

مقاله پژوهشی

ارزیابی خفتگی شرطی اولیه بذر ارقام کلزای (*Brassica napus*) تولید شده در استان‌های گلستان و مازندران

کیوان ملکی<sup>۱</sup>، الیاس سلطانی<sup>۲\*</sup>، ایرج اله دادی<sup>۳</sup>، مجید قربانی جاوید<sup>۲</sup>

چکیده مبسوط

مقدمه: خفتگی شرطی تحت عنوان حالتی پویا بین شرایط خفتگی و عدم خفتگی در نظر گرفته می‌شود. بذره‌های دارای خفتگی شرطی بطور عمده در دامنه باریکتری از شرایط دمایی جوانه می‌زنند. این نوع از خفتگی معمولاً در بذره‌های دارای خفتگی فیزیولوژیکی نشان داده شده است؛ اما در برخی از بذره‌های تازه برداشت شده نیز خفتگی شرطی نشان داده شده است. هدف از این تحقیق بررسی این سوال بود که آیا بذره‌های تازه برداشت شده کلزا فاقد خفتگی هستند یا دارای خفتگی شرطی می‌باشند. مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش ابتدا بذره‌های کلزا از ۲۰ موقعیت جغرافیایی مختلف در دو استان گلستان و مازندران جمع‌آوری شدند. سپس اقدام به آزمون جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس شد و درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها ثبت شد. به منظور رفع خفتگی بذر کلزا از دو تیمار مختلف اسید جیبرلیک و پس‌رسی استفاده شد. به منظور اعمال تیمار پس‌رسی، بذرها درون پاکت کاغذی در محیطی خشک و تاریک به مدت ۶ ماه انبار شده و سپس مورد آزمون قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار اسید جیبرلیک نیز، محلول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک تهیه و به پتری‌ها اضافه شد و سپس درصد و سرعت جوانه‌زنی ثبت گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بذره‌های تازه برداشت شده کلزا دارای خفتگی شرطی اولیه بودند و در دامنه باریکی از شرایط دمایی جوانه‌زنی داشتند. همچنین، دماهای کاردینال برای بذره‌های تازه برداشت شده به ترتیب ۴/۴۵ و ۲۷/۸ درجه سلسیوس برای دماهای پایه و سقف بود. پس از اعمال تیمارهای اسید جیبرلیک و پس‌رسی بذرها در دامنه گسترده‌تری از دما جوانه‌زنی کردند و دماهای پایه و سقف به ترتیب به ۱/۷۴ و حدود ۴۰ درجه سلسیوس رسید. همچنین، درصد جوانه‌زنی بذره‌هایی که توسط اسید جیبرلیک و پس‌رسی تیمار شده بودند در دماهای بالا و پایین افزایش یافت و این افزایش در درصد جوانه‌زنی در دماهای بالا بیشتر از دماهای پایین بود. همچنین تأثیر تیمار اسید جیبرلیک در رفع خفتگی بیشتر از تیمار پس‌رسی بود و تیمار پس‌رسی تأثیری حدواسط بین جیبرلیک و بذره‌های تازه برداشت شده داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این آزمایش اعمال تیمارهای رفع خفتگی جیبرلیک اسید و پس‌رسی موجب رفع خفتگی شرطی اولیه کلزای تازه برداشت شده و افزایش دامنه دمایی جوانه‌زنی این بذور در دماهای بالا و پایین شد. در این بین تیمار اسید جیبرلیک (غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیشترین تأثیر را بر رفع خفتگی و افزایش گستره دمایی داشت. در بین ارقام این تغییرات در ظرفیت جوانه‌زنی در دو رقم هایولا ۵۰ و تراپر بیشتر بوده و رقم هایولا ۴۰۱ کمترین تغییرات را داشت.

واژه‌های کلیدی: سرعت جوانه‌زنی، خفتگی، دماهای کاردینال، مدل دندان‌مانند

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- خفتگی شرطی ارقام کلزا تحت شرایط مختلف محیطی بررسی گردید.
- ۲- اعمال تیمارهای اسید جیبرلیک و پس‌رسی موجب رفع خفتگی شرطی اولیه در ارقام کلزا گردید.

DOR: 98.1000/2383-1251.1398.6.31.12.2.1575.1606

DOI: 10.29252/yujs.6.2.31



CrossMark

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان  
<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، گروه زراعت و اصلاح نباتات  
<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، گروه زراعت و اصلاح نباتات

\* رایانامه نویسنده مسئول: [elias.soltani@ut.ac.ir](mailto:elias.soltani@ut.ac.ir)

## مقدمه

خفتگی شرطی (CD<sup>۱</sup>) و یا خفتگی نسبی؛ (وگیس<sup>۲</sup>، ۱۹۶۴) تحت عنوان یک حالت پویا یا پیوسته بین خفتگی (D<sup>۳</sup>) و عدم خفتگی (ND<sup>۴</sup>) شناخته می‌شود که در آن بذور دارای خفتگی در دامنه باریکتری از شرایط محیطی نسبت به بذور فاقد خفتگی جوانه می‌زنند (باسکین و باسکین<sup>۵</sup>، ۱۹۸۵؛ ۲۰۰۴؛ جونز<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۹۷؛ فینچ ساواج و متزگز<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶؛ دادو و شرتلایف<sup>۸</sup>، ۲۰۱۴؛ بنارگی<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در بذوری با خفتگی فیزیولوژیکی سطحی، ۶ نوع مختلفی از خفتگی وجود دارد. در بذورهای نوع ۱، بذرها در آغاز رفع خفتگی فقط می‌توانند در دماهای پایین جوانه‌زنی کنند، اما با ادامه یافتن فرآیند رفع خفتگی در دماهای بالا نیز جوانه‌زنی می‌کنند. در نوع ۲، بذرها در آغاز رفع خفتگی فقط می‌توانند در دماهای بالا جوانه‌زنی کنند و با رفع خفتگی جوانه‌زنی در دمای پایین افزایش می‌یابد. در نوع ۳ بذرها در آغاز رفع خفتگی فقط می‌توانند در دماهای حدواسط (حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس) جوانه‌زنی کنند و با رفع خفتگی جوانه‌زنی در دماهای بالاتر یا پایین‌تر از حد متوسط افزایش خواهد یافت (شکل ۱) (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷). خفتگی شرطی در برخی از گونه‌های دارای خفتگی فیزیولوژیکی سطحی به‌ویژه در بذرهایی با خفتگی نوع ۱، ۲ و ۳ مشاهده می‌شود (سلطانی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). علاوه بر این بذورهای بالغی که به تازگی برداشت شده‌اند، ممکن است خفتگی شرطی را نشان داده و سپس در طول پس‌رسی و استراتیفیکاسیون فاقد خفتگی شوند.

