دانشگاه گنبد کاووس
نشریه " تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان "
دوره اول، شماره اول، پاییز ۹۲
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر دما و پتانسیل‌اسمزی بر جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری (*Orobanche aegyptiaca*)

ابراهیم کازرونی‌منفرد[۱]، سمیه تکاسی[۲]، محمد بنایان[۳]، علی قنبری[۴]، حمید رحیمیان‌مشهدی[۵] و پر نیلسن کودسک[۶]

[۱]استادیار دانشگاه جامع علمی کاربردی گیلان، [۲]دکترای علوم علف‌های هرز، [۳]دانشیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، [۴]دانشیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، [۵]استاد گروه زراعت دانشگاه تهران، [۶]استاد دانشگاه آروس دانمارک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۲۶

چکیده

علف هرز انگل گل جالیز (*Orobanche* spp.)، تهدیدی جدی برای تولید چندین گیاه زراعی در اروپا، آفریقا و آسیا به شمار می‌آید. این پژوهش در پاییز ۱۳۹۰ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آروس دانمارک برای بررسی اثر درجه حرارت و پتانسیل اسمزی بر جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری (*O. aegyptiaca*) انجام شد. تیمارها شامل شش سطح درجه حرارت (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و پنج سطح پتانسیل اسمزی (۰، ۰/۳ –، ۰/۶–، ۰/۹– و ۱/۲– مگاپاسکال) و یک شاهد که از آب مقطر استفاده شد بودند. آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی، درصد جوانه زنی و دامنه دمایی مطلوب جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری کاهش یافت. به‌طوری‌که پتانسیل اسمزی ۱/۲– مگاپاسکال با ۵۷ درصد کمترین درصد جوانه زنی را داشت. همچنین، کاهش پتانسیل اسمزی موجب تأخیر در شروع، متوسط و حداکثر جوانه‌زنی بذور شد. دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با ۹۴/۲ درصد و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با ۲۶/۴ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی را داشتند. دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. دمای حداقل، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری به‌ترتیب ۵/۶، ۳۰/۱ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.

واژه‌های کلیدی: **پلی‌اتیلن گلیکول، درجه حرارت کاردینال، درصد جوانه‌زنی، آماده‌سازی بذر، ماده محرک جوانه‌زنی GR_{24}**

*نویسنده مسئول: e_kazerooni@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

مقدمه

گل‌جالیز[1]، علف هرز یک‌ساله و انگل اجباری ریشه برخی از گیاهان زراعی دولپه است (Eizenberg *et al.*, 2001). ورانسنو و همکاران (Vranceanu *et al.*, 1986) گزارش کردند که هر ساقه هوایی گل جالیزکه به خوبی توسعه یافته باشد، حدود ۵۰۰۰۰ بذر تولید می‌کند. مطالعات کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 1999 b and 2000) روی بذرگل جالیز نشان داد که دو عامل پتانسیل اسمزی و درجه حرارت بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور تأثیر می‌گذارند. مطالعه اثر درجه‌حرارت بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های *O. aegyptiaca*، *O. crenata* و *O.cumana* نشان داد که گونه‌های گل‌جالیز دامنه درجه حرارت مطلوب متفاوتی برای جوانه‌زنی و توسعه را دارند که می‌تواند بازتابی از توزیع جغرافیایی هر گونه باشد (Sauerborn, 1991). کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 1999 a) گزارش کردند که درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری، بین ۲۱-۱۸ درجه سانتی‌گراد است. نامبردگان (۲۰۰۰) در بررسی دیگری دریافتند که بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری در دامنه دمایی ۲۶-۲۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد. باغستانی و همکاران (Baghestani *et al.*, 2010) گزارش کردند که حداکثر درصد جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. برادفورد (Bradford, 2002) بیان کرد که فراهم بودن آب، عامل کلیدی در زمان خواب و جوانه‌زنی بذر است. هرگاه پتانسیل اسمزی کمتر از حد بحرانی باشد، بذر با تنش آب روبرو خواهد شد و بسته به شدت کاهش پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی به تأخیر افتاده یا متوقف می‌شود. سرعت جوانه‌زنی بذر از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است. هرچه سرعت جوانه‌زنی بذر بیشتر باشد شانس استقرار تحت شرایط تنش نیز بیشتر خواهد شد (Fernandez and Johnston, 1995). آغاز خروج ریشه‌چه، نسبت به مراحل بعدی رشد گیاهچه، اغلب بیشترین حساسیت را به تنش آب دارد. اگر فرایند جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، سرعت فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی داخل بذر کند شده، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این‌رو سرعت جوانه‌زنی کاهش خواهد یافت (Abnous, 2001). قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2005) بیان کردند که دماهای کاردینال بذور شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) متأثر از شرایط رطوبتی هستند. برای مثال، دمای پایه جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی افزایش می‌یابد. کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 1999a) گزارش کردند که دمای پایه جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش یافت. آنها همچنین بیان کردند که بذور گل‌جالیز مصری می‌توانند در دماهای مطلوب در سطوح بالاتری از تنش آبی نیز جوانه بزنند. کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 2000)

1- *Orobanche* spp.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

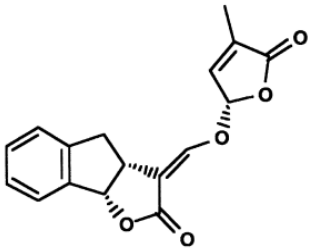
همچنین بیان کردند که دمای مطلوب حداکثر جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد. برای مثال، دمای مطلوب جوانه‌زنی در صفر مگاپاسکال ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود که در ۱/۲۵ مگاپاسکال به ۲۰ درجه سانتی‌گراد رسید. توانایی پیش‌بینی جوانه‌زنی بذور در دما و پتانسیل‌های اسمزی مختلف در گیاهان زراعی و علف‌های هرز بسیار کاربردی است. در واقع با پیش بینی سطح آلودگی می‌توان به طراحی یک برنامه کنترلی مناسب دست یافت. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر دما و پتانسیل‌های اسمزی مختلف بر صفات جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذور گل جالیز مصری (*Orobanche aegyptiaca*)، در تابستان ۱۳۸۹ از مزرعه گوجه فرنگی آستان قدس رضوی مشهد که به‌طور طبیعی دارای درصد آلودگی بالایی از گل جالیز مصری بود، جمع آوری شدند. بذور جمع آوری شده در سایه خشک و تمیز شده و تا زمان استفاده در دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد و تاریکی نگهداری شدند. این پژوهش در پاییز ۱۳۹۰ در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آروس دانمارک انجام شد. تیمارها شش سطح درجه‌حرارت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و پنج سطح پتانسیل اسمزی ۰، ۰/۳ -، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال و یک شاهد که از آب مقطر استفاده شد، را دربر گرفتند. آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در هر پتری دیش ۹ سانتی‌متری، ۲۵ عدد بذر گل‌جالیز مصری روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شدند. برای مرطوب کردن کاغذ صافی‌ها در دوره آماده‌سازی از آب مقطر استفاده شد. تمام پتری دیش‌ها درون سینی که کف آن حاوی دستمال کاغذی مرطوب بود، چیده شدند و داخل کیسه پلاستیکی سیاه قرار داده شدند تا تبخیر آب کاهش یافته و شرایط تاریکی برای بذور فراهم شود و به مدت۶ روز در انکوباتور با دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از گذراندن دوره آماده‌سازی، بذور خشک شده و به هر پتری دیش ۱۰۰ میکرولیتر (۱۰ پی‌پی‌ام) ماده محرک جوانه‌زنی GR_{24} (شکل ۱، Johnson *et al.*, 1981)، سپس ۲ میلی‌لیتر محلول پلی اتیلن گلیکول (MW 6000, Merck) اضافه شد. درب پتری دیش‌ها با پارافیلم مسدود و در انکوباتورهای تنظیم شده با دماهای مورد آزمایش نگهداری شدند. در زمان جوانه‌زنی نیز تمامی پتری دیش‌ها در پلاستیک‌های سیاه قرار داده شدند تا در شرایط تاریکی قرار گیرند. ۳۶ ساعت پس از شروع آزمایش شمارش بذور جوانه‌زده آغاز شد. خروج ریشه‌چه و قابل رؤیت بودن آن به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. شمارش جوانه‌زنی بذور هر ۱۲ ساعت یک‌بار زیر بینوکولر انجام می‌شد. بذور جوانه‌دار پس از شمارش

