کمی کردن واکنش سبز شدن نخود نسبت به دما

بنیامین ترابی[۱*] و افشین سلطانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۱۴)

چکیده

این مطالعه برای بررسی واکنش سبز شدن ۴ رقم نخود (بیونیج، آرمان، هاشم و جم) نسبت به دما در ۱۲ تاریخ کاشت (هر ماه یکی) در شرایط محیطی گرگان در طول سال‌های زراعی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱ انجام شد. برای کمی کردن واکنش سبز شدن نسبت به دما از مدل دندان مانند استفاده شد. با استفاده از این مدل، دماهای کاردینال یا اصلی (پایه، مطلوب تحتانی و مطلوب فوقانی) و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن نسبت‌های مختلف جمعیت تعیین شد. دمای سقف به‌طور ثابت ۳۹ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. دماهای پایه، مطلوب تحتانی و مطلوب فوقانی برای ۵۰٪ جمعیت در بین ارقام اختلاف معنی‌داری نشان ندادند و به‌ترتیب ۴/۵، ۲۰/۲ و ۲۹/۰ درجه سلسیوس برآورد شدند. دمای پایه برای جمیع ارقام برای ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌ترتیب ۳/۴ و ۳/۰ درجه سلسیوس، دمای مطلوب تحتانی ۲۳/۸ و ۲۰/۰ درجه سلسیوس و دمای مطلوب فوقانی ۳۰/۳ و ۳۰/۰ درجه سلسیوس برآورد شدند. در هر یک از نسبت‌های ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن بین ارقام از نظر تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن برای ۱۰ درصد جمعیت ۴/۴ روز، برای ۵۰ درصد جمعیت ۶/۱ روز و برای ۹۰ درصد جمعیت ۷/۹ روز برآورد شد. با استفاده از پارامترهای برآورد شده در این تحقیق و آمار هواشناسی، می‌توان زمان سبز شدن برای نسبت‌های مختلف جمعیت را پیش‌بینی کرد.

واژه‌های کلیدی: سرعت سبز شدن، دماهای کاردینال، روز بیولوژیک

۱. گروه زراعت،دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولیعصر رفسنجان

۲. گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ben_torabi@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

مقدمه

در ایران، در میان حبوبات، نخود از نظر غذایی دارای اهمیت زیادی است و بیشترین سطح زیرکشت حبوبات را به خود اختصاص داده است. کشت موفق به انتخاب تاریخ کاشت مناسب و استقرار خوب گیاهچه‌ها وابسته است. به منظور استقرار مناسب گیاهان جهت تولید محصول باید قدرت بذر، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی سبز شدن زیاد باشد (۱۱). این ویژگی‌های بذر شدیداً تحت تأثیر عوامل محیطی و خاکی مثل دما، غلظت اکسیژن، میکروارگانیسم‌ها، ساختمان و رطوبت خاک قرار می‌گیرند (۱، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۹ و ۲۵). در گیاهان مختلف اثر آب و هوای نامطلوب در طول مراحل جوانه‌زنی و نمو گیاهچه از سایر مراحل دیگر رشد مهم‌تر می‌باشد (۴ و ۲۳)، زیرا دما می‌تواند سبز شدن ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (۵، ۲۳ و ۳۰). بررسی واکنش جوانه‌زنی و سبز شدن بذرها نسبت به دما و شناخت دماهای کاردینال در جهت ایجاد مدل‌های پیش‌بینی کننده جوانه‌زنی و سبز شدن، انتخاب تاریخ کاشت مناسب، غربال کردن ارقام برای تحمل به دماهای کم یا زیاد و تعیین نواحی جغرافیایی مساعد جوانه‌زنی و استقرار موفق گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها مفید است (۱۲، ۱۷، ۲۰، ۲۳ و ۲۴).

تحقیقات زیادی در زمینه تعیین دماهای کاردینال و بررسی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی صورت گرفته است. کوول و همکاران (۶) دماهای کاردینال برای نخود را به‌ترتیب صفر، ۳۱/۸ تا ۳۳ و ۴۸ تا ۶۱/۸ درجه سلسیوس گزارش کردند. الیس و همکاران (۹) دمای پایه و مطلوب برای ژنوتیپ‌های مختلف نخود را به‌ترتیب ۰/۵- تا صفر و ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس برآورد کردند. ایانوکسی و همکاران (۱۱) دمای پایه و مطلوب را برای ۴ نوع شبدر به‌ترتیب بین ۰/۲ تا ۱/۵ و ۱۹ تا ۲۴/۷ درجه سلسیوس تخمین زدند. کوکاباس و همکاران (۱۴) دمای پایه و سقف را برای بادام زمینی به‌ترتیب ۹/۹ و ۳۲/۳ درجه سلسیوس گزارش کردند. مطالعات دیگری نیز در این زمینه انجام گرفته است که می‌توان به پژوهش‌های برار و همکاران (۴) روی ۲۰ نوع لگوم علوفه‌ای، کاماها و مگوار (۱۳) روی ۶ نوع گندم زمستانه، ماول و همکاران (۱۷) روی آفتابگردان، ویژیل و همکاران (۲۸) روی کلزا، رامین (۲۰) روی تره ایرانی و مادکادز و همکاران (۱۶) روی گراس‌های گرمادوست اشاره نمود. تحقیق حاضر با توجه به عدم تخمین دماهای کاردینال و روز بیولوژیک لازم برای سبز شدن ارقام مورد مطالعه نخود که در ساخت مدل‌های شبیه‌سازی ضروری هستند، انجام شد.

