تعین دماهای کاردینال جوانه‌زنی در ارقام برنج

حسین غلامی تیله‌بنی*[۱]، قاسم کرد فیروزجایی[۲]، ابراهیم زینلی[۳]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، باشگاه پژوهشگران جوان، گرگان، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشگاه شاهد تهران

۳. عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۲۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۱۶**

چکیده

درک واکنش جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌های زراعی به دما از دیدگاه زراعی حائز اهمیت است. ژنوتیپ‌هایی که در دمای پایین‌تر جوانه‌زنی خود را آغاز می‌کنند می‌توانند برای موقعیت‌هایی (مانند کشت‌های زود هنگام بهاره) مفید باشند که جوانه‌زنی با دماهای کم همزمان می‌گردد. از این‌رو، مطالعهٔ حاضر به منظور یافتن دماهای کاردینال، بررسی واکنش به دما و دامنهٔ بردباری دمایی جوانه‌زنی بذر ۱۵ رقم از برنج‌های مورد استفاده در شمال کشور انجام شد. علاوه بر این، تأثیر نه دمای ثابت بین ۱۲، ۱٦، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳٦ و ٤۰ درجه سانتی‌گراد (د.س.) بر ویژگی‌های جوانه‌زنی این ارقام ارزیابی گردید. دمای پایهٔ (T_b) ارقام برنج مورد مطالعه از ۱۰/۰٦ تا ۱۱/٦۹درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب (T_o) از ۳۰/٤۲ تا ۳۲/۹۷ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف (T_c) از ٤۰/۱۵ تا ٤۳/۸٤ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دماهای کاردینال ارقام مورد مطالعه وجود نداشته است. همچنین، تأثیر رقم بر دامنهٔ بردباری دمایی جوانه‌زنی معنی‌دار نبود ولی از نظر دامنهٔ بردباری دماهای بیشتر از مطلوب تفاوت‌های بیشتری نسبت به دماهای کمتر از مطلوب وجود داشت. به طور کلی، واکنش ارقام برنج به تغییرات دما در دامنهٔ دماهای بالاتر از مطلوب بسیار بیشتر از دماهای کمتر از مطلوب بود.

کلمات کلیدی: دما، جوانه‌زنی، دماهای کاردینال، مدل‌های غیرخطی

مقدمه

جوانه‌زنی سریع بذور و استقرار سریع بوته‌ها در راستای افزایش سرعت رشد اولیه بوته‌ها، دستیابی سریع‌تر به پوشش کامل زمین و شاخص سطح برگ مناسب و در نتیجه افزایش راندمان استفاده از عوامل محیطی مانند تشعشع، تقویت قدرت رقابت گیاهان زراعی با گیاهان هرز و کاهش احتمال فرسایش خاک حائز اهمیت است. بدین دلیل جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس و بحرانی ر چرخه زندگی گیاهان می‌باشد (Forcella et al., 2000). تراکم کافی بوته در واحد سطح زمانی بدست می‌آید که بذرهای کاشته شده بطور کامل و با سرعت کامل جوانه بزنند (Albuquerque and Carvalho, 2003). درصورتی که رطوبت و اکسیژن در حد کفایت فراهم باشد ویژگی جوانه‌زنی توده‌های بذر غیر راکد (مانند سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی) توسط درجه حرارت تعیین می‌شود (Ramin, 1997). بنابراین در مناطق معتدله کاشت بیشتر گیاهان زراعی بهاره مشروط به گرم شدن خاک به قدر کافی برای جوانه‌زنی می‌باشد. درجه حرارت یکی از مهم‌ترین عوامل

www.SID.ir

Email gholamihossein88@gmail.com

محیطی در جوانه‌زنی بذور محسوب می‌شود (Bradford and Still 2002)، و می‌تواند بر سرعت و درصد جوانه‌زنی اثر بگذارد (Kebreab and Murdoch, 2000) چون جوانه‌زنی شامل فرایندهای آنزیمی متعددی از نوع کاتابولیسم و آنابولیسم است که نسبت به درجه حرارت عکس‌العمل نشان می‌دهد.