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

از پتری‌دیش‌ها حذف وشمارش تا زمانی که بذرو تا سه روز جوانه نزد (حدود ۱۰ روز پس از شروع آزمایش) انجام شد.



شکل ۱- ساختار شیمیایی ماده محرک جوانه‌زنی GR_{24} (Johnson *et al*., 1981)

در تمام تیمارهای دمایی و رطوبتی جوانه‌زنی، برای هر تکرار منحنی جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان (روز یا ساعت) رسم شد و مدل رگرسیونی ویبول ۴ پارامتری (معادله۱) به آنها برازش داده شد و زمان لازم برای رسیدن به ۱۰ درصد (D_{10})، ۵۰ درصد (D_{50}) و ۹۰ درصد (D_{90}) جوانه‌زنی به شیوه درون‌یابی برآورد شد. از ضرایب این مدل ۳ صفت بیولوژیک به دست آمد که شامل حداکثر درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و زمان تأخیری جوانه‌زنی می‌باشند. معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ($\frac{1}{D_{50}}$) به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی درنظر گرفته شد (Scott *et al.*, 1984).

معادله (۱)
$$Y = a\left[1 - e^{-\left[\frac{x - x_0 + b\ln 2^{\frac{1}{c}}}{b}\right]^c}\right]$$

Y: درصد جوانه‌زنی تجمعی، a: حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_0: زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، X: زمان (روز یا ساعت) و b و c: ضرایب ثابت مدل می‌باشند.

یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، اختلاف زمان بین ۱۰ (D_{10}) و ۹۰ (D_{90}) درصد جوانه‌زنی می‌باشد ($GU=D_{90}-D_{10}$) که هر چقدر عدد آن کمتر باشد، یکنواختی جوانه‌زنی بیشتر است؛ یعنی فاصله بین زمان تا ۱۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی کمتر می‌باشد.

برای تعیین دماهای کاردینال، روند صفات جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف از مدل رگرسیونی خطی متقاطع (ISL)[1]، چند جمله‌ای درجه ۲ (QPN)[2] و دندانه مانند(DL)[3] به‌ترتیب با معادله‌های ۲، ۳ و ۴

1- Intersected-lines Model
2- Quadratic Polynomial Model
3- Dent-Like

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

به داده‌های سرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف برازش داده شد (Soltani *et al*., 2006; Behdani *et al*., 2008).

معادله (۲)
$$f(T) = b \times (T - T_b) if T \leq T_o$$
$$f(T) = c \times (T_c - T) if T \geq T_o$$

معادله (۳)
$$f(T) = a + bT - cT^2$$

معادله (۴)
$$f(T) = \frac{(T - Tb)}{(To1 - Tb)} \quad \text{if } Tb < T < To1$$
$$f(T) = \frac{(Tc - T)}{(Tc - To2)} \quad \text{if } To2 < T < Tc$$
$$f(T) = 1 \quad \text{if } To1 < T < To2$$
$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

F(T)

صفت جوانه زنی (سرعت)، T دما (درجه سانتی‌گراد)، T_b، T_o و T_c به‌ترتیب دماهای کمینه، بهینه و بیشینه، T_{o1} و T_{o2} به‌ترتیب دمای بهینه اول (پایین) و بهینه دوم (بالا) به‌دست آمده از مدل دندانه مانند، a، b، c، ضرایب مدل می‌باشند. برای نرمال‌سازی، تبدیل زاویه‌ای (Arc sinx) داده‌های درصد جوانه‌زنی انجام شد.تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS ver. 9.1 انجام گرفت و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD درسطح یک درصد و برازش مدل با نرم افزار Sigmaplot 11.0 انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی تجمعی: بررسی روند درصد جوانه‌زنی تجمعی بذور در پتانسیل‌های اسمزی مورد بررسی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد (شکل۲ الف) نشان داد که فاز تأخیری جوانه‌زنی بذور ۲۰۰ ساعت بود که با کاهش پتانسیل اسمزی، فاز تاخیری جوانه‌زنی طولانی‌تر شد. زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در پتانسیل‌های اسمزی ۰ تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۲۳۱، ۲۴۱، ۲۴۶، ۲۵۳ و ۲۵۴/۴ ساعت و ۸۱/۶، ۷۰/۶، ۵۲/۸، ۳۲ و ۶ درصد بود، به‌طوری‌که با کاهش پتانسیل اسمزی، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش و حداکثر درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ۲ الف). در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، شروع جوانه‌زنی ۱۰۰ ساعت بود که با کاهش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی نهایی، کاهش و زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، افزایش یافت. حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در این دما در پتانسیل‌های اسمزی مورد بررسی به‌ترتیب ۹۵/۸، ۸۸، ۸۸/۷، ۸۴/۹ و ۶۶/۲ درصد بود. حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در دمای مذکور در همه پتانسیل‌های اسمزی از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر و زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتر بود (شکل ۲ ب). در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در پتانسیل‌های اسمزی مختلف از دو دمای قبلی بیشتر و زمان تا