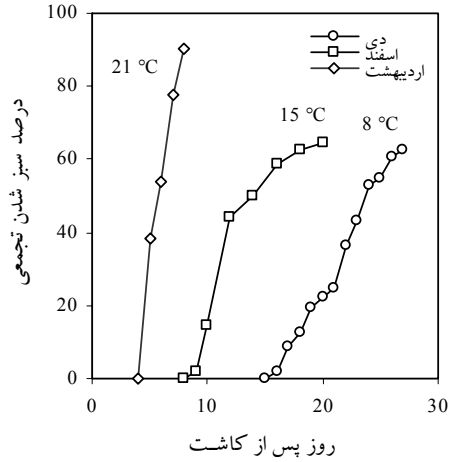
مواد و روش‌ها

این آزمایش در طول سال‌های زراعی ۸۱-۱۳۸۰ و ۸۲-۱۳۸۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. شهرستان گرگان با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۶۰۷ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه سلسیوس، دامنه نوسان دمای سالانه ۱۰ درجه سلسیوس و ارتفاع ۱۳ متر از سطح متوسط دریا، در طول جغرافیایی ′۲۷ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ′۵۸ °۳۶ شمالی قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی سیلتی با pH حدود ۷/۷ و هدایت الکتریکی ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. زمین مورد نظر در پاییز سال قبل شخم زده شد و اواخر تابستان با اجرای عملیات دیسک آماده برای کاشت گردید. این مطالعه در آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد که در آن ۱۲ تاریخ کاشت (هر ماه یکی) در کرت‌های اصلی و ۴ رقم نخود بیونیج، آرمان، هاشم و جم در کرت‌های فرعی منظور گردید. در هر کرت اصلی ۶ ردیف ۳ متری وجود داشت که هر ردیف به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر بود. در هر ردیف، به فاصله هر ۸ سانتی‌متر ۲ بذر در کنار هم در عمق ۵ سانتی‌متری به‌صورت هیرم‌کاری کشت شدند.

از طرفین هر کرت اصلی یک ردیف و از بالا و پایین هر کرت فرعی ۲۵ سانتی‌متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]



شکل ۱. نمونه‌ای از روند تغییرات درصد سبز شدن تجمعی در مقابل زمان در سه تاریخ کاشت برای نخود رقم جم. اعداد روی شکل، میانگین دما از کاشت تا سبز شدن را نشان می‌دهند.

هر کرت فرعی، ۱۰۴ سانتی‌متر به‌طور تصادفی انتخاب شده (در این فاصله ۲۶ بذر کاشته شده بود) و تعداد بذرهای سبز شده در هر روز به‌صورت تجمعی ثبت گردید. بذرهایی سبز شده اطلاق شدند که بخشی از گیاهچه آنها در سطح خاک قابل مشاهده بود (۱۰). در همه تیمارها و برای هر تکرار منحنی سبز شدن تجمعی در برابر زمان ترسیم و زمان لازم برای رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن (به‌ترتیب *D10*، *D50* و *D90*) از طریق درون‌یابی برآورد گردید. نمونه‌ای از روند درصد تجمعی سبز شدن در مقابل زمان برای رقم جم در شکل ۱ آورده شده است. سپس عکس زمان لازم برای رسیدن به نسبت‌های مختلف سبز شدن به‌عنوان سرعت سبز شدن از معادله ۱ محاسبه شد:

$$R = 1 / D \qquad [۱]$$

که در آن R و D به‌ترتیب سرعت و طول دوره سبز شدن هستند. با قرار دادن طول دوره‌های لازم برای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن در معادله ۱، سرعت سبز شدن برای نسبت‌های مذکور (به‌ترتیب *R10*، *R50* و *R90*) به‌دست آمد. به منظور توصیف رابطه بین دمای هوا و سرعت سبز شدن و برآورد دماهای کاردینال و روز بیولوژیک نسبت‌های مختلف بذرهای سبز شده از مدل زیر استفاده شد (۲۴):

$$R = f(T) / eo \qquad [۲]$$

که در آن $f(T)$ تابع دما (تابع دندان مانند، Dent-like) و e_o تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن (تعداد روز مورد نیاز برای رسیدن به مرحله سبز شدن تحت شرایط عدم محدودیت دما و یا به‌عبارت دیگر حداقل تعداد روز لازم برای سبز شدن) می‌باشد. $1/e_o$ حداکثر سرعت سبز شدن در دمای مطلوب است. این معادله می‌تواند برای نسبت‌های مختلف سبز شدن استفاده شود. تابع دندان مانند در معادله ۲ به‌صورت معادله زیر توصیف شد:

$$f(T) = \frac{(T - Tb)}{(To۱ - Tb)} \quad \text{if} \quad T_b < T < T_{o۱}$$

$$f(T) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - To۲)} \quad \text{if} \quad T_{o۲} < T < T_c$$