کاپته<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که بذورهای تازه برداشت شده *Coincya longirostra* و *C. monensis* خفتگی شرطی داشتند و در دماهای پایین تا متوسط

جوانه زدند، ولی پس‌رسی (به مدت ۴ ماه به‌صورت خشک و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس) منجر به جوانه‌زنی در دامنه گسترده‌تری از دما شد. کاپته و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که این بذرها دارای خفتگی فیزیولوژیکی سطحی نوع یک هستند. تاب و اندرسون<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۹) نشان داد که بذور تازه برداشت شده *Solanum nigrum* دارای خفتگی شرطی هستند و در دماهای متناوب بالا و نور جوانه زدند و خفتگی بذرها در طول پاییز، زمستان و اوایل بهار در بذرهایی که در خاک دفن شده بودند، رفع شد. بدین ترتیب *S. nigrum* باید دارای خفتگی فیزیولوژیکی نوع دو باشد. دودوو و شرتلایف (۲۰۱۴) دریافتند که بذورهای بالغ تازه برداشت شده *Vaccaria hispanica* خفتگی شرطی داشته و جوانه‌زنی آنها در دماهای متوسط (۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس) افزایش یافت؛ اما جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۷/۵ و ۲۰ درجه سلسیوس در کمترین مقدار بود. تغییرات پنجره دمایی جوانه‌زنی به‌طور یکسانی در بذورهای *V. hispanica* که دارای خفتگی فیزیولوژیکی سطحی نوع ۳ هستند، گزارش شده است. همچنین، نشان داده شده است دماهای حداکثر و حداقل جوانه‌زنی برای بذورهای دارای خفتگی ثانویه کلزا *B. napus* پس از استراتیفیکاسیون تغییر کرده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷) بدین ترتیب ممکن است، این بذور خفتگی فیزیولوژیکی سطحی نوع ۳ داشته باشند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹). بذورهای کلزا خفتگی اولیه پایینی دارند، با این حال برخی از گزارش‌ها حاکی از عدم وجود خفتگی اولیه در این بذورها است (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹). از این رو استدلال متقاعدکننده‌ای از عدم وجود خفتگی در بذورهای بالغ تازه برداشت شده کلزا ارائه نشده است و لازم است تا سرعت و درصد جوانه‌زنی بذورهای تازه برداشت شده با بذرهایی که تحت طیف وسیعی از شرایط محیطی (به‌طور مثال دما) تیمارهای شکست خفتگی را دریافت کرده‌اند، مقایسه شوند. تاکنون چنین مطالعه‌ای روی بذورهای کلزا صورت نگرفته است.

<sup>1</sup> Conditional dormancy

<sup>2</sup> Vegis

<sup>3</sup> Dormancy

<sup>4</sup> Non-dormancy

<sup>5</sup> Baskin and Baskin

<sup>6</sup> Jones

<sup>7</sup> Finch-Savage and Leubner-Metzger

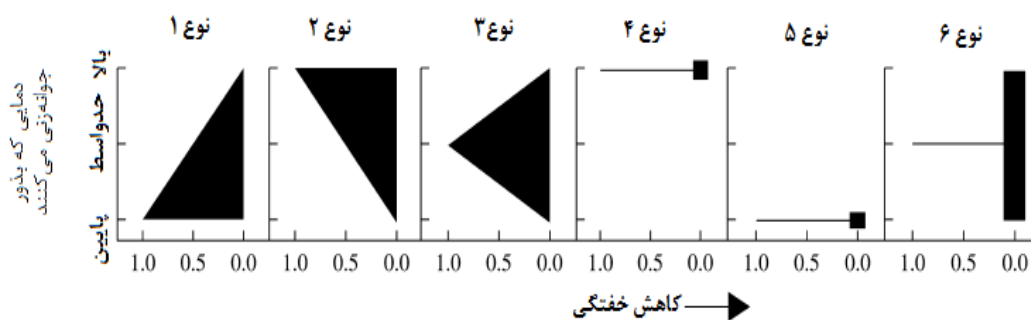
<sup>8</sup> Duddu and Shirtliffe

<sup>9</sup> Bernareggi

<sup>10</sup> Soltani

<sup>11</sup> Copete

<sup>12</sup> Taab and Andersson



شکل ۱. شش الگوی (نوع ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) مورد نیاز جهت جوانه‌زنی بذر خارج شده از خفتگی فیزیولوژیکی سطحی (باسکین و باسکین، ۲۰۰۴؛ ۲۰۱۴؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷)

**Fig. 1.** Six patterns (types 1, 2, 3, 4, 5 and 6) of temperature requirements for germination as seeds come out of non-deep physiological dormancy (Baskin and Baskin, 2004; 2014; Soltani et al., 2017).

با توجه به اینکه در زمان برداشت بخش زیادی از بذرهای کلزا ریزش می‌کنند، می‌توانند تشکیل بانک بذر دهند و به صورت خودرو در محصولات بعدی سبز شوند و موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی بعدی شوند. از طرفی چنانچه در سال آتی نیز کلزا کشت شود، به دلیل اینکه کلزا گیاهی دگرگشن است و برخی از ارقام آن نیز هیبرید هستند، کیفیت روغن بذرهای کلزای خودرو کیفیت روغن مناسبی نخواهند داشت. به این دلیل مطالعه خفتگی بذرهای کلزا اهمیت خواهد داشت. براساس جزئیات ارائه شده هدف از این تحقیق پاسخ به این سوال بود که آیا بذرهای کلزا در زمان بلوغ فاقد خفتگی هستند یا اینکه آیا دارای خفتگی و خفتگی شرطی اولیه می‌باشند.

#### مواد و روش‌ها

خفتگی اولیه در ۴ ژنوتیپ کلزا که از ۲۰ موقعیت جغرافیایی مختلف برداشت شده بودند، ارزیابی شد (جدول ۱). در این آزمایش چهار رقم مرسوم از مزارع کشاورزان از دو استان شمالی کشور (گلستان و مازندران) برداشت شد. بذرهای پس از برداشت با استفاده از آب مقطر و اسید جیبرلیک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و در ۵ دما (۵، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) مورد آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. سپس جهت پس‌رسی بذرهای تمامی محموله‌های بذری در تاریکی (در دمای ۲۰ درجه سلسیوس) درون پاکت‌های

بذرهای با خفتگی فیزیولوژیکی سطحی دارای زنجیره‌ای از خفتگی هستند (نوع ۱، ۲ و ۳) که می‌توانند یکی از چرخه‌های خفتگی شرطی/عدم وجود خفتگی ( $D \rightarrow CD \leftrightarrow ND$ ) یا خفتگی/عدم وجود خفتگی ( $D \leftrightarrow CD \leftrightarrow ND$ ) را درون بانک بذر دارا باشند. دماهای کاردینال جوانه‌زنی برای هر یک از بذرهای دارای چرخه‌های خفتگی شرطی/عدم وجود خفتگی با الگوهای متفاوتی از نوع خفتگی فیزیولوژیکی سطحی تغییر می‌کند و در برخی از ماه‌های سال جوانه‌زنی در دامنه باریکی از دما بالاست. بدین ترتیب، دماهای کاردینال و حداکثر جوانه‌زنی در طول دفن بواسطه الگوهای متفاوت خفتگی فیزیولوژیکی سطحی تغییر می‌کند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷). کائو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند بذرهای *Kalidium gracile* درون بانک بذر چرخه خفتگی شرطی/عدم خفتگی داشتند و در تمام طول سال در دماهای ۲۵/۱۵ و ۳۰/۱۵ درجه سلسیوس حدود ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشته‌اند، اما جوانه‌زنی این بذرها در دماهای ۵/۱۵ و ۵/۲۰ درجه سلسیوس در پاییز پایین بوده است. همچنین بذرهای چرخه خفتگی/عدم خفتگی نشان دادند و جوانه‌زنی بذرهای دفن شده در ماه‌های اکتبر و سپتامبر (مرداد و شهریور) پایین بود و در ماه‌های فوریه و مارس (بهمن و اسفند) درصد جوانه‌زنی به میزان زیادی افزایش یافت (منان و زاندروستا، ۲۰۰۶).