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتری داشت. در این دما نیز با کاهش پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی کاهش و زمان تا ۵۰ درصد افزایش یافت. حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در پتانسیل‌های اسمزی مورد بررسی به‌ترتیب ۹۸/۹، ۹۵/۴، ۹۲/۳، ۹۰/۲ و ۹۰/۹ درصد بود. اختلاف حداقل و حداکثر درصد جوانه‌زنی پتانسیل اسمزی صفر و ۱/۲- مگاپاسکال حدود ۸ درصد بود، در حالی‌که این اختلاف برای دمای ۱۰ و ۱۵ به‌ترتیب ۷۵/۶ و ۲۹/۶ درصد بود. می‌توان بیان کرد با افزایش دما تا دمای بهینه برای جوانه‌زنی اثر پتانسیل اسمزی کاهش و درصد جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی بالا کاهش معنی‌داری نداشت (شکل ۲ ج). شروع جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در همه پتانسیل‌های اسمزی ۵۰ ساعت بعد از شروع آزمایش بود؛ ولی زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و حداکثر جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی مختلف متفاوت بود که روند تغییرات همانند ۳ دمای پیشین بود. به بیان دیگر، کاهش پتانسیل اسمزی موجب کاهش حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده و افزایش زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی شد. حداکثر درصد جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۹۸، ۹۷/۹، ۹۷/۶، ۹۲ و ۸۱/۷ درصد و زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی نیز به‌ترتیب ۴۸/۲، ۴۸/۶، ۴۹/۲، ۵۹/۶ و ۷۳/۷ ساعت بود (شکل ۲ د). در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، کمترین زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در همه پتانسیل‌های اسمزی مشاهده شد. در این دما نیز با کاهش پتانسیل اسمزی زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا حدودی افزایش یافت که در پتانسیل‌های اسمزی صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۹۶/۱، ۹۲/۸، ۹۳/۳، ۹۱/۸ و ۹۱/۸ درصد بود. در این دما، حداکثر درصد جوانه‌زنی برآورد شده روندی مشابه دیگر دماها داشت؛ اما حداکثر جوانه‌زنی از شاهد تا پتانسیل اسمزی ۰/۹- مگاپاسکال از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود. در پتانسیل اسمزی۱/۲- مگاپاسکال ۱۰ درصد افزایش نسبت به دمای مذکور مشاهده شد (شکل ۲). در این دما، شروع جوانه‌زنی در همه پتانسیل‌های اسمزی ۳۶ ساعت بعد از آغاز آزمایش بود که در پتانسیل‌های اسمزی صفر تا ۰/۶- مگاپاسکال در ساعت ۶۰ آزمایش و در پتانسیل اسمزی ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال در حدود ۷۰ ساعت پس از شروع آزمایش به حداکثر جوانه‌زنی خود رسید. در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف زمان بین شروع تا حداکثر جوانه‌زنی در همه پتانسیل‌های اسمزی از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود. در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، در همه پتانسیل‌های اسمزی مجدداً افزایش زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد که با کاهش پتانسیل اسمزی روند آن افزایشی بود. حداکثر درصد جوانه‌زنی دارای روند کاهشی خیلی شدید بود. به‌طوری‌که حداکثر درصد جوانه‌زنی در پتانسیل اسمزی صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۵۲/۹، ۲۸/۹، ۱۸/۱، ۲۵ و ۷ درصد بود و حداکثر اختلاف کمترین و بیشترین درصد جوانه‌زنی برآورد شده در یک دما را بعد از دمای ۱۰، دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد داشت (شکل ۲). در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز جوانه‌زنی در بذور گل جالیز مصری مشاهده نشد. در مجموع، با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در همه پتانسیل‌های اسمزی کاهش و بعد از آن دوباره افزایش یافت. حداکثر درصد جوانه‌زنی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

برآورد شده در دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ داد. هر چه فاصله از محدوده دمای مطلوب بیشتر شد، روند کاهشی درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی شدیدتر شد. Kebreab and Murdoch (1999 a) گزارش کردند که بذرهای گل‌جالیز مصری قادرند در دماهای مطلوب در سطوح بالاتری از تنش آب نیز درصد جوانه زنی بالایی داشته باشند.

درصد جوانه‌زنی نهایی: اثر دما، پتانسیل اسمزی و برهم‌کنش آنها بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دمای آماده‌سازی، زمان آماده‌سازی و دمای جوانه‌زنی بر صفات مورد مطالعه گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*) (اعداد میانگین مربعات می‌باشد).

منابع تغییر	درجه آزادی	G%	R_{50}	GU	D_{10}	D_{50}	D_{90}
درجه حرارت (A)	۵	۱۶۷۸۶**	۰/۰۰۰۹۴**	۱۹۷۲/۹**	۱۰۷۱۳۹**	۱۰۹۲۵۷**	۱۰۳۰۶۵**
پتانسیل اسمزی (B)	۴	۲۹۰۹**	۰/۰۰۰۰۷**	۲۵۴/۲^{ns}	۲۳۶۴/۶**	۱۸۸۱/۵**	۴۰۷۸/۴**
A*B	۲۰	۵۵۹/۷**	۰/۰۰۰۰۰۶**	۱۲۴۷/۲**	۱۲۸/۵^{ns}	۸۶/۰۵^{ns}	۸۹۱/۸**
خطا	۹۰	۵۸/۴	۰/۰۰۰۰۰۱۷	۱۸۳/۵	۱۴۲/۹	۱۵۷/۸	۳۱۸
کل	۱۱۹	۹۴۱	۰/۰۰۰۰۴۴	۴۳۹/۸	۴۷۱۰/۸	۴۷۸۷/۷	۴۸۵۷/۹

(G%: درصد جوانه‌زنی نهایی، R_{50}: سرعت جوانه‌زنی، GU: یکنواختی جوانه‌زنی، D_{10}، D_{50}، D_{90} به‌ترتیب زمان تا رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی)

** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

جدول ۲- ضرایب مدل ذوزنقه‌ای و دوتکه برازش داده شده به درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*).

	درصد جوانه‌زنی (٪)				
	۰	-۰/۳ مگاپاسکال	-۰/۶ مگاپاسکال	-۰/۹ مگاپاسکال	-۱/۲ مگاپاسکال
دمای پایه	۳/۸	۴/۰	۴/۷	۵/۴	۶/۴
دمای مطلوب ۱	۱۴/۰	۱۴/۴	۱۴/۹	۱۵/۵	۱۹/۷
دمای مطلوب۲	۳۰/۰	۲۹/۰	۲۸/۷	۲۹/۲	۲۸/۹
دمای حداکثر	۴۰/۲	۳۹/۴	۳۸/۹	۳۹/۲	۳۸/۶
	سرعت جوانه‌زنی (ساعت/ ۱)				
	۰	-۰/۳ مگاپاسکال	-۰/۶ مگاپاسکال	-۰/۹ مگاپاسکال	-۱/۲ مگاپاسکال
دمای پایه	۵/۶	۵/۶	۵/۶	۵/۷	۵/۵
دمای مطلوب	۳۰/۱	۳۰/۱	۳۰/۱	۳۰/۵	۳۰/۲
دمای حداکثر	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با ۹۴/۲ درصد و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با ۲۶/۴ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی را داشتند (شکل ۳). درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد با هم اختلاف آماری نداشتند؛ ولی با دیگر دماها اختلافات معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$). افزایش دما تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد موجب افزایش درصد جوانه‌زنی نهایی شد و بعد از آن تقریباً ثابت ماند. دماهای پس از ۳۰ درجه سانتی‌گراد به شدت درصد جوانه‌زنی نهایی را کاهش داد. به‌طوری‌که در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به حداقل خود رسید. گو و الخطیب (Guo and Al-Khatib, 2003) نیز بیان کردند که درصد جوانه‌زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد. نکته قابل توجه حساسیت بذور گل‌جالیز مصری به گرما نسبت به سرما بود؛ زیرا در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد شدت کاهش درصد جوانه‌زنی نهایی بیشتر از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود که احتمالاً به‌دلیل خواب ثانویه یا مرگ بذور در این دما باشد. درصد جوانه‌زنی نهایی بذور با کاهش پتانسیل اسمزی به‌صورت خطی کاهش یافت. به‌طوری‌که با ۸۷ درصد جوانه‌زنی در شاهد به ۵۷ درصد جوانه‌زنی در پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال رسید. درصد جوانه‌زنی نهایی در پتانسیل‌های اسمزی ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال با هم تفاوت آماری نداشتند؛ ولی در مقایسه با دیگر پتانسیل‌های اسمزی، اختلاف معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (شکل ۴). کمترین و بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی به‌ترتیب از پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و شاهد با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد با کاهش پتانسیل اسمزی به‌شدت کاهش یافت. در دیگر دماها به‌خصوص دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد روند کاهشی خیلی کند بود. اختلاف حداقل و حداکثر درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بین شاهد و پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۷۵/۶، ۲۹/۶، ۸، ۱۶/۳، ۴/۳ و ۴۶ درصد بود. این نتایج نشان داد که در صورت کافی بودن آب، جوانه‌زنی در دمای زیرحد مطلوب از دمای بالای حد مطلوب بیشتر است. به عبارت دیگر، بذور گل‌جالیز در هوای خنک‌تر بهتر از هوای گرم‌تر جوانه می‌زند. همچنین اثر کاهشی تنش خشکی در دماهای زیر دمای مطلوب بیشتر از دماهای بالای دمای مطلوب است. کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 2000) نیز گزارش کردند که حداکثر جوانه زنی در پتانسیل‌های اسمزی مختلف با افزایش درجه حرارت تا دمای بهینه جوانه‌زنی افزایش یافت و یک‌باره بعد از دمای بهینه کاهش یافت.

