

# شکستن خواب بذر و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی علف‌هرز قیچ لوبیایی (*Zygophyllum*)

*fabago* L. با استفاده از مدل‌های رگرسیونی

مجید حیدری؛ مهدی راستگو؛ علی قنبری

دانشگاه فردوسی مشهد

Doi: [10.22067/jpp.2021.71460.1034](https://doi.org/10.22067/jpp.2021.71460.1034)

## چکیده

به منظور ارزیابی اثر برخی روش‌ها بر شکست خواب بذر و آگاهی از مکانیسم خواب بذر، ارزیابی اثر دماهای متناوب و نور بر جوانه‌زنی بذر و نیز تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی، آزمایش‌هایی در سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش اول شامل ارزیابی اثر دماهای ثابت جوانه‌زنی (۱۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد) و روش‌های مختلف حذف خواب بذر بود. آزمایش دوم شامل ارزیابی اثر دماهای متناوب (۲۰/۱۰، ۲۵/۱۵، ۳۰/۱۰ و ۳۰/۲۰ درجه سانتیگراد (شب/روز))، رژیم نوری و اعمال و عدم اعمال تیمار شکستن خواب بذر و آزمایش سوم اعمال دماهای ثابت (۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) با دوره روشنایی/تاریکی ۱۲/۱۲ ساعت بود و با استفاده از برازش معادلات دوتکه‌ای، چهار پارامتره بتا و دندان مانند به رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی مقادیر دماهای کاردینال تعیین شد. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بشدت تحت تاثیر دماهای ثابت و متناوب قرار گرفت. نور نقشی در جوانه‌زنی قیچ لوبیایی نداشت. به طوری که بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمارهای شکستن خواب مربوط به تیمار سولفوریک اسید ۱۵ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد. همچنین بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار دماهای متناوب مربوط به تیمار دمای متناوب ۲۵/۱۵ درجه سانتیگراد (زمانی که بذر خواب شکنی نشده بودند) به میزان ۵۴/۶ درصد بود. در برآورد دماهای کاردینال نیز مدل چهار پارامتره بتا نسبت به سایر مدل‌ها بهتر بود. بر اساس برآوردهای این مدل، دماهای پایه، مطلوب و حداکثر برای جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی به ترتیب ۹/۸۳، ۱۶/۳۳ و ۳۹/۲۹ درجه سانتیگراد تعیین شد.

**کلمات کلیدی:** تغییر اقلیم، خراش دهی، دمای متناوب، مدل سازی

## مقدمه

جنس *Zygophyllum* یکی از بزرگ‌ترین جنس‌های خانواده *Zygophyllaceae* است که در جهان دارای حدود ۱۵۰ گونه می‌باشد و از این تعداد، ۹ گونه‌ی *Z. simplex*، *Z. atriplicoides*، *Z. qatarense*، *Z. hamiense*، *Z. eichwaldii*، *Z. fabago*، *Z. miniatum*، *Z. oxianum* و *Z. pinnatum* در ایران ثبت شده‌اند (۱۵،۲۰ و ۳۳). قبیح لوبیایی<sup>۱</sup> (اسفندک) (*Zygophyllum fabago* L.) گیاهی است بوته‌ای و چندساله به ارتفاع ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد (۱۳). این گونه در کشورهای پاکستان، ایران، افغانستان، عراق، عربستان، شمال آفریقا، ایتالیا و ترکیه پراکنده است و بیشتر در مناطق خشک و نواحی استپی و در زمین‌های بایر و غیر قابل کشت حاشیه مزارع و باغ‌ها مشاهده می‌شود (۳۴). این گیاه از طریق رقابت برای نور، آب، عناصر غذایی و فضا به رقابت با سایر گیاهان پرداخته و فصل رشد طولانی، سطح برگ زیاد با شاخه‌های فراوان و تاج پوشش گسترده نشان از توانایی رقابت‌کنندگی بالای آن است. همچنین قبیح لوبیایی به وسیله بذر تکثیر شده و علاوه بر تولید بذر فراوان، مقدار بسیار زیادی دانه‌ی گرده تولید کرده که به وسیله هوا انتقال پیدا می‌کنند و این دانه‌های گرده دارای آلرژی‌زایی بالایی برای انسان دارند (۳۲). به خاطر برگ‌های مومی، این گیاه ممکن است مدت طولانی در شرایط خشک مقاومت کند و بنابراین با گونه‌های بومی به رقابت بپردازد (۲۲). همچنین تولید بذر بسیار زیاد این علف‌هرز گویای توانایی تهاجمی شدن بالای آن است. این گیاه هم‌اکنون در تمام کشورهای مدیترانه‌ای و جنوب غربی ایالات متحده مشاهده می‌شود که جزء گیاهان مهاجم محسوب می‌شود (۲۰). این گیاه در ایران نیز به‌عنوان یکی از علف‌های هرز باغات (۳۳) و باغات پسته در کرمان (۱۵) فهرست شده است.

<sup>1</sup> Syrian bean-caper

مهم‌ترین عاملی که از جوانه‌زنی بذرها به ویژه در علف‌های هرز جلوگیری می‌کند، خواب بذر است. شکستن خواب بذر به وسیله خراش‌دهی با سولفوریک اسید یکی از روش‌های مرسوم در تحریک بذرها برای جوانه‌زنی می‌باشد. به طوریکه در بذرهای علف‌هرز کور<sup>۲</sup> (۲۸)، ماستونک<sup>۳</sup>، سس<sup>۴</sup> و تلخ بیان<sup>۵</sup> (۱۲)، تلخه<sup>۶</sup> (۲) و بسیاری از بذرهای باعث شکست خواب و جوانه‌زنی شده است. در تحقیقی تیمار سولفوریک اسید (۹۸٪) به مدت ۵ دقیقه، خواب بذرهای تاج خروس ریشه قرمز<sup>۷</sup>، سوروف<sup>۸</sup>، سلمه تره<sup>۹</sup> و خارشتر<sup>۱۰</sup> را شکست (۱۷).

دما یکی از عوامل کنترل جوانه‌زنی و پراکنش گیاهان در هر منطقه است (۵). همچنین مهم‌ترین عامل محیطی است که رشد و نمو و عملکرد گیاهان را کنترل می‌کند. همه فرآیندهای زیستی به دما واکنش نشان می‌دهند و همه پاسخ‌ها را می‌توان در سه دمای اصلی خلاصه کرد. اثرات دما روی نمو گیاه، اساس مدل‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی است. بذرهای هر گونه دارای توانایی جوانه‌زنی در محدوده حرارتی معینی هستند که به عنوان دماهای اصلی (دماهای کاردینال) (حداقل، بهینه و حداکثر)، توصیف می‌شود. دمای حداقل پایین‌ترین دمایی که رشد گیاه می‌تواند رخ دهد و به عنوان دمای پایه ( $T_b$ ) نامیده می‌شود و هیچ رشدی در دمای پایین‌تر از آن رخ نمی‌دهد. در درجه حرارت بهینه، بذرها سریع‌تر جوانه زده و درصد جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با سایر رژیم‌های حرارتی خواهند داشت. درجه حرارت مناسب ( $T_o$ )، بر حسب تعریف دمایی است که در آن بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاهترین دوره زمانی انجام می‌شود و درجه حرارت حداکثر ( $T_m$ )، بالاترین درجه حرارتی است که بذرها قادر به جوانه‌زنی می‌باشد (۱۶). با این حال واکنش شاخص‌های جوانه‌زنی به دما به عواملی

---

<sup>2</sup> *Capparis spinose* L.

<sup>3</sup> *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.

<sup>4</sup> *Cuscuta campestris* L.

<sup>5</sup> *Sophora alopecuroides* L.

<sup>6</sup> *Acroptilon repens* (L.) DC.

