"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

کمی‌سازی واکنش سبز شدن گیاهچه‌های ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) نسبت به دما در شرایط مزرعه

Quantifying response of seedling emergence to temperature in rapeseed (*Brassica napus* L.) under field conditions

سمیه لک زائی[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳]، فرشید قادری‌فر[۴] و صفورا جافرنوده[۵]

چکیده

لک زائی، س.، ا. سلطانی، ا. زینلی، ف. قادری‌فر و ص. جافرنوده. ۱۳۹۶. کمی‌سازی واکنش سبز شدن گیاهچه‌های ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) نسبت به دما در شرایط مزرعه. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۳): ۲۰۷-۱۹۵.**

تعیین واکنش جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهان نسبت به دما و تعیین دماهای کاردینال (دماهای پایه، مطلوب و سقف) و تعداد روزهای بیولوژیک (کمترین تعداد روز برای جوانه‌زنی و سبزشدن در شرایط دما و رطوبت مطلوب) از اهمیت بالایی در تهیه مدل‌های شبیه‌سازی برخوردار است. تحقیق حاضر به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه پنج رقم کلزا (زرفام، هایولا۴۰۱، هایولا۳۰۸، هایولا۵۰ و آر.جی.اس۰۰۳) نسبت به دما در ۱۲ تاریخ کاشت (۱۷ آبان، ۱۸ آذر، ۱۷ دی، ۱۹ بهمن، ۱۵ اسفند۱۳۹۲، ۱۸ فروردین، ۲۰ اردیبهشت، ۲۱ خرداد، ۱۰ تیر، ۱۸ مرداد، ۱۸ شهریور و ۱۷ مهر سال ۱۳۹۳) در شرایط اقلیمی گرگان در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با استفاده از سه مدل؛ بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای انجام شد و برای انتخاب مدل برتر از معیارهای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تبیین (R2)، ضریب همبستگی (r) و ضرایب رگرسیون ساده خطی (a و b) بین روز تا سبز شدن مشاهده شده و روز تا سبز شدن پیش‌بینی شده استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل دوتکه‌ای نسبت به مدل‌های بتا و دندانه‌ای واکنش سرعت سبز شدن نسبت به دما را بهتر توصیف کرد. دماهای کاردینال ثبت شده با استفاده از مدل برتر برای دمای پایه، مطلوب و سقف به ترتیب ۳/۲، ۲۶/۸ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بودند. تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن ارقام کلزا در عمق دو سانتی‌متر، ۴/۵ روز محاسبه شد. نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری از نظر دماهای کاردینال و تعداد روز بیولوژیک بین ارقام کلزا وجود نداشت. بر اساس نتایج بدست آمده، برای کمی‌سازی واکنش سرعت سبزشدن کلزا به دما می‌توان از مدل دوتکه‌ای استفاده کرده و از این مدل و پارامترهای برآورد شده از آن در تهیه مدل‌های پیش‌بینی زمان سبزشدن ارقام کلزا در شرایط مختلف دمایی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: دماهای کاردینال، روز بیولوژیک، ظهور گیاهچه، مدل دوتکه‌ای و کلزا.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۲۹ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: afsoltani@yahoo.com)
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

مقدمه

در سال‌های اخیر کشت و کار گیاهان دانه روغنی از جمله کلزا (*Brassica napus* L.) به دلیل اهمیت آن‌ها در تأمین روغن مصرفی و جلوگیری از واردات بی‌رویه روغن و دانه‌های روغنی به کشور، مورد توجه قرار گرفته و سطح زیرکشت این گیاه به سرعت افزایش یافته است.

کشت موفقیت‌آمیز گیاهان زراعی به انتخاب زمان کاشت مناسب و استقرار مطلوب گیاهچه‌ها وابسته است. به منظور استقرار مناسب گیاهچه‌ها جهت تولید محصول، قدرت رویش بذر، سرعت جوانه زنی و یکنواختی سبز شدن اهمیت بالایی دارند (Iannucci *et al.*, 2000). این ویژگی‌های بذر تا حد زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی و خاکی مثل دما، میزان اکسیژن، میکروارگانیسم‌های خاک، ساختمان و رطوبت خاک قرار می‌گیرند (Iannucci *et al.*, 2000; Kurt and Bozkurt, 2006). در گیاهان مختلف، اثر آب و هوای نامطلوب در طول مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه از سایر مراحل رشد مهم‌تر هستند (Soltani *et al.*, 2006a)، زیرا دما می‌تواند سبز شدن گیاهچه ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Carter *et al.*, 2004; Zia and Khan, 2004; Soltani *et al.*, 2006a). تعیین دقیق زمان سبزشدن و تعداد روزهای بیولوژیک (حداقل تعداد روز از کاشت تا سبز شدن گیاهچه در شرایط دما و رطوبت مناسب خاک) جهت پیش‌بینی عملکرد نهایی در مدل‌های شبیه‌سازی ضروری است (Soltani, 2009; Soltani *et al.*, 2013). ارزیابی واکنش جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه‌ها نسبت به دما و تعیین دماهای کاردینال به منظور توسعه مدل‌های پیش بینی کننده جوانه‌زنی و سبزشدن، انتخاب زمان کاشت مناسب، غربال کردن گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها برای تحمل به دماهای پایین یا بالا و تعیین مناطق جغرافیایی مناسب برای جوانه‌زنی و استقرار گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها، مفید است (Mwale *et al.*, 1994; Soltani, 2009). با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده جوانه‌زنی و سبز شدن می توان اندازه نهایی گیاه، زمان سبز شدن گیاه زراعی و علف‌های هرز، میزان کاهش عملکرد در اثر رقابت با علف‌های هرز و زمان کنترل آن‌ها را برآورد کرد (Forcella, 1993)، بنابراین انتخاب مدل مناسب برای کمی‌سازی واکنش سرعت سبز شدن گیاهچه نسبت به دما در تعیین دقیق دماهای کاردینال بسیار مهم است.