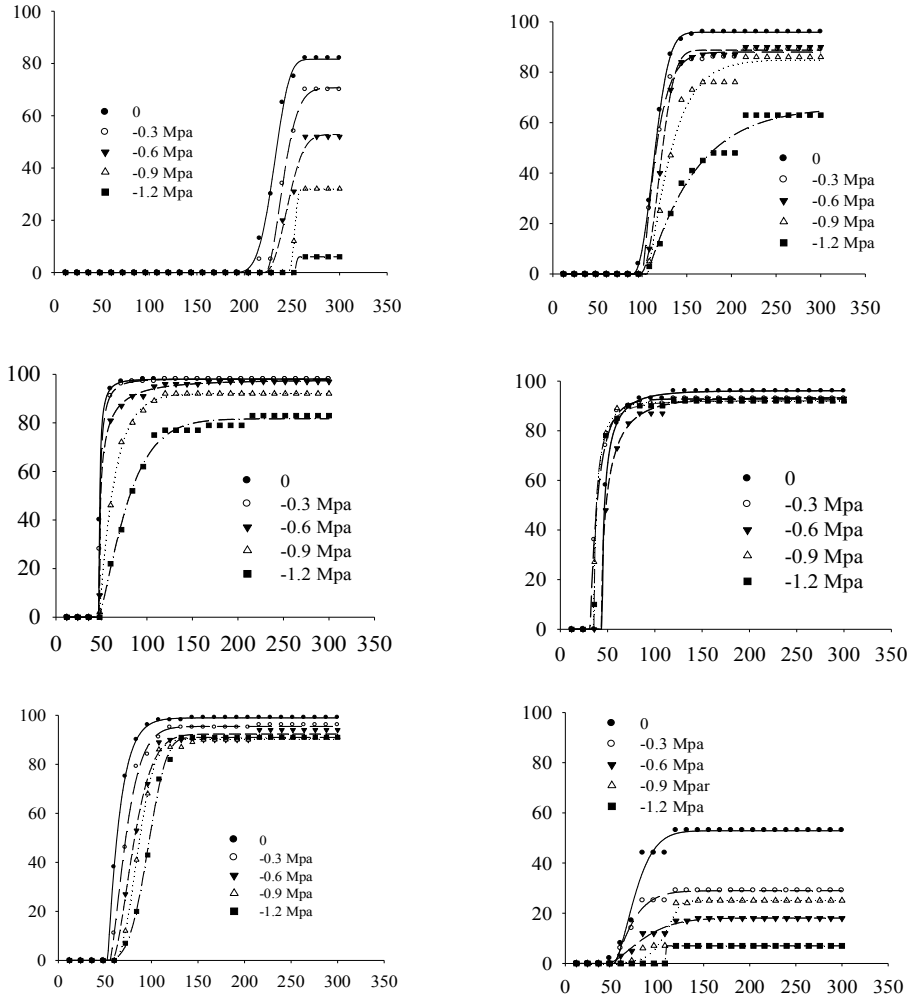
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

جدول ۳- برهم‌کنش دما و پتانسیل اسمزی بر صفات مورد مطالعه گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*)، (درصد جوانه‌زنی ± خطای استاندارد (SE))

