین مقادیر پارامترهای مربوط به دمای سقف شامل بالاترین دمای سقف ثبت شده در کمترین مدت زمان دفن (a)، شیب خط (b)، مدت زمان دفن لازم برای کاهش دمای سقف به میزان ۵۰ درصد پارامتر a (X_0) و حداقل مقدار دمای سقف (y_0) نیز در شرایط تاریکی و نور محاسبه شدند. همچنین فاصله‌ی بین دمای پایه تا دمای سقف (T_c-T_b) برای تیمارهای مختلف محاسبه شد که نشان دهنده‌ی بازه‌ی دمایی برای جوانه‌زنی می‌باشد. پارامتر $G_{max} \times (T_c-T_b)$ نیز به‌عنوان سطح زیر منحنی سرعت جوانه‌زنی، که نشان دهنده‌ی سطح بیداری بذور می باشد محاسبه شد. همچنین شاخص‌های RMSE[5] و R^2[6] برای بررسی میزان خطا و دقت برازش مدل استفاده شدند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e_i^2}$$ فرمول ۳)

نتایج و بحث

پاسخ سرعت و پارامترهای دمایی جوانه‌زنی در شرایط نوری و تاریکی به مدت زمان دفن در خاک در دماهای مختلف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تمامی اثرات ساده و متقابل تیمارها بر روی سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما با استفاده از مدل دوتکه‌ای بررسی و پارامترهای دمایی جوانه‌زنی: T_b، T_o، T_c، شاخص حداکثر سرعت جوانه‌زنی (G_{max}) و شاخص بیداری (ai[7])، در تیمارهای مختلف شرایط نوری و تاریکی محاسبه شدند (جدول ۲).

سرعت جوانه‌زنی در شرایط تاریکی و ۳۰ روز دفن در خاک با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد از حدود صفر بذر/روز به حدود ۰/۸ بذر/روز رسید اما با اعمال دماهای بالاتر کاهش یافت و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد این مقدار به حدود صفر بذر/روز رسید. با افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد این روند تغییری نکرد و در همان مقدار صفر ثابت باقی ماند. چنین روندی در شرایط دفن بذرها به مدت ۶۰ روز هم مشاهده شد به گونه‌ای که سرعت جوانه‌زنی در این شرایط با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد از حدود صفر بذر/روز به حدود ۱/۴ بذر/روز رسید اما با اعمال دماهای بالاتر کاهش یافت، بطوری‌که در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به حدود صفر بذر/روز رسید و با افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد نیز تغییری نکرد و در همین مقدار صفر باقی ماند. در مدت زمان‌های دفن بیشتر از ۶۰ روز سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد از حدود ۰/۳ بذر/روز به حدود دو بذر/روز رسید اما با اعمال دماهای بالاتر کاهش یافت و به حدود ۰/۴ بذر/روز رسید (شکل ۱).

1- Maximum germination rate
2- Base temperature
3- Optimum temperature
4- Ceiling temperature
5- Root mean square error
6- Coefficient of determination
7- Awakens index

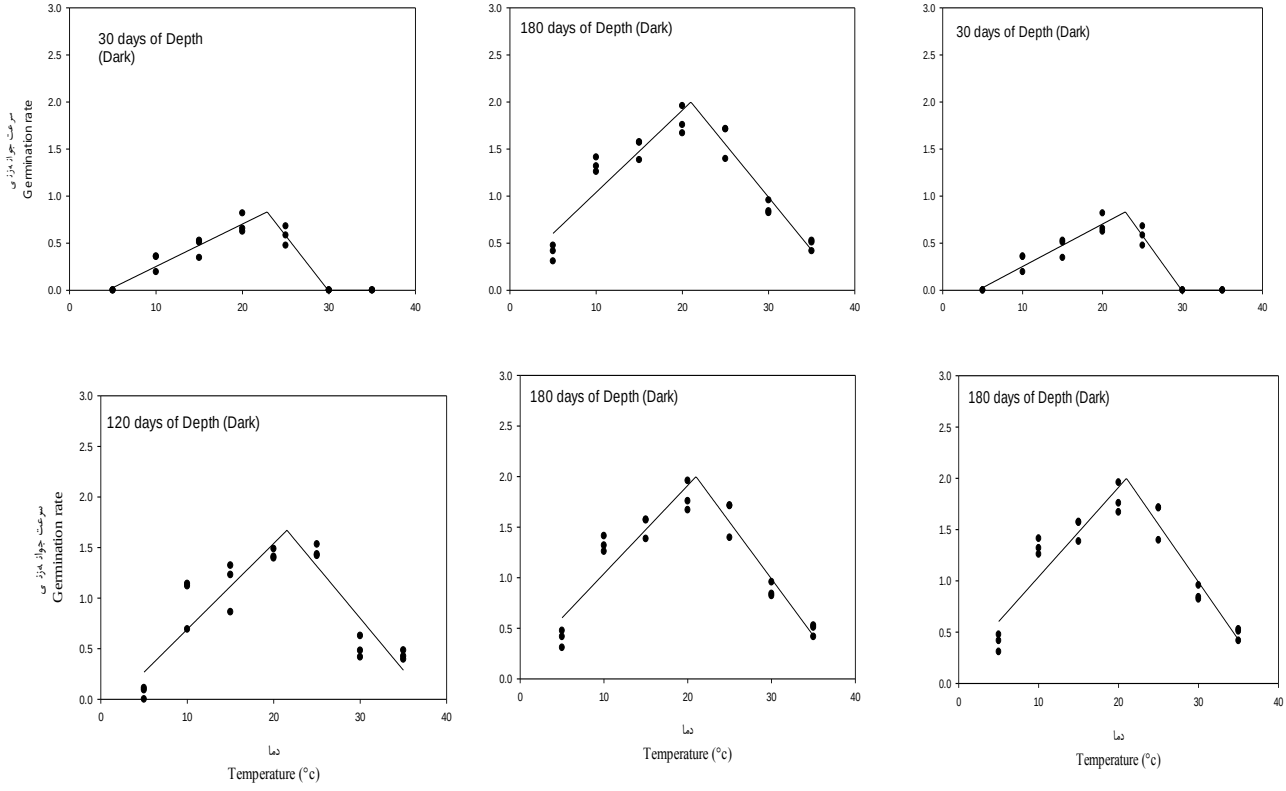
جدول ۲- پارامترهای دمایی جوانه‌زنی و شاخص‌های حداکثر سرعت جوانه‌زنی (G_{max}) و بیداری (ai) بذور دفن شده چوچاق در خاک در شرایط وجود و عدم وجود نور