$$f(T) = ۱ \quad \text{if} \quad T_{o۱} < T < T_{o۲}$$

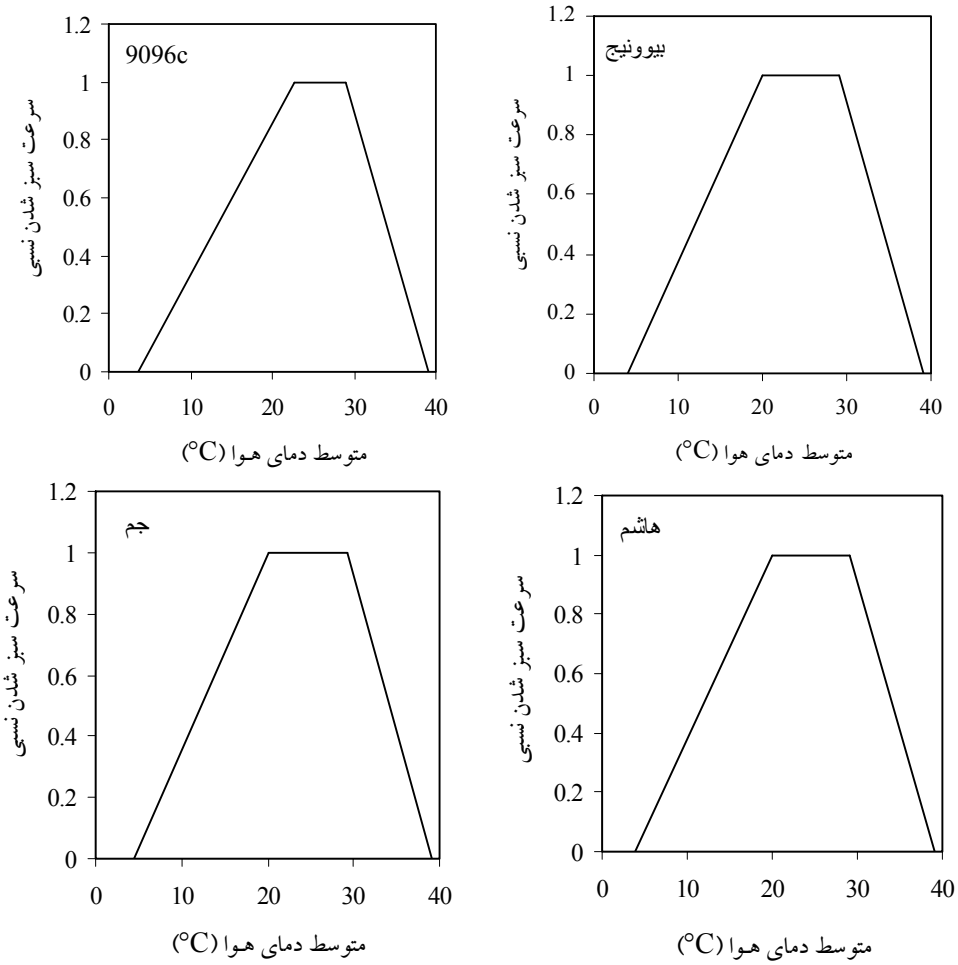
$$f(T) = ۰ \quad \text{if} \quad T <= T_b \text{ or } T => T_c \qquad [۳]$$

در این تابع، T، T_b، T_o، T_{o1}، T_{o2} و T_c به‌ترتیب میانگین دمای هوا، دمای پایه، دمای مطلوب، دمای مطلوب تحتانی، دمای مطلوب فوقانی و دمای سقف می‌باشند (شکل ۲).

تخمین پارامترهای معادله ۳ با روش مطلوب‌سازی تکراری (Iterative optimization) با کمک رویه *PROC NLIN* در نرم‌افزار *SAS* (نسخه ۹/۱) صورت گرفت. دمای سقف در این مطالعه به‌طور ثابت ۳۹/۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]



شکل ۲. رسم تابع دندان مانند برای مدل‌سازی واکنش سبز شدن به دما با استفاده از پارامترهای برآورد شده در ارقام مختلف نخود

این امر به‌علت فراوانی اندک دماهای بیشتر از ۳۰/۰ درجه سلسیوس بود. دمای سقف ۳۹/۰ درجه سلسیوس با دمای سقف ۴۰ درجه سلسیوس برای جوانه‌زنی و ۳۸ درجه سلسیوس برای مراحل سبز شدن و زایشی نخود فرنگی (۱۸) و ۳۹ درجه سلسیوس برای گل‌دهی یک رقم لوبیا (۷) تقریباً مشابه بود. در روش مطلوب‌سازی تکراری، با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آنها با روش کمترین توان دوم تخمین زده می‌شود. تغییر مقادیر اولیه تا زمانی انجام گرفت که بهترین برآورد از پارامترها به‌دست آید. برای مقایسه پارامترهای برآورد شده مدل دندان مانند در بین ارقام و نسبت‌های مختلف سبز شدن از حدود اطمینان ۹۵٪ استفاده شد (۲۱).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۱٪ وجود داشت. بین ارقام از لحاظ روز تا ۱۰٪ سبز شدن، روز تا ۵۰٪ سبز شدن و سرعت سبز شدن ۵۰٪ جمعیت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ولی اثر رقم و اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر روز تا ۹۰٪ سبزشدن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۳ میانگین دمای هوا در مقابل روز تا نسبت‌های مختلف سبز شدن برای ارقام مورد مطالعه را نشان می‌دهد. چنان‌که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، روز تا نسبت‌های مختلف سبز شدن در دماهای مختلف متفاوت است. به‌طوری‌که در دماهای ۲۸/۴ و ۸/۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب کمترین و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برای زمان تا ۱۰ درصد سبز شدن (D_{10})، زمان تا ۵۰ درصد سبز شدن (D_{50})، زمان تا ۹۰ درصد سبز شدن (D_{90})، سرعت سبز شدن (برای ۵۰ درصد جمعیت، R_{50}) و میانگین دمای هوا (T_{air}).