دما	پتانسیل اسمزی	G%	R_{50}(ساعت/۱)	GU(ساعت)	D_{10}(ساعت)	D_{50}(ساعت)	D_{90}(ساعت)
	۰	۸۲±۴/۲	۰/۰۰۴۳±۰/۰۰۰۰۲۹	۳۴/۵±۳/۰۳	۲۱۳±۲/۰۵	۲۳۱±۱/۵۸	۲۴۷±۳/۷
	-۰/۳	۷۰±۵/۰	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۰۰۴۷	۳۵/۱±۴/۶۲	۲۲۱±۵/۵۳	۲۴۱±۲/۷	۲۵۶±۳/۰۱
۱۰	-۰/۶	۵۲±۴/۹	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۰۰۳۳	۲۹/۵±۰/۶۹۱	۲۳۱±۰/۵۳۹	۲۴۴±۲/۰	۲۶۰±۰/۴۳۷
	-۰/۹	۳۲±۴/۹	۰/۰۰۳۹±۰/۰۰۰۰۱۸	۱۸/۷۰±/۲۲۰	۲۴۳±۰/۴۵۷	۲۵۳±۱/۱۶	۲۶۱±۰/۲۵۷
	-۱/۲	۶±۱/۱	۰/۰۰۳۸±۰	۹/۶±۰	۲۵۳±۰	۲۵۸±۰	۲۶۲±۰
	۰	۹۶±۱/۶	۰/۰۰۸۷±۰/۰۰۰۱۲۶	۳۴/۵±۲/۰۳	۹۹±۱/۱۲	۱۱۴±۱/۶۸	۱۱۳±۲/۱
	-۰/۳	۸۹±۱/۹	۰/۰۰۸۶±۰/۰۰۰۲۰۹	۴۲/۱±۱۱/۳۲	۱۰۰±۰/۸۹۲	۱۱۶±۲/۸۳	۱۴۲±۱۲/۲
۱۵	-۰/۶	۹۰±۳/۸	۰/۰۰۸۲±۰/۰۰۰۱۳۱	۳۱/۸±۲/۷۷	۱۰۶±۱/۵۹	۱۲۱±۱/۹۸	۱۳۸±۴/۳
	-۰/۹	۸۶±۴/۲	۰/۰۰۷۶±۰/۰۰۰۱۲۱	۷۱/۰±۱۷/۲۵	۱۱۰±۳/۴۴	۱۳۰±۱/۹۸	۱۸۱±۱۶/۱
	-۱/۲	۶۳±۶/۴	۰/۰۰۷۳±۰/۰۰۰۳۲۹	۹۲/۶±۳/۴۹	۱۱۷±۵/۰۷	۱۳۶±۵/۶۲	۲۱۰±۱/۷
	۰	۹۹±۱	۰/۰۱۵۶±۰/۰۰۰۲۰۲	۳۱/۷±۲/۴۳	۵۱±۰/۱۴۲	۶۳±۰/۸۱۹	۸۳±۲/۵
	-۰/۳	۹۶±۱/۶	۰/۰۱۳۷±۰/۰۰۰۴۸۴	۳۶/۴±۲/۹۳	۵۸±۲/۶۹	۷۲±۲/۵۴	۹۵±۵/۱
۲۰	-۰/۶	۹۴±۲/۶	۰/۰۱۲۲±۰/۰۰۰۲۵۲	۴۰/۷±۳/۹۸	۶۴±۰/۴۵۵	۸۱±۱/۶۸	۱۰۵±۴/۲
	-۰/۹	۹۱±۳/۸	۰/۰۱۱۵±۰/۰۰۰۴۲۷	۳۲/۴±۰/۷۹۷	۷۰±۳/۱۷	۸۶±۳/۱۵	۱۰۲±۳/۰
	-۱/۲	۹۱±۶/۴	۰/۰۱۰۵±۰/۰۰۰۶۵۴	۳۳/۶±۳/۷۲	۷۹±۵/۲۹	۹۶±۵/۳۳	۱۱۳±۶/۵
	۰	۹۸±۲	۰/۰۲۰۲±۰/۰۰۰۴۹۹	۱۹/۳±۰/۸۶۳	۳۹±۰/۸۷۷	۴۹±۱/۴۲	۵۸±۰/۳۱۳
	-۰/۳	۹۸±۲	۰/۰۱۹۲±۰/۰۰۰۲۵	۱۹/۸±۰/۶۶۲	۴۰±۰/۸۱۸	۵۱±۰/۶۷۶	۶۰±۱/۲
۲۵	-۰/۶	۹۷±۱	۰/۰۱۸۳±۰/۰۰۰۱۷۳	۲۸/۷±۹/۹۶	۴۷±۱/۷	۵۴±۰/۵۲۱	۷۵±۸/۴
	-۰/۹	۹۲±۲/۳	۰/۰۱۶۳±۰/۰۰۰۵۹۸	۴۱/۶±۸/۳۲	۵۰±۰/۳۷۴	۶۱±۲/۲۸	۹۱±۸/۵
	-۱/۲	۸۳±۸/۱	۰/۰۱۳۲±۰/۰۰۰۵۱	۶۶/۶±۱۴/۶۱	۵۲±۰/۳۹۹	۷۵±۲/۸۹	۱۱۹±۱۴/۶
	۰	۹۶±۱/۶	۰/۰۲۵۹±۰/۰۰۰۹۸۲	۲۲/۱±۳/۰۷	۲۷±۱/۱۵	۳۸±۱/۴۸	۵۲±۲/۴
	-۰/۳	۹۳±۳/۴	۰/۰۲۴۷±۰/۰۰۰۳۲۱	۲۳/۷±۲/۳۹	۲۸±۰/۳۰۶	۴۰±۰/۵۱۷	۵۷±۲/۵
۳۰	-۰/۶	۹۳±۱/۹	۰/۰۲۳۶±۰/۰۰۰۰۵۸	۳۰/۷±۲/۱۱	۳۴±۰/۷۹۸	۴۲±۰/۰۱۰	۵۸±۳/۱
	-۰/۹	۹۲±۱/۶	۰/۰۲۱۷±۰/۰۰۰۳۲۵	۳۵/۱±۵/۰	۳۸±۰/۱۳۸	۴۶±۰/۶۹۰	۷۳±۵/۲
	-۱/۲	۹۲±۱/۶	۰/۰۲۰۸±۰/۰۰۰۷۳	۳۶/۲±۱۲/۱۲	۳۸±۰/۳۹۰	۴۸±۱/۷۸	۷۴±۱۲/۲
	۰	۵۳±۶/۶	۰/۰۱۳۱±۰/۰۰۰۱۷۴	۴۹/۸±۹/۷	۵۵±۳/۸۸	۷۶±۱/۰۲	۱۰۵±۷/۹
	-۰/۳	۲۹±۵	۰/۰۱۴۰±۰/۰۰۰۴۹۵	۴۳/۲±۸/۳۳	۵۵±۳/۰	۷۱±۲/۵۶	۹۸±۹/۹
۳۵	-۰/۶	۱۸±۲	۰/۰۱۲۶±۰/۰۰۱۶۳	۵۱/۹±۷/۷	۶۰±۶/۰۲	۸۳±۱۱/۳۲	۱۱۳±۱۱/۸
	-۰/۹	۲۵±۴/۱	۰/۰۱۰۶±۰/۰۰۱۰۹	۲۶±۶/۸	۸۹±۱۱/۶۶	۹۷±۹/۹۷	۱۱۵±۸/۹
	-۱/۲	۷±۳	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۲۱۹	۷/۲±۲/۴	۸۲±۲۷/۳	۸۵±۲۸/۵	۸۹±۲۹/۷

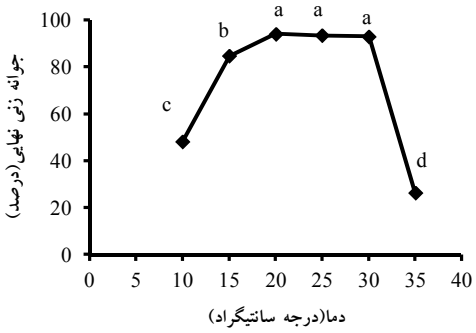
(G%: درصد جوانه‌زنی نهایی، R_{50}: سرعت جوانه‌زنی، GU: یکنواختی جوانه‌زنی، D_{10}، D_{50}، D_{90} به ترتیب زمان تا رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

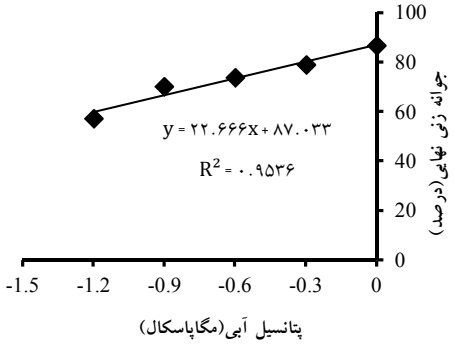


شکل ۲- روند درصد جوانه زنی تجمعی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*) در پتانسیل‌هایاسمزی مختلف (۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) در دمای ۱۰ (الف)، ۱۵ (ب)، ۲۰ (ج)، ۲۵ (د)، ۳۰ (چ) و ۳۵ (و) درجه سانتیگراد. نقاط داده‌های آزمایش و خطوط مدل ویبول ۴ پارمتری برازش داده شده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]



شکل ۳- اثر دماهای مختلف جوانه زنی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بر جوانه‌زنی نهایی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*) (نقاط با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار ندارند)