<sup>7</sup> *Amaranthus retroflexus* L.

<sup>8</sup> *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.

<sup>9</sup> *Chenopodium album* L.

<sup>10</sup> *Alhagi camelorum* L.

مانند گونه گیاهی، منطقه رویش و کیفیت توده بذری بستگی دارد. رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی به صورت غیر خطی است و معمولاً از رگرسیون غیرخطی برای این رابطه استفاده می‌کنند (۲۴، ۲۷).

پاسخ جوانه‌زنی گیاهان به شرایط نوری بسیار متفاوت و متنوع است. بذر برخی از گیاهان در تاریکی جوانه نمی‌زنند، ولی در برخی نور اثر جزئی بر جوانه‌زنی دارد. در تحقیقی که روی ۴۱ گونه گیاهی صورت گرفت بیان شد که ۲۰ گونه در شرایط نوری بهتر جوانه می‌زنند ولی ۱۱ گونه در شرایط نور و تاریکی به صورت یکسان جوانه‌زنی دارند (۳۴).

آگاهی از خصوصیات جوانه‌زنی بذر، سازوکار خواب بذر و پاسخ این پدیده‌های حیاتی به شرایط محیطی در علف‌های هرز و از جمله قیچ لوبیایی، می‌تواند در پیش‌بینی پتانسیل انتشار آن به سایر مناطق، مدیریت و کنترل هر چه بهتر آن، مفید باشد، لذا این مطالعه با هدف شناخت روش‌های شکستن خواب (آگاهی از مکانیسم خواب بذر)، تاثیر نور و دمای متناوب بر جوانه‌زنی بذرها و نیز تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی این گونه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر برخی روش‌ها بر شکست خواب بذرها و آگاهی از مکانیسم خواب بذرها و همچنین انجام سایر آزمایش‌ها، ارزیابی اثر دماهای متناوب و نور بر جوانه‌زنی بذرها و نیز تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرها، قیچ لوبیایی، آزمایش‌هایی در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بذرها، قیچ لوبیایی در پاییز همان سال، همزمان با رسیدگی و با شروع ریزش بذر از گیاه مادری از مناطق آلوده به این علف هرز در پردیس دانشگاه فردوسی (با عرض جغرافیایی ۳۶°۱۸ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹°۳۱ غربی) مشهد برداشت شد. بذرها بوجاری و تمیز شده و تا شروع آزمایش، در آزمایشگاه و در دمای اتاق ( $25 \pm 2$ ) نگهداری شدند. وزن هزار دانه قیچ لوبیایی ( $0.02 \pm 0.003/33$ ) گرم تعیین شد. آزمایش اولیه جوانه‌زنی روی بذرها جمع‌آوری شده، حاکی از درصد پایین جوانه‌زنی (کمتر از ۲۰ درصد) و در نتیجه وجود خواب در بذور بود.

## نحوه اجرای عمومی آزمون‌های جوانه‌زنی

در تمامی آزمون‌های جوانه‌زنی، جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی با قرار دادن ۲۵ عدد بذر ضد عفونی شده با هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۳ دقیقه و سپس شستشو با آب مقطر به مدت ۲ دقیقه، در پتری دیش‌های شیشه‌ای استریل شده با اتوکلاو، با قطر ۹ سانتی متر تعیین شد. در هر پتری دیش یک کاغذ صافی واتمن شماره ۱ قرار گرفت و پس از قرار دادن بذرهای روی آن، به هر پتری دیش هفت میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر آب درون پتری دیش‌ها، از پارافیلیم استفاده شد. سپس بذور به ژرمیناتور در دماهای مورد نظر منتقل شدند و با شمارش بذرهای جوانه‌زده در صورت نیاز نسبت به افزودن آب به پتری دیش‌ها اقدام شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده (خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر) در آزمایش تعیین دماهای کاردینال، ابتدا بصورت ساعتی پایش و سپس بصورت روزانه و در آزمایش‌های اول و دوم پس از ۱۴ روز انجام شد (پس از طی ۱۴ روز، سه روز دیگر هم جهت جوانه زنی به بذرهای فرصت داده شد، و چون در هیچ یک تیمارها، تغییری در جوانه زنی مشاهده نشد، همان شمارش پس از ۱۴ روز ملاک قرار گرفت) (۲۷).

درصد جوانه‌زنی کل و سرعت جوانه‌زنی در هر درجه حرارت محاسبه شد. اندازه گیری سرعت جوانه‌زنی بذر (بذر در روز) در آزمایش اول و دوم با استفاده از معادله ۱ انجام شد.

$$Gr = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله،  $Gr$  سرعت جوانه‌زنی،  $S_i$  تعداد بذرهای جوانه زده در هر شمارش و  $D_i$  تعداد روز شمارش تا روز  $n$  می باشد (۱۴).

در آزمایش سوم ابتدا نمودارهای پراکنش نقاط درصد جوانه‌زنی تجمعی نسبت به زمان رسم و سپس تابع سه پارامتره سیگموئیدی بدان برازش داده شد (معادله ۲) (۳).

$$G = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x - x_{50}}{b}\right)}} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله  $G$  درصد جوانه‌زنی تجمعی،  $a$  حداکثر درصد جوانه‌زنی تجمعی،  $x_{50}$  زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی بذر و  $b$  شیب منحنی یا فاز تأخیر و  $x$  روز یا ساعت است.

**آزمایش اول: ارزیابی تیمارهای مختلف شکستن خواب بذرهای قیچ لوبیایی**

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دماهای ثابت جوانه زنی در پنج سطح (۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ درجه سانتیگراد) و فاکتور دوم روش‌های مختلف حذف خواب بذرها در ۵ سطح (بدون تیمار (شاهد)، سولفوریک اسید غلیظ (۹۸٪) در زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ دقیقه، سرمادهی مرطوب در دمای ۵ درجه سانتیگراد به مدت‌های ۷ و ۲۲ روز، خیساندن بذر در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷ روز و خراش دهی با کاغذ سنباده به مدت دو دقیقه) بود (۳، ۹ و ۱۷). بذرهای تیمار شده توسط سولفوریک اسید غلیظ ابتدا با آب شیر و سپس با آب مقطر فراوان به مدت ۱۵ دقیقه شسته شده و روی دستمال کاغذی خشک شدند. شمارش تعداد بذرهای جوانه زده ۱۴ روز پس شروع آزمایش انجام شد. از نرم افزار SAS 9.1 جهت تجزیه واریانس و مقایسه تیمارهای مختلف استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. همچنین پیش از آنالیز واریانس و با استفاده از آزمون اندرسون - دارلینگ<sup>۱۱</sup> در نرم افزار Minitab 17.0، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و در مواردی که داده‌ها نرمال نبود، از تبدیل زاویه‌ای ( $\arcsin\sqrt{x}$ ) استفاده شد.

## آزمایش دوم: تاثیر دماهای متناوب، رژیم‌های نوری و تیمار شکستن خواب بر جوانه زنی بذرهای قیچ

### لوبیایی

این آزمایش نیز به صورت فاکتوریل سه فاکتوره در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول دماهای متناوب در چهار سطح (۲۰/۱۰، ۲۵/۱۵، ۳۰/۱۰ و ۳۰/۲۰ درجه سانتیگراد (شب/روز))، فاکتور دوم رژیم نوری در دو سطح (تیمار نور و تاریکی (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) و تیمار تاریکی مداوم و فاکتور سوم تیمار شکستن خواب با سولفوریک اسید غلیظ تیمار برتر آزمایش اول) در دو سطح (اعمال و عدم اعمال) بود. برای اعمال تاریکی پتری دیش‌ها توسط فویل آلومینیومی پوشیده شدند تا از نفوذ نور جلوگیری به عمل آید. شمارش تعداد بذرهای جوانه زده ۱۴ روز پس شروع آزمایش انجام شد. از نرم افزار SAS 9.1 جهت تجزیه واریانس و مقایسه تیمارهای مختلف استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. همچنین پیش از آنالیز واریانس و با

<sup>11</sup> Anderson-Darling

استفاده از آزمون اندرسون - دارلینگ در نرم افزار Minitab 17.0، آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و در مواردی که داده‌ها نرمال نبود، از تبدیل زاویه‌ای ( $\arcsin\sqrt{x}$ ) استفاده شد.