منابع تغییر	D_{10}	D_{50}	D_{90}	R_{50}	T_{air}
بلوک	۰/۴۴ ns	۱/۰۲ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۰۰۲۹ ns	۰/۰۳۹ ns
تاریخ کاشت	۳۰۸/۷۱***	۴۱۷/۰۴***	۵۱۸/۳۹***	۰/۰۳۸۶***	۸۹۲۹/۹۳***
خطای a	۰/۹۱	۲/۲۲	۱/۸۳	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۱۴
رقم	۰/۶۲ ns	۰/۹۵۶ ns	۳/۰۸*	۰/۰۰۰۰۹ ns	۰/۰۲۳ ns
رقم×تاریخ کاشت	۰/۴۲ ns	۰/۸۱ ns	۱/۸۵*	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۱۸ ns
خطای b	۰/۲۹	۰/۶۲	۱/۰۷	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات	۶/۷۸	۷/۸۲	۸/۷۱	۹/۸۳	۰/۶۱

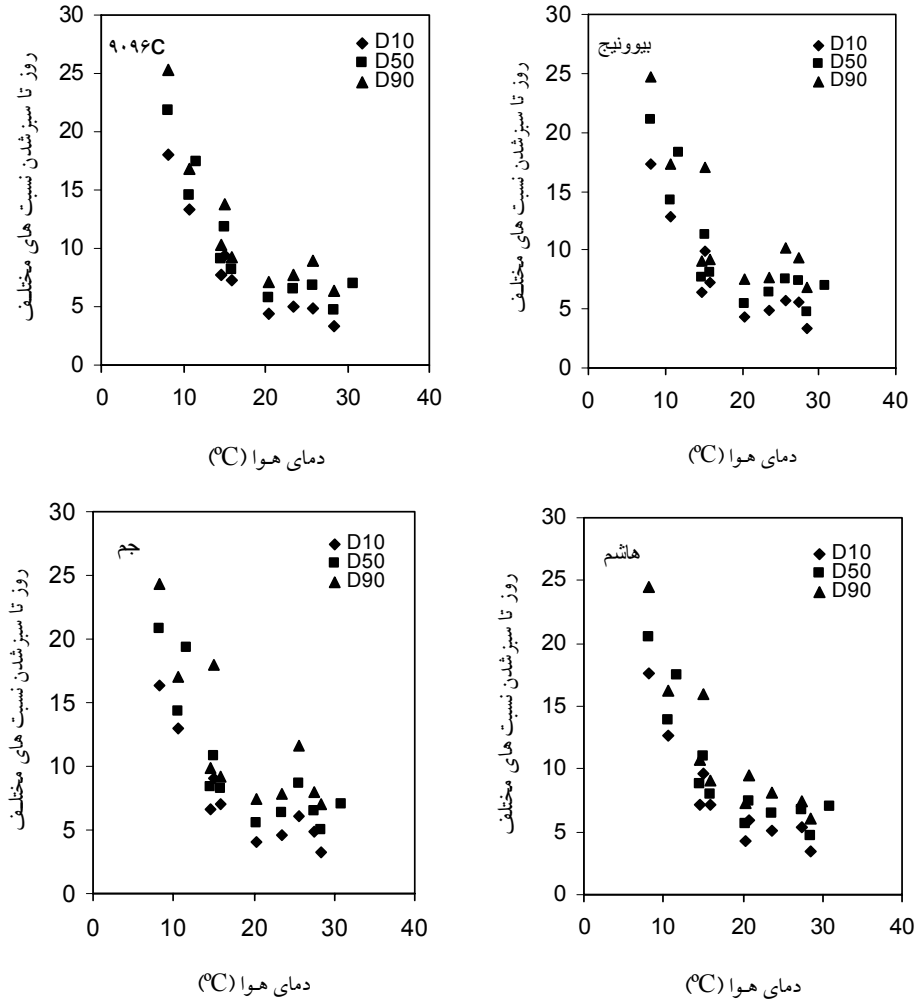
***، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱٪ و ۵٪ و بدون تأثیر معنی‌دار

بیشترین تعداد روز تا رسیدن به نسبت‌های مختلف سبز شدن نیاز است. الد و همکاران (۲) نتایج مشابهی با نتایج تحقیق حاضر در مورد مدت زمان تا ۵۰٪ سبز شدن به‌دست آوردند. آنها گزارش کردند که زمان لازم تا رسیدن به ۵۰٪ سبز شدن در ارقام مختلف نخود مشابه بود، ولی در دماهای مختلف با هم تفاوت معنی‌داری نشان دادند. ایانوکسی و همکاران (۱۱) نشان دادند که زمان لازم برای ۵۰٪ جوانه‌زنی در چهار نوع شبدر در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس حداقل بود و این در دماهای سرد دو یا چهار برابر بود. سینگ و همکاران (۲۲) گزارش کردند که دمای کم خاک، سرعت ظهور گیاهچه نخود را کاهش می دهد. بلاکلو (۳) و وارینگتون و کانماو (۲۹) گزارش کردند که در دماهای بیشتر خاک، به‌دلیل طویل شدن سریع‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه، جوانه‌زنی زودتر شروع می‌شود.