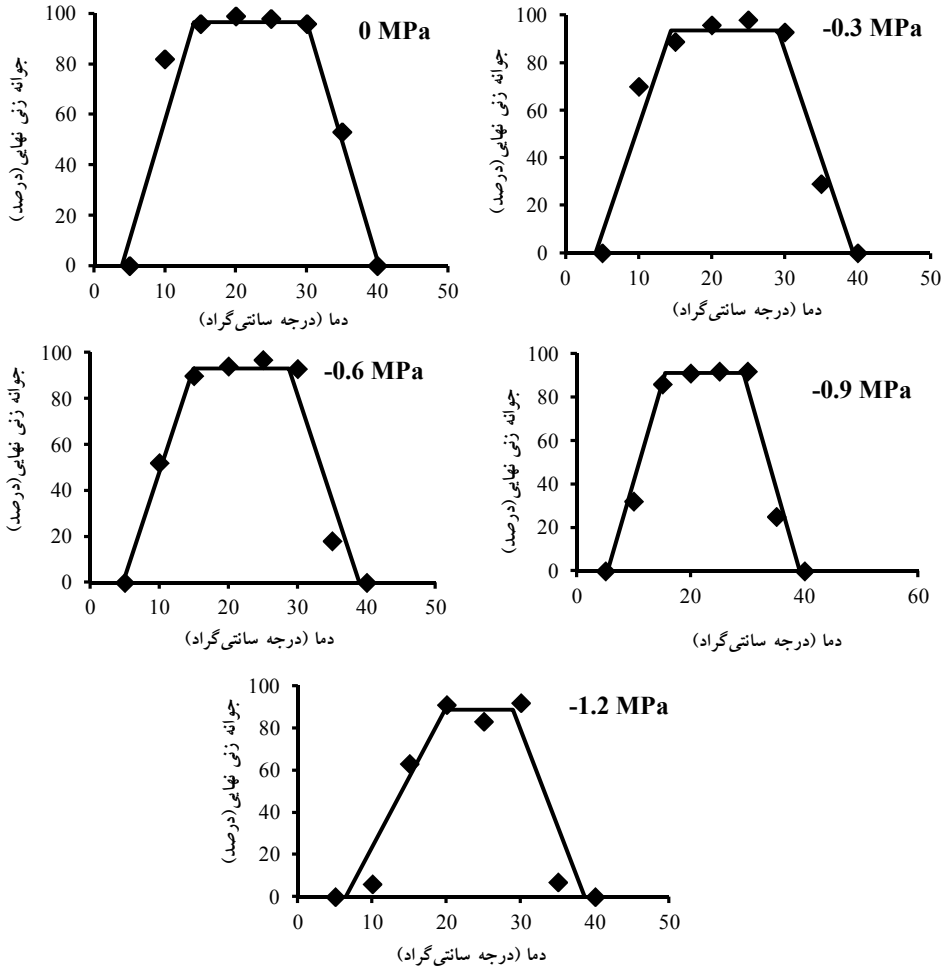


شکل ۴- اثر پتانسیل‌های اسمزی (۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) بر جوانه‌زنی نهاییبذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*)

روند تغییرات درصد جوانه‌زنی نهایی در دماهای مختلف از یک مدل ذوزنقه‌ای پیروی کرد که با برازش این مدل بر درصد جوانه‌زنی نهایی در پتانسیل‌های اسمزی مختلف دمای حداقل، حداکثر و مطلوب برای درصد جوانه‌زنی نهایی به‌ترتیب برای پتانسیل‌های اسمزی مختلف به‌دست آمد. کاهش پتانسیل اسمزی موجب کاهش حداکثر جوانه‌زنی و همچنین کاهش دامنه دمای مطلوب جوانه‌زنی گردید (شکل ۵). دمای مطلوب برای حداکثر درصد جوانه‌زنی برای پتانسیل‌های اسمزی صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۳۰-۱۴، ۲۹-۱۴/۴، ۲۸/۷-۱۴/۹، ۲۹/۲-۱۵/۵ و ۲۸/۹-۱۹/۷ درجه سانتی‌گراد بود. کاهش پتانسیل اسمزی علاوه بر کاهش حداکثر جوانه‌زنی دامنه دمای مطلوب را نیز کاهش داد (جدول ۲). کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 2000) بیان کردند پتانسیل اسمزی بر دامنه حرارتی که حداکثر جوانه‌زنی در آن رخ می‌دهد، تأثیر گذار است به‌طوری که در پتانسیل اسمزی صفر مگاپاسکال حداکثر درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۱۷ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (با دامنه ۹ درجه سانتی‌گراد). در حالی که در پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در دامنه ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود (با دامنه ۳ درجه سانتی‌گراد). دمای مطلوب جوانه‌زنی نیز با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش یافت. کاهش پتانسیل اسمزی بر دمای شروع و دمای حداکثر جوانه‌زنی تأثیر گذار بود و موجب کاهش دامنه دمایی جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری شد. کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 2000) بیان کردند که پتانسیل اسمزی و درجه حرارت هر دو بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور تأثیر گذارند. گزارش شده است که درصد نهایی جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری در پتانسیل‌های

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

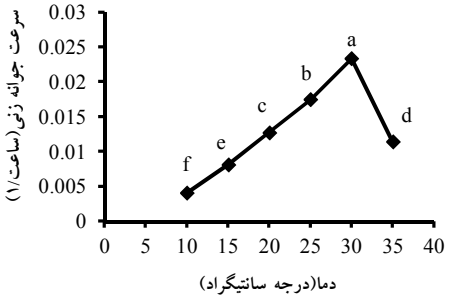
اسمزی بالا (شاهد، ۰/۲- و ۰/۶- مگاپاسکال) در دماهای بین ۱۴ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد به ۱۰۰ درصد رسید. دمای مطلوب برای حداکثر جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش یافت.



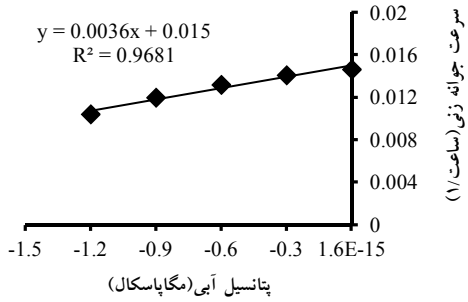
شکل ۵- درصد جوانه‌زنی نهایی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*)در مقابل دماهای مختلف جوانه زنی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) برای پتانسیل‌های اسمزی ۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال. نقاط داده‌های آزمایش و خطوط مدل ذوزنقه‌ای برازش داده شده.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

برای مثال، دمای مطلوب در صفر مگاپاسکال ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود. در حالی که در ۱/۲۵- مگاپاسکال به ۲۰ درجه سانتی‌گراد رسید. در دماهای بالاتر از دمای مطلوب، بذور با کاهش پتانسیل‌های اسمزی آستانه درجه‌حرارت پایین تری برای جوانه‌زنی داشتند. برای مثال، در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر از ۶۰ درصد بذور در پتانسیل اسمزی صفر مگاپاسکال جوانه زدند، در حالی که در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل اسمزی ۱/۲۸- مگاپاسکال جوانه‌زنی محسوسی رخ نداد. آنها به نقل از لینک (Link, 1987) که گزارش کرد که جوانه‌زنی نهایی بذور *O.ramosa* با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش یافت و درصد جوانه‌زنی نهایی در شاهد تا ۰/۲- مگاپاسکال پتانسیل اسمزی در دمای بین ۱۹ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد بین ۹۰ تا ۷۰ درصد بود، بیان کردند که دلیل تفاوت در نتایج این مطالعات می‌تواند حساس‌تر بودن بذور *O.ramosa* به تنش آب باشد. کبری‌آب و موردوخ (Kebreab and Murdoch, 1999b) نشان دادند که پتانسیل پایه اسمزی بذور گل جالیز مصری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۱/۹۶- مگاپاسکال است. وقتی که درجه حرارت تا ۸ درجه کاهش یافت یا تا دمای ۲۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت، پتانسیل پایه اسمزی به‌ترتیب ۱/۳۴- و ۱/۵۱- مگاپاسکال افزایش یافت.



شکل ۶- اثر دماهای مختلف جوانه‌زنی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بر سرعت جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*)



شکل ۷- اثر پتانسیل‌های اسمزی (۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) بر سرعت جوانه زنی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*).