<sup>1</sup> Cao

<sup>2</sup> Mennan and Zandstra

## تجزیه و تحلیل آماری

کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از رویه PROC NLIN در نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد و کلیه نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل رسم شدند.

## نتایج

ظرفیت جوانه‌زنی بذرهای بالغ تازه برداشت شده در اکثر ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس حداکثر بود (شکل ۲). بذرهای تازه برداشت شده تراپر، هایولا ۵۰ و هایولا ۴۰۱ در برخی از مکان‌ها حدود ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی داشتند. از میان ارقام برداشت‌شده، بذرهای استان گلستان و شهر گرگان درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به مابقی مناطق داشتند. در بین ارقام، هایولا ۵۰ و تراپر ظرفیت جوانه‌زنی بیشتری داشتند و رقم هایولا ۴۰۱ جوانه‌زنی کمتری نسبت به دو رقم ذکر شده داشت (شکل ۲).

دلایل این تفاوت احتمالاً تفاوت‌های ژنتیکی و شرایط آب و هوای که بوته‌های مادری در آن رشد کرده‌اند، مدیریت مزرعه توسط کشاورزان که به احتمال زیاد هریک از میزان متفاوتی کود و سایر نهاده‌ها، شخم و خاکورزی استفاده کرده‌اند، بوده است. با این حال به احتمال زیاد تفاوت‌های دمایی تأثیر بیشتری بر این تفاوت‌ها داشته است.

پس‌رسی ظرفیت جوانه‌زنی را در دمای پایین ۵ درجه سلسیوس و دماهای بالای ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس افزایش داد (شکل ۳). این افزایش در ظرفیت جوانه‌زنی در دماهای بالا بیشتر از دمای پایین بود. این تفاوت در ارقام هایولا ۵۰ و تراپر بیش از سایر ارقام بود. تیمار بذرهای تازه برداشت شده با اسید جیبرلیک نیز موجب افزایش ظرفیت و درصد جوانه‌زنی به حدود ۱۰۰ درصد در دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس در اکثر مکان‌ها شد. تیمار بذرها با اسید جیبرلیک موجب افزایش جوانه‌زنی در تمامی ژنوتیپ‌ها شد.

کاغذی و به مدت شش ماه انبار شدند (گربر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). سپس بذرهای پس‌رسی شده در آب مقطر و ۵ دما (۵، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) مورد آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. همه آزمون‌های جوانه‌زنی تحت شرایط تناوب تاریکی و نور (۱۲ ساعت/۱۲ ساعت) انجام شد. تمامی آزمون‌های جوانه‌زنی با استفاده از چهار تکرار ۵۰ بذری انجام شد. بذرهای درون ظرف‌های پتری ۹ سانتی‌متری و روی کاغذ صافی قرار داده شدند و شش میلی‌لیتر آب مقطر یا اسید جیبرلیک به آنها اضافه شد. بذرها دو بار در روز شمارش شدند و معیار جوانه‌زنی نیز خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر بود. شمارش تا زمانی که بذور سه روز متوالی جوانه‌زنی نداشتند، ادامه یافت. درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی (عکس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی) برای هریک از تیمارها تعیین شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۵). توابع دندان‌مانند و دوتکه‌ای جهت تعیین دماهای کاردینال و حداکثر سرعت جوانه‌زنی ( $R_{max}$ ) در دمای مطلوب به کاربرده شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ ریچی و نس‌میت<sup>۲</sup>، ۱۹۹۱؛ پایپر<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۶).

۱- تابع دوتکه‌ای (Dent-like):

$$GR = \left( \frac{T - T_b}{T_o - T_b} \right) \times R_{max} \text{ if } T_b < T \leq T_o$$

$$GR = \left( \frac{T_c - T}{T_c - T_o} \right) \times R_{max} \text{ if } T_o < T < T_c$$

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

۲- تابع دندان‌مانند (Segmented):

$$GR = \left( \frac{T - T_b}{T_{o1} - T_b} \right) \times R_{max} \text{ if } T_b < T < T_{o1}$$

$$GR = \left( \frac{T_c - T}{T_c - T_{o2}} \right) \times R_{max} \text{ if } T_{o2} < T < T_c$$

$$GR = R_{max} \text{ if } T_{o1} \leq T \leq T_{o2}$$

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

در این معادلات  $GR$  سرعت جوانه‌زنی،  $R_{max}$  حداکثر سرعت جوانه‌زنی،  $T$  دما،  $T_b$  دمای پایه،  $T_o$  دمای مطلوب،  $T_{o1}$  دمای مطلوب تحتانی (برای تابع دندان‌مانند)،  $T_{o2}$  دمای مطلوب فوقانی (برای تابع دندان‌مانند) و  $T_c$  دمای سقف هستند.

<sup>1</sup> Gruber

<sup>2</sup> Ritchie and Nesmith

<sup>3</sup> Piper

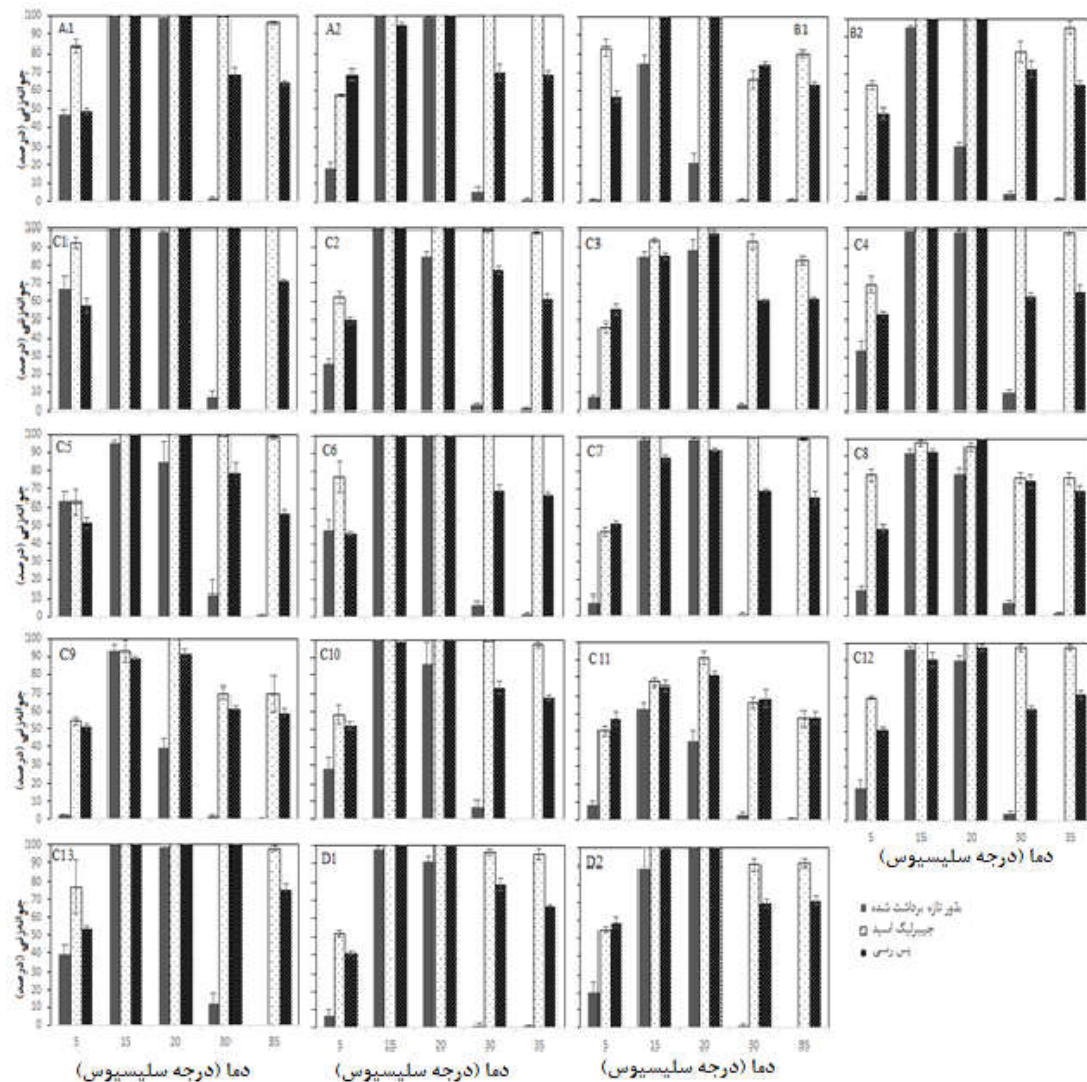
جدول ۱. مشخصات ارقام و موقعیت جغرافیایی که بذرها برداشت شده‌اند.