Table 2- Thermal parameters of germination, maximum germination rate and awakens index of burial seeds of *Eryngium caeruleum* in soil based on light and dark conditions

شرایط نوری Light condition	مدت دفن (روز) Burial duration (day)	دمای پایه (°c) Base temperature (T_b)	دمای بهینه (°c) Optimum temperature (T_o)	دمای سقف (°c) Ceiling temperature (T_c)	حداکثر سرعت جوانه‌زنی Maximum germination rate (G_{max})	شاخص بیداری Awakeness index (ai)	RMSE
D	30	4.39	22.86	30	0.83	21.25	0.07
D	60	4.81	23.65	29.59	1.33	32.95	0.09
D	90	3.76	20.56	36.66	1.27	41.78	0.13
D	120	1.84	21.53	37.79	1.67	60.03	0.25
D	150	1.51	18.74	38.01	1.81	66.06	0.21
D	180	0	20.99	38.79	2	77.58	0.19
L	30	4.29	23.41	28.31	1.21	29.06	0.06
L	60	2.95	23.11	29.08	1.56	40.76	0.12
L	90	2.29	20.61	36.93	1.64	56.80	0.21
L	120	0.57	20.86	38.26	1.98	74.62	0.25
L	150	0	16.99	41.14	2.34	96.26	0.23
L	180	0	21.22	42.87	2.43	104.17	0.28

D: شرایط تاریکی، L: شرایط نوری ($20\ \mu molm^{-2}s^{-1}$)

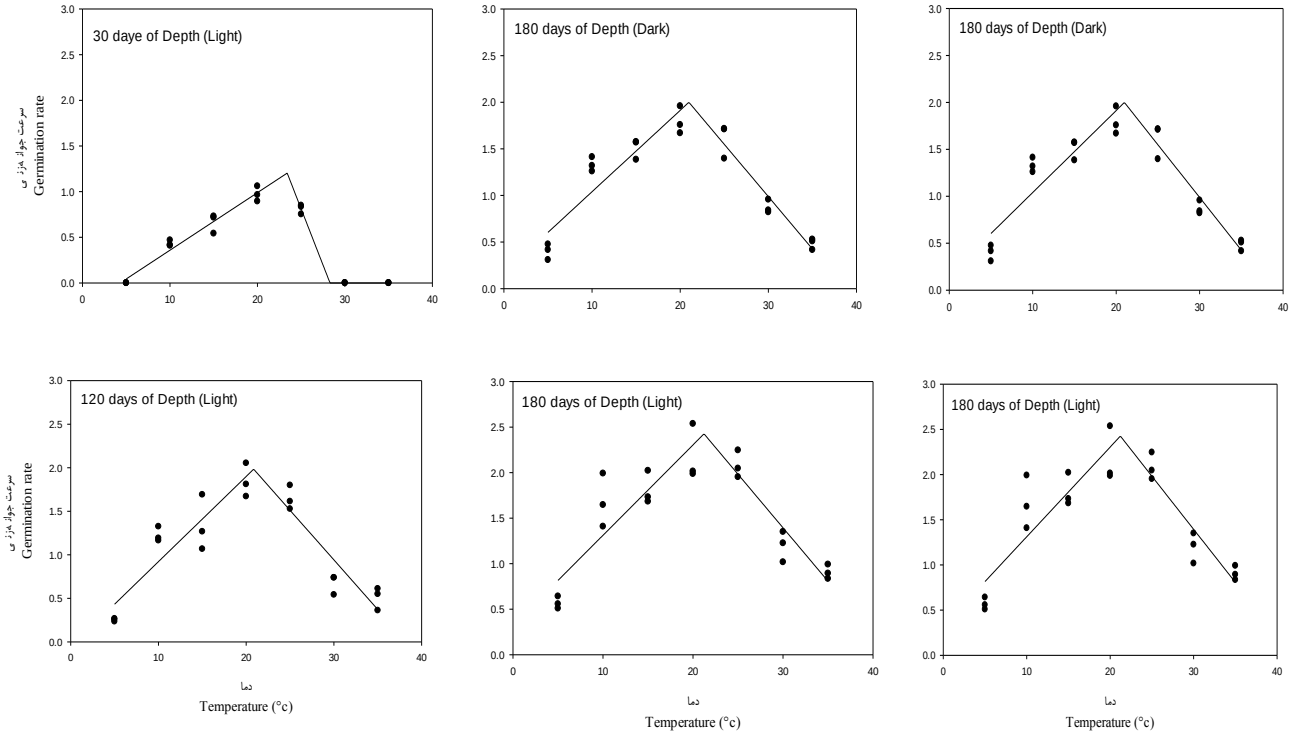
D: Dark, L: Light ($20\ \mu molm^{-2}s^{-1}$)