در زمینه تعیین دماهای کاردینال و مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی، تحقیقات زیادی صورت گرفته است. برای ارزیابی جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی معمولا از مدل‌های رگرسیون غیرخطی استفاده می‌شود (Sarparast *et al.*, 2006). ماوال و همکاران (Mwale *et al.*, 1994) در آفتابگردان، الیس و همکاران (Ellis *et al.*, 1986) در نخود و عجم‌نوروزی و همکاران (Ajam Norouzi *et al.*, 2007) در باقلا تابع دوتکه‌ای را به عنوان مدل برتر برای کمی‌سازی سبزشدن به دما معرفی کردند. ترابی و سلطانی (Torabi and Soltani, 2012) با استفاده از تابع دندانه‌ای، دماهای پایه، مطلوب تحتانی و فوقانی را برای سبز شدن ۵۰ درصد گیاهچه‌های ارقام نخود را به ترتیب ۴/۵، ۲۰/۲ و ۲۹/۰ درجه سانتی‌گراد و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز آن را ۶/۱ روز برآورد کردند. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2006b) با استفاده از مدل دندانه‌ای، برای ارقام نخود دمای پایه را ۴/۵، دمای مطلوب تحتانی را ۲۰/۲، دمای مطلوب فوقانی را ۲۹/۳ و دمای سقف را ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز را ۶ روز برآورد کردند. جیم و کاتفورث (Jame and Cutforth, 2004) و وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2009) از مدل بتا برای تعیین ۵۰ درصد سبزشدن در گندم استفاده کردند. ایشان زمان کاشت تا سبزشدن در گندم را پنج تا ۳۹ روز (با میانگین ۱۲/۲ روز) بدست آوردند. ویزیل و همکاران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

(Vigil *et al.*, 1997) در یک آزمایش از مدل‌های خطی ساده و غیرخطی دوتکه‌ای برای تعیین دمای پایه سبز شدن کلزا استفاده کردند. آن‌ها دمای پایه برای پنج رقم کلزا را بین ۰/۴۴ تا ۱/۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای مجموع ارقام ۰/۹ درجه سانتی‌گراد به‌دست آوردند. جعفری و همکاران (Jafari *et al.*, 2011) نیز با در آزمایشی از مدل‌های بتا و دوتکه‌ای برای کمی‌سازی سرعت ظهور سه رقم کلزا نسبت به دما استفاده کردند. برآورد دماهای کاردینال با استفاده از این مدل‌ها نشان داد که دمای پایه از ۷/۹ تا ۱۰/۹ درجه‌سانتی‌گراد، دمای بهینه از ۲۰ تا ۲۴ درجه‌سانتی‌گراد و دمای سقف از ۳۶ تا ۳۷/۲ درجه‌سانتی‌گراد برای ارقام مختلف کلزای مورد ارزیابی در نوسان بود. آن‌ها همچنین بیان کردند که از نظر تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای ظهور گیاهچه بین ارقام کلزا تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در یک آزمایش برای ارزیابی واکنش سبز شدن گیاهچه‌های کلزای پاییزه و چند گیاه زراعی دیگر نسبت به دما و پتانسیل آب خاک، از مدل لجستیک استفاده شد (Blackshow, 1991). در یک آزمایش دیگر که به همین منظور روی پنج رقم کلزا انجام گرفت، دمای پایه برای سبزشدن بین ۰/۴ تا ۱/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شد (Latifi *et al.*, 2003). دمای پایه جوانه‌زنی (Base temperature) یا حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه‌زنی بذر، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در سرعت سبز شدن گیاهچه است که در مورد کلزا چهار درجه‌سانتی‌گراد گزارش شده است (Kimber and McGregor, 1995).

با توجه به اطلاعات اندک برای ارقام کلزای در شرایط رشدی متفاوت در مزرعه، تحقیق حاضر با هدف تعیین دماهای کاردینال و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن ارقام جدید کلزا در استان گلستان و کمی کردن واکنش سبز شدن گیاهچه‌ها نسبت به دما صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. شهرستان گرگان با میانگین بلند مدت بارندگی سالانه ۶۰۷ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه‌سانتی‌گراد، دامنه نوسان دمای سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا، در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی‌سیلتی با اسیدیته حدود ۷/۷ و هدایت الکتریکی ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۱). زمین مورد نظر در پاییز همان سال شخم زده شد و با دیسک زنی برای کاشت آماده شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 1. Physicochemocal properties of the soil (depth 0-30 cm) of the experimental site

Characteristics	مشخصات	Rate مقدار
Saturation percentage	درصد اشباع	55.3
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	0.7
pH	اسیدیته	8
Neutrul materials (%)	مواد خنثی شونده	2
Organic carbon (%)	کربن آلی	0.89
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل	0.09
Available P ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل‌جذب	9.8
Available K ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب	160
Clay (%)	رس	36
Silt (%)	سیلت	58
Sand (%)	شن	6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

بذرهای پنج رقم کلزا (زرفام، هایولا۴۰۱، هایولا۳۰۸، هایولا۵۰ و آر.جی.اس۰۰۳) در ۱۲ تاریخ کاشت (۱۷ آبان، ۱۸ آذر، ۱۷ دی، ۱۹ بهمن، ۱۵ اسفند۱۳۹۲، ۱۸ فروردین، ۲۰ اردیبهشت، ۲۱ خرداد، ۱۰ تیر، ۱۸ مرداد، ۱۸ شهریور و ۱۷ مهر سال ۱۳۹۳) (هر تاریخ کاشت یک محیط در نظر گرفته شد)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کاشته شدند. در تاریخ کاشت ۱۸ مرداد ۱۳۹۳، به دلیل گرمای شدید هوا هیچ‌یک از ارقام سبز نشدند، به همین دلیل از اطلاعات مربوط به سایر تاریخ‌های کاشت استفاده شد. هر بلوک شامل هفت خط کاشت با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و طول هر خط کاشت سه متر و فاصله بین بلوک‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر بود که از طرفین هر بلوک یک ردیف و از ابتدای هر کرت فرعی، ۲۵ سانتی‌متر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. میزان بذر کشت شده در هر یک متر طول از خطوط با عمق کاشت دو سانتی‌متر با احتساب قوه نامیه و درجه خلوص بذر، ۶۰ عدد بذر بود. در هر کرت‌ها تعداد بذرهای سبز شده (بذرهایی که بخشی از گیاهچه آنها در سطح خاک قابل رؤیت باشد) (Soltani, 2009)، در یک مترمربع شمارش و به صورت تجمعی ثبت گردید. در تمام تاریخ‌های کاشت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن، یادداشت شد و سپس عکس زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن با استفاده از رابطه ۱ به عنوان سرعت سبز شدن محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2001 and 2002).