مدل دندان مانند توانست به خوبی رابطه بین دما و سرعت سبز شدن را در ارقام مختلف توصیف کند (R^2 >۰/۷۳). شکل ۴ کارآیی برازش مدل دندان مانند بر داده‌های روز تا ۵۰٪ سبز شدن در ارقام مختلف نخود را نشان می‌دهد. چنان‌چه مشاهده می‌شود، داده‌ها به خوبی حول خط $x=y$ قرار گرفته‌اند (r>۰/۸۹). مدل دندان مانند هیچ اختلاف معنی‌داری را در دمای پایه ارقام مختلف برای ۵۰٪ سبز شدن جمعیت نشان نداد. برازش مدل دندان مانند روی داده‌های ترکیب شده چهار رقم (مجموع ارقام) دمای پایه ۴/۵ درجه سلسیوس را برآورد کرد که با دمای پایه هیچ‌یک از ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). این امر نشان می‌دهد که برای اهداف عملی، دمای پایه ۴/۵ درجه سلسیوس برای این ارقام قابل استفاده است. کوول و همکاران (۶) دمای پایه برای جوانه‌زنی نخود را صفر درجه سلسیوس گزارش کردند که این دمای پایه در خارج از محدوده دماهای پایه برآورد شده با مدل دندان مانند در این مطالعه قرار داشت. این اختلاف ممکن است به‌دلیل اختلاف در ارقام مورد مطالعه باشد. کوول و همکاران (۶) در همان تحقیق دمای پایه برای جوانه‌زنی عدس و سویا را به‌ترتیب ۲/۵ و ۴/۰ درجه سلسیوس برآورد کردند. ایانوکسی و همکاران (۱۱) دمای پایه برای چهار نوع شبدر را بین ۰/۲ تا ۱/۵ درجه سلسیوس تخمین زدند. ویژیل و همکاران (۲۸) نشان دادند که بین دمای پایه پنج رقم کانولا تنوع وجود دارد. آنها اظهار داشتند دمای پایه برای پنج رقم کانولا بین ۰/۴۴ تا ۱/۲۰ درجه سلسیوس و برای مجموع ارقام ۰/۹ درجه سلسیوس می‌باشد. آنها هم‌چنین نشان دادند که در بین ارقام از نظر دمای پایه اختلاف معنی‌دار وجود دارد. ولی در مطالعه آنها بین دمای پایه تک تک ارقام با مجموع ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. الیس و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]



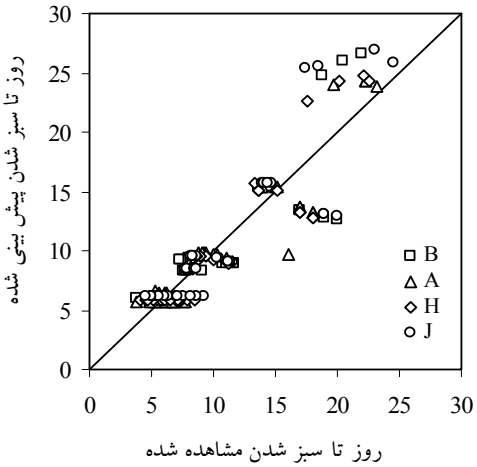
شکل ۳. واکنش مدت زمان لازم تا رسیدن به نسبت‌های مختلف سبز شدن در مقابل دمای هوا در ارقام مختلف نخود

همکاران (۹) نیز اختلاف معنی‌داری را بین دمای پایه جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف نخود مشاهده نکردند. هم‌چنین بین دمای پایه ژنوتیپ‌ها با مجموع آنها اختلاف معنی‌داری گزارش نشد. آنها دمای پایه برای جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف نخود را بین ۰/۵- تا ۰/۵ درجه و برای مجموع ژنوتیپ‌ها دمای پایه صفر درجه سلسیوس را گزارش کردند.

دماهای مطلوب تحتانی و فوقانی، برای ۵۰٪ سبز شدن جمعیت، در بین ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت و به‌ترتیب ۲۰/۲ و ۲۹/۳ درجه سلسیوس برای مجموع ارقام برآورد شد (جدول ۲). الیس و همکاران (۹) با استفاده از رگرسیون خطی، دمای مطلوب برای نسبت‌های مختلف جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف نخود را بین ۲۷ تا ۴۰ درجه سلسیوس برآورد کردند. الیس و همکاران (۸) با استفاده از رگرسیون خطی، دمای مطلوب برای جوانه‌زنی ارقام مختلف لوبیای معمولی را بین ۲۰/۰ تا ۲۶/۰ درجه سلسیوس گزارش کردند. الیس و همکاران (۷) در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که دمای مطلوب برای سبز شدن ارقام مختلف لوبیای معمولی بین ۲۰/۰ تا ۲۷/۰ درجه سلسیوس قرار دارد. کوول و همکاران (۶) دمای مطلوب برای جوانه‌زنی نخود را بین ۳۱/۸ تا ۳۳/۰، عدس بین ۲۴/۰ تا ۲۴/۴ و سویا بین ۳۴/۰ تا ۳۴/۵ درجه سلسیوس تخمین زدند. دمای مطلوب گزارش شده برای نخود در مطالعه کوول و همکاران (۶) از دمای مطلوب فوقانی در تحقیق حاضر بیشتر بود. تعداد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]



شکل ۴. مقادیر روز تا سبز شدن پیش‌بینی شده با مدل دندان مانند در مقابل مقادیر مشاهده شده در مزرعه. ارقام نخود عبارتند از: بیوونیج (*B*)، آرمان (*A*)، هاشم (*H*) و جم (*J*).

جدول ۲. برآورد دمای پایه (T_b)، دمای مطلوب تحتانی (T_{o1})، دمای مطلوب فوقانی (T_{o2}) دمای سقف (T_c)، و تعداد روز بیولوژیک (e_o) برای سبز شدن (۵۰ درصد جمعیت) با مدل دندان مانند در چهار رقم نخود دمای سقف برای مدل به‌طور ثابت ۳۹/۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده است. ضریب تبیین (R^2) برای مدل دندان مانند، که توصیف‌کننده رابطه بین سرعت سبز شدن با دما می‌باشد، و ضریب همبستگی (r) مربوط به رابطه مقادیر روز تا سبز شدن مشاهده شده و پیش‌بینی شده نیز ارایه شده‌اند.