شکل ۱- برازش مدل دوتکه‌ای سرعت جوانه‌زنی (بذر/روز) بذور چوچاق در مقابل دما با افزایش مدت زمان دفن در شرایط تاریکی

Figure 1- Segmented model of seeds germination rate of *Eryngium caeruleum* to temperature with increasing burial duration in dark conditions

سرعت جوانه‌زنی در شرایط وجود نور و ۳۰ روز دفن در خاک با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد به حدود ۱/۱ بذر/روز افزایش پیدا کرد ولی با افزایش بیشتر دما تقریباً روند مشابهی با شرایط تاریکی نشان داد و به حدود صفر بذر/روز کاهش یافت. در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش مدت زمان دفن از ۶۰ روز به ۱۸۰ روز با افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی از حدود ۱/۴ بذر/روز به حدود ۲/۵ بذر/روز رسید که نسبت به شرایط تاریکی در حدود ۰/۵ بذر/روز افزایش نشان داد. با اعمال دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی کاهش چشمگیری را نشان داد و به حدود یک بذر/روز کاهش یافت (شکل ۲). این موضوع نشان دهنده این است که در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد نور به عنوان محرک جوانه‌زنی عمل نکرده و در واقع بذور جمعیت‌های بررسی شده این گیاه در آزمایش حاضر، به علت رشد در نواحی ای با میانگین دمای ۱۶ درجه سانتی‌گراد سازگاری بیشتری با دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد دارند.

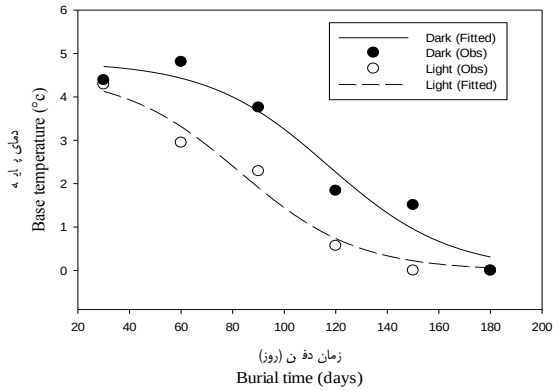


شکل ۲- برازش مدل دوتکه‌ای سرعت جوانه‌زنی (بذر/روز) بذور چوچاق در مقابل دما با افزایش مدت زمان دفن در شرایط نوری

Figure 2- Segmented model of seeds germination rate of *Eryngium caeruleum* to temperature with increasing burial duration in light conditions

با توجه به نتایج به‌دست آمده، به‌طورکلی در شرایط وجود نور دمای پایه جوانه‌زنی (T_b) پایین و در شرایط تاریکی بالاتر بود. این امر نشان دهنده تأثیر مثبت نور بر جوانه‌زنی و شروع جوانه‌زنی در دماهای پایین بود. همچنین بررسی سرعت جوانه‌زنی در زمان نشان داد با گذشت زمان دمای پایه (T_b) در هر دو شرایط تاریکی و نوری کاهش‌یافته است، با این تفاوت که سرعت کاهش در شرایط نوری به‌مراتب بیشتر از حالت تاریکی بود (شکل ۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مدت زمان دفن لازم برای کاهش ۵۰ درصدی حداکثر دمای پایه در کمترین مدت زمان دفن، در شرایط عدم وجود نور ۱۱۷ روز و در شرایط وجود نور ۸۲ روز بود (جدول ۳).