**Table 1.** Characteristics of the cultivars and locations where seeds were harvested

| ارقام<br>Cultivar                  | کد<br>Code | مکان برداشت<br>Harvesting location | عرض جغرافیایی<br>Latitude | طول جغرافیایی<br>Longitude |
|------------------------------------|------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Teraper<br>تراپر                   | A1         | Gorgan (west)                      | 36°52'21.0"N              | 54°19'19.6"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C1         | Gorgan (west)                      | 36°52'34.7"N              | 54°18'16.1"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C2         | Gorgan                             | 36°50'16.7"N              | 54°18'19.0"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C3         | Gorgan-kordkuy                     | 36°47'45.2"N              | 54°05'29.1"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C4         | Gorgan-Aliabad                     | 36°52'55.9"N              | 54°47'28.8"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C5         | Gorgan-<br>Nowkandeh               | 36°46'36.0"N              | 54°04'31.2"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C6         | Gorgan (west)                      | 36°50'30.9"N              | 54°17'32.0"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C7         | Kordkuy                            | 36°47'13.1"N              | 54°06'17.6"E               |
| Teraper<br>تراپر                   | A2         | Gorgan (Central)                   | 36°50'13.5"N              | 54°18'49.9"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C10        | Aliabad- Azadshahr                 | 37°00'32.4"N              | 55°00'05.6"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C11        | Gorgan-Aliabad                     | 36°53'31.3"N              | 54°45'25.4"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C12        | Behshahr-Sari                      | 36°43'12.1"N              | 53°45'15.2"E               |
| Hayola 401<br>هایولا ۴۰۱           | D1         | Sari                               | 36°45'25.3"N              | 53°47'22.6"E               |
| Hayola 401<br>هایولا ۴۰۱           | D2         | Gorgan- Bandar<br>Gaz              | 36°45'36.1"N              | 53°58'49.8"E               |
| Hayola 50<br>هایولا ۵۰             | C13        | Gonbad- Khānbebin                  | 37°11'30.3"N              | 55°06'25.3"E               |
| Hayola 50 (F1)<br>هایولا ۵۰ (اف ۱) | C8         | Gorgan                             | 36°50'31.2"N              | 54°23'51.1"E               |
| Hayola 50 (F2)<br>هایولا ۵۰ (اف ۲) | C9         | Gorgan-Aliabad                     | 36°53'36.0"N              | 54°47'46.4"E               |
| Agamax (F1)<br>آگاماکس (اف ۱)      | B1         | Gorgan                             | 36°50'31.2"N              | 54°23'51.1"E               |
| Agamax (F2)<br>آگاماکس (اف ۲)      | B2         | Aqqala                             | 37°00'37.4"N              | 54°38'01.0"E               |

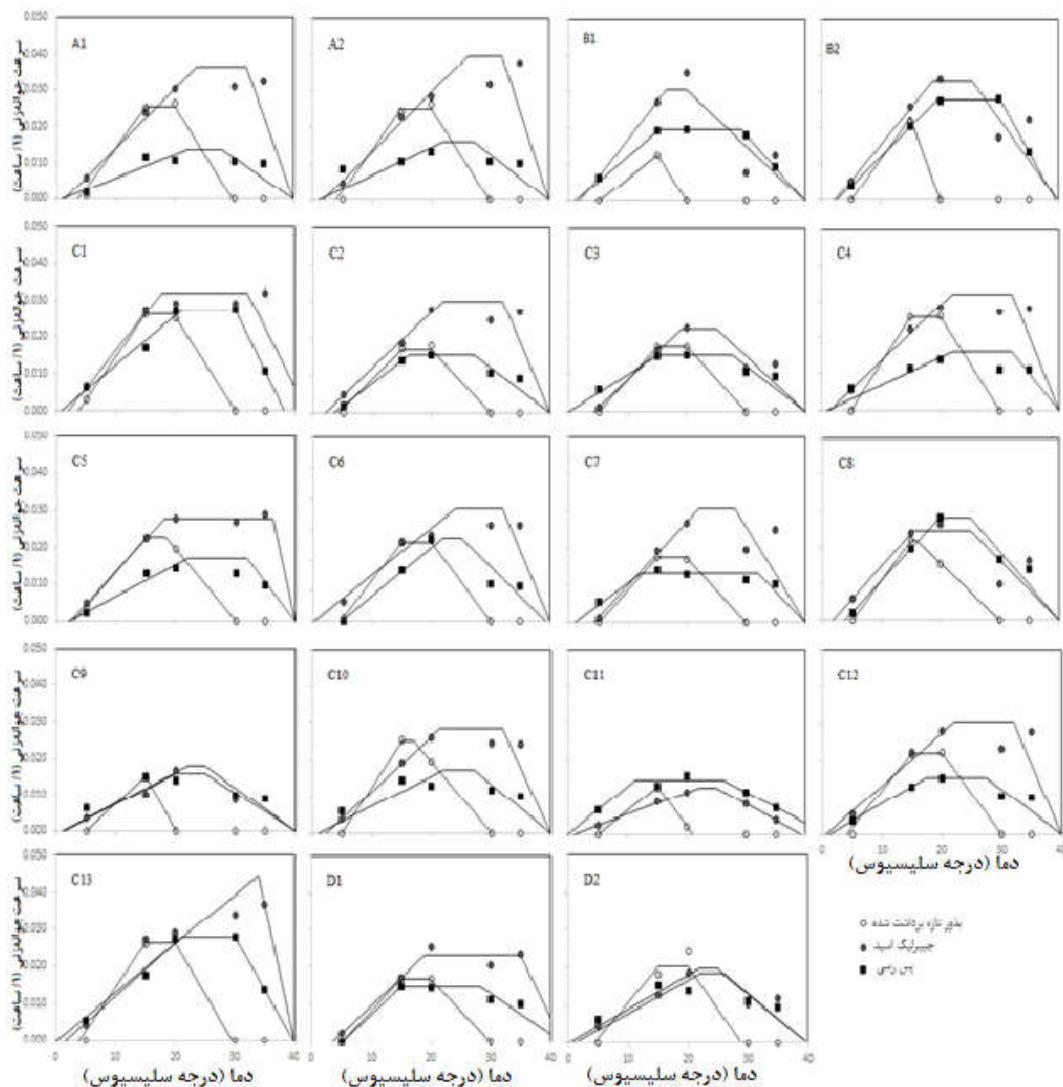
درجه سلسیوس بود. بیشترین دمای پایه هم حدود ۵ درجه سلسیوس برای ارقام هایولا ۵۰، هایولا ۴۰۱ و آگاماکس در اکثر شهرهای استان گلستان بود. در این بین رقم هایولا ۵۰ برداشت شده از استان مازندران دمای پایه کمتری از ارقام برداشتی از استان گلستان