رقم	T_b	T_{o1}	T_{o2}	T_c	e_o	R^2	r
بیوونیج	۴/۴±۱/۰۹	۲۰/۲±۱/۱۸	۲۹/۰±۰/۱۱	(۳۹/۰)	۶/۱±۰/۲۷	۰/۷۳	۰/۹۱
آرمان	۳/۵±۱/۵۶	۲۲/۷±۱/۳۸	۲۹/۰±۰/۱۰	(۳۹/۰)	۵/۷±۰/۱۸	۰/۸۲	۰/۹۱
هاشم	۳/۹±۱/۰۸	۲۱/۱±۱/۰۷	۲۹/۰±۰/۲۱	(۳۹/۰)	۵/۹±۰/۳۰	۰/۷۹	۰/۹۲
جم	۴/۵±۱/۱۰	۲۰/۲±۱/۳۳	۲۹/۰±۰/۱۰	(۳۹/۰)	۶/۲±۰/۲۱	۰/۷۸	۰/۸۹
مجموع ارقام	۴/۵±۱/۲۱	۲۰/۲±۱/۱۰	۲۹/۳±/۱۳	(۳۹/۰)	۶/۱±۰/۱۲	۰/۷۸	۰/۹۱

روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن در مدل دندان مانند برای مجموع ارقام ۶/۱ روز برآورد شد. در بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن مشاهده نشد (جدول ۲). در این زمینه، مطالعات مشابهی توسط ساوتون و همکاران (۲۶ و ۲۷) روی ارزن وحشی و سوروف (*Echinochloa crus-galli*) انجام گرفته است.

جدول ۳ دماهای کاردینال و روز بیولوژیک برآورد شده را برای سبز شدن ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌وسیله مدل دندان مانند نشان می‌دهد. دمای پایه برای مجموع ارقام در ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌ترتیب ۳/۴ و ۳/۰ درجه سلسیوس برآورد شد. اختلاف معنی‌داری از نظر دمای پایه بین ارقام در داخل و بین دهک‌های مختلف سبز شدن و هم‌چنین از نظر دمای پایه مجموع ارقام در بین دهک‌های مختلف سبز شدن (۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جمعیت) مشاهده نشد (جداول ۲ و ۳). دمای مطلوب تحتانی برای مجموع ارقام در ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌ترتیب ۲۳/۸ و ۲۰/۰ درجه سلسیوس برآورد شد. دمای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

جدول ۳. برآورد دمای پایه (T_b)، دمای مطلوب تحتانی (T_{o1})، دمای مطلوب فوقانی (T_{o2})، دمای سقف (T_c) و تعداد روز بیولوژیک (e_o) برای سبز شدن ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت با مدل دندان مانند در چهار رقم نخود. دمای سقف به‌طور ثابت ۳۹/۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده است.

رقم	T_b	T_{o1}	T_{o2}	T_c	e_o	R^2
۱۰ درصد جمعیت						
بیونیج	۴/۰±۱/۰۴	۲۱/۲±۱/۱۶	۲۹/۳±۰/۴۵	(۳۹/۰)	۴/۶±۰/۱۵	۰/۷۴
آرمان	۳/۵±۱/۳۹	۲۴/۳±۱/۰۲	۳۰/۲±۱/۱۷	(۳۹/۰)	۴/۳±۰/۳۵	۰/۸۵
هاشم	۳/۱±۱/۰۲	۲۳/۵±۱/۰۴	۲۹/۰±۱/۰۹	(۳۹/۰)	۴/۵±۰/۲۱	۰/۷۳
جم	۳/۸±۱/۲۵	۲۱/۹±۱/۰۸	۲۹/۰±۱/۶۱	(۳۹/۰)	۴/۷±۰/۱۳	۰/۷۳
مجموع ارقام	۳/۴±۰/۸۱	۲۳/۸±۰/۶۲	۳۰/۳±۳/۱۰	(۳۹/۰)	۴/۴±۰/۱۱	۰/۷۵
۹۰ درصد جمعیت						
بیونیج	۲/۹±۱/۰۱	۲۰/۰±۱/۰۱	۳۲/۸±۱/۱۳	(۳۹/۰)	۷/۹±۰/۲۹	۰/۶۲
آرمان	۳/۵±۱/۰۰	۲۰/۲±۱/۳۰	۳۱/۹±۱/۴۰	(۳۹/۰)	۷/۳±۰/۱۱	۰/۸۳
هاشم	۲/۹±۰/۸۷	۲۱/۱±۱/۰۷	۲۹/۰±۱/۴۱	(۳۹/۰)	۷/۴±۰/۳۴	۰/۷۸
جم	۳/۳±۰/۲۵	۲۰/۰±۱/۱۳	۲۹/۲±۳/۳۲	(۳۹/۰)	۷/۹±۰/۱۴	۰/۷۱
مجموع ارقام	۳/۰±۰/۹۱	۲۰/۰±۱/۵۰	۳۰/۰±۱/۲۲	(۳۹/۰)	۷/۹±۰/۲۵	۰/۷۲

مطلوب تحتانی برای مجموع ارقام در مرحله سبز شدن تنها در ۱۰٪ جمعیت با ۵۰٪ جمعیت (۲۰/۲ درجه سلسیوس) اختلاف معنی‌داری داشت. بین ارقام مورد آزمایش از نظر دمای مطلوب تحتانی در هر یک از نسبت‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین برای هر رقم در نسبت‌های مختلف سبز شدن اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (جداول ۲ و ۳).