دمای بهینه در هر دو شرایط تاریکی و نوری باگذشت زمان کاهش یافت اما سرعت کاهش در حالت تاریکی بیشتر از حالت نوری بود. باگذشت زمان دمای اپتیمم در شرایط نوری از ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد به ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریکی از حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد به حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (شکل ۴).



شکل ۳- روند تغییرات دمای پایه (T_b) جوانه‌زنی بذور چوچاق با افزایش مدت زمان دفن در شرایط تاریکی و نوری

Figure 3- Germination base temperature (T_b) of *Eryngium caeruleum* variation with increasing burial duration in dark and light conditions

جدول۳- مقادیر پارامترهای مربوط به دمای پایه (T_b) جوانه‌زنی بذر چوچاق در شرایط مختلف نوری

Table 3- The parameters values of Germination base temperature (T_b) of *Eryngium caeruleum* in different light conditions

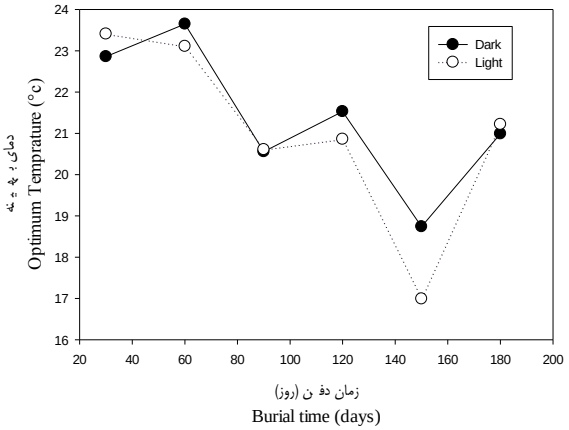
پارامترهای دمای پایه T_b Parameters	شرایط نوری Light condition	
	تاریکی Dark	روشنایی Light (20 µmolm^{-2}s^{-1})
a	4.82 (0.59)	4.53 (0.75)
b	-23.46 (8.79)	-22.67 (7.64)
X0	117.25 (10.96)	82.83 (11.66)
R^2adj	0.92	0.96

a: بالاترین دمای پایه ثبت شده در کمترین مدت زمان دفن، b: شیب‌خط، x_0: مدت زمان دفن لازم برای کاهش دمای پایه به میزان ۵۰٪ مقدار پارامتر a

a: The highest T_b in the lowest burial time, b: line slope, x_0: time needed for decrease the T_b to 50% of 'a' parameter

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد پارامترها می‌باشند.

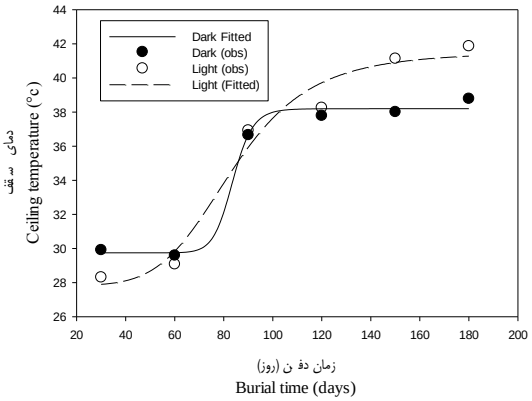
*The numbers in the parentheses show the standard error of the parameters.



شکل ٤- تغییرات دمای اپتیمم (T_o) جوانه‌زنی بذور چوچاق با افزایش مدت‌زمان دفن در شرایط تاریکی و نوری

Figure 4- Variation of germination optimum temperature (T_o) of *Eryngium caeruleum* with increasing burial duration in dark and light conditions

بطور کلی دمای سقف جوانه‌زنی (T_c) در شرایط وجود نور، بالا و در شرایط تاریکی پایین بود که این امر نشانگر تأثیر مثبت نور بر جوانه‌زنی بذور چوچاق در دماهای بالا است. دمای سقف جوانه‌زنی در شرایط نوری با افزایش زمان دفن، از ۲۸ درجه سانتی‌گراد به حدود ۴۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت اما در شرایط عدم وجود نور روند متفاوتی داشت. دمای سقف جوانه‌زنی در شرایط عدم وجود نور تا ۶۰ روز دفن در خاک در حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود سپس با افزایش طول دوره دفن تا ۱۲۰ روز این دما به حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد رسید که با افزایش مدت زمان دفن تا ۱۸۰ روز این روند تغییری نکرد و در همان دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد ثابت باقی ماند (شکل ۵، جدول ۴).