### آزمایش سوم: تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذرها قیچ لوبیایی

این آزمایش بصورت کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دماهای ثابت ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد با دوره روشنایی/تاریکی ۱۲/۱۲ ساعت بود (بهترین تیمار نوری آزمایش دوم) که در انکوباتور اعمال شد.

برای محاسبه دماهای کاردینال جوانه‌زنی از معادلات ۳ تا ۵ استفاده شد.

۱- مدل خطوط متقاطع<sup>۱۲</sup> با استفاده از مجموعه معادلات ۳ محاسبه شد (۲۶).

$$Y = (T - T_b) / (T_o - T_b) \text{ if } T_b < T < T_o \quad \text{معادله (۳)}$$

$$Y = (T_c - T) / (T_c - T_o) \text{ if } T_o < T < T_c$$

$$Y = 0 \text{ if } T < T_o \text{ or } T > T_c$$

۲- مدل دندان مانند<sup>۱۳</sup> با استفاده از مجموعه معادلات ۴ (۲۱)

$$Y = ((T - T_b) / (T_{o1} - T_b)) \text{ if } T_b < T \leq T_{o1} \quad \text{معادله (۴)}$$

$$Y = ((T_c - T) / (T_c - T_{o2})) \text{ if } T_{o2} < T \leq T_c$$

$$Y = 1 \text{ if } T_{o1} < T \leq T_{o2}$$

$$Y = 0 \text{ if } T \leq T_c \text{ or } T \geq T_c$$

۳- مدل چهار پارامتره بتا ( $\beta$ ) با استفاده از معادله ۵ (۳۱)

$$Y = (T_c - T) / (T_c - T_o) \times (T - T_b) / (T_o - T_b) \quad \text{معادله (۵)}$$

در این معادلات  $Y$  معیاری از سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)،  $T_b$  دمای پایه،  $T_o$  دمای مطلوب،  $T_{o1}$  حد پایین دمای مطلوب،

$T_{o2}$  حد بالای دمای مطلوب،  $T_c$  دمای حداکثر و  $C$  پارامتر شکل در تابع بتا ( $\beta$ ) می باشد. جهت ترسیم نمودارها و نیز برآزش

<sup>12</sup> Segmented

<sup>13</sup> Dent-like model

توابع از نرم افزار Sigma plot نسخه ۱۲/۳ استفاده شد. همچنین برای مقایسه مدل های مختلف علاوه بر ضریب تبیین ( $R^2$ )، همچنین از جذر میانگین مربعات خطا ( $RMSE^{14}$ ) طبق معادله ۶ استفاده شد (۳).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y_o - Y_p)^2}{n}} \quad \text{معادله (۶)}$$

در این معادله  $Y_o$  و  $Y_p$  به ترتیب مقادیر داده های مشاهده شده و پیش بینی شده و  $n$  تعداد نقاط می باشد.

## نتایج و بحث

### آزمایش اول: ارزیابی تیمارهای شکستن خواب بذر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تاثیر تیمارهای شکستن خواب، اثر دما و اثر متقابل دما و تیمارهای شکستن خواب بر سرعت و درصد جوانه زنی کل بذرهای قیچ لوبیایی در سطح یک درصد معنی دار بود (داده ها نشان داده نشده اند). در بین تیمارهای شکستن خواب، حداکثر جوانه زنی به میزان ۹۶ درصد مربوط به اثر متقابل تیمار سولفوریک اسید ۱۵ دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و کمترین درصد جوانه زنی به میزان صفر درصد (عدم جوانه زنی) مربوط به اثر متقابل دمای ۱۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد در تیمار ۱۰ دقیقه سولفوریک اسید، و سرمادهی مرطوب (۷ و ۲۲ روز) بود (جدول ۱). خراش دهی با سولفوریک اسید به دلیل حذف لایه سلولی ضخیم زیر پوشش بذر، باعث نفوذ بیشتر و بهتر آب، گازها، افزایش آماس بذر، کاهش مقاومت پوسته بذر و بدنبال آن رهایی از محدودیت پوسته بذر می شود (۹).

با بررسی هایی که در این تحقیق صورت گرفت مشخص شد که خواب بذر در قیچ لوبیایی از نوع فیزیکی بوده و با از بین رفتن پوسته بذر، جوانه زنی حتی تا ۹۶ درصد نیز اتفاق افتاد. در آزمایشی که روی شکستن خواب بذر اسپرک زرد<sup>۱۵</sup> (۹) انجام شد مشخص شد که تیمار سولفوریک اسید ۹۶٪ به مدت ۳۰ ثانیه سبب بیشترین جوانه زنی (۷۳/۳ درصد) بذرهای اسپرک زرد در شرایط تاریکی شد و کمترین درصد جوانه زنی (۸ درصد) در تیمار شاهد در شرایط نور/تاریکی بدست آمد. همچنین

<sup>14</sup> Root mean of squares of error

<sup>15</sup> *Reseda lutea* L.



شریفی و همکاران (۲۵) در بررسی خود بیان داشتند که با اعمال تیمار خراش‌دهی مکانیکی روی خارخسک<sup>۱۶</sup> جوانه‌زنی از ۱۳ به ۹۹ درصد رسید. در بررسی مشابهی که روی دو گونه *Zygophyllum eichwaldii* Boiss. & Buhse و *Zygophyllum eurypterum* C.A.M. انجام شد مشخص شد که تیمار خراش‌دهی با کاغذ سنباده به ترتیب ۵۳ و ۵۴/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش جوانه‌زنی شد. در ضمن این تیمار بیشترین تاثیر را در بهبود سرعت جوانه‌زنی این دو گونه داشت (۳۰).

---

<sup>16</sup> *Tribulus terrestris* L.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل دما و روش‌های شکستن خواب بذر بر سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی کل بذرهای قیچ لوبیایی

Table 1. Mean comparison of interaction effects of temperature and breaking seed dormancy methods on germination rate and total germination of Syrian bean-caper Seeds