دمای مطلوب فوقانی برای مجموع ارقام در نسبت‌های ۱۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌ترتیب ۳۰/۳ و ۳۰/۰ درجه سلسیوس برآورد شد و بین دمای مطلوب فوقانی مجموع ارقام در دهک‌های مختلف سبز شدن (۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جمعیت) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جداول ۲ و ۳). دمای مطلوب فوقانی برای رقم بیونیج در ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جمعیت به‌ترتیب ۲۹/۳، ۲۹/۰ و ۳۲/۸ درجه سلسیوس برآورد شد که در این میان، بین دمای مطلوب فوقانی سبز شدن ۹۰٪ جمعیت با دمای مطلوب برای سبز شدن ۱۰ و ۵۰ درصد جمعیت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. دمای مطلوب فوقانی سایر ارقام در بین دهک‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جداول ۲ و ۳).

الیس و همکاران (۹) دمای پایه برای جوانه‌زنی ۵ رقم نخود را بین ۰/۵- تا ۰/۵ درجه سلسیوس گزارش کردند و بیان کردند که دمای پایه در بین دهک‌های مختلف جوانه‌زنی و ارقام اختلاف معنی‌داری نداشته است. آنها هم‌چنین گزارش کردند که دمای مطلوب در دهک‌های مختلف جوانه‌زنی تنها برای یک رقم از ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. کوول و همکاران (۶) دمای پایه برای نسبت‌های مختلف جوانه‌زنی را در نخود صفر، عدس ۲/۵، سویا ۴/۰ و لوبیا ۸/۵ درجه سلسیوس گزارش کردند. آنها بیان کردند که دمای پایه برای نسبت‌های مختلف جوانه‌زنی در هیچ‌یک از این گونه‌ها اختلاف معنی‌داری را نداشت. ولی در بین گونه‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر دمای پایه مشاهده شد. با این‌حال، ایشان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

اظهار کردند که دمای مطلوب برای جوانه‌زنی در بین گونه‌ها و دهک‌های مختلف جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که دمای مطلوب در نخود بین ۳۰/۰ تا ۳۵/۰، عدس ۲۰/۰ تا ۲۵/۰، سویا ۳۰/۰ تا ۳۵/۰ و لوبیا ۳۵/۰ تا ۴۰/۰ درجه سلسیوس متغیر بود. دمای سقف در بین گونه‌ها و دهک‌های مختلف جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری داشت. دمای سقف در نخود بین ۴۸/۰ تا ۶۰/۸، عدس ۳۱/۸ تا ۳۴/۴ و سویا ۴۶/۸ تا ۵۵/۲ درجه سلسیوس برآورد شد. جاکوبسن و باچ (۱۲) دمای پایه برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی *Chenopodium quinoa* را به‌طور ثابت ۳ درجه سلسیوس گزارش کردند. در حالی‌که دمای مطلوب برای نسبت‌های مختلف جوانه‌زنی تا ۸۰٪ را بین ۳۰/۰ تا ۳۵/۰ درجه سلسیوس و برای نسبت‌های بیشتر از ۸۰٪ را بین ۲۵/۰ تا ۳۰/ درجه سلسیوس گزارش شدند. ماداکادز و همکاران (۱۶) تغییرات دمای پایه برای جوانه‌زنی ارقام مختلف گراس‌های گرمادوست را مطالعه کردند. آنها دمای پایه برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی در چهار رقم *Panicum virgatum* را بین ۵/۵ تا ۱۰/۹، در سه رقم *Andropogon gerardii* را بین ۷/۳ تا ۸/۷ در دو رقم *Sorgastrum nutans* را بین ۷/۵ تا ۹/۶ و در دو رقم *Calamovilfa longifolia* را بین ۴/۵ تا ۷/۹ درجه سلسیوس گزارش کردند. آنها نشان دادند که در هر رقم، دمای پایه برای دهک‌های مختلف جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری ندارد.

در داخل هر یک از نسبت‌های ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جمعیت، بین ارقام از نظر تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن برای ۱۰٪ جمعیت در ارقام ۴/۴ روز، برای ۵۰٪ جمعیت ۶/۱ روز و برای ۹۰٪ جمعیت ۷/۹ روز برآورد شد، که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جداول ۲ و ۳). نتایج نشان داد که دما می‌تواند اثر نسبتاً قوی روی سبز شدن ارقام مختلف نخود داشته باشد. بنابراین زمان کاشت با توجه به شرایط دمایی منطقه می‌تواند متفاوت باشد. با توجه به دماهای پایه و مطلوب برآورد شده برای ارقام مختلف نخود در این مطالعه می‌توان استنباط کرد که کشت نخود تقریباً در منطقه مورد مطالعه در تمام فصول سال امکان‌پذیر است، زیرا میانگین دمای ماهانه بیشتر از دمای پایه و کمتر از دمای سقف می‌باشد. ولی بهترین زمان برای سبز شدن ارقام مورد مطالعه با توجه به دمای مطلوب زمانی است که میانگین دمای هوا به ۲۰/۲ تا ۲۹/۳ درجه سلسیوس برسد که این با میانگین دمای ماهانه خرداد، تیر و مرداد مصادف است. ولی در ماه‌های مذکور، گرچه سرعت سبز شدن حداکثر است، ولی به‌علت دمای زیاد، گیاه فرصت کافی برای تکمیل رشد رویشی ندارد و سریعاً به گل می‌رود و در نتیجه عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین، علاوه بر تعیین دماهای کاردینال برای انتخاب بهترین تاریخ کاشت باید عملکرد محصول هم در تاریخ‌های کاشت مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین نتایج تحقیق حاضر آن است که با در دست داشتن دماهای حداقل و حداکثر روزانه برای هر منطقه و با استفاده از دماهای کاردینال و تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای سبز شدن برآورد شده در این مطالعه می‌توان به راحتی تعداد روز تقویمی لازم برای سبز شدن نسبت‌های مختلف جمعیت را برای گیاه نخود، به‌ویژه ارقام مورد مطالعه، در شرایط عدم تنش رطوبتی پیش‌بینی کرد.