معمولاً بین سرعت جوانه‌زنی، عکس زمان لازم برای دستیابی به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی نهایی و درجه تا دمای مطلوب برای جوانه‌زنی بذر، رابطه خطی مثبت وجود دارد (Forcella et al., 2002؛ Hegarty, 1973). مطالعات انجام شده در زمینه گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که در دماهای بالاتر از دمای مطلوب سرعت جوانه‌زنی به صورت خطی معمولاً با شیبی بیشتر در مقایسه به شیب خط رگرسیون قبلی (سرعت جوانه‌زنی در دمای پایین‌تر از دمای مطلوب) کاهش می‌یابد (Mohamed et al., 1988). نقطه تلاقی دو خط یاد شده؛ دمایی که در آن جوانه‌زنی با بیشترین سرعت انجام شود به عنوان دمای مطلوب و محل تلاقی امتداد خطوط رگرسیون اول و دوم با محور درجه حرارت به ترتیب درجه حرارت پایه یا مبنا و درجه حرارت سقف تعریف می‌شود. همچنین عکس شیب هر یک از خطوط رگرسیون، زمان حرارتی (تعداد درجه روز رشد یا درجه ساعت رشد) مورد نیاز برای جوانه‌زنی در یک دامنه حرارتی معین را به دست می‌دهد (Mohamed et al., 1988؛ Ramin, 1997). بدین ترتیب گیاهان دارای سه دمای اساسی شامل دمای پایه یا حداقل، دمای مطلوب یا بهینه و دمای سقف یا حداکثر برای جوانه‌زنی هستند که به آنها دماهای کاردینال می‌گویند. دمای پایه و حداکثر دماهایی هستند که به ترتیب در دماهای پایین‌تر و بالاتر از آن دماها، جوانه‌زنی متوقف می‌شود و دمای مطلوب دمایی است که در آن مراحل سرعت و درصد جوانه‌زنی حداکثر است (Alvarado and Bradford, 2002).

دمای کاردینال پارامتری است که در مدل‌سازی، پیش‌بینی مراحل رشدی گیاه و محاسبه واحدهای حرارتی مورد نیاز در هر مرحله رشدی کاربرد فراوان دارد در گونه‌های زراعی بهاره مثل گندم، برنج و چغندرقند تعیین تاریخ مناسب کاشت و استقرار خوب بوته به طوری که در زمان سبز شدن احتمال برخورد به سرمای دیر هنگام حداقل باشد امری ضروری است (Mohamed et al., 2005). تعیین دمای کاردینال به ما این کمک را می‌کند که رقم‌های که دمای پایه پایین‌تری دارند زودتر کشت کنیم. با تعیین دمای کاردینال برای گونه‌های مختلف تخمین محدوده جغرافیایی که در آن یک گیاه زراعی یا رقم احتمال جوانه‌زنی دارد امکان‌پذیر می‌شود (Mohmoudi et al., 2008).

چندین محقق نشان داده‌اند که دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی به گونه بستگی دارد چون دمای کاردینال یک شاخص ژنوتیپی است برای همین در ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه به طور معنی‌داری متفاوت است (Ellis et al., 1980) برای مثال در ارقام بادام زمینی و ارزن مرواریدی تفاوت‌های در حدود ۳/۵ تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد در دماهای کاردینال مشاهده گردید و یا در بررسی تاثیر دما بر جوانه‌زنی ارقام آفتابگردان در حدود ۲-٤ درجه سانتی‌گراد تفاوت بین ارقام وجود داشت.