صفت Trait	Temperature (°C) دما (درجه سانتیگراد)	شاهد (بدون تیمار) Control (Without treatment)	خراش دهی با سولفوریک اسید (دقیقه) Sulfuric acid scarification (min)					سرما دهی مرطوب در دمای ۵ درجه سانتیگراد Stratification at 5 °C		خیساندن بذر ها در آب (۷ روز) Water soaking (7 day)	خراش دهی با کاغذ سنباده (۲ دقیقه) Sandpap er scarifica tion (2 minutes)	
			10	15	20	25	30	35	(۷ روز) 7 Days			(۲۲ روز) 22 Days
			سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed per day)	15	2.24 <sup>n-p</sup>	0.00 <sup>r</sup>	3.22 <sup>mn</sup>	5.11 <sup>lm</sup>	14.15 <sup>f-h</sup>			14.87 <sup>e-g</sup>
	20	2.20 <sup>n-p</sup>	0.16 <sup>qr</sup>	10.65 <sup>j</sup>	7.80 <sup>k</sup>	13.2 <sup>g-i</sup>	13.72 <sup>f-h</sup>	18.47 <sup>bc</sup>	1.24 <sup>o-r</sup>	2.16 <sup>n-p</sup>	0.83 <sup>o-r</sup>	1.91 <sup>n-r</sup>
	25	2.06 <sup>n-q</sup>	0.38 <sup>p-r</sup>	13.85 <sup>f-h</sup>	9.94 <sup>j</sup>	16.27 <sup>de</sup>	12.69 <sup>hi</sup>	20.97 <sup>a</sup>	0.18 <sup>qr</sup>	0.73 <sup>o-r</sup>	1.07 <sup>o-r</sup>	1.29 <sup>r</sup>
	30	1.11 <sup>o-r</sup>	0.00 <sup>r</sup>	16.88 <sup>cd</sup>	13.52 <sup>f-h</sup>	14.03 <sup>f-h</sup>	14.67 <sup>e-g</sup>	19.89 <sup>ab</sup>	2.04 <sup>n-q</sup>	2.48 <sup>no</sup>	1.23 <sup>o-r</sup>	1.67 <sup>n-r</sup>
	35	0.51 <sup>p-r</sup>	0.00 <sup>r</sup>	5.92 <sup>kl</sup>	11.39 <sup>ij</sup>	15.19 <sup>d-f</sup>	16.33 <sup>de</sup>	19.25 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>r</sup>	0.00 <sup>r</sup>	0.94 <sup>r</sup>	1.51 <sup>n-r</sup>
جوانه‌زنی کل (درصد) Total germination (%)	15	61.33 <sup>h-n</sup>	0.00 <sup>u</sup>	26.66 <sup>st</sup>	34.66 <sup>p-s</sup>	80.00 <sup>a-g</sup>	93.33 <sup>a-c</sup>	92.00 <sup>a-c</sup>	0.00 <sup>u</sup>	0.00 <sup>u</sup>	16.00 <sup>tu</sup>	5.33 <sup>u</sup>
	20	86.66 <sup>a-d</sup>	2.66 <sup>u</sup>	60.00 <sup>i-n</sup>	48.00 <sup>m-q</sup>	77.33 <sup>b-i</sup>	69.33 <sup>d-k</sup>	85.33 <sup>a-e</sup>	34.66 <sup>p-s</sup>	61.33 <sup>h-n</sup>	26.66 <sup>st</sup>	48.00 <sup>m-q</sup>
	25	77.33 <sup>b-i</sup>	5.33 <sup>u</sup>	82.66 <sup>a-f</sup>	53.33 <sup>k-o</sup>	86.66 <sup>a-d</sup>	62.66 <sup>g-n</sup>	93.33 <sup>a-c</sup>	5.33 <sup>u</sup>	16.00 <sup>tu</sup>	37.33 <sup>o-s</sup>	37.33 <sup>o-s</sup>
	30	37.30 <sup>o-r</sup>	0.00 <sup>u</sup>	96.00 <sup>a</sup>	88.00 <sup>a-c</sup>	65.33 <sup>f-m</sup>	76.00 <sup>c-j</sup>	92.00 <sup>a-c</sup>	68.00 <sup>e-l</sup>	52.00 <sup>k-p</sup>	45.33 <sup>j-n</sup>	58.66 <sup>j-n</sup>
	35	21.30 <sup>r-t</sup>	0.00 <sup>u</sup>	50.66 <sup>l-q</sup>	81.33 <sup>a-f</sup>	84.00 <sup>a-e</sup>	78.66 <sup>a-h</sup>	94.66 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>u</sup>	0.00 <sup>u</sup>	33.33 <sup>q-t</sup>	57.33 <sup>k-n</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی داری (LSD) تفاوت معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) ندارند.

The Means within a column followed by the same letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  according to the LSD test.

با افزایش دما از ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد درصد جوانه‌زنی افزایش نشان داد، اما از دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به بعد روند کاهشی در درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. نتایج سایر مطالعات نیز بهترین دمای جوانه‌زنی برای این گیاه را دمای بین ۲۰/۵ تا ۲۵/۵ تعیین کرده‌اند (۶). همچنین در پژوهشی که تاثیر نور و دما بر جوانه‌زنی قیچ لوبیایی مطالعه شد، مشخص شد که دمای ۲۸ درجه سانتیگراد و شرایط تاریکی منجر به افزایش جوانه‌زنی بذر شد (۳۴).

نکته قابل توجه در این بررسی درصد جوانه‌زنی بالا در تیمار شاهد است که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۸۶/۶۶ درصد بود (جدول ۱). اما سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد از سرعت پایین‌تری نسبت به تیمار شکستن خواب توسط سولفوریک اسید برخوردار است. که دلیل آن جوانه‌زنی بیش از نیمی از بذرهای در روزهای پایانی شمارش جوانه‌زنی (روز سیزدهم) بود. با توجه به کاربرد سولفوریک اسید به عنوان یکی از روش‌های مرسوم جهت شکستن خواب بذرهای مختلف که در آزمایش‌های فراوانی به اثبات رسیده است (۲، ۹، ۱۷). اما کاربرد سولفوریک اسید غلیظ در زمان‌های بیشتر احتمالاً سبب آسیب به گیاهچه و در نتیجه عدم رشد گیاهچه در روزهای شمارش بذرها شد. به همین جهت از تیمار سولفوریک اسید ۱۵ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برای سایر آزمایش‌ها استفاده شد. طی چرخه زندگی یک گیاه، بذرهای بیشترین تحمل شرایط سخت محیطی را دارا هستند. با این وجود گیاهچه‌ها بسیار حساس اند و این نکته برای گیاهان بیابانی بسیار حائز اهمیت می باشد (۳۴). نتایج تحقیقی که روی بذرهای خارخسک انجام شد، نشان داد که خارخسک در دامنه دمایی از ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد جوانه می زند که نشان از توانایی و سازگاری بالایی آن می باشد (۲۴). همچنین در بررسی دیگری که روی علف شور<sup>۱۷</sup> انجام شد مشخص شد که این گیاه توانایی جوانه‌زنی در بازه وسیعی از دماها (۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) را دارد (۴).

**تاثیر همزمان رژیم‌های نوری، دمای متناوب و تیمار شکستن خواب بر جوانه‌زنی بذرهای علف هرز قیچ**

**لوبیایی**

<sup>17</sup> *Salsola kali* L.

نتایج نشان داد که تاثیر رژیم‌های نوری و دماهای متناوب بر درصد جوانه‌زنی کل معنی دار ( $P \leq 0.05$ ) بود. اما سرعت جوانه‌زنی فقط تحت تاثیر تیمار شکستن خواب بذرهای قرار گرفت ( $P \leq 0.01$ ) و تحت تاثیر تیمار رژیم نوری و دماهای متناوب قرار نگرفت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

این نتایج نشان داد که رژیم نوری و دماهای متناوب تاثیری در افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی ندارد. در واقع رژیم نوری و دماهای متناوب بر جوانه زنی کل موثرند ولی بر سرعت جوانه زنی خیر که نشان دهنده نقش کلیدی این دو عامل در شروع جوانه زنی است و ادامه جوانه زنی (سرعت جوانه زنی) بر خلاف دماهای ثابت، تحت تاثیر این عوامل قرار نمی‌گیرد. بیشترین درصد جوانه‌زنی کل بذرهای دارای خواب قیچ لوبیایی در دمای متناوب ۲۵/۱۵ درجه سانتیگراد و در شرایط تاریکی مداوم به میزان ۵۴/۶ درصد و کمترین جوانه‌زنی در تیمار ۳۰/۲۰ درجه سانتیگراد و در شرایط نور-تاریکی به میزان ۱۳/۳ درصد اتفاق افتاد (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسات میانگین تاثیر دماهای متناوب، رژیم نور و تیمار شکستن خواب بر درصد جوانه‌زنی کل بذرهای قیچ لوبیایی

Table 2. Mean comparisons of the effect of alternative temperatures, light regimes and breaking seed dormancy treatment on total seed percentage of Syrian bean caper

Alternative temperature (Day/Night) (° C)	رژیم نوری Light regime	بدون شکستن خواب Without breaking seed dormancy	شکستن خواب Breaking seed dormancy
20/10	تاریکی dark	16.0 <sup>de</sup>	90.6 <sup>a</sup>
	نور light	17.3 <sup>de</sup>	82.6 <sup>a</sup>
25/15	تاریکی dark	54.6 <sup>b</sup>	82.6 <sup>a</sup>
	نور light	20.0 <sup>de</sup>	90.6 <sup>a</sup>
30/10	تاریکی dark	17.3 <sup>de</sup>	84.0 <sup>a</sup>
	نور light	13.3 <sup>de</sup>	86.6 <sup>a</sup>
30/20	تاریکی dark	22.6 <sup>d</sup>	88.0 <sup>a</sup>
	نور light	5.3 <sup>f</sup>	84.0 <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی داری (LSD) تفاوت معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) ندارند.