$$R = \frac{1}{D} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

R و D: به‌ترتیب سرعت و طول دوره سبز شدن هستند. به منظور توصیف رابطه بین دما و سرعت سبز شدن و برآورد تعداد روز بیولوژیک و دمای کاردینال از رابطه ۲ استفاده شد (Soltani, 2009).

$$R = \frac{f(T)}{eo} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

f (T): تابع دما و eo: تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن می‌باشند. در این آزمایش از سه تابع دمایی برای توصیف تغییرات سرعت سبز شدن نسبت به دما استفاده شد (Soltani, 2009).

۱- تابع دوتکه‌ای (Segmented) که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Soltani, 2009):

(رابطه ۳)

$$f(T) = \begin{cases} \dfrac{(T - T_b)}{(T_o - T_b)} & \text{if} \quad T_b \le T \le T_c \\ \left[1 - \left(\dfrac{T - T_o}{T_c - T_o}\right)\right] & \text{if} \quad T_o \le T < T_c \\ 0 & \text{if} \quad T \le T_b \text{ or } T \ge T_c \end{cases}$$

۲- تابع بتا (Beta) که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (Soltani, 2009):

$$f(t) = \frac{\left[\frac{TC - t}{TC - TP} \times \frac{t - Tb}{TP - Tb}\right]^{\frac{Tp - Tb}{Tc - Tp}}}{fo}$$

(رابطه ۴)

۳- تابع دندانه‌ای (Dent-like) که با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (Soltani, 2009):

(رابطه ۵)

$$f(T) = \begin{cases} \dfrac{(T - T_b)}{(T_{o1} - T_b)} & \text{if} \quad T_b < T \le T_{o1} \\ \dfrac{(T_c - T)}{(T_c - T_{o2})} & \text{if} \quad T_{o2} < T \le T_c \\ 1 & \text{if} \quad T_{o1} < T \le T_{o2} \\ 0 & \text{if} \quad T \le T_b \text{ or } T \ge T_c \end{cases}$$

T: میانگین دما از کاشت تا سبز شدن، T_p: دمای بهینه، T_b: دمای پایه، T_o: دمای مطلوب، T_{o1}: دمای مطلوب تحتانی (برای تابع دندانه‌ای)، T_{o2}: دمای مطلوب فوقانی (برای تابع دندانه‌ای)، T_c: دمای سقف و eo: تعداد روز بیولوژیک لازم برای سبز شدن هستند. با توجه به اینکه در شرایط طبیعی، میانگین دما به‌ندرت از ۳۵ درجه‌سانتی‌گراد تجاوز می‌کند، T_c (دمای سقف) بطور ثابت ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. تخمین پارامترهای هر مدل به روش مطلوب‌سازی تکراری (Repeatable optimization) با استفاده از رویه PROCNLIN نرم‌افزار SAS انجام شد (Soltani, 2007). در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام گرفت که بهترین برآورد از پارامترها به

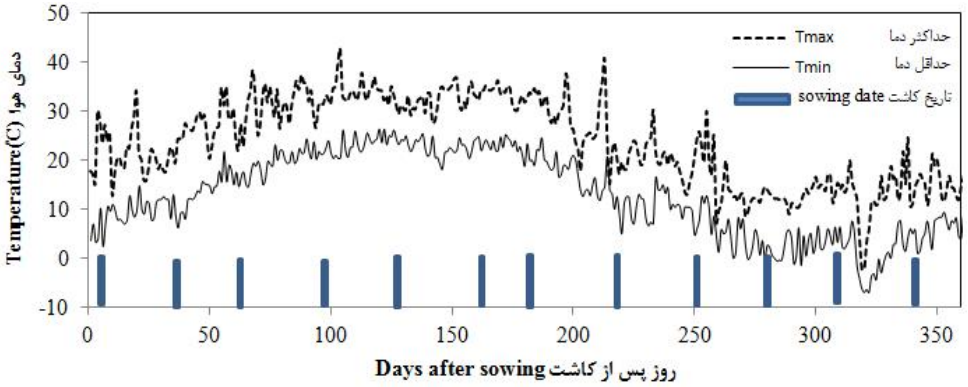
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

دست آید. بهترین برآورد پارامترهای مدل براساس SE (خطای معیار) کمتر پارامترها و RMSD (جذر میانگین مربعات خطا) کمتر تجزیه رگرسیون، مشخص شد. برای انتخاب مدل برتر، از RMSD (جذر میانگین مربعات خطا)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب همبستگی (r) و ضرایب رگرسیون ساده خطی (a و b) بین روز تا سبز شدن مشاهده شده و روز تا سبز شدن پیش‌بینی شده، استفاده شد. مقایسه پارامترهای برآورد شده دماهای کاردینال بین مدل‌ها بر مبنای حدود اطمینان ۹۹ درصد آن‌ها انجام گرفت (Rezaei and Soltani, 2008). برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

در مدت اجرای آزمایش، دامنه دمای هوای محل، حداکثر ۲/۴- تا ۴۲/۴ درجه‌سانتی‌گراد و دامنه دمای حداقل ۷- تا ۲۶/۴ درجه‌سانتی‌گراد بود. این دامنه گسترده نشان دهنده تغییرات مناسب دمایی محل اجرا در طول آزمایش (شکل ۱) بود.