در زمینه تعیین درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی و میزان واکنش سرعت جوانه‌زنی این ژنوتیپ‌ها به تغییرهای درجه حرارت و همچنین ارزیابی تنوع این صفات در ژنوتیپ‌های مختلف هر گونه زراعی مطالعات نسبتاً گسترده‌ای انجام شده است که از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات Ramin (1997) در مورد ژنوتیپ‌های ترهٔ ایرانی (*Allium ampeloprasum* L. ssp. iranicum)، Goel et al (1986) در مورد چهار گونه از بقولات دانه-ای، Garcia-Huidobro et al (1994) در مورد ژنوتیپ‌های ارزن مرواریدی (Pennisetum typhoides S. & H.) و بالاخره مطالعهٔ Blumenthal et al (1996) در مورد شبدر پنجه کلاغی (Lotus sp.) اشاره نمود. همچنین، Ali et al (1994) تنوع دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی گندم، و Kamaha and Maguire (1992) تأثیر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی گندم را مطالعه کردند.

www.SID.ir

با توجه به اینکه برنج دومین سطح زیر کشت را بعد از گندم در جهان دارد مطالعه دقیقی درباره تنوع دماهای کاردینال و واکنش جوانه‌زنی ارقام برنج به تغییر دما صورت نگرفته است. از این رو مطالعه حاضر به منظور ارزیابی تنوع دماهای کاردینال جوانه‌زنی، عکس‌العمل جوانه‌زنی به تغییر محیط و دامنه بردباری حرارتی جوانه‌زنی ۱۵ رقم برنج مورد استفاده در ایران بویژه در استان‌های شمالی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تنوع واکنش جوانه‌زنی به تغییر دما، دماهای کاردینال و دامنهٔ بردباری دمایی جوانه‌زنی بذر ۱۵ رقم برنج شامل صدری، اهلمی طارم، ندا، فجر، IR42، نعمت، IR58، IR8، رشتی، سالاری، زیر بندپی، رشتی سرد، موسی طارم، قشنگه و شیرودی در ۹ دمای ثابت ۱۲، ۱٦، ۲۰، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳٦ و ٤۳ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بررسی گردید. بذرهای مورد استفاده در آزمایش از مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران آمل تهیه شدند. این بذرها مربوط به یک سال و یک محیط بودند.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار در داخل انکوباتور با دقت ۰/۵ ± درجه سانتی‌گراد اجرا گردید. در هر تکرار ۲۵ عدد بذر سالم در داخل حوله کاغذی به ابعاد ٤۵×۳۵ قرار داده شد. آب مقطر به اندازه کافی در اختیار بذرها قرار گرفت. شمارش بذرها دوبار در شبانه‌روز؛ در ساعت ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر انجام گرفت. در صورت نیاز قبل از برگرداندن حوله کاغذی آب مقطر به مقدار کافی اضافه می‌شد. به هنگام شمارش بذرهایی جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آنها ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود.

در کلیهٔ تیمارها، برای هر تکرار منحنی پیشرفت جوانه‌زنی نسبت به زمان (ساعت) ترسیم و زمان لازم برای۱۰ (D10)، ۵۰ (D50) و ۹۰ (D90) درصد جوانه‌زنی از طریق درون‌یابی بر آورد گردید. همچنین، عکس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی (1/D50) به عنوان سرعت جوانه‌زنی(GR) و فاصله زمانی (برحسب ساعت) بین ۱۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نهایی به عنوان یکنواختی جوانه‌زنی (GU) در نظر گرفته شد (Soltani et al., 2001؛ Zeinali et al., 2003). به این منظور، از برنامهٔ Germin استفاده شد که توسط دکتر افشین سلطانی تهیه شده است (Soltani and Maddah, 2010).

به منظور توصیف روابط بین دما و سرعت جوانه‌زنی و برآورد دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و سقف) از رگرسیون خطی استفاده شد. معادلات دو خط رگرسیون بین دما (محور X و سرعت جوانه‌زنی(محور Y) در دماهای کمتر از مطلوب و بیشتر از مطلوب تعیین شدند. با مساوی قرار دادن دو معادلهٔ مذکور و حل آن، دمای مطلوب جوانه‌زنی (T_o) به دست آمد که در حقیقت همان محل تلاقی دو خط رگرسیون می‌باشد. دماهای پایه (T_b) و سقف (T_c) از طریق برون‌یابی برآورد گردیدند (Ramin, 1997؛ Soltani et al., 2001). بدین ترتیب که محل تلاقی امتداد خط رگرسیون سرعت جوانه‌زنی در دماهای کمتر از دمای مطلوب با محور دما به عنوان دمای پایه و محل تلاقی خط رگرسیون سرعت جوانه‌زنی در دماهای بیشتر از مطلوب با محور دما به عنوان دمای سقف در نظر گرفته شد. به بیان دیگر، با برابر صفر قرار دادن دو معادله رگرسیون هر تیمار به ترتیب نقاط دمای پایه و دمای سقف به دست آمد. شیب خطوط رگرسیون، میزان تغییر سرعت جوانه‌زنی ارقام به ازای هر درجه تغییر دما را نشان می‌دهد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد. همچنین، مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از روش LSD انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