The means within a column followed by the same letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  according to the LSD test.

در شرایطی که تیمار شکستن خواب روی بذرهای انجام شد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای جوانه‌زنی وجود نداشت و در همه دماها، جوانه‌زنی به صورت یکسانی رخ داد (جدول ۲). این موضوع نشان داد که با حذف سختی پوسته (شکستن خواب بذر)، جوانه‌زنی بذر هیچ واکنشی نسبت به رژیم نوری نشان نداد. در تحقیقی مشابه در اسپرک زرد (*Reseda lutea* L.) بیشترین درصد جوانه‌زنی (۷۶ درصد) در دمای ۲۵/۱۵ درجه سانتیگراد تحت شرایط تاریکی مداوم و کمترین جوانه‌زنی (۱۰ درصد) در

دمای ۲۰/۱۰ درجه سانتیگراد در شرایط نور/تاریکی مشاهده شد (۹). بر این اساس می توان گفت که بذره‌های علف‌هرز قیچ لوبیایی همانند بذره‌های اسپرک زرد فاقد خاصیت فتوبلاستیک هستند. از سوی دیگر می توان بیان کرد که احتمالاً در بذره‌های قیچ لوبیایی از نور برای تعیین عمق قرارگیری بذر، استفاده نمی شود ولی دماهای متناوب که از خصوصیات اعماق کم خاک است، یکی از مکانیزم های اصلی تشخیص عمق قرارگیری بذرها در خاک است.

نور شرایط خواب بذر را برای محافظت گیاهچه در شرایط سخت محیطی تسهیل می کند و می تواند پاسخهای جوانه زنی را به صورت مستقل یا در برهمکنش با سایر عوامل محیطی مانند شوری و دما کنترل کند (۱۰). بذره‌های برخی از گیاهان از جمله (*Zygophyllum simplex* L. و *Haloxylon recurvum* L.) در حضور نور (۱۸) و *Lasiurus scindicus* L. و *Panicum turgidum* در تاریکی مطلق (۱۰) بهتر جوانه می زنند. اما بذره‌های تعدادی از گیاهانی مانند *Atriplex stocksii* بطور یکسان در نور و تاریکی جوانه می زنند.

### دماهای کاردینال جوانه زنی

دماهای مختلف تاثیر معنی داری ( $P \leq 0.01$ ) بر جوانه زنی کل و سرعت جوانه زنی داشتند (داده ها نشان داده نشده اند). بیشترین درصد و سرعت جوانه زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به میزان ۸۶/۷ درصد و ۴/۴۶ بذر در روز) بود و کمترین درصد و سرعت جوانه زنی مربوط به دمای صفر و ۴۰ درجه سانتیگراد به میزان صفر بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر درجه حرارت های مختلف بر درصد جوانه زنی کل و سرعت جوانه زنی بذره‌های قیچ لوبیایی

**Table 3. Means comparison of total germination and germination rate as affected by different temperature in Syrian bean caper**

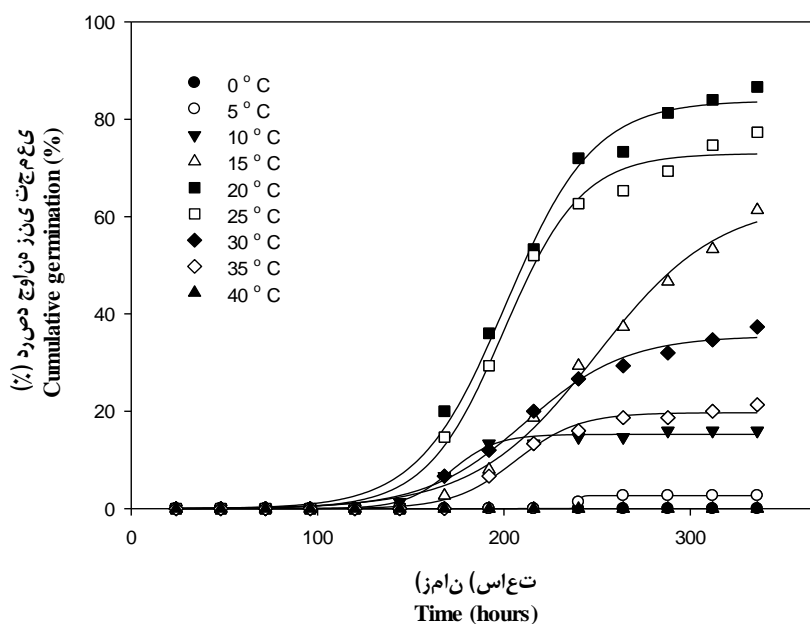
دما (درجه سانتیگراد) Temperature (° C)	جوانه زنی کل (درصد) Total Germination (%)	سرعت جوانه زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)
0	0.0 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>
5	2.7 <sup>bc</sup>	0.06 <sup>c</sup>
10	17.3 <sup>bc</sup>	1.05 <sup>b</sup>
15	61.3 <sup>a-c</sup>	2.25 <sup>a</sup>
20	86.7 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>
25	77.3 <sup>ab</sup>	2.07 <sup>a</sup>
30	37.3 <sup>a-c</sup>	1.12 <sup>b</sup>
35	21.3 <sup>a-c</sup>	0.51 <sup>c</sup>
40	0.0 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی داری (LSD) تفاوت معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) ندارند.

The Means within a column followed by the same letters are not significantly different at  $p \leq 0.05$  according to the LSD test.

جوانه‌زنی در دماهای پایین‌تر از ۵ درجه سانتیگراد و ۴۰ درجه سانتیگراد متوقف شد (جدول ۳). فعالیت آنزیم‌ها با افزایش دما زیاد شده و به دنبال آن سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد، با این حال دماهای خیلی زیاد باعث توقف فعالیت برخی از آنزیم‌ها می‌شوند (۷).

برای کمی‌سازی جوانه‌زنی تجمعی در طی زمان در دماهای مختلف (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد) از معادله سیگموئیدی سه پارامتره استفاده شد (شکل ۱ و جدول ۶). همانطور که مشاهده می‌شود الگوی جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی از روند سیگموئیدی تبعیت کرده و این مدل برازش مناسبی به داده‌ها نشان داد (شکل ۱ و جدول ۶).



شکل ۱. درصد جوانه‌زنی تجمعی بذرهای قیچ لوبیایی در طی زمان در پاسخ به دماهای مختلف. نقاط مشاهدات واقعی و خطوط حاصل از برازش مدل سیگموئیدی سه پارامتره می‌باشند.