شکل ۵- تغییرات دمای سقف جوانه‌زنی (T_c) بذور چوچاق با افزایش مدت‌زمان دفن در شرایط تاریکی و نوری

Figure 5- Variation of germination ceiling temperature (T_c) of *Eryngium caeruleum* seeds with increasing burial duration in dark and light conditions

جدول ٤- مقادیر پارامترهای مربوط به دمای سقف (T_c) جوانه‌زنی بذر چوچاق در شرایط مختلف نوری

Table 4- The parameters values of germination ceiling temperature (T_c) of *Eryngium caeruleum* seeds in different light conditions

پارامترهای دمای سقف T_c Parameters	شرایط نوری Light condition	
	تاریکی	روشنایی
	Dark	Light (20 $\mu molm^{-2}s^{-1}$)
a	8.45 (0.67)	13.69 (2.39)
b	-20.69 (-20)	-5.27 (2.61)
X0	87.31 (59.15)	83.87 (8.55)
Y_0	29.74 (0.52)	27.84 (1.53)
R^2adj	0.98	0.94

a: بالاترین دمای سقف ثبت شده در کمترین مدت زمان دفن، b: شیب‌خط، x_0: مدت زمان دفن لازم برای کاهش دمای سقف به میزان ۵۰ درصد مقدار پارامتر a، y_0: حداقل مقدار دمای سقف

a: The highest T_c in the lowest burial time, b: line slope, x_0: time needed for decrease the T_c to 50% of 'a' parameter, y_0: minimum T_c

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد پارامترها می‌باشند.

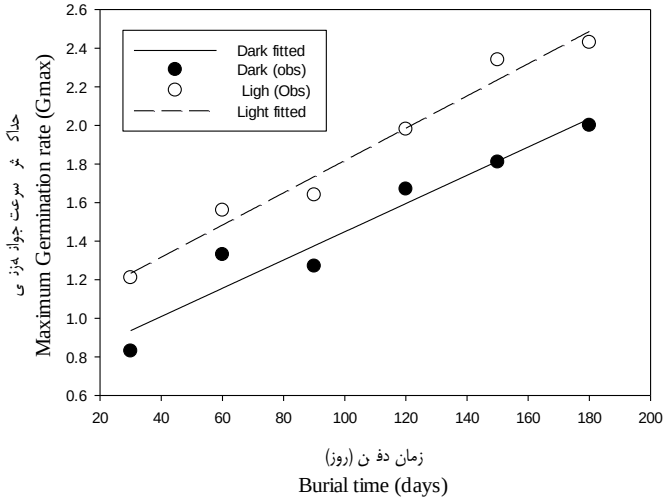
*The numbers in the parentheses show the standard error of the parameters.

پاسخ شاخص‌های G_{max} و ai در شرایط نوری و تاریکی به مدت زمان دفن در خاک در دماهای مختلف جوانه‌زنی

با توجه به شکل ۶، شاخص G_{max}، با گذشت زمان در هر دو شرایط تاریکی و نوری به‌صورت خطی افزایش پیدا کرد. بررسی سرعت جوانه‌زنی در زمان نشان داد که با افزایش زمان دفن شاخص G_{max} در حالت نوری از ۱/۲ بذر/روز به حدود ۲/۵ بذر/روز و در حالت تاریکی از ۰/۸ بذر/روز به حدود ۱/۹ بذر/روز افزایش یافت (شکل ۶، جدول ۵). این امر نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت نور در بالا بردن سرعت جوانه‌زنی هنگام افزایش طول دوره دفن است.

شاخص بیداری (ai) باگذشت زمان در هر دو شرایط تاریکی و نوری به‌صورت خطی افزایش یافت با این توضیح که سرعت افزایش در حالت نوری به‌مراتب بیشتر از حالت تاریکی بود (شکل ۷، جدول

۶). شاخص بیداری با گذشت زمان در حالت نوری از حدود ۳۰ به حدود ۱۱۰ و در حالت تاریکی از حدود ۲۱ به حدود ۷۰ افزایش پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که نور موجب افزایش سطح بیداری بذر نسبت به حالت تاریکی شده است.



شکل ٦- پاسخ شاخص حداکثر سرعت جوانه‌زنی (G_{max}) بذر چوچاق به شرایط مختلف تاریکی و نوری با افزایش مدت زمان دفن

Figure 6- The response of maximum germination rate (G_{max}) of *Eryngium caeruleum* seeds to dark and light conditions with increasing burial time

جدول ٥- مقادیر پارامترهای مربوط به شاخص حداکثر سرعت جوانه‌زنی بذور چوچاق (G_{max}) در شرایط مختلف تاریکی و نوری

Table 5- The parameters value of maximum germination rate (G_{max}) of *Eryngium caeruleum* seeds in different light conditions

پارامترهای حداکثر سرعت جوانه‌زنی G_{max} Parameters	شرایط نوری Light condition	
	تاریکی Dark	روشنایی Light (20 $\mu molm^{-2}s^{-1}$)
b_1	0.008 (0.0007)	0.007 (0.001)
b_0	0.982 (0.0797)	0.716 (0.113)
R^2adj	0.97	0.92

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد پارامترها می‌باشند.