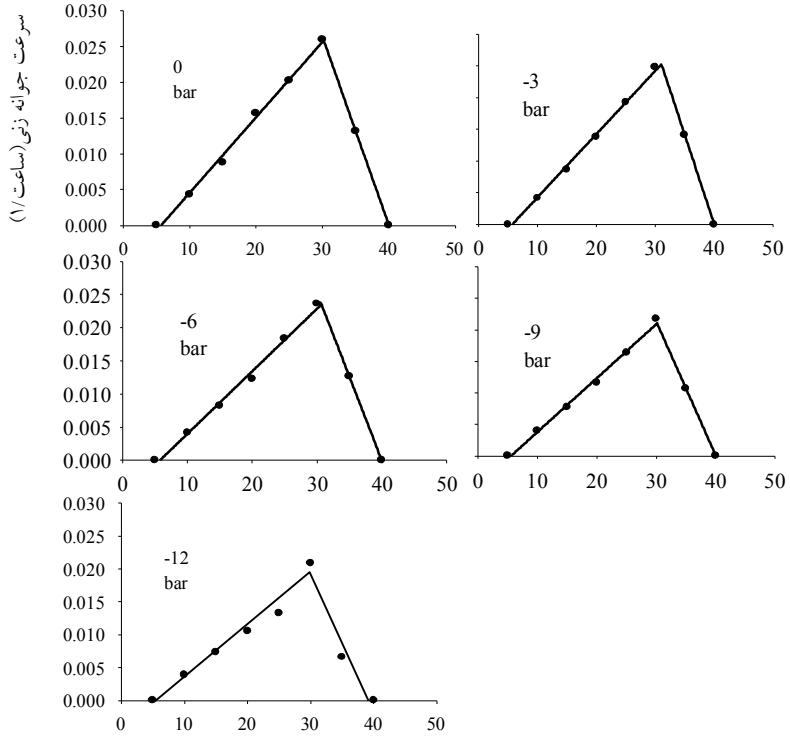
سرعت جوانه‌زنی: بررسی سرعت جوانه‌زنی بذور نشان داد که اثر دما، پتانسیل اسمزی و برهم‌کنش آنها بر این صفت معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱) (جدول۱). مقایسه میانگین اثر دما بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد با ۰/۰۲۳۴ (۱/ساعت) بیشترین و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با ۰/۰۰۴۰ (۱ ساعت) کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (شکل ۶). تمامی دماها در این صفت با هم

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

اختلاف معنی‌داری داشتند (P≤۰/۰۱). سرعت جوانه زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است و هرچه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس رویش بذر تحت شرایط تنش، بیشتر خواهد شد (Fernandez and Johnston, 1995). نوسانات سرعت جوانه زنی بذور در دماهای مختلف، ناشی از عکس العمل متفاوت آنها به گرما دانسته شده است. در دماهای خیلی پایین، پروتئین و آنزیم‌ها برای تطابق با تغییرات مورد نیاز جهت واکنش به مقدار کافی انعطاف‌پذیر نیستند؛ ولی با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی نیز بالا می‌رود. از طرفی دماهای خیلی بالا نیز باعث غیر فعال شدن برخی آنزیم‌ها می‌شوند؛ لذا سرعت واکنش‌ها کاهش می‌یابد. به همین دلیل، جوانه زنی به درجه حرارت، عکس العمل کمینه، بهینه و بیشینه دارد (Bonhomme, 2000). در مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه‌زنی مشخص شد که با کاهش پتانسیل اسمزی سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. پتانسیل اسمزی صفر و ۰/۳- مگاپاسکال با هم اختلاف آماری نداشتند ولی این دو پتانسیل اسمزی با ۳ پتانسیل دیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (P≤۰/۰۱) (شکل ۷). در بررسی برهم‌کنش دما و پتانسیل اسمزی بر سرعت جوانه‌زنی مشخص شد که با کاهش پتانسیل اسمزی در همه دماها سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. به‌جز دماهای ۲۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد که در پتانسیل‌های اسمزی ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- با هم تفاوت آماری نداشتند، همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (P≤۰/۰۱). سرعت جوانه‌زنی در دماهای۳۰، ۲۵، ۲۰، ۳۵، ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در تمامی پتانسیل‌های اسمزی به‌ترتیب دارای بیشترین تا کمترین مقدار بود. به سخن دیگر، در همه پتانسیل‌های اسمزی سرعت جوانه‌زنی دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد از سایر دماها بیشتر بود و در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز در همه پتانسیل‌های اسمزی کمترین سرعت جوانه‌زنی به دست آمد (جدول ۳). با برازش مدل دو تکه به داده‌های سرعت جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری در شاهد دمای حداقل، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی به‌دست آمد که به‌ترتیب ۵/۶، ۳۰/۱ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بودند. این مدل بر سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال نیز برازش داده شد که دمای حداقل، مطلوب و حداکثر سرعت جوانه‌زنی را در همین محدوده دمایی شاهد برآورد نمود (شکل ۸ و جدول۲). بدین ترتیب می‌توان بیان کرد که با وجود کاهش سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی مختلف نسبت به شاهد، محدوده دمای جوانه‌زنی و دمای مطلوب برای سرعت جوانه‌زنی در تمامی پتانسیل‌های اسمزی تقریباً مشابه بود. با کاهش پتانسیل اسمزی، دامنه دمایی برای سرعت جوانه‌زنی تغییر نکرد، در صورتی که برای درصد جوانه‌زنی این دامنه دمایی کمتر شد. به‌طور مثال، دامنه دمایی درصد جوانه‌زنی در پتانسیل اسمزی ۰ و ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۳۶/۴ و ۳۲/۲ درجه سانتی‌گراد بود؛ یعنی با کاهش پتانسیل اسمزی، دامنه دمایی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

جوانه زنی کاهش یافت. در حالی که دامنه دمایی برای سرعت جوانه‌زنی در هر دو پتانسیل اسمزی ۳۴ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین حداکثر سرعت جوانه‌زنی در یک نقطه دمایی صورت گرفت. در حالی‌که حداکثر درصد جوانه‌زنی در یک دامنه دمایی مشاهده شد (شکل‌های ۸ و ۵).

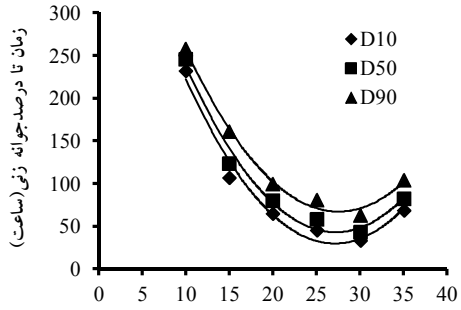


شکل ۸- برازش مدل دوتکه بر سرعت جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز مصری (O.aegyptiaca) در پتانسیل‌های اسمزی مختلف (۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹ - و ۱/۲- مگاپاسکال).

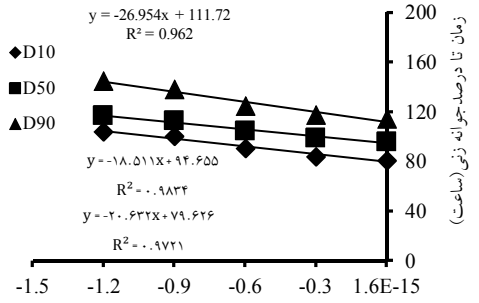
زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی: دما و پتانسیل اسمزی اثرات معنی‌داری بر زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشتند، ولی برهم‌کنش آنها بر زمان تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبوده و فقط زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر برهم‌کنش دما و پتانسیل اسمزی قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر دما بر ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد زمان تا این برخه‌های جوانه‌زنی کاهش و بعد از آن افزایش می‌یابد. روند تغییرات این برخه‌ها از مدل درجه ۲ پیروی کرد. مقادیر این صفات در تمامی دماهای مورد بررسی این مطالعه با هم تفاوت

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

آماری داشتند (P≤۰/۰۱) (شکل ۹). جامی‌الاحمدی و کافی (Jami Al-Ahmadi and Kafi, 2007) بیان کردند که بین زمان مورد نیاز برای رسیدن به یک میزان مشخص جوانه زنی (مثلاً ۲۰ یا ۵۰ درصد) و درجه حرارت رابطه معکوس وجود دارد.