**Figure 1. Cumulative germination percentage of Syrian bean caper seeds over time in response to different temperatures. Points are real observations and lines resulting from fitting three parameters sigmoid function.**

توجه به شکل ۱ و جدول ۴، دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بر مبنای میزان جوانه‌زنی حداکثر (a) و زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (X<sub>50</sub>) بهترین دما برای جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی می‌باشد. دامنه گسترده جوانه‌زنی بذرهای قیچ لوبیایی از ۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد، نشان از توانایی بالای این گونه برای رویش در فصول مختلف و در شرایط آب و هوایی متنوع می‌باشد.

جدول ۴. زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی بذرها و پارامترهای حاصل از برازش معادله سیگموئیدی سه پارامتره به داده های جوانه زنی بذرها قیچ لوبیایی در طی زمان، در دماهای مختلف.

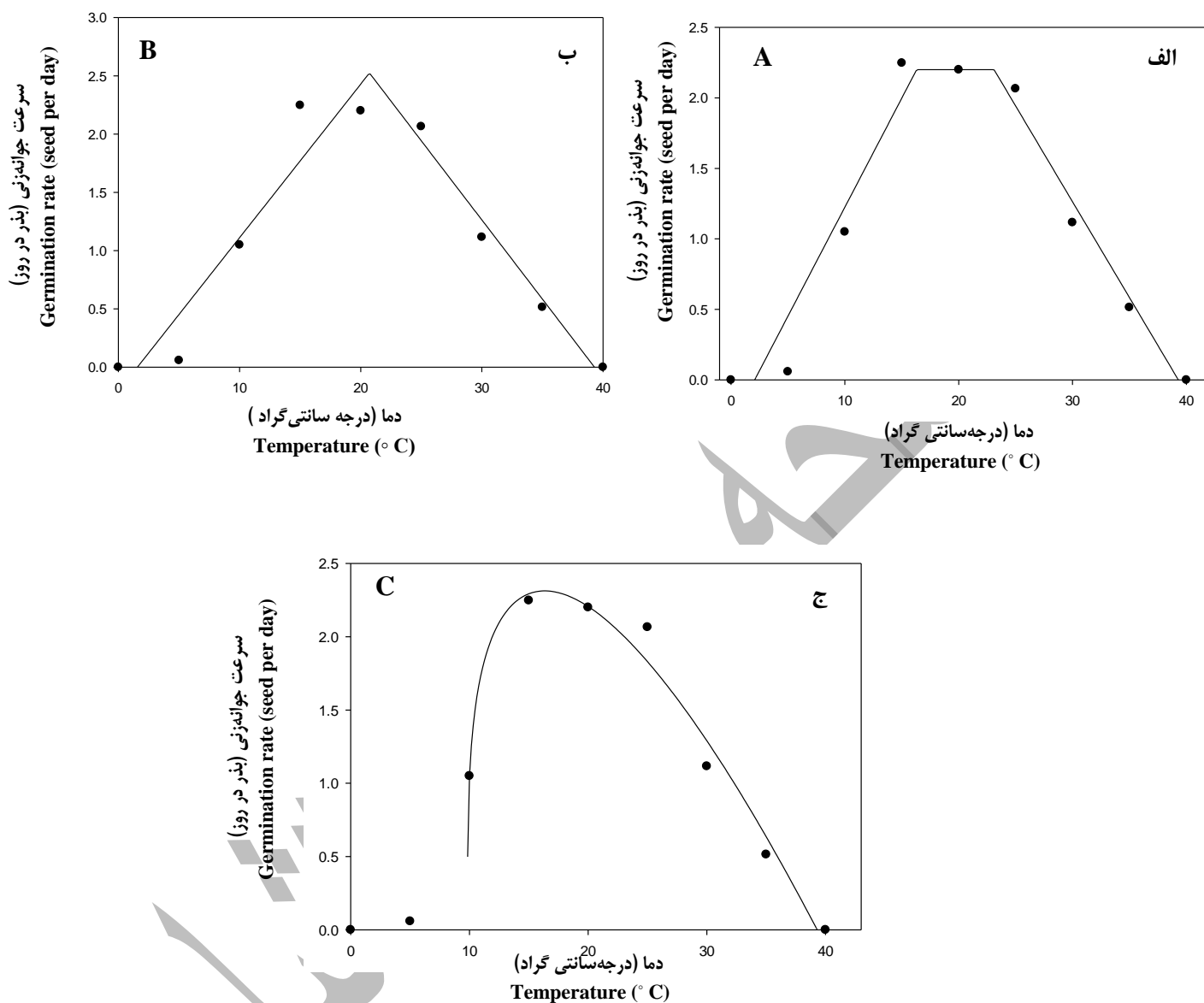
**Table 4. Time to reach to 50% seed germination and parameters resulted from fitting three parameters sigmoid function to seed germination of Syrian bean caper over time at different temperature.**

دما (درجه سانتیگراد) Temperature (°C)	حداکثر جوانه زنی تجمعی (درصد) (a) Maximum seed germination (%) (a)	شیب خط (b) b (slope)	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی (ساعت) X <sub>50</sub> Time to reach 50% germination (hour)	ضریب تبیین R <sup>2</sup>	سطح معنی داری Probability level
0	0.00	-	-	-	-
5	2.66*	0.96*	240.00*	0.97	0.0001
10	15.25*	12.32*	171.14*	0.99	0.0001
15	63.11*	32.55*	249.61*	0.99	0.0001
20	83.83*	23.55*	201.00*	0.99	0.0001
25	72.98*	20.78*	199.93*	0.99	0.0001
30	35.49*	26.98*	211.61*	0.99	0.0001
35	19.69*	16.79*	206.29*	0.98	0.0001
40	0.00	-	-	-	-

\*: معنی دار بر اساس آزمون t در سطح ۵ درصد.

\*: Significant based in t-Test at 5% probability.

اغلب، سرعت جوانه زنی نسبت به درصد جوانه زنی از حساسیت بالاتری نسبت به دما برخوردار است (۲۹). به همین جهت از واکنش سرعت جوانه زنی نسبت به دما برای بدست آوردن درجه حرارت‌های کاردینال استفاده می‌شود (۱۴). همانطور که قبلاً ذکر شد، دماهای کاردینال (دمای پایه، مطلوب، و حداکثر) جوانه زنی بذرها قیچ لوبیایی با استفاده برازش سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چهار پارامتره بتا به داده های رابطه دما و سرعت جوانه زنی تعیین شدند. بر اساس نتایج این آزمایش دماهای کاردینال جوانه زنی (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب در دامنه (۱/۵۷ تا ۹/۸۳)، (۱۶/۳۳ تا ۲۳/۱۰) و (۳۹/۲۹) بود (شکل ۲ و جدول ۵). با توجه به اینکه در این مطالعه همه مدل‌ها، مقادیر جذر میانگین مربعات (RMSE) نزدیک به هم بود، از شاخص ضریب تبیین (R<sup>2</sup>) استفاده شد و بر این اساس مدل چهار پارامتره بتا بهترین مدل تشخیص داده شد و در نتیجه دماهای کاردینال جوانه زنی بذرها قیچ لوبیایی بر اساس این مدل معرفی تعیین شد (شکل ۲ و جدول ۵).



شکل ۲. رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) بذرهای قبیج لوبیایی بر اساس مدل‌های الف) خطوط متقاطع ب) دندان مانند ج) بتا چهار پارامتره

Figure 2. Relationship between temperature and germination rate (seeds per day) based on (A) segmented (B) dent-like (C) four parameters beta models for Syrian bean-caper

عباسیان و همکاران (۱) در بررسی که روی گیاه **نوظهور** گل گندم (*Centaurea balsamita* Lam.) انجام دادند، بیان کردند که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بود. کوپلند و مکدونالد (۸) بیان داشتند که دماهای مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی بیشتر بذرهای بین ۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد می باشد. در مجموع، دامنه دمایی



مطلوب برای جوانه‌زنی قیچ لوبیایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد است (شکل ۲) که با تحقیق مشابهی که روی گیاه قیچ لوبیایی انجام شد مطابقت دارد (۳۴).