شکل ۱- دمای حداقل و حداکثر هوا در طول اجرای آزمایش در گرگان (۱۳۹۳ و ۱۳۹۲)

Fig. 1. Minimum and maximum temperatures during experiment in Gorgan (2013 and 2014)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از لحاظ کلیه صفات گیاهی مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بین ارقام کلزا نیز از لحاظ تعداد روز تا سبز شدن و سرعت سبز شدن تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل تاریخ‌های کاشت و رقم از نظر دما و تعداد روز تا سبز شدن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

جدول ۲- دامنه و تعداد روز مشاهده شده تا سبز شدن گیاهچه ارقام کلزا در تیمارهای تاریخ کاشت

Table 2. Observed range and number of days to emergence of seedling of rapeseed cultivars in sowing date treatments

ارقام کلزا Rapeseed cultivars		حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean
Zarfam	زرفام	3	27	11.21
Hayola401	هایولا ۴۰۱	4	28	12.52
Hayola308	هایولا ۳۰۸	3	25	11.13
Hayola50	هایولا ۵۰	4	27	11.48
RGS003	آر.جی.اس	3	27	11.87

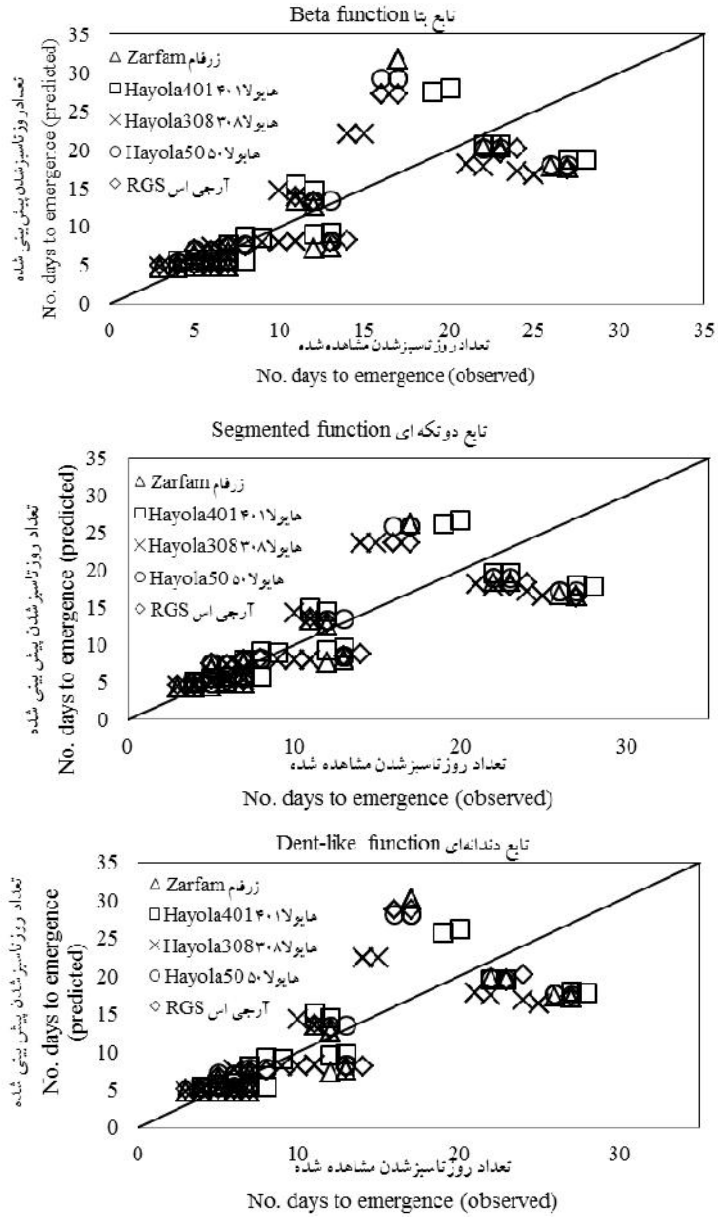
طول دوره سبز شدن ارقام کلزا دامنه وسیعی داشت. بیشترین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن مربوط به تاریخ کاشت بهمن بود که دلیل آن پایین بودن دمای هوا در طول سبز شدن در این ماه بود (شکل ۱).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

کمترین تعداد روز از کاشت تا سبزشدن نیز مربوط به تاریخ کاشت خرداد بود (جدول ۲). بیشترین سرعت سبز شدن مربوط به ارقام زرفام، Hayola308 و و RGS003 (۳ روز) در تاریخ کاشت خرداد بود.

مقایسه مدل‌های مختلف سرعت سبز شدن گیاهچه ارقام کلزا در جدول ۳ و کارایی برازش مدل‌ها در شکل ۲ ارائه شده است (کمتر بودن پراکنش نقاط در اطراف خط ۱:۱، نشان‌دهنده بالاتر بودن کارایی مدل



شکل ۲- تعداد روز تا سبز شدن مشاهده شده در مقابل پیش‌بینی شده در ارقام کلزا با استفاده از توابع بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای. خط نشان‌دهنده خط ۱:۱ است

Fig. 2. Observed days to emergence versus predicted ones of rapeseed cultivars using beta, segmented and dent-like functions. Line shows 1:1 line

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

جدول ۳- برآورد جذر میانگین مربعات خطا (RMSD)، ضریب تبیین (R^2)، خطای استاندارد (se) و ضریب همبستگی (r) برای مدل‌های توصیف‌کننده رابطه سرعت سبز شدن با دما در ارقام کلزا.ضریب تبیین (R^2) نشان دهنده رابطه بین سرعت سبز شدن با دما می‌باشد. ضرایب رگرسیون (a و b) و ضریب همبستگی (r) مربوط به رابطه مقادیر روز تا سبز شدن مشاهده شده و پیش‌بینی شده نیز ارائه شده‌اند

Table 3. Estimation of root mean square (RMSD), coefficient of determination (R^2), standard error (se) and correlation coefficient (r) for models that describe relationship between emergence rate and temperature in rapeseed cultivars. Coefficient of determination (R^2) shows relationship between emergence rate and temperature. Correlation coefficient and regression of observed days to emergence versus predicted ones have also been shown