دماهای کاردینال در بذره‌های تازه برداشت شده در مقایسه با بذره‌های تیمار شده با اسید جیبرلیک و پس‌رسی‌شده متفاوت بود (شکل ۱؛ جدول ۲). در بذره‌های تازه برداشت‌شده کمترین دمای پایه مربوط به رقم هایولا ۵۰ برداشت‌شده از شهر گرگان با دمای ۲/۴۸



شکل ۲. درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا تحت دماها و تیمارهای متفاوت. تراپر (A1)؛ هایولا ۵۰ (C1)؛ هایولا ۵۰ (C2)؛ هایولا ۵۰ (C3)؛ هایولا ۵۰ (C4)؛ هایولا ۵۰ (C5)؛ هایولا ۵۰ (C6)؛ هایولا ۵۰ (C7)؛ تراپر (A2)؛ هایولا ۵۰ (C10)؛ هایولا ۵۰ (C11)؛ هایولا ۵۰ (C12)؛ هایولا ۴۰۱ (D1)؛ هایولا ۴۰۱ (D2)؛ هایولا ۵۰ (C13)؛ هایولا اف ۱ (C8)؛ هایولا اف ۲ (C9)؛ آگامکس اف ۱ (B1)؛ آگامکس اف ۲ (B2)

**Fig. 2.** Germination percentage of oilseed rape cultivars under different temperatures and treatments. Teraper (A1); Hayola 50 (C1); Hayola 50 (C2); Hayola 50 (C3); Hayola 50 (C4); Hayola 50 (C5); Hayola 50 (C6); Hayola 50 (C7); Teraper (A2); Hayola 50 (C10); Hayola 50 (C11); Hayola 50 (C12); Hayola 401 (D1); Hayola 401 (D2); Hayola 50 (C13); Hayola f1 (C8); Hayola f2 (C9); Agamax f1 (B1); Agamax f2 (B2).



شکل ۳. رابطه سرعت جوانه‌زنی با دما در ارقام کلزا با استفاده از مدل‌های دندان‌مانند یا دوتکه‌ای. تراپر (A1)؛ هایولا ۵۰ (C1)؛ هایولا ۵۰ (C2)؛ هایولا ۵۰ (C3)؛ هایولا ۵۰ (C4)؛ هایولا ۵۰ (C5)؛ هایولا ۵۰ (C6)؛ هایولا ۵۰ (C7)؛ تراپر (A2)؛ هایولا ۵۰ (C10)؛ هایولا ۵۰ (C11)؛ هایولا ۵۰ (C12)؛ هایولا ۴۰۱ (D1)؛ هایولا ۴۰۱ (D2)؛ هایولا ۵۰ (C13)؛ هایولا اف ۱ (C8)؛ هایولا اف ۲ (C9)؛ آگاماکس اف ۱ (B1)؛ آگاماکس اف ۲ (B2)

**Fig. 3.** Relationship between germination rate and temperature in oilseed rape cultivars using dent-like and segmented models. teraper (A1); Hayola 50 (C1); Hayola 50 (C2); Hayola 50 (C3); Hayola 50 (C4); Hayola 50 (C5); Hayola 50 (C6); Hayola 50 (C7); Teraper (A2); Hayola 50 (C10); Hayola 50 (C11); Hayola 50 (C12); Hayola 401 (D1); Hayola 401 (D2); Hayola 50 (C13); Hayola f1 (C8); Hayola f2 (C9); Agamax f1 (B1); Agamax (B2).

جدول ۳. دماهای کاردینال ارقام کلزا تحت سه بیمار تازه برداشت شده: جیبریک لسید و بی رسی (freshly harvested seed, GA<sub>3</sub> and after-ripening).