جدول ۵. ضرایب تبیین و دماهای کاردینال جوانه‌زنی قیچ لوبیایی برآورد شده بر اساس برازش معادلات خطوط متقاطع، دندانه مانند و چهار پارامتره بتا به رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما

**Table 5. Coefficient of determination and cardinal germination temperatures of bean shears estimated based on fitting equations of Segmented, Dent-like and four beta parameters to the relationship between germination rate and temperature**

دما (درجه سانتیگراد) Temperature (° C)	مدل خطوط متقاطع Segmented Model	مدل دندان مانند (DL) Dent-like model	مدل چهار پارامتره بتا Beta 4 parametrs
پایه (T <sub>b</sub> )	1.57	2.07	9.83
مطلوب (T <sub>o</sub> )	20.72	16.30-23.10	16.33
حداکثر (T <sub>m</sub> )	39.29	39.29	39.29
ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	0.88	0.88	0.97
RMSE	1.368345	1.36973	1.36002

نتایج مطالعه‌ای در بیوتیپ‌های مختلف سلمه تره (*Chenopodium album*) (۱۹) نشان داد که دمای حداقل جوانه‌زنی بین ۲ تا ۷ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و دمای حداکثر بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد بود. رومن و همکاران (۲۳) دماهای کاردینال جوانه‌زنی را برای بذره‌های سلمه تره به ترتیب دمای پایه ۴/۲، دمای بهینه ۲۶ و دمای بیشینه ۳۹/۵ درجه سانتیگراد تعیین کردند.

## جمع بندی

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان از وجود مکانیسم خواب فیزیکی در بذره‌های گیاه قیچ لوبیایی بود. دمای متناوب نیز یکی دیگر از مکانیسم‌های شکست خواب بذره‌های این گیاه بود. باتوجه به اینکه جوانه‌زنی بذره‌های خواب و غیرخواب نسبت به نور واکنش نشان نداد، می‌توان گفت که بذره‌های قیچ لوبیایی فتوبلاست نیستند. دماهای پایه، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی بذره‌های قیچ لوبیایی به ترتیب ۹/۸، ۱۶/۳ و ۳۹/۲ درجه سانتیگراد و بهترین دامنه دمایی برای جوانه‌زنی بین ۱۶ تا ۲۳ درجه بود. با توجه به مکانیسم‌های موثر بر شکست خواب بذره‌های قیچ لوبیایی (حذف سختی پوسته و تیمار دماهای متناوب) و نیز دامنه دمایی جوانه‌زنی بذره‌های این گیاه، به نظر می‌رسد گسترش این گیاه در مناطق با اقلیم معتدل و نیمه خشک افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر با توجه به توان رقابتی بالای این گونه و قابلیت تولید بذر فراوان، بزودی این گونه علف هرز در فهرست

علف های هرز مساله ساز این مناطق قرار خواهد گرفت. از بعد مدیریتی نیز به نظر می رسد پایش جمعیت های این گونه در مناطق مذکور می بایست با دقت نظر بیشتری صورت گیرد و از سوی دیگر با توجه به اثرات ناشی از تغییر اقلیم و بهره گیری از مدل ها و سناریوهای موجود در این خصوص، می توان زیستگاه های در معرض خطر را شناسایی و از ابزارهای پیشگیری در جهت جلوگیری از تهاجم این گونه به زیستگاه های در معرض خطر، جلوگیری کرد.

## منابع

1. Abbsian A., Asadi G. A., and Ghorbani R. 2017. The effect of temperature on some germination indices of the invasive plant *Centarua balsamita* and determination of cardinal germination temperatures. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 5 (2): 215-222. (In Persian with English abstract).
2. Al-Ebrahim Mt., Rashed mohassel M. H., Mighani F., and Baghestani M. A. 2011. Evaluation of different methods of breaking dormancy and optimum germination temperature of knapweed weed seed. Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology). 24 (4):391-397. (In Persian with English abstract).
3. Ansari O., Gherekhloo J., Kamkar B., Ghaderi-far F. 2016. Breaking seed dormancy and determining cardinal temperatures for *Malva sylvestris* using nonlinear regression. Seed Science and Technology. 44 (3): 1-14.
4. Asgarpur R., Mijani S., and Ghorbani R. 2014. Influence of temperature on germination rate of two saltwort, (*Salsola kali* L.) based on regression models. Journal Plant Protection (Agricultural Science and Technology). 27 (4): 476-483. (In Persian with English abstract).
5. Baskin C.C., and Baskin J.M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego. 8 (5): 150-162.
6. Baskin J.M., and Baskin C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research. 14 (1): 1-16.
7. Bonhome R. 2000. Base and limits to using degree day units. European. Journal. Agronomy. 13 (1): 1-10.
8. Copeland L.O., and McDonald M. B. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Publ. Chapman and Hall. USA.
9. Ebrahimi E., and Eslami V. 2014. Break Dormancy and investigation of some environmental factors in seed germination mignonette (*Reseda lutea* L.). Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology). 27 (2): 177-184. (In Persian with English abstract).
10. 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 indicus* SC *indicus* and *Panicum turgidum*. Grass and Forage Science. 66 (2): 173-182.
11. Flowers, T. J. and Colmer T. D., 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. Annals of Botany. 115(3): 327-331.
12. Ghadiri H., and Niazi M. 2005. Effects of scarification and stratification on seed germination and dormancy of *Turgenia latifolia*, *Cuscuta* sp. and *Sophora alopecuroides* in different temperature regimes. Journal of Iranian Agriculture Research. 24: 9-17.

13. Ghahreman, A., 1997. Flora of Iran. Tehran: Research Institute of Forests and rangelands. 250p.(In Persian)
14. Hardegree S.P. 2006. Predicting germination response to temperature. Cardinal temperature models and subpopulation-specific regression. *Annals of Botany*, 97 (6): 1115-1125.
15. Izadi A., Mirzaee M., and Mahdikhani H. 2018. Investigation of Flora and Weed Distribution of Pistachio Orchards (*Pistacia vera*. L) in Kerman. *Journal of Plant Protection Agricultural Science and Technology*. 32 (1): 59-69. (In Persian with English abstract).
16. Kamkar B., Koocheki A.R., Nassiri-Mahallati M., and Rezvani-Moghaddam P. 2006. Cardinal temperatures for germination in three millet species (*Panicum miliaceum*, *Pennisetum glaucum* and *Setaria italica*). *Asian Journal of Plant Sciences*. 5 (2):316-319.
17. Khajeh-Hosseini M, Orooji, K., and Avarseji Z. 2010. Evaluation of some seed dormancy breaking methods on twenty weeds species. The 3rd Iranian Weed Science Congress. February 2010. p 167-169. (In Persian, with English abstract).
18. Khan M.A., Ungar I.A. 1997. Effect of light, salinity and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian Journal of Botany*. 75(5): 835-841.
19. Leblanc M.L. 2003.The use of thermal time to model common lambsquarters (*Chenopodium album*) seedling emergence in corn. *Weed Science*. 51(5):718-724.
20. Melendo M., Benitez E. and Nogales R. 2002. Assessment of the feasibility of endogenous Mediterranean species for phytoremediation of Pb contaminated areas. *Fresenius Environmental Bulletin*. 11(2): 1105–1109.
21. Piper E.L., Boote K.J., Jones J.W., and Grimm S.S. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. *Crop Science*. 36 (6): 1606–1614.
22. Roche C. 1991. Syrian beancaper (*Zygophyllum fabago* L.). Pacific Northwest Extension Publication PNW-370. WSU Cooperative Extension, Pullman, Wash.
23. Roman E.S., Thomas A.G., Murphy S.D and Swanton C.G. 1999. Modeling Germination and seedling elongation of common lambsquaters (*Chenopodium album*). *Weed Science*. 47 (2):149-155.
24. Sarmadi A., Tavakkol-Afshari R., Rahimian-Mashhadi H., and Mamedi A. 2017. Cardinal temperatures for germination of *Tribulus terrestris*. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 48 (2): 413-419. (In Persian, with English abstract).
25. Sharifi S., Nejad Sattari T., Zebarjadi A.R., Majd A., and Ghasempour H.R. 2012. Enhanced callus induction and high-efficiency plant regeneration in *Tribulus terrestris* L., an important medicinal plant. *Journal of Medicinal Plants Research*. 6 (27): 4401-4408.
26. Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Dazand M., and Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*. 138: 156-167.
27. Soltani A., Zeinali E., Galeshi S., and N Latifi. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. *Seed Science and Technology*. 29 (3): 653-662.
28. Sozzi G.O., and Chiesa A. 1995. Improvement of caper (*Capparis spinosa* L.) seed germination by breaking seed coat-induced dormancy *Scientia Horticulturae*. 62(4): 255-261.