تابع بتا Beta function		N	CV	RMSE	R^2	r	$a \pm se$	$b \pm se$
Zarfam	زرفام	33	28.37	0.04	0.69	0.68	*0.04±0.01	0.69±0.08
Hayola401	هایولا ۴۰۱	31	25.21	0.03	0.74	0.74	0.03±0.01	0.74±0.08
Hayola308	هایولا۳۰۸	31	26.55	0.03	0.73	0.72	*0.03±0.01	0.73±0.08
Hayola50	هایولا۵۰	33	23.16	0.03	0.77	0.76	*0.03±0.01	0.77±0.07
RGS003	آر.جی.اس	31	28.35	0.03	0.69	0.68	*0.04±0.01	0.69±0.08
Total	کل	159	26.48	0.03	0.71	0.71	*0.04±0.005	0.71±0.04
تابع دوتکه‌ای Segmented function		N	CV	RMSE	R^2	r	$a \pm se$	$b \pm se$
Zarfam	زرفام	33	25.6	0.03	0.76	0.75	*0.04±0.01	0.73±0.07
Hayola401	هایولا ۴۰۱	31	21.7	0.02	0.81	0.81	0.02±0.01	0.79±0.07
Hayola308	هایولا۳۰۸	31	22.95	0.03	0.80	0.79	0.03±0.01	0.77±0.07
Hayola50	هایولا۵۰	33	20.47	0.02	0.82	0.82	0.02±0.01	0.81±0.07
RGS003	آر.جی.اس	31	25.93	0.03	0.74	0.73	*0.03±0.01	0.71±0.08
Total	کل	159	23.85	0.03	0.77	0.77	*0.03±0.005	0.75±0.03
تابع دندانه‌ای Dent-like function		N	CV	RMSE	R^2	r	$a \pm se$	$b \pm se$
Zarfam	زرفام	33	28.89	0.04	0.68	0.67	*0.04±0.01	0.68±0.08
Hayola401	هایولا ۴۰۱	31	25.26	0.03	0.74	0.73	0.03±0.01	0.74±0.08
Hayola308	هایولا۳۰۸	31	26.22	0.03	0.74	0.73	*0.03±0.01	0.74±0.08
Hayola50	هایولا۵۰	33	23.68	0.03	0.76	0.75	*0.03±0.01	0.76±0.08
RGS003	آر.جی.اس	31	28.6	0.03	0.68	0.67	*0.04±0.01	0.68±0.09
Total	کل	159	26.73	0.03	0.70	0.70	*0.04±0.005	0.70±0.04

*: Significant at 1% probability level

*: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

است). ضرایب b در هیچ‌یک از مدل‌ها معنی‌دار نبودند، اما ضرایب a در مدل‌های بتا و دندانه‌ای معنی‌داری بیشتری داشتند. ضرایب a و b به ترتیب نشان‌دهنده مقدار انحراف خط رگرسیون از مبدأ مختصات و مقدار اریب خط رگرسیون از خط ۱:۱ می‌باشد، اگر نقاط پیش‌بینی شده روی خط ۱:۱ قرار داشته باشند، نشان دهنده مناسب بودن مدل است. معنی‌دار بودن ضریب a نشان دهنده این است که عرض از مبدأ خط رگرسیون با عرض از مبدأ خط ۱:۱ (یعنی صفر) مطابقت ندارد و معنی‌دار بودن ضریب b نشان دهنده این است که شیب خط رگرسیون با شیب خط ۱:۱ (یعنی ۱) مطابقت ندارد و خط رگرسیون نسبت به خط ۱:۱ دارای اریب است (شکل ۲)، بنابراین مدل‌های بتا و دندانه‌ای نسبت به مدل دوتکه‌ای از دقت کمتری برخوردار هستند، زیرا اولا جذر میانگین مربعات خطا در این دو مدل نسبت به مدل دوتکه‌ای بیشتر است، ثانیا پراکندگی نقاط در اطراف

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

خط ۱:۱ در مدل‌های بتا و دندانه‌ای نسبت به مدل دوتکه‌ای، بیشتر بوده و حاکی از دقت کمتر این دو مدل در پیش‌بینی سرعت سبز شدن ارقام کلزا نسبت به دما می‌باشد. بنابراین مدل‌های بتا و دندانه‌ای از این نظر برازش مناسبی ندارند.

مدل دوتکه‌ای به علت جذر میانگین مربعات خطای کمتر، ضریب تبیین و ضریب همبستگی بالا و کارایی بالاتر در پیش‌بینی سرعت سبز شدن به دما، به عنوان مدل برتر انتخاب شد که این موضوع با نتایج سایر محققان نیز مطابقت داشت. عجم‌نوروزی و همکاران (Ajam Norouzi *et al.*, 2007) برای گیاه باقلا، الیس و همکاران (Ellis *et al.*, 1986) در نخود، ویژیل و همکاران (Vigil *et al.*, 1997) در کلزا، ماوال و همکاران (Mwale *et al.*, 1994) در آفتابگردان نیز از این روش استفاده کردند. ترابی (Torabi, 2004) برای کمی کردن واکنش سبز شدن نخود از مدل‌های متعددی استفاده کرد و برای برازش سرعت سبز شدن نسبت به دما، مدل دندانه‌ای را به‌عنوان مدل برتر معرفی کرد.

با کمی‌سازی واکنش سرعت سبز شدن نسبت به دما با استفاده از مدل‌های رگرسیونی غیرخطی، پارامترهای دمای پایه، دمای مطلوب، دمای سقف و تعداد روز بیولوژیک لازم برای ۵۰ درصد سبز شدن برآورد شدند که پارامترها برای کلیه مدل‌ها در جدول‌های ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. ارقام کلزا دارای تفاوت اندکی در دماهای کاردینال بودند، ولی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین آنها از نظر دماهای کاردینال بر پایه توابع بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای وجود نداشت. دمای پایه برآورد شده توسط مدل‌های بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای به ترتیب ۰/۰۱، ۳/۲ و ۳/۷ درجه‌سانتی‌گراد بودند. ویژیل و همکاران (Vigil *et al.*, 1997) نشان دادند که بین دمای پایه پنج رقم کلزا تنوع وجود داشت. آن‌ها اظهار داشتند که دمای پایه برای پنج رقم کلزا بین ۰/۴۴ تا ۱/۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای مجموع ارقام ۰/۹ درجه سانتی‌گراد بود و بین ارقام از نظر دمای پایه تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی بین دمای پایه تک‌تک ارقام با مجموع ارقام تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ترابی (Torabi, 2004) با برازش مدل دندانه‌ای، دمای پایه سبز شدن برای ارقام نخود را ۴/۵ درجه‌سانتی گ‌اراد برآورد کرد.