*The numbers in the parentheses show the standard error of the parameters.

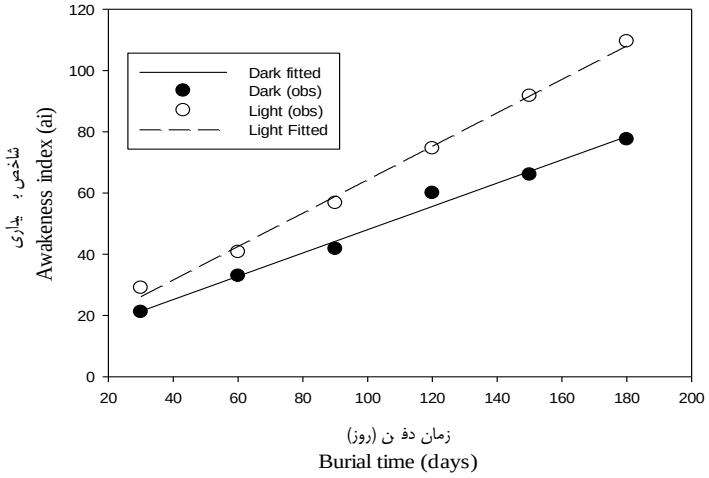
جدول ٦- مقادیر پارامترهای مربوط به شاخص سطح بیداری (ai) بذور چوچاق در شرایط مختلف نوری

Table 6- The parameters value of awakeness index (ai) of *Eryngium caeruleum* seeds in different light conditions

پارامترهای شاخص بیداری 'ai' Parameters	شرایط نوری Light condition	
	تاریکی Dark	روشنایی Light (20 $\mu molm^{-2}s^{-1}$)
b_1	0.38 (0.02)	0.54 (0.02)
b_0	9.98 (2.42)	9.77 (2.02)
R^2adj	0.98	0.99

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد پارامترها می‌باشند.

*The numbers in the parentheses show the standard error of the parameters.



شکل ۷- پاسخ شاخص سطح بیداری (ai) بذور چوچاق به شرایط مختلف تاریکی و نوری در طول مدت زمان دفن

Figure 7- The response of awakens index (ai) of *Eryngium caeruleum* seeds to different conditions of light during burial time

نتایج آزمایش رضوانی و زعفریان (۱۷) نیز نشان داد در تمامی جمعیت‌های بررسی شده گیاه چوچاق، جوانه‌زنی بذور این گیاه در شرایط تاریکی در مقایسه با شرایط مختلف نوری، ۳۵ تا ۶۴ درصد کاهش یافت. نتایج مشابهی نیز در علف‌های‌هرز خارلته و دودنـدان گزارش شده است (۱۴ و ۱۶). به‌گونه‌ای که پارامترهای دمایی جوانه زنی این علف‌های‌هرز در شرایط نوری نسبت به حالت تاریکی بیشتر بود. نتایج آزمایش انجام گرفته بر روی *Polygonum aviculare* L. نیز نشان داد نور بر تغییر دماهای کاردینال جوانه‌زنی و شروع جوانه-زنی این علف‌هرز مؤثر بود (۹). دما و نور مهم‌ترین عوامل محیطی تنظیم کننده جوانه‌زنی می‌باشند (۴) که پاسخ گونه های مختلف به این فاکتورها متفاوت است. چجارا و همکاران (۳) با بررسی عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی *Hyparrhenia hirta* دریافتند که بذور این گونه علف‌هرز در محدوده دمایی ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه زدند و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دماهای متوسط مشاهده شد. بذور برخی گیاهان از جمله *Haloxylon recurvum* و *Zygophyllum simplex* در حضور نور (۸) و *Lasiurusscindicus* و *Panicum turgidum* در تاریکی مطلق (۵) بهتر جوانه می‌زنند. نیازهای متفاوت نوری بذور مختلف، تعیین‌کننده این موضوع است که این بذرها قادر خواهند بود زمانی که در خاک مدفون هستند یا زمانی که در سطح خاک قرار می‌گیرند، جوانه زده و از این طریق شانس زنده ماندن گیاهچه جوان را افزایش دهند (۱۳). در آزمایشی بر روی ۲۷ گونه علف هرز، در بین تیمارهای مختلف دفن، در مدت زمان دو ماه دفن، گیاه دم موشی، یولاف وحشی، آژیلپس، شنگ و ترشک و در مدت زمان دفن سه ماه، گیاهان آژیلپس، یولاف وحشی و دم موشی از سایر گیاهان درصد جوانه‌زنی بالاتری داشتند (۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که پارامترهای دمایی جوانه‌زنی شامل دمای پایه (T_b)، دمای بهینه (T_o) و دمای سقف (T_c) بذر گیاه چوچاق، در طول زمان دفن تغییر کردند. با افزایش طول دوره دفن، دمای پایه و دمای بهینه کاهش و در مقابل دمای سقف افزایش یافت. این مسأله نشان دهنده این حقیقت است که بر اثر شکست خواب و کاهش سطح خواب در زمان دفن، سخت‌گیری بذر در رابطه با دما برای جوانه‌زنی به طرز محسوسی کاهش یافته است. افزایش تدریجی تفاوت میان دمای حداقل و سقف که بیانگر محدوده دمائی است که بذر می‌تواند در آن جوانه بزند، بیانگر این موضوع است. نکته قابل توجه این است که بروز چنین تغییراتی در رابطه با پارامترهای دمائی وابسته به شرایط نوری در زمان آزمون جوانه‌زنی بود. زمانی که آزمون جوانه‌زنی در نور انجام شد، افزایش دمای سقف تا انتهای دوره ادامه داشت اما در صورت عدم وجود نور این پارامتر تا زمان مشخصی افزایش نشان داد و پس از آن ثابت باقی ماند. صرف نظر از وجود نور در زمان جوانه زنی، با افزایش مدت زمان دفن بذر، پارامترهای G_{max} و ai نیز، به‌صورت خطی افزایش یافتند. اگرچه این افزایش در مورد شاخص بیداری بیشتر محسوس بود. در مجموع می‌توان این گونه نتیجه گرفت که احتمال حضور علف‌هرز چوچاق در نواحی معتدل ایران بیشتر است و این گونه دارای خواب مورفوفیزیولوژیک بوده و شکست خواب و افزایش محدوده دمای مطلوب برای جوانه‌زنی که در واقع