29. Tabrizi L., Nasiri-Mahallati M., and Koocheki A. 2004. Investigation on the cardinal temperature for germination on *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Field Crops Research. 2: 143-150. (In Persian, with English Abstract)
30. Tavili A., Saberi M., Shahriari A. 2011. Effect of different treatments on improving germination characteristics and early growth of species *Zygophyllum eurypterum* Boiss. & Buhse and *Zygophyllum eichwaldii* C.A.M. Watershed Research (Research & Construction). 86: P64-69.
31. Yan W., and Hunt L.A. 1999. An Equation for Modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. Annals of Botany. 84: 607-614.
32. Yaripour S., M.R Delnavazi., Asgharian P., Valiyari S., Tavakoli S., Nazemiyeh H. 2017. A Survey on Phytochemical Composition and Biological Activity of *Zygophyllum fabago* from Iran. Advanced Pharmaceutical Bulletin. 7(1) 109-114.
33. Zand A., Baghestani M.A., Nezam-Abadi N., MinBashi-Moeini M., and Hadizade M.H. 2010. A review of the latest list of important Iranian herbicides and weeds. Journal of Weed Research. 1 (2): P82-100. (In Persian, with English abstract).
34. Zarandi L., Chaparzade N., Hajizade G. 2017. Interactive effects of light and temperature on germination of *Zygophyllum fabago* L. Desert Ecosystem Engineering Journal. 5 (11) 1-8. (In Persian, with English abstract).

## Breaking seed dormancy and determining cardinal temperatures for Syrian bean-caper (*Zygophyllum fabago* L.) using regression models

**Introduction:** Syrian bean-caper is one of the important weeds in orchards, especially pistachio orchards in Kerman. Seed germination is a critical event in determining the success of a weed species in an ecosystem and is regulated by several factors such as temperature, light, soil salinity, moisture and pH. Seed dormancy is the most important factor that prevents seed germination, especially in weeds. Breaking seed dormancy by sulfuric acid scarification is one of the most common methods of stimulating seeds for germination. Temperature is one of the factors controlling the germination and distribution of plants in natural and agricultural ecosystems. All biological events respond to temperature, and all responses can be summarized in three main temperatures. The effects of temperature on plant development are the basis of the models used to predict germination time. The seeds of any species could germinate in a certain temperature range, which is described as the cardinal temperatures (minimum, optimum and maximum) Knowledge of seed germination characteristics, seed dormancy mechanism and response of these phenomena to environmental conditions in weeds, including Syrian bean-caper, can be useful in predicting its spread potential to other areas and its management, so the aim of this study was to identify the methods of dormancy breaking (knowledge of seed dormancy mechanism), the effect of light and alternating temperature on seed germination and also to determine the cardinal germination temperatures of this species.

**Material and Methods:** To evaluate the effect of some methods on breaking seed dormancy, and to evaluate the effect of alternative temperatures and light on seed germination and to determine the cardinal temperatures of Syrian bean-caper seed germination, experiments were performed in the weed research laboratory of Ferdowsi University of Mashhad in 2016. The experiments included: Experiment 1: Evaluation of different treatments for breaking Syrian bean-caper seed dormancy: This experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with three replications. The first factor is constant germination temperatures at five levels (15, 20, 25, 30, 35 °C) and the second factor is different methods of breaking seed dormancy at 5 levels (without treatment (control), concentrated sulfuric acid (98%) at times 10, 15, 20, 25, 30 and 35 minutes, seed stratification at 5 °C for 7 and 22 days, water soaking the seeds at 25 °C for 7 days and seed scarification using sandpaper for two minutes. Experiment 2: The effect of fluctuating temperatures, light regimes and breaking seed dormancy treatment on Syrian bean-caper seed germination: This experiment was performed as a factorial of three factors in a completely randomized design with three replications. The first factor is alternating temperatures at four levels (10/20, 25/15, 10/30 and 20/30 °C (Day/Night)), the second factor is the light regime at two levels (light and dark treatment (12 hours of light and 12 hours of darkness) and continuous dark and the third factor was the breaking seed dormancy treatment with concentrated sulfuric acid, (the best treatment of the first experiment) at two levels (application and non-application). Experiment 3: Determining the cardinal temperatures of Syrian bean-caper seed germination, this experiment was performed completely randomized design in three replicates. Experimental factors included constant temperatures of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C with a light / dark period of 12/12 hours. SAS 9.1 software was used to analysis of variance and compare different treatments. To calculate the germination cardinal temperatures were used, 1. Segmented 2. Dent-like and 3. 4-parameter beta models.

**Results and Discussion:** The effect of breaking seed dormancy treatments, temperature and interaction of temperature and breaking seed dormancy treatments on Syrian bean-caper seed germination were significant at 1% level. Maximum germination (96%) was obtained in sulfuric acid treatment for 15 minutes. The results of this study showed that all of treatments have a significant effect (at 1% level) on seed germination rate and total seed germination of Syrian bean-caper. Seed germination of Syrian bean-caper was in the range of 10 to 35 °C. Seed germination increased with increasing temperature from 10 to 40 °C. Because this plant is native to dryland, it also had significant seed germination at high temperatures. The best temperature for seed germination of this plant was between 20.5 and 25.5 °C. Seed germination stopped at temperatures below 5 °C and at 40 °C. Besides, seed germination was strongly affected by alternating temperatures. Light had not impact on the seed germination of Syrian bean-caper. The highest total seed germination was observed in breaking seed dormancy treatments related to sulfuric acid treatment for 15 minutes at 30 °C and in alternating temperature of 25/15 °C (Day/Night). The four-parameter beta model described the relationship between seed germination rate of Syrian bean-caper and temperature, better than other models. Based on the estimation of this model, the base, optimum and ceiling temperatures for Syrian bean-caper seed germination were 9.83, 16.33 and 39.29 °C, respectively. Knowledge of these ecological parameters can be useful in quantifying the behavior of weeds in response to various climatic variables, especially temperature.

**Conclusion:** The wide range of Syrian bean-caper seed germination from 5 to 35 °C indicates the ability of this weed species to grow in different seasons and in various climatic conditions. Considering the mechanisms affecting the breaking seed dormancy of Syrian bean-caper seeds (remove of seed coat (hardness) and alternating temperatures) as well as the temperature range of seed germination of this plant, it seems that the spread of this plant **would be possible** in temperate and semi-arid regions. Also, due to the high competitiveness of this species and the ability to produce abundant seeds, this weed **might** be included in the list of problematic weeds in these areas.

**Key Words:** Alternating temperature, Climate change, Modeling, Scarification

مركز البحوث الزراعية  
جامعة القاهرة  
القاهرة