دمای مطلوب تحتانی و فوقانی برآورد شده توسط مدل دندانه‌ای ۲۳/۴ و ۳۱/۸ درجه‌سانتی‌گراد بود (جدول ۶). دمای مطلوب با استفاده از مدل دوتکه‌ای و بتا ۲۶/۸ و ۲۶/۸ درجه‌سانتی‌گراد برآورد شد. این

جدول ۴- برآورد دمای پایه (Tb)، دمای بهینه (T_P)، تعداد روز بیولوژیک (eo)، خطای استاندارد (se) و حدود اطمینان (۹۵ درصد) برای سبزشدن ۵۰ درصد جمعیت ارقام کلزا با استفاده از تابع بتا. دمای سقف (T_C)، به طور ثابت ۴۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است

Table 4. Estimation of base temperature (Tb), optimum temperature (T_P), number of biological days (eo), standard error (se) and confidence limits (CL95%) for 50% seedling emergence of population of rapeseed cultivars, using beta function. Ceiling temperature (T_C) was considered fixed (40℃)

ارقام کلزا Rapeseed cultivars		Tb ± se	CL95%	Tp ± se	CL95%	Tc	eo ± se	CL95%
Zarfam	زرفام	4.8±1.82	1.1؛8.5	26.7±0.78	25.1؛28.3	40	4.7±0.29	4.1؛5.3
Hayola401	هایولا ۴۰۱	5.6±1.32	2.9؛8.3	26.8±0.69	25.4؛28.2	40	5.6±0.31	4.4؛6.2
Hayola308	هایولا۳۰۸	4.2±1.83	0.5؛7.9	27.2±0.72	25.7؛28.6	40	4.8±0.29	4.3؛5.5
Hayola50	هایولا۵۰	5.2±1.25	2.6؛7.7	26.4±0.62	25.2؛27.7	40	5.3±0.25	4.8؛5.8
RGS003	آر.جی.اس	4.9±1.63	1.6؛8.3	26.7±0.78	25.2؛28.3	40	5.0±0.32	4.3؛5.6
Total	کل	0.01±3.18	-6.3؛6.3	26.8±0.66	25.5؛28.1	40	5.1±0.13	4.8؛5.3

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

جدول ۵- برآورد دمای پایه (Tb)، دمای بهینه (T_P)، تعداد روز بیولوژیک (eo)، خطای استاندارد (se) و حدود اطمینان (۹۵ درصد) برای سبزشدن ۵۰ درصد جمعیت ارقام کلزا با استفاده از تابع دوتکه‌ای. دمای سقف (T_C)، به طور ثابت ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است

Table 5. Estimation of base temperature (Tb), optimum temperature (T_P), number of biological days (eo), standard error (se) and confidence limits (CL95%) for 50% seedling emergence of population of rapeseed cultivars, using segmented function. Ceiling temperature (T_C) was considered fixed (40℃)

ارقام کلزا Rapeseed cultivars		Tb ± se	CL95%	Tp ± se	CL95%	Tc	eo ± se	CL95%
Zarfam	زرفام	3.4±1.62	0.1؛6.7	26.2±0.94	24.3؛28.1	40	4.1±0.25	3.6؛4.6
Hayola401	هایولا ۴۰۱	5.1±1.29	2.5؛7.7	26.8±0.82	25.1؛28.5	40	5.1±0.27	4.5؛5.6
Hayola308	هایولا۳۰۸	3.8±1.29	1.2؛6.5	26.8±0.84	25.1؛28.5	40	4.5±0.23	4.0؛5.0
Hayola50	هایولا۵۰	4.1±1.36	1.4؛6.9	25.9±0.73	24.4؛27.4	40	4.6±0.21	4.1؛5.0
RGS003	آر.جی.اس	3.9±1.42	1.0؛6.8	26.8±1.0	24.7؛28.8	40	4.5±0.28	3.9؛5.1
Total	کل	3.2±0.77	1.7؛4.7	26.8±0.39	26.0؛27.6	40	4.5±0.12	4.3؛4.8

جدول ۶- برآورد دمای پایه (Tb)، دمای مطلوب تحتانی (T_{o1})، دمای مطلوب فوقانی (T_{o2})، تعداد روز بیولوژیک (eo)، خطای استاندارد (se) و حدود اطمینان (۹۵ درصد) برای سبزشدن ۵۰ درصد جمعیت ارقام کلزا با استفاده از تابع دندانه‌ای. دمای سقف (T_C)، به طور ثابت ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است

Table 6. Estimation of base temperature (Tb), lower optimum temperature (T_{o1}), upper optimum temperature (T_{o2}), number of biological days (eo), standard error (se) and confidence limits (CL95%) for 50% seedling emergence of population of rapeseed cultivars, using dent-like function. Ceiling temperature (T_C) was considered fixed (40℃)