شکل ۹- اثر دماهای مختلف جوانه زنی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) بر زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*).



شکل ۱۰- اثر پتانسیل‌های اسمزی (۰، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال) بر زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه زنی بذور گل‌جالیز مصری (*O.aegyptiaca*)

مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی بر زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نشان داد که کاهش پتانسیل اسمزی موجب افزایش زمان تا این برخه‌ها شد. اختلاف زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی بین شاهد و پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال حدود ۳۰ ساعت بود. در حالی‌که اختلاف زمان تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی به ترتیب به ۲۲ و ۲۱ ساعت رسید. اختلاف معنی‌داری در زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در تیمارهای شاهد با ۰/۳- مگاپاسکال، ۰/۳- با ۰/۶- مگاپاسکال و ۰/۹- با ۱/۲- مگاپاسکال وجود نداشت (P≤۰/۰۱) (شکل ۱۰). در بررسی مقایسه میانگین برهم‌کنش دما و پتانسیل اسمزی مشخص شد که فقط زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفت. روند تغییرات بدین‌گونه بود که با کاهش پتانسیل اسمزی در هر دمایی، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. در تمامی پتانسیل‌های اسمزی با نزدیک شدن به دمای بهینه جوانه‌زنی (۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. برای مثال، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد برای پتانسیل‌های اسمزی صفر تا ۱/۲- مگاپاسکال به‌ترتیب ۲۴۷، ۲۵۶، ۲۶۰، ۲۶۱، ۲۶۲ ساعت بود؛ ولی زمان تا این برخه برای پتانسیل‌های اسمزی مذکور در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۵۸، ۵۱، ۵۶، ۷۴ و ۷۳ ساعت بود (جدول ۳). در مجموع، می‌توان بیان کرد که اثر دما نسبت به پتانسیل اسمزی بر زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی بیشتر بود. کاهش پتانسیل اسمزی موجب

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

تأخیر در شروع، متوسط و حداکثر جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز شد؛ ولی با نزدیک شدن به محدوده دمای بهینه زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. قنبری و همکاران (Ghanbari *et al*.,2005) بیان کردند که طول دوره جوانه‌زنی یعنی فاصله بین شروع و پایان جوانه‌زنی، عامل تعیین‌کننده‌ای در واکنش جوانه زنی به عوامل محیطی مختلف می‌باشد. بنابراین اختلاف زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی می‌تواند معیاری از طول دوره جوانه‌زنی باشد که تحت تأثیر شرایط حاکم بر جوانه‌زنی خصوصاً دما و پتانسیل اسمزی قرار می‌گیرد.

نتایج این مطالعه نشان داد که بذور گل جالیز در دماهای ۲۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب با ۹۴/۲ و ۲۶/۴ درصد جوانه‌زنی بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی را داشتند. کاهش پتانسیل اسمزی موجب تأخیر در شروع، متوسط و حداکثر جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری شد. در صورت وجود تنش خشکی بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در شاهد با ۸۷ درصد جوانه‌زنی و پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال با ۵۷ درصد جوانه‌زنی به‌دست آمد. دامنه دمای مطلوب جوانه‌زنی نیز با کاهش پتانسیل آبی کاهش یافت. در برهم‌کنش دما و پتانسیل اسمزی بر درصد جوانه‌زنی نهایی کمترین و بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی به‌ترتیب در پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و شاهد با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. با کاهش پتانسیل آب سرعت جوانه‌زنی بذور کاهش یافت. در تمامی پتانسیل‌های اسمزی، دمای ۳۰ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. مدل دو تکه برازش داده شده بر سرعت جوانه‌زنی بذور گل‌جالیز دماهای حداقل، مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی را به‌ترتیب ۵/۶، ۳۰/۱ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد برآورد کرد.

منابع

Abnous M. 2001. Ecophysiological effects of drought stress on germination and seedling stages of lentil cultivars. Master's thesis. Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)

Baghestani M.A., Jamnejad M., Minbashi M., Maighani F. 2010. Study the effects of temperature and GR_{60} concentration on seed germination of two broomrape *(Orobanche aegyptiaca and O.cernua)* species and their growth in presence of tomato and tobacco. Journal of Crops Improvement, 12(2): 11-23. (In Farsi)

Behdani M.A., Koocheki A., Nassiri M., Rezvani P. 2008. Models to predict flowering time in the main Saffron production regions of Khorasan province. Journal of Applied Sciences, 8: 907-909.

Bonhomme R. 2000. Bases and limits to using degree day units. European Journal of Agronomy, 13: 1-10.

Bradford K.J. 2002. Application of hydrithermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50: 248-260.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]

Eizenberg H., Tanaami Z., Jacobsohn R., Rubin B. 2001. Effect oftemperature on the relationship between *Orobanche* spp. and carrot (*Daucus carota* L.). Crop Protection, 20:415–420.

Fernandez G., Johnston M. 1995. Seed vigor testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Science and Technology, 23: 617-627.

Ghanbari A., Rahimiyan mashhadi H., Nassiri Mahalati M., Kafi M. Rastgoo M. 2005. Ecophysiological aspects of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) germination under different temperatures. Journal of Iranian Field Crop Research, 3(2): 263-275. (In Farsi)

Guo P., Al-Khatib K. 2003. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), palmer amaranth (*A. palmeri*) and common waterhemp (*A. rudis*). Weed Science, 51: 869-875.

Jami Al-Ahmadi M., Kafi M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia*. Journal of Arid Environments, 68: 308-314.

Johnson A.W., Gowda G., Wassanali A., Knox J., Monaco S., Razawi Z. Roseberry G. 1981. The preparation of synthetic analogues of strigol. Journal of the Chemical Society (Perkin Transactions 1), 1:1734-1743.

Kamkar B., Al-Alahmadi M.J., Mahdavi-Damghani A., Villalobos F.J. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. Industrial Crops and Products, 35: 192-198.

Kebreab E., Murdoch A.J. 1999a. A quantitative model for loss of primary dormancy and induction of secondary dormancy in imbibed seeds of Orobanche spp. Journal of Experimental Botany, 50: 211–219.

Kebreab E., Murdoch A.J. 1999b. Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Journal of Experimental Botany, 50: 655–664.

Kebreab E., Murdoch A.J. 2000. The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Seed Science Research, 10: 127–133.

Linke K.H. 1987. Untersuchungen uber keimung undjugendentwicklung von Strigaund *Orobanche*. PLITS5, 1–95. Hohenheim, Germany, Universität Hohenheim.

Sauerborn J. 1991. Parasitic Flowering Plants: Ecology and Management. Weikersheim, Germany: Verlag Josef Margraf.

Scott S.J., Jones R.A., Williams W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199.

Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Daz M., Sarparast R. 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138: 156-167.

Vranceanu A.V., Pirvu N., Stoenescu F.M., Pacureanu M. 1986. Someaspects of the interaction *Helianthus annuus* L. *Orobanche Cumana* Wallr. and its implications in sunfower breeding. In: ter Borg SJ, eds. Proceedings of the Workshop on Biology and Control of*Orobanche*. Wageningen, The Netherlands: LH / VPOWageningen, 181-189.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08]