| رقم<br>Cultivar  | کد<br>Code | دماهای پایه<br>Base temperature (°C) |                           |                         | دماهای مطلوب-پایین<br>Lower optimum temperature (°C) |                           |                         | دماهای مطلوب-اوپرین<br>Upper optimum temperature (°C) |                           |                         | دماهای سقف<br>Casing temperature (°C) |                           |                         | R <sup>2</sup> | RMSE |      |        |        |        |
|------------------|------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|-------------------------|---|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|------|------|--------|--------|--------|
|                  |            | تاز برداشت<br>Freshly harvested      | جیبریک<br>GA <sub>3</sub> | بی رسی<br>ABer-ripening | تاز برداشت<br>Freshly harvested                      | جیبریک<br>GA <sub>3</sub> | بی رسی<br>ABer-ripening | تاز برداشت<br>Freshly harvested                       | جیبریک<br>GA <sub>3</sub> | بی رسی<br>ABer-ripening | تاز برداشت<br>Freshly harvested       | جیبریک<br>GA <sub>3</sub> | بی رسی<br>ABer-ripening |                |      |      |        |        |        |
| Temper           | A1         | 3.89                                 | 1.22                      | 0.77                    | 15   | 21.56                     | 22                      | 20  | 32                        | 28                      | 29.67                                 | 40                        | 40                      | 0.38           | 0.77 | 0.54 | 0.0015 | 0.0051 | 0.0026 |
| Hayola 500       | C1         | 3.71                                 | 1.92                      | 0.78                    | 15   | 15.63                     | 21.13                   | 19.52   | 32                        | 30                      | 30                                    | 42                        | 38.27                   | 0.37           | 0.68 | 0.94 | 0.0018 | 0.0058 | 0.0021 |
| Hayola 500       | C2         | 4.13                                 | 1.95                      | 3.42                    | 15   | 30                        | 16.19                   | 20  | 32                        | 17.20                   | 29.97                                 | 40                        | 40                      | 0.39           | 0.75 | 0.82 | 0.0008 | 0.0046 | 0.0022 |
| Hayola 500       | C3         | 5                                    | 4.22                      | 0                       | 15   | 15.06                     | 15.17                   | 19.91   | 25                        | 17.70                   | 30                                    | 40                        | 40                      | 0.37           | 0.81 | 0.87 | 0.0013 | 0.0033 | 0.0027 |
| Hayola 500       | C4         | 4.98                                 | 1.55                      | 1                       | 15   | 22.02                     | 22.02                   | 20  | 32                        | 32                      | 29.98                                 | 40                        | 40                      | 0.39           | 0.99 | 0.99 | 0.0007 | 0.0044 | 0.0028 |
| Hayola 500       | C5         | 2.48                                 | 2.16                      | 1.91                    | 15   | 18.10                     | 22                      | 18.24   | 16.28                     | 17.93                   | 30                                    | 40                        | 40                      | 0.74           | 0.99 | 0.75 | 0.0052 | 0.0084 | 0.0024 |
| Hayola 500       | C6         | 4.42                                 | 0.16                      | 4.48                    | 15   | 24.08                     | 22                      | 20  | 32                        | 25                      | 29.94                                 | 40                        | 39.36                   | 0.39           | 0.98 | 0.86 | 0.0009 | 0.0053 | 0.0031 |
| Hayola 500       | C7         | 5                                    | 4.2                       | 1                       | 15   | 22                        | 11.23                   | 19.73   | 18.15                     | 32                      | 30                                    | 40                        | 40                      | 0.36           | 0.98 | 0.68 | 0.0016 | 0.0064 | 0.0019 |
| Terager          | A2         | 3.83                                 | 1.79                      | 1                       | 15   | 24.27                     | 22                      | 20  | 32                        | 17.32                   | 29.6                                  | 40                        | 40                      | 0.38           | 0.64 | 0.61 | 0.0015 | 0.0071 | 0.0026 |
| Hayola 500       | C10        | 5                                    | 2.38                      | 1                       | 15   | 21.42                     | 22                      | 17.08   | 32                        | 17.24                   | 30                                    | 40                        | 40                      | 0.79           | 0.55 | 0.55 | 0.0055 | 0.0037 | 0.0030 |
| Hayola 500       | C11        | 5                                    | 0.88                      | 0                       | 15   | 22                        | 11.28                   | 15  | 25                        | 16.22                   | 21                                    | 30.27                     | 43.42                   | 0.30           | 0.60 | 0.68 | 0.0023 | 0.0010 | 0.0028 |
| Hayola 500       | C12        | 3.98                                 | 0.58                      | 1.23                    | 15   | 22                        | 11.35                   | 20  | 32                        | 17.50                   | 29.98                                 | 40                        | 40                      | 0.36           | 0.60 | 0.63 | 0.0022 | 0.0055 | 0.0028 |
| Fayola401        | D1         | 5                                    | 3.42                      | 5                       | 15   | 18.83                     | 15                      | 19.86   | 35                        | 29.18                   | 30                                    | 42                        | 42                      | 0.39           | 0.98 | 0.99 | 0.0005 | 0.0054 | 0.0026 |
| Fayola401        | D2         | 4.34                                 | 0.02                      | 0                       | 15   | 21.73                     | 22                      | 20  | 25                        | 15.66                   | 28.81                                 | 40                        | 40                      | 0.33           | 0.66 | 0.98 | 0.0030 | 0.0050 | 0.0031 |
| Hayola 500       | C13        | 3.83                                 | 0                         | 1.42                    | 15   | 31.99                     | 21.15                   | 20  | -                         | 30                      | 29.64                                 | 40                        | 39.80                   | 0.38           | 0.99 | 0.95 | 0.0014 | 0.0068 | 0.0018 |
| Hayola 500       | C8         | 5                                    | 1.79                      | 3.79                    | 15   | 12.36                     | 15.84                   | 15.80   | 25                        | 15.06                   | 30                                    | 40                        | 40                      | 0.39           | 0.61 | 0.83 | 0.0009 | 0.0051 | 0.0038 |
| Hayola 500       | C9         | 5                                    | 1.28                      | 1                       | 15   | 30                        | 22                      | 20  | 25                        | 25                      | 38                                    | 40                        | 40                      | 0.24           | 0.54 | 0.55 | 0.0034 | 0.0031 | 0.0031 |
| Agamax(F1)<br>لر | B1         | 3                                    | 1.79                      | 1                       | 15   | 16.41                     | 11.20                   | 13  | 20                        | 19.26                   | 20                                    | 40                        | 40                      | 0.29           | 0.82 | 0.83 | 0.0023 | 0.0043 | 0.0024 |
| Agamax(F2)<br>لر | B2         | 5                                    | 2.22                      | 2.48                    | 15   | 18.73                     | 15.46                   | 15  | 25.52                     | 10.19                   | 28.02                                 | 40                        | 39.56                   | 0.31           | 0.64 | 0.99 | 0.0044 | 0.0063 | 0.0035 |



داشت (جدول ۲).

۵۰) جوانه‌زنی متفاوتی را نشان دادند که این موضوع احتمالاً به دلیل موقعیتی است که بوته‌های مادری در آن رشد کرده‌اند و بر میزان خفنگی بذرهای اثر گذار بوده است. ۳ رقم هایولا با کدهای C8، C9 و C11 که تقریباً در موقعیت جغرافیایی نزدیک به هم رشد کرده‌اند، از نظر جوانه‌زنی در دمای مطلوب اندکی با سایر ارقام متفاوت بودند. با این حال جوانه‌زنی در دماهای پایین (۵ درجه سلسیوس) و دماهای بالا (۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) پایین بوده است که البته تفاوتی‌هایی در بین ارقام به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی و مکان‌های برداشت به دلیل شرایط آب و هوایی که بوته مادری متحمل شده است وجود دارد. بدین ترتیب تاثیر محیط بطور مشخصی بیشتر از سایر عوامل بوده است؛ بطوری که سه رقم با کدهای C10، C11 و C12 علی‌رغم اینکه ارقام یکسانی هستند، اما به دلیل متفاوت بودن موقعیت جغرافیایی تفاوت زیادی را در دماهای پایه جوانه‌زنی حتی زمانی که تیمارهای رفع خفنگی اعمال شدند، نشان دادند. با این حال دمای سقف در هر سه تیمار و در بین تمامی ارقام تقریباً به هم نزدیک بوده است بطوری که هنگامی که تیمار اسید جیبرلیک اعمال شد دمای سقف در بین تمامی ارقام و موقعیت‌های جغرافیایی حدوداً ۴۰ درجه سلسیوس بود. تیمارهای شکست خفنگی (اسید جیبرلیک و پس رسی) در مقایسه با بذرهای تازه موجب افزایش جوانه‌زنی (درصد و سرعت) در دماهای پایین (۵ درجه سلسیوس) و بالا (۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس) گردید. در نتیجه خفنگی شرطی اولیه در تمامی ژنوتیپ‌های مطالعه شده، موجود بوده و فرضیه شرح داده شده را بخوبی توجیه کرده است. تیمارهای شکست خفنگی دامنه دمایی قابل قبول برای جوانه‌زنی را تغییر داد. به‌طوری‌که به‌ترتیب دماهای سقف و پایه جوانه‌زنی افزایش و کاهش پیدا کرده است. این نتایج با بررسی‌های (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹) مطابقت داشت و بذور کلزا *B. napus* به‌طور حتم، دارای خفنگی فیزیولوژیکی سطحی نوع ۳ هستند. سیگنال‌های محیطی جوانه‌زنی و خفنگی بذور دارای خفنگی فیزیولوژیکی سطحی را کنترل می‌کنند. یک توافق کلی وجود دارد که هم جوانه‌زنی و هم خفنگی