ارقام کلزا Rapeseed cultivars		T_b ± se	CL95%	T_{O1} ± se	CI95%	T_{O2} ± se	CL95%	T_C	eo ± se	CL95%
Zarfam	زرفام	4.9±1.93	0.9؛8.8	21.9±2.6	16.6؛27.2	30.7±0.5	29.6؛31.9	40	4.8±0.3	4.1؛5.4
Hayola401	هایولا ۴۰۱	2.5±2.0	-1.6؛6.7	25.7±2.6	20.4؛31.1	31.3±0.4	30.4؛32.2	40	5.4±0.3	4.7؛6.2
Hayola308	هایولا۳۰۸	2.5±2.12	-1.9؛6.8	26.5±2.8	20.7؛32.3	29.6±0.4	28.6؛30.6	40	4.7±0.3	4.1؛5.4
Hayola50	هایولا۵۰	4.2±1.70	0.8؛7.7	21.8±2.1	17.5؛26.2	31.8±0.3	31.0؛32.6	40	5.3±0.2	4.7؛5.9
RGS003	آر.جی.اس	4.5±1.96	0.5؛8.6	21.6±2.5	16.4؛26.9	30.6±0.6	29.4؛31.9	40	5.1±0.3	4.4؛5.8
Total	کل	3.7±0.99	1.7؛5.6	23.4±1.3	20.8؛26.1	31.8±0.2	31.4؛32.2	40	5.1±0.1	4.8؛5.4

مقادیر در محدوده دمایی بین دماهای مطلوب تحتانی و فوقانی برآورد شده توسط مدل دندانه‌ای قرار داشتند. گزارش شده است که بهترین رشد کلزا در میانگین دمای شبانه‌روزی حدود ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد به‌دست می‌آید. گیاه کلزا می‌تواند دمای ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد را برای مدت کوتاهی تحمل نماید (Vigil *et al.*, 1997). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر دما روی جوانه‌زنی نه ژنوتیپ کلزا انجام شده بود، دمای مطلوب جوانه زنی برای شش ژنوتیپ از نه ژنوتیپ تعیین شد. میانگین دمای مطلوب جوانه زنی برای این شش ژنوتیپ ۲۰/۱۱ درجه سانتی‌گراد بود و ژنوتیپ‌ها در دو گروه متفاوت قرار گرفتند؛ گروه اول فقط شامل یک ژنوتیپ با دمای مطلوب ۲۹ درجه سانتی‌گراد و گروه دوم شامل پنج ژنوتیپ با دمای مطلوب بین ۱۶/۲ تا ۲۰/۷ درجه سانتی‌گراد بودند (Latifi *et al.*, 2003). الیس و همکاران (Ellis *et al.*, 1987) دمای مطلوب برای سبز شدن ارقام لوبیای معمولی را بین ۲۰ تا ۲۷ درجه‌سانتی گراد گزارش کردند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

تعداد روز بیولوژیک لازم برای سبز شدن ۵۰ درصد بذرها برای مدل‌های بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای به ترتیب ۵/۱، ۴/۵ و ۵/۱ روز به‌دست آمد. در بین ارقام کلزا تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبزشدن بر پایه توابع بتا، دوتکه‌ای و دندانه‌ای مشاهده نشد (جدول‌های ۴، ۵ و ۶). وایت و همکاران (White *et al.*, 2012) دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف را برای ارقام گندم به‌ترتیب صفر، ۲۵/۵ و ۴۳/۹ درجه‌سانتی‌گراد بدست آوردند. ایشان دماهای پایه و مطلوب را با استفاده از تابع درجه دوم به ترتیب ۳/۷ درجه‌سانتی‌گراد و ۲۴/۸ درجه‌سانتی‌گراد برآورد کردند. قادری‌فر و همکاران (Ghaderi-Far *et al.*, 2009) برای گیاه کدو تخمه کاغذی دمای پایه را با استفاده از تابع بتا ۳/۲۵-، دمای مطلوب را ۳۳/۸ درجه‌سانتی‌گراد، دمای سقف را ۴۵ درجه‌سانتی‌گراد و تعداد ساعت بیولوژیک را ۱۹/۳۴ برآورد کردند. ترابی و سلطانی (Torabi and Soltani, 2012) تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن ۵۰ درصد جمعیت ارقام نخود را با استفاده از مدل دندانه‌ای ۶/۱ روز برآورد کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که برای کمی کردن واکنش سبزشدن کلزا نسبت به دما می‌توان از مدل دوتکه‌ای استفاده کرد. مدل دوتکه‌ای نسبت به مدل‌های بتا و دندانه‌ای از دقت بیشتری در توصیف سرعت سبز شدن ارقام کلزا نسبت به دما برخوردار بوده و سرعت سبزشدن ارقام کلزا را نسبت به دما به‌خوبی توصیف می‌کند. دماهای کاردینال برآورد شده با استفاده از مدل برتر برای سبزشدن به‌ترتیب ۳/۲ درجه سانتی‌گراد برای دمای پایه، ۲۶/۸ درجه‌سانتی‌گراد برای دمای مطلوب و ۴۰ درجه‌سانتی‌گراد برای دمای سقف به‌دست آمد. تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن گیاهچه از عمق دو سانتی‌متری خاک، ۴/۵ روز بود. از نتایج این تحقیق می‌توان در تهیه و ارزیابی مدل های پیش‌بینی زمان سبز شدن گیاهچه‌های کلزا در مزرعه استفاده کرد. بعلاوه دماهای کاردینال و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن را می‌توان با توجه به دماهای حداقل و حداکثر هر منطقه در شرایط عدم تنش، محاسبه کرد.

منابع مورد استفاده

References

Ajam Norouzi, H., A. Soltani, E. Majidi and M. Homaei. 2007. Modelling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14 (4): 100-110. (In Persian with English abstract).

Blackshow, R. E. 1991. Soil temperature and moisture effects on downy brome vs. winter canola, wheat and rye emergence. Crop Sci. 31: 1043-1040.

Carter, C. T., L. S. Brown and I. A. Ungar. 2004. Effect of temperature regimes on germination of dimorphic seeds of *Atriplex prostrate*. Biol. Plant. 47: 269-272.

Ellis, R. H., S. Covell, E. H. Roberts and R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. 2. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at temperature. J. Exp. Bot. 37: 1503-1515.

Ellis, R. H., G. Simon and S. Covell. 1987. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. III. A comparison of five faba bean genotypes at constant temperature using a new screening

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

method. J. Exp. Bot. 38: 1033-1043.

Forcella, F. 1993. Seedling emergence model for velvetleaf. Agron. J. 85: 929-933.