منابع مورد استفاده

1. Anda, A. and L. Pinter. 1994. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature and water content. *Agronomy Journal* 86: 621-624.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

2. Auld, D. L., B. L. Bettis, J. E. Crock and K.D. Kephart. 1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence, and seed yield of chickpea *(Cicer arietinum)*. *Agronomy Journal* 80: 909-914.
3. Blacklow, W. M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn *(Zea mays* L.*)*. *Crop Science* 12: 647-650.
4. Brar, G. S., J. F. Gomez, B. L. McMichael, A. G. Matches and H. M. Taylor. 1991. Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. *Agronomy Journal* 83: 173-175.
5. Carter, C. T., L. S. Brown and I. A. Ungar. 2004. Effect of temperature regimes on germination of dimorphic seeds of Atriplex prostrate. *Biology of Plant* 47: 269-272.
6. Covell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts and R.J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A Comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany* 37: 705-715.
7. Ellis, R. H., E. H. Roberts and R. J. Summerfield. 1988. Variation in the optimum temperature for rates of seedling emergence and progress towards flowering amongst six genotypes of faba bean *(Vicia faba* L.*)*. *Annals of Botany* 62: 119-126.
8. 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 temperatures using a new screen method. *Journal of Experimental Botany* 38: 1033-1043.
9. Ellis, R. H., S. Covell, E. H. Roberts and R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea *(Cicer arietinum* L.*)* at constant temperature. *Journal of Experimental Botany* 37: 1503-1515.
10. Fehr, W. R. and C.E. Caviness. 1980. Stage of soybean development. Iowa Crop Exp. Serr. Agric. Home Econ. Exp. Stn. Spc. Rep. 80.
11. Iannucci, A., N. di Fonzo and P. Martiniello. 2000. Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under tow irrigation treatments. *Seed Science and Technology* 28: 59-66.
12. Jacobsen, S. E. and A. P. Bach. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa *(Chenopodium quinoa* Willd*)*. *Seed Science and Technology* 26: 515-523.
13. Kamaha, C. and J. D. Maguire. 1992. Effects of temperature on germination of six winter wheat cultivars. *Seed Science and Technology* 20: 181-185.
14. Kocabas, Z., J. Craigon and S. N. Azam-Ali. 1999. The germination response of bambara groundnut *(Vigna subterranean* (L.) Verdc*)* to temperature. *Seed Science and Technology* 27: 303-313.
15. Kurt, O. and D. Bozkurt. 2006. Effect of temperature and photoperiod on seedling emergence of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Agronomy* 5: 541-545.
16. Madakadze, I. C., B. Prithiviraj, K. A. Stewart, P. R. Peterson, B. E. Coulman and D. L. Smith. 2001. Variation in base temperatures for germination in warm season grasses. *Seed Science and Technology* 29: 31-38.
17. 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 Science and Technology* 22: 565-571.
18. Olivier, F. C. and J. G. Annandale. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea *(Pisum sativum* L.*)*. *Field Crops Research* 56: 301-307.
19. Raguse, C. A., F. K. Fianu and J. W. Menke. 1970. Development of subterranean clover *(Trifolium subterranean* L.*)* at very early stages. *Crop Science* 10: 723-724.
20. Ramin, A. A. 1997. The influence of temperature on germination of taree Irani *(Allium ampeloprasum* L. ssp *iranicum* W.*)*. *Seed Science and Technology* 25: 419-426.
21. Rezaei, A. and A. Soltani. 2007. An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press, Isfahan, Iran. (In Farsi).
22. Singh, L., A. S. Tiwari, S. N. Bisen and B. R. Singh. 1976. Growth characteristics in relation to yield attributes in gram. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 36: 166-172.
23. Soltani, A., G. L. Hammer, B. Torabi, M. J. Robertson and E. Zeinali. 2006a. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. *Field Crops Research* 99: 1-13.
24. Soltani, A., M. J. Robertson, B. Torabi, M. Yousefi–Daz and R. Sarparast. 2006b. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Field Crops Research* 138: 156-167.
25. Strand, R. H. and H. A. Fribourg. 1973. Relationships between seeding rates and environmental variables, seeding methods, and establishment of small seeded legumes. *Agronomy Journal* 65: 807-810.
26. Swanton, C. J., J. Z. Haung, W. Deen, M. Tollenaar, A. Shrestha and H. Rahimian. 1999. Effects of temperature and photoperiod on Setaria viridis. *Weed Science* 47: 446-453.
27. Swanton, C. J., J. Z. Huang, A. Shrestha, M. Tollenaar, W. Deen and H. Rahimian. 2000. Effects of temperature and photoperiod on the phonological development of barnyard grass *(Echinochloa crus-galli* L.*)*. *Agronomy Journal* 92: 1125-1134.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]

28. Vigil, M. F., R. L. Anderson and W. E. Beard. 1997. Base temperature and growing –degree-hour requirements for the emergence of canola. *Crop Science* 37: 844-849.
29. Warrington, I. J. and E.T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod: I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. *Agronomy Journal* 75: 749-754.
30. Zia, S. and M. A. Khan. 2004. Effect of light, salinity and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. *Canadian Journal of Botany* 84: 151-157.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.6.11.1]