سرعت جوانه‌زنی در دماهای پایه و سقف برای بذرهای تیمار شده (اسید جیبرلیک و پس‌رسی) تمامی ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب کاهش و افزایش یافت (شکل ۳؛ جدول ۲). دمای پایه برای اکثر ژنوتیپ‌ها حدود ۴/۴۵ درجه سلسیوس بود که پس از تیمار با اسید جیبرلیک و پس‌رسی به‌ترتیب به ۱/۷۴ و ۱/۷۱ درجه سلسیوس کاهش یافت (شکل ۳؛ جدول ۲). دمای پایه تیمار با جیبرلیک اسید در رقم هایولا ۵۰ برداشت شده از استان گلستان (جدول ۲) دارای بیشترین مقدار (۴/۲۲) درجه سلسیوس) و در برخی ارقام به‌طور مثال رقم نپتون برداشت شده از استان تهران کمترین مقدار و حدود صفر بود. دمای سقف برای اکثر ژنوتیپ‌ها ۲۷/۸ درجه سلسیوس بود پس از تیمار با اسید جیبرلیک و پس‌رسی به ۳۹/۲ درجه سلسیوس افزایش یافت. بیشترین دمای سقف در ارقام مربوط به رقم هایولا ۵۰ برداشت‌شده از استان مازندران با ۴۲ درجه سلسیوس بود. هنگامی‌که بذرها پس‌رسی شدند نیز بیشترین دمای سقف مربوط به رقم هایولا ۵۰ برداشت‌شده از استان گلستان بود و بذرهای هایولا ۵۰ بخش دیگری از استان گلستان دارای کمترین دمای سقف بود. حداکثر سرعت جوانه‌زنی بذور تیمار شده با اسید جیبرلیک در تمامی ژنوتیپ‌ها بیشتر از بذرهای تازه برداشت‌شده بود. با این حال در برخی از ژنوتیپ‌ها حداکثر سرعت جوانه‌زنی در بذور پس‌رسی شده کمتر از بذرهای تازه برداشت شده بود (شکل ۳). به‌طورکلی، بذرهای تیمار شده با اسید جیبرلیک بیشترین سرعت جوانه‌زنی را دارا بودند و این موضوع در اکثر ارقام صدق می‌کرد (شکل ۳). کمترین سرعت جوانه‌زنی بطور عمده برای ارقام تازه برداشت شده بود و ارقام تیمار شده با پس‌رسی سرعتی بین ارقام تازه برداشت شده و تیمار شده با اسید جیبرلیک داشتند اگرچه بعضی از ارقام پس‌رسی شده سرعت کمتری نسبت به ارقام تازه برداشت شده داشتند.

#### بحث

اکثر بذرهای بالغ تازه برداشت شده در دماهای متوسط (۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس) حدود ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی داشتند اما در این بین برخی از ارقام (هایولا

یافت؛ بنابراین، چرخه احتمالی و پیشنهادی تا حد زیادی قابل قبول است. بذرهای کلزای خودرو توانایی ورود به خفتگی ثانویه و چرخه خفتگی در بانک بذر را دارند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹) و می‌توانند طی سالیان مختلف در خاک جوانه بزنند. از طرفی چنانچه در سالهای بعدی کشت کلزا در مزرعه صورت گیرد کنترل این علف‌هرز بسیار دشوار خواهد شد. کلزای خودرو به دلیل تفاوت با ارقام اصلاح شده کیفیت روغن مناسبی نیز ندارد و در نهایت اختلاط آن با بذر گیاه زراعی کلزا موجب کاهش کیفیت روغن تولیدی خواهد شد.

#### نتیجه‌گیری

وجود خفتگی شرطی در ارقام کلزا موجب محدودیت در دمای جوانه‌زنی و جوانه‌زدن بذرها در دامنه باریکی از شرایط دمایی شد. به‌طوری‌که این بذرها در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس حدود ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی داشتند. با این حال تفاوت‌هایی در ارقام با موقعیت برداشت متفاوت وجود داشته است که به دنبال آن برخی از ارقام در دمای مطلوب جوانه‌زنی کمتری نسبت به سایر ارقام داشتند. در صورتی که در دماهای ۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس جوانه‌زنی نداشتند. اعمال تیمارهای اسید جیبرلیک و پسرسی موجب رفع خفتگی ارقام کلزا شد. سپس با رفع محدودیت دمایی ارقام در دامنه گسترده‌تری از شرایط دمایی جوانه‌زدند. در این بین تأثیر تیمار جیبرلیک بر رفع خفتگی شرطی ارقام کلزا بیشتر از تیمار پسرسی بود. علاوه بر این اعمال تیمارهای رفع خفتگی تأثیر زیادی بر دماهای کاردینال ارقام کلزا داشت و دماهای سقف و پایه پس از اعمال تیمارها به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. با توجه به اینکه هزینه اولیه اسید جیبرلیک بیشتر است، جهت رفع خفتگی اولیه در کلزا تیمار پسرسی به زارعین توصیه می‌شود. هرچند رفع خفتگی شرطی ارقام کلزای تازه برداشت شده توسط اعمال تیمار اسید جیبرلیک (با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بهتر صورت گرفت.

توسط دما کنترل می‌شوند (فینچ ساواج و متزگر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶؛ ولشوور<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۵؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ بوولی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ باسکین و باسکین<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴). تغییر دمای پایه جهت توصیف رفع خفتگی در بذور *Solanum nigrum* (دل مونته و تارکوئیس<sup>۵</sup>، ۱۹۹۷)، *Aesculus hippocastanum* (استیدمن و پریت‌چارد<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴)، *Polygonum aviculare* (باتلا و بینج آرنولد<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵)، *Arabidopsis thaliana*، *Ambrosia*، *Capsella bursa-pastoris*، *Leptochloa panacea*، *artemisiifolia*، *Chaptalia nutans* و *Hymenopappus scabiosaeus* (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۷) و *Brassica napus* (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹) گزارش شده است. با توجه به این گزارش‌ها می‌توان اظهار داشت که بذرهای کلزا دارای خفتگی فیزیولوژیک نوع ۳ هستند و با توجه به اینکه در زمان رسیدگی دارای خفتگی شرطی بودند احتمالاً چرخه خفتگی آنها به‌صورت  $D \leftrightarrow CD \leftrightarrow ND$  می‌باشد. چنین چرخه‌ای پیش از این در گیاه آرابیدوپسیس (باسکین و باسکین، ۲۰۱۴) نیز مشاهده شده است که گیاهی از همین خانواده می‌باشد. گزارش‌هایی مبنی بر وجود خفتگی طی رشد دانه روی بوته مادری در کلزا وجود دارد (فینکلستین<sup>۸</sup> و همکاران، ۱۹۸۵؛ هیل و شرت‌لایف<sup>۹</sup>، ۲۰۱۴؛ هانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). اما این خفتگی تا زمان رسیدگی برداشت کاهش می‌یابد و بذرها در دمای حدود ۲۰ درجه سلسیوس جوانه‌زنی بالایی خواهند داشت (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹). با این وجود بذرهای تازه برداشت‌شده در دماهای پایین و بالا جوانه‌زنی کمتری داشتند و با رفع کمون توسط اسید جیبرلیک یا پسرسی دامنه دمایی جوانه‌زنی آنها افزایش