Ghaderi-Far, F., A. Soltani, and H. R. Sadeghipour. 2009. Evaluation of nonlinear regression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. Convar. Pepo var. Styriaca Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. Int. J. Plant Prod. 16 (4): 1-19. (In Persian with English abstract).

Iannucci, A., N. di Fonzo and P. Martiniello. 2000. Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under two irrigation treatments. Seed Sci. Technol. 28: 59-66.

Jafari, N., M. Esfahani and A. Sabouri. 2011. Evaluation of non-linear regression models for plant appearance rate of three cultivar of rapeseed in relation to temperature. Iran. J. Crop Sci. 4: 857-868. (In Persian with English abstract).

Jame, Y. W. and H. W. Cutforth. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agric. Forest Meteorol. 124: 207-218.

Kimber, D. and D. I. McGregor. 1995. Brassica oilseeds. Production and Utilization. CAB International.

Kurt, O. and D. Bozkurt. 2006. Effect of temperature and photoperiod on seedling emergence of flax (*Linum usitatissimum* L.). Agron. J. 5: 541-545.

Latifi, N., A. Soltani, and D. Spaner. 2003. Effect of temperature on germination parameters in canola cultivars. Iran. J. Agric. Sci. 35 (2): 313-321. (In Persian with English abstract).

Mwale, S. S., S. N. Azam-Ali, J. A. Clark, R. G. Bradley and M. R. Chatha. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Sci. Technol. 22: 565-571.

Rezaei, A. and A. Soltani. 2008. Introduction to applied regression analysis (Thirds Ed.). Isfahan University Press. Isfahan, Iran. 294 pp. (In Persian).

Sarparast, R., M. Yousefi Daz, A. Soltani, F. Akram Ghaderi, and E. Zeinali. 2006. Evaluation of non-linear regression models for germination rate prediction of chickpea in relation to temperature. J. Agric. Sci. Technol. 20 (1): 93-102. (In Persian with English abstract).

Soltani, A. 2007. Use of the SAS statistical analysis software. JDM Press, Mashhad, Iran. 182 pp. (In Persian).

Soltani, A. 2009. Mathematical Modelling in Field Crops. JDM Press, Mashhad, Iran. 175 pp. (In Persian).

Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali, and N. Latifi. 2001. Genetic variation and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662.

Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi, and N. Latifi. 2002. Germination, seed reserve utilization and seeding growth of chickpea as affected by salinity and seed size. J. Agric. Sci. Technol. 30: 51-60.

Soltani, A., G. L. Hammer, B. Torabi, M. J. Robertson and E. Zeinali. 2006a. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Res. 99: 1-13.

Soltani, A., M. J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi Daz, and R. Sarparast. 2006b. Modelling seedling

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agric. Forest Meteorol. 138: 156-167.

Soltani, A., V. Maddah and T. R. Sinclair. 2013. SSM-Wheat: A simulation model for wheat development, growth and yield. Int. J. Plant Prod. 7 (4): 711-740.

Torabi, B. and A. Soltani. 2012. Quantifying response of chickpea emergence to air temperature. J. Crop Prod. Process. 2 (6): 109-120. (In Persian with English abstract).

Torabi, B. 2004. Prediction development in chickpea. Msc. Thesis, Agricultural Science and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran.

Vigil, M. F., R. L. Anderson and W. E. Beard. 1997. Base temperature and growing-degree-hour requirement for the emergence of canola. Crop Sci. 37: 844-849.

Wang, H., H. Cutforth, T. McCaig, G. McLeod, K. Brandt, R. Lemke, T. Goddard and C. Sprout. 2009. Predicting the time to 50% seedling emergence in wheat using a Beta model. NJAS -Wageningen J. Life Sci. 57: 65-71.

White, J., W. Bruce, A. Kimball, G. W. Wall, M. Michael and J. Ottman. 2012. Cardinal temperatures for wheat leaf appearance as assessed from varied sowing dates and infrared warming. Field Crops Res. 137: 213-220.

Zia, S. and M. A. Khan. 2004. Effect of light, salinity and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. Can. J. Bot. 84: 151-157.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]

Quantifying response of seedling emergence to temperature in rapeseed (*Brassica napus* L.) under field conditions

Lakzaei, S.[1], A. Soltani[2], E. Zeinali[3], F. Gaderifar[4] and S. Jafarnodeh[5]

ABSTRACT

Lakzaei, S., A. Soltani, E. Zeinali, F. Gaderifar and S. Jafarnodeh. 2017. Quantifying response of seedling emergence to temperature in rapeseed (*Brassica napus* L.) under field conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 19(3): 195-207. (In Persian).**

Determination of response function of seed germination and seedling emergence to temperature and obtaining cardinal temperatures (base, optimal and maximum) and biological day requirement (minimum day number for seed germination and seedling emergence under optimal temperature and moisture conditions) for emergence is important for crop simulation modeling. This study was carried out to survey seedling emergence response to temperature in five rapeseed cultivars that were sown on 12 sowing dates under Gorgan environmental conditions (2013-2014). Three regression models including beta, segmented and dent-like were used to describe the response of seedling emergence rate to temperature. Root mean square of error, coefficient of determination, correlation coefficient and regression of predicted versus observed values were used to develop the appropriate model. Segmented model was superior compared to beta and dent-like models to achieve the objective of this study. Estimated cardinal temperatures using appropriate model were 3.2, 26.8 and 40˚C for base, optimum and maximum temperatures, respectively. Estimation of biological day requirement in sowing depth of 2 cm showed 4.5 days. The result showed that there is no significant difference for cardinal temperatures and biological day requirement among cultivars. It was concluded that segmented model can be used to quantify the response of rapeseed sedling emergence to temperature and to obtain cardinal temperatures of emergence and thermal time or time to emergence. These parameters are required to develop prediction models for rapeseed seedling emergence under diverse temperature conditions.

Key words: Biological day, Cardinal temperatures, Seedling emergence, Segmented model and Rapeseed.

Received: January 2017 Accepted: September 2017

1. Former MSc. Student, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran (Corresponding author) (Email: afsoltani@yahoo.com)
3. Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Assistant Prof., Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
5. Former MSc. Student, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.2.2]