شاخصی از سطح بیداری است، بیشتر از طریق افزایش در دمای سقف صورت می‌گیرد. آگاهی از عوامل مؤثر بر خواب و جوانه‌زنی بذر چوچاق، در شناخت بهتر بیولوژی جوانه‌زنی و پیش‌بینی الگوی رویش این علف‌هرز در مزرعه کمک کرده و در تعیین زمان مناسب کنترل بانک بذر آن مفید است.

منابع

1- Baskin C.C., and Baskin J.M. 1998. Ecology of seed dormancy and germination in grasses. In: G. P. Cheplick (Eds.), Population Biology of Grasses, (Pages 30-83). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
2- Benvenuti S., Macchia M., and Miele S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science 49: 528-535.
3- Chejara V.K., Kristiansen P., Whalley R.D.B., Sindel B.M., and Nadolny C. 2008. Factors affecting germination of Coolatia grass (*Hyparrhenia hirta*). Weed Science 56: 543-548.
4- Crisraudo A., Gresta F., Luciani F., and Resticcia A. 2007. Effects of after harvest period and environmental factors on seed dormancy of *Amaranthus* species. Weed Research 47: 327–334.
5- Daneshfar E., Noghondar M.A., Zarifian M., and Azizi M. 2014. Study on dormancy breaking *Eryngium caeruleum* M. B. (*Apiaceae*) seeds by different levels of KNO3 and salicylic acid. Mashahd, 3rd National Congress on Medicinal Plants.
6- El-Keblawy A., Al-Ansari F., and Al-Shams N. 2011. Effects of temperature and light on salinity tolerance during germination in two desert glycophytic grasses, *Lasiurus scindicus* and *Panicum turgidum*. Grass and Forage Science 66: 173-182.
7- Forcella F., Benech-Arnold R.L., Sanchez R., and Ghersa C.M. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crops Research 67: 123-139.
8- Kamaha C., and Maguire J.D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Science Technology 20: 181-185.
9- Khan M.A., and Ungar I.A. 1997. Effect of light, salinity and thermoperiod on the seed germination of halophytes. Canadian Journal of Botany 75: 835-841.
10- Leon R.G., and Owen M.D.K. 2003. Regulation of weed seed dormancy through light and temperature interactions. Weed Science 51: 752-758.
11- Maguire J.D. 1962 Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176-177.
12- Mazhari M., Tadayon M.R., and Tadayon A. 2015. Effect of cold, temperature and light on germination of some weed species. Journal of Weed Ecology 3: 23-29. (In Persian)
13- Milberg P., Andersson L., and Noronha A. 1996. Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. Journal of Applied Ecology 33: 1469-1478.
14- Mozumder S.N., and Hossain M.M. 2013. Effect of seed treatment and soaking duration on germination of *Eryngium foetidum* L. seeds. International Journal of Horticulture 3: 1046-1051.
15- Rasheed A., Hameed A., Khan M.A., and Gul B. 2015. Effects of salinity, temperature, light and dormancy regulating chemicals on seed germination of *Salsola drummondii* Ulbr. Pakistan Journal of Botany 47: 11-19.
16- Reddy K.N., and Singh M. 1992. Germination and emergence of hairy beggarticks (*Bidens pilosa*). Weed Science 40: 195-199.
17- Rezvani M., and Zaefarian F. 2016. Effect of some environmental factors on seed germination of *Eryngium caeruleum* M. Bieb. Populations. Acta Botanica Brasilica 31: 220-228.
18- Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousef-Daz M., and Sarparas R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology 138: 156-167.
19- Wilson R.G. 1979. Germination and seedling development of Canada thistle (*Cirsium arvense*). Weed Science 27: 146-151.
20- Zimdahl R.C. 1999. Fundamental of Weed Science. 655 Pp.