تأثیر دما و ژنوتیپ بر تمام مؤلفه‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی) در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل رقم و دما بر مؤلفه‌های فوق‌الذکر معنی‌دار بود (جدول۱). از نتایج بدست آمده نتیجه‌گیری می‌شود که در غیاب سایر عوامل محدود کننده جوانه‌زنی، جوانه‌زنی بذور کلزا توسط درجه حرارت کنترل می‌شود و معنی‌دار بودن تأثیر متقابل دما و رقم در رابطه با کلیه صفات اندازه‌گیری شده حاکی از عکس‌العمل متفاوت ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام مختلف به تغییرات دمای محیط می‌باشد، که با نتایج سایر محققان از جمله Kamaha and Maguire (1992) و Seefeldt et al (2002) مطابقت دارد. بنابراین، میانگین تغییرات هر یک از این ویژگی‌ها در کل ارقام قابل تعمیم به یکایک ارقام مورد مطالعه نمی‌باشد. همچنین، با توجه به معنی‌دار شدن اثرات متقابل نمی‌توان ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام را بر اساس مقدار میانگین کل تیمارهای دمایی با یکدیگر مقایسه کرد. از این‌رو، در این بخش دربارهٔ نتایج مقایسهٔ میانگین‌های اثرات متقابل دما و رقم در مورد ویژگی‌های جوانه‌زنی صحبت شده است.

درصد جوانه‌زنی در درجه حرارت‌های مختلف در بین ژنوتیپ‌ها متغیر بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین درصد جوانه‌زنی در درجه حرارت‌های ۱۲ و ٤۳ درجه سانتی‌گراد صورت گرفته است. در دماهای کمتر از ۲۰ و بالاتر از ۳۳ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به طور چشمگیری کاهش یافت بطوری‌که با افزایش ٤ درجه سانتی‌گراد از ۳۳ تا ۳٦ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی نزدیک ۳۰ درصد کاهش یافت (شکل۱). بنابراین اگر شرایط کاشت بذر طوری باشد که جوانه‌زنی در دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شود باید مقدار بذر بیشتری کاشته شود، زیرا دماهای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. این نتایج با تحقیقات سایر محققان روی برنج و گیاهان زراعی دیگر مطابقت دارد (Ali et al., 2003؛ Windauer et al., 2007).

تأثیر دما، ژنوتیپ و اثرات متقابل دما * ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول۱). به این علت واکنش سرعت جوانه‌زنی هر ژنوتیپ به دما بطور جداگانه کمی شده است. برای کمی کردن واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما برای همه ژنوتیپ-ها از معادله درجه ۱ استفاده شد. این معادلات حاصل پردازش بر کلیه داده‌های یک رقم از همه تکرارها هستند. میانگین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱٦ درجه سانتی‌گراد، ۰/٦۱۷ در روز، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۰/۹۷۲ در روز، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱/٦۳ در روز، در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد، ۱/۸۹ در روز، در دمای۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۲/۳۳ در روز، در دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد، ۲/۱۵ در روز و بالاخره در دمای ۳٦ درجه سانتی‌گراد، ۱/۲۵ در روز بود. بیشترین سرعت جوانه-زنی در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد و در درجه حرارت‌های بالا و پایین‌تر از این درجه حرارت، سرعت جوانه‌زنی کمتر بود. میزان سرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف برای تک‌تک ژنوتیپ‌ها در شکل۲ آمده است Mahmoudi *et al* (2007) نیز اختلاف دماهای مطلوب برای G_{max} و GR برای یونجهٔ حلزونی (*Medicago scutelleta* L.) را گزارش کردند. در مطالعهٔ ایشان، بهترین تابع برای توصیف G_{max} تابع دندان مانند و برای GR تابع دو تکه‌ای بود که بر اساس آن دمای مطلوب برای G_{max} ۱۵ تا ۲۷/۷۳ و برای GR ۲۲/۲۲ د.س. برآورد گردید.