<sup>1</sup> Finch-Savage and Metzger

<sup>2</sup> Vleeshouwers

<sup>3</sup> Bewley

<sup>4</sup> Baskin and Baskin

<sup>5</sup> del Monte and Tarquis

<sup>6</sup> Steadman and Pritchard

<sup>7</sup> Batlla and Benech- Arnold

<sup>8</sup> Finkelstein

<sup>9</sup> Haile and Shirliff

<sup>10</sup> Huang

## منابع

- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. *BioScience*, 35(8): 492-498. <https://doi.org/10.2307/1309817>
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14(1): 1-16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination - Second edition*. Elsevier/Academic Press, San Diego.
- Batlla, D. and Arnold, R.L.B. 2005. Changes in the light sensitivity of buried *Polygonum aviculare* seeds in relation to cold-induced dormancy loss: development of a predictive model. *New Phytologist*, 165(2): 445-452. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01262.x>
- Bernareggi, G., Carbognani, M., Mondoni, A. and Petraglia, A. 2016. Seed dormancy and germination changes of snowbed species under climate warming: the role of pre-and post-dispersal temperatures. *Annals of Botany*, 118(3): 529-539. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw125>
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W. and Nonogaki, H. 2013. Environmental regulation of dormancy and germination. In *Seeds* (pp. 299-339). Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4_6)
- Cao, D., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Yang, F. and Huang, Z. 2013. Dormancy cycling and persistence of seeds in soil of a cold desert halophyte shrub. *Annals of Botany*, 113(1): 171-179. <https://doi.org/10.1093/aob/mct256>
- Copete, M.A., Herranz, J.M. and Ferrandis, P. 2005. Seed dormancy and germination in threatened Iberian *Coincya* (Brassicaceae) taxa. *Ecoscience*, 12(2): 257-266. <https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-2-257.1>
- Duddu, H.S. and Shirliffe, S.J. 2014. Variation of seed dormancy and germination ecology of cowcockle (*Vaccaria hispanica*). *Weed Science*, 62(3): 483-492. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00125.1>
- Del Monte, J. P., & Tarquis, A. M. (1997). The role of temperature in the seed germination of two species of the *Solanum nigrum* complex. *Journal of Experimental Botany*, 48(12), 2087-2093. <https://doi.org/10.1093/jxb/48.12.2087>
- Finch-Savage, W.E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3): 501-523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>
- Gruber, S., Pekrun, C. and Claupein, W. 2004. Seed persistence of oilseed rape (*Brassica napus*): variation in transgenic and conventionally bred cultivars. *The Journal of Agricultural Science*, 142(1): 29-40. <https://doi.org/10.1017/S0021859604003892>
- Haile, T. A. and Shirliffe, S.J. 2014. Effect of harvest timing on dormancy induction in canola seeds. *Weed Science*, 62(3): 548-554. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00178.1>
- Huang, S., Gruber, S., Stockmann, F. and Claupein, W. 2016. Dynamics of dormancy during seed development of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Seed Science Research*, 26(3): 245-253. <https://doi.org/10.1017/S0960258516000118>
- Jones, S. K., Ellis, R. H., & Gosling, P. G. (1997). Loss and induction of conditional dormancy in seeds of Sitka spruce maintained moist at different temperatures. *Seed Science Research*, 7(4), 351-358. <https://doi.org/10.1017/S0960258500003755>
- Mennan, H. and Zandstra, B.H. 2006. The effects of depth and duration of seed burial on viability, dormancy, germination, and emergence of ivyleaf speedwell (*Veronica hederifolia*). *Weed Technology*, 20(2): 438-444. <https://doi.org/10.1614/WT-05-090R.1>

- 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. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600060033x>
- Ritchie, J.T. and Nesmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. *Modeling Plant and Soil Systems*, (Agronomy Monograph), 31: 5-29. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr31.c2>
- Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(1-4): 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.04.004>
- Soltani, E., Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2017. A graphical method for identifying the six types of non-deep physiological dormancy in seeds. *Plant Biology*, 19(5): 673-682. <https://doi.org/10.1111/plb.12590>
- Soltani, E., Baskin, J. M. and Baskin, C.C. 2019. A review of the relationship between primary and secondary dormancy, with reference to the volunteer crop weed oilseed rape (*Brassica napus*). *Weed Research*, 59(1): 5-14. <https://doi.org/10.1111/wre.12342>
- Soltani, E., Gruber, S., Oveisi, M., Salehi, N., Alahdadi, I. and Javid, M.G. 2017. Water stress, temperature regimes and light control induction, and loss of secondary dormancy in *Brassica napus* L. seeds. *Seed Science Research*, 27(3): 217-230. <https://doi.org/10.1017/S0960258517000186>
- Steadman, K.J. and Pritchard, H.W. 2004. Germination of *Aesculus hippocastanum* seeds following cold-induced dormancy loss can be described in relation to a temperature-dependent reduction in base temperature (Tb) and thermal time. *New Phytologist*, 161(2): 415-425. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00940.x>
- Taab, A. and Andersson, L. 2009. Seed dormancy dynamics and germination characteristics of *Solanum nigrum*. *Weed Research*, 49(5): 490-498. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00724.x>
- Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 15(1): 185-224. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.15.060164.001153>
- Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J. and Karssen, C.M. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, 1031-1037. <https://doi.org/10.2307/2261184>

## Research Article

## Evaluation of Primary Conditional Dormancy in Seeds of Oilseed Rape (*Brassica napus*) Produced in Golestan and Mazandaran Provinces

Keyvan Maleki<sup>1</sup>, Elias Soltani<sup>2,\*</sup>, Iraj Alahdadi<sup>3</sup>, Majid Ghorbani Javid<sup>2</sup>

### Extended Abstract

**Introduction:** Conditional dormancy (CD) is a dynamic state between dormancy (D) and nondormancy (ND). Seeds at the conditional dormancy stage germinate over a narrower range of temporal conditions. Conditional dormancy is usually observed in seeds with physiological dormancy. However, primary conditional dormancy has also been seen in some freshly harvested seeds. The purpose of the present study was to investigate whether freshly harvested oilseeds have non-dormancy or conditional dormancy.

**Materials and Methods:** A factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with four replications at Seed Technology Laboratory of Aburaihan Campus, University of Tehran, Iran, in 2018. In this experiment, seeds of rapeseed were collected from 20 different locations in Golestan and Mazandaran provinces. Following that, a germination test was carried out at different temperatures (5, 15, 20, 30, 35°C), and the germination percentage and seed germination rate were recorded. In order to break seed dormancy, two treatments were used: gibberellic acid and after-ripening. For after-ripening treatment, seeds were stored in a paper bag in a dry and dark environment for 6 months. For gibberellic acid treatment, a solution of 100 parts per million (PPM) of gibberellic acid was prepared and added to the Petri dishes. Subsequently, the percentage and rate of germination were recorded.

**Results:** The results showed that freshly harvested seeds had primary conditional dormancy and germinated in a narrow range of temporal conditions. In addition, cardinal temperatures for freshly harvested seeds were 4.45 and 27.8 for bases and ceilings, respectively. Following gibberellic acid and after-ripening treatments, seeds germinated in a wider range of temperatures and base and ceiling temperatures reached 1.74 and about 40°C, respectively. Thus, germination percentage of seeds treated with gibberellic acid and after-ripening increased at both high and low temperatures. However, the increase in germination percentage was higher at high temperatures than low temperatures. In addition, the effect of gibberellic acid treatment was more than that of after-ripening treatment on the release of dormancy, and after-ripening treatment had an intermediate effect between the gibberellic acid and freshly harvested seeds.

**Conclusion:** Based on the results of this experiment, the application of gibberellic acid and after-ripening treatments resulted in breaking the dormancy of freshly harvested seeds and increased germination temperature range at high and low temperatures. Of the two treatments, gibberellic acid had the greatest effect on breaking dormancy and increasing temperature range. Among the cultivars, these changes were maximum in the germination capacity of Hyola 50 and Trapar cultivars and Trapar cultivar had minimum changes.

**Keywords:** Germination rate, Dormancy, Cardinal temperature, dent-like Model

### Highlights:

- 1-Conditional dormancy of oilseed cultivars was investigated under different environmental conditions.
- 2-Application of gibberellic acid and after-ripening treatments resulted in breaking primary conditional dormancy in oilseed cultivars.

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Agronomy, Department of Crop Science and Plant Breeding, Aboureihan Campus University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Aboureihan Campus University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Aboureihan Campus University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

DOR: 98.1000/2383-1251.1398.6.31.12.2.1575.1606

DOI: 10.29252/yujs.6.2.31



CrossMark

\*Corresponding author, E-mail: [elias.soltani@ut.ac.ir](mailto:elias.soltani@ut.ac.ir)

(Received: 25.02.2019 ; Accepted: 02.06.2019)