Journal of Plant Protection
Vol. 33, No. 1, Spring 2019, P. 111-122

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۲۲-۱۱۱

Study of Dormancy and Germination Dynamics of *Eryngium caeruleum* L. in Response to Burial Durations in Soil

M. Lotfi Asle Giglo[1]- M. Oveisi[2]*- H. Rahimian Mashhadi[3]- B. Pourmorad Kaleibar[4]- M.H. Naeimi[5]

Received: 29-04-2018
Accepted: 06-03-2019

Introduction: *Eryngium caeruleum* L. is a perennial weed from Apiaceae family that grows in the farm and roadside. There is limited information on the reaction of this plant germination to temperature and light conditions. Germination is one of the most important processes for weed success, because it is the first step in competition beginning in an ecological niche. Recognition of *E. caeruleum* germination and emergence ecology has an important role in weed management and control. Different environmental factors, such as temperature and light, affect dormancy and germination of the seeds. Light requirement is an indicator showing the level of seed dormancy. Given the significance of seed dormancy in weed dispersal and management, this study aimed at determining the relation between light and temperature as the most effective environmental factors in germination stimulation of *E. caeruleum*.

Materials and Methods: An experiment was conducted to estimate the effect of temperature and light on germination of *Eryngium caeruleum* seeds at agriculture and Natural Resources College, university of Tehran in 2016. A factorial experiment was undertaken based on completely randomized block design with three replications. Factors were germination temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 °C), burial periods in 5 cm depth (30, 60, 90, 120, 150, and 180 days), and light conditions during germination test (Presence and absence of light). The seeds were buried in the soil under environmental conditions at depth of 5 cm and then removed from the soil at one month intervals and were placed at dark and light (Osram, L 18 W/77, 20 $\mu molm^{-2}s^{-1}$) conditions under seven temperature treatments for 14 days. 25 seeds were placed in each petri dish and the germinated seeds were counted for 14 days in each month. Segmented model was used for studying the germination rate to temperature in light and temperature treatments. Thermal parameters of germination were calculated for light and temperature treatments. These parameters were G_{max} for the maximum germination rate, T_b or base temperature for germination, T_o or optimum temperature for germination, and T_c or ceiling temperature for germination. The base and ceiling temperature parameters were also calculated. The findings of this study shed light on seed germination requirements of *E. caeruleum* and enhance our understanding of this species distribution. These results will be useful in selecting the best time and method for *E. caeruleum* control.

Results and Discussion: Results showed that temperature and light conditions during germination test influenced germination rate. According to the analysis of variation, all simple effects and interactions were significant on germination rate. Germination rate increased with increasing temperature up to 20 °C. Germination rate, however, decreased when temperature increased up to 35 °C. Temperature parameters of base temperature, optimum temperature and ceiling temperature were affected by burial periods and light conditions during germination test. In general, base and optimum temperatures decreased and ceiling temperature increased with increasing of burial time. The burial time needed for 50 percent decrease of maximum base temperature in the lowest burial time was 117 days in light condition and 82 days in dark condition. The optimum temperature decreased from 23.5°C to 21.2°C in light condition and from 23°C to 21°C in dark condition. The ceiling temperature increased from 28°C to 42°C in light condition, but it had different process in dark condition. The T_c parameter was 30°C in 60 days of burial and was 28°C up to 120 days of burial and had no changes up to 180 days of burial. Parameters of G_{max} and a_i, which indicate the maximum germination rate and seed non-dormant index, respectively, rose linearly by increasing time of seed burial, irrespective of light condition during germination test. The same results were found in *Circium arvense* and *Bidens pilosa*, that their germination

1, 2, 3, 4 and 5- M.Sc. Graduated, Associate Professor, Professor, Ph.D Student and M.Sc. Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Respectively
(*- Corresponding Author Email: moveisi@ut.ac.ir)

thermal parameters were higher in light condition than in dark. This can be attributed to the heat made by the light. The results of the experiment on *Plygonum aviculare* also showed the effects of light on cardinal temperatures of germination and the start of germination of this plant.

Conclusion: The results showed that the thermal parameters of *Eryngium caeruleum* germination including base temperature (T_b), optimum temperature (T_o), and ceiling temperature (T_c) changed during the burial periods. The G_{max} and awakeness index parameters increased linearly regardless of the presence or absence of light. It can be also concluded that *Eryngium caeruleum* L. has morphophysiological dormancy and dormancy breaking. Moreover, the optimum temperature range for germination mostly rises by increasing ceiling temperature.

Keywords: Awakens index, Germination rate, Light conditions, Thermal parameters of germination