یکنواختی جوانه‌زنی در حقیقت طول فاز خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. هر قدر طول این مرحله کوتاه‌تر باشد، حاکی از جوانه‌زنی همزمان بذور است. برعکس، طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذور به طور همزمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آنها در دوره زمانی بیشتری صورت گرفته است. جوانه‌زنی غیریکنواخت در مدت طولانی‌تر احتمال حمله بیماری‌های خاکزی به بذور گیاهچه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش استقرار کامل گیاهچه-ها خواهد شد. بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی (با میانگین۲۸/۳٦ ساعت) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین یکنواختی۸۸/۷۳ ساعت) در دمای ۱٦ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکنواختی جوانه‌زنی

Archive of SID

www.SID.ir

جوانه‌زنی در دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند. تفاوت ژنوتیپ‌ها از لحاظ یکنواختی جوانه‌زنی در جدول ۵ نشان داده شده است. به نظر می‌رسد پائین بودن یکنواختی جوانه‌زنی در درجه حرارت پایین به دلیل کاهش سرعت جذب آب باشد که طبیعتاً فرآیندهای فیزیولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا در درجه حرارت-های پایین تقریباً فعالیت کلیه آنزیم‌ها متوقف می‌شود و بنابراین سنتز پروتئین و دیگر مراحل فیزیولوژیکی لازم برای جوانه-زنی و نمود گیاهچه کند می‌شود. همچنین دمای بالاتر از حد مطلوب بخشی از فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی (تجزیهٔ ذخایر غذایی و رشد گیاهچه) را کاهش می‌دهد. در این رابطه گزارش شده که لگوم‌ها در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۷ درجه سانتی‌گراد، سرعت جذب آب بیشتری داشتند (Freeman, 2005).

دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و سقف) برای ژ نوتیپ‌های مختلف برنج در جدول ۷ آمده است. دمای پایه پانزده رقم برنج مورد استفاده در این مطالعه از۱۰/۰۶ درجه سانتی‌گراد در رقم IR58 تا ۱۱/٦۹ درجه سانتی‌گراد در رقم ندا متغیر بود. متوسط دمای پایه برای برنج ۱۰/۸٦ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. در مورد دمای پایه در گیاهان زراعی مختلف گزارشات زیادی وجود دارد برای مثال یافته‌های مطالعهٔ Blumenthal et al (1996) حاکی از تغییرات دمای پایه شش ژنوتیپ پنجه کلاغی(.Lotus sp) بین ۱/۰۱ و ٦/۳۸ درجه سانتی‌گراد بود که نشان‌گر اختلاف بسیار چشمگیر دمای پایه ژنوتیپ‌های گونه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین در این زمینه می‌توان به مطالعهٔ ویژگی‌های جوانه‌زنی۱٦ هیبرید سورگوم (Sorghum bicolor L.) در دماهای ثابت مختلف توسط Wade et al (1993) اشاره نمود که بر اختلاف دمای پایه جوانه‌زنی هیبریدها مورد مطالعه تا حدود ٤ درجه سانتی‌گراد دلالت دارد. با این حال علی‌رغم این گزارش‌ها، گزارش‌هایی نیز وجود دارد که حاکی از تفاوت‌های محدود ژنوتیپ‌های متعلق به یک گونه از نظر دمای پایه می‌باشد. برای مثال Seefeldt et al (2002) تغییرات دمای پایهٔ ٦ رقم گندم بهاره را بین ۱/۲ و ۱/٦ د.س. گزارش کردند. Ali et al (1994) گزارش مشابهی مبنی بر عدم اختلاف معنی‌دار دمای پایهٔ جوانه‌زنی ١٤ رقم گندم بهاره را منتشر نمودند. قابل ذکر است است که از تنوع در دمای پایه می‌توان برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها با هدف بهبود سازگاری به محیط‌های با دمای کم یا زیاد در مرحلهٔ جوانه‌زنی استفاده کرد و کم بودن تنوع در ارقام برنج مورد مطالعه حاکی از مشابهت نسبی سازگاری و نیازهای اکولوژیکی آنها بوده است. به هر حال، شاید بتوان از طریق جمع‌آوری و مطالعه ژنوتیپ‌هایی با سازگاری اکولوژیکی متفاوت‌تر از مناطق اقلیمی گوناگون به هدف یاد شده دست یافت.

نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که کمترین دمای مطلوب مربوط به رقم IR58 با دمای ۳۰/٤۲ درجه سانتی‌گراد و بالاترین دمای مطلوب مربوط به رقم شیرودی با دمای ۳۱/۹۷ درجه سانتی‌گراد تعلق دارد. متوسط دمای مطلوب برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ۳۱/۲٦درجه سانتی‌گراد بدست آمد. در میان ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش کمترین دمای سقف (٤۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد) مربوط به ژنوتیپ سالاری و بالاترین دمای سقف (٤۳/۸٤ درجه سانتی‌گراد) مربوط به ژنوتیپ شیرودی می‌باشد.

به طور کلی، نتایج این مطالعه حاکی از نزدیکی دماهای کاردینال به ویژه دماهای پایه و مطلوب برای جوانه‌زنی در ارقام مورد مطالعه بود به طوری که بیشترین اختلاف بین دماهای پایه ارقام برنج ۱/٦۳ درجه سانتی‌گراد و بیشترین اختلاف بین دماهای مطلوب آنها ۱/۵۵ درجه سانتی‌گراد بود. بنابراین، هیچ یک از ارقام برتری خاصی بر ارقام دیگر برای کشت‌های زود هنگام بهاره نداشتند. اما در مورد دمای سقف، اختلاف بین ارقام بیشتر از دمای پایه و مطلوب (۳/٦۹ درجه سانتی‌گراد) بود و با توجه به اینکه در منطقه گلستان برنج را بعد از برداشت گندم در اوایل تابستان کشت می‌کنند این امر، می‌تواند برای به‌نژادی برنج در اولویت قرار گیرد. به هر حال، شاید بتوان از طریق بررسی دماهای کاردینال در ژنوتیپ‌هایی که در سایر مناطق اقلیمی به ویژه مناطق سردتر مورد استفاده قرار می‌گیرند ژنوتیپ‌های با دماهای پایه و مطلوب پایین‌تر را شناسایی کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین، با توجه به تغییرات اندک دماهای کاردینال در ارقام مورد بررسی، اختلاف قابل توجهی بین ارقام از نظر دامنهٔ تحمل دماهای پایین‌تر و بالاتر از مطلوب وجود نداشت اما به دلیل تغییرات بیشتر دماهای سقف، اختلاف بین ارقام از نظر تحمل دماها بالاتر از مطلوب بیشتر بود. ضمن اینکه دامنهٔ تحمل به دماهای کمتر از مطلوب در ارقام دارای دمای پایهٔ کوچک‌تر، و دامنهٔ تحمل به دماهای بیشتر از مطلوب و کل دامنهٔ تحمل حرارتی در ارقام دارای دمای سقف بزرگ‌تر بیشتر بود.

جدول ۱: تجزیه واریانس(میانگین مربعات) اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی (G_{max})	سرعت جوانه‌زنی (GR) (روز)	یکنواختکی جوانه‌زنی (GU) (ساعت)
درجه حرارت	8	930**/9902	4916**/0	32**/49002
ژنوتیپ	14	12**/187	1131**/0	18**/3150
درجه حرارت *ژنوتیپ	112	36**/74	0819**/0	52**/478
اشتباه	405	7/27	0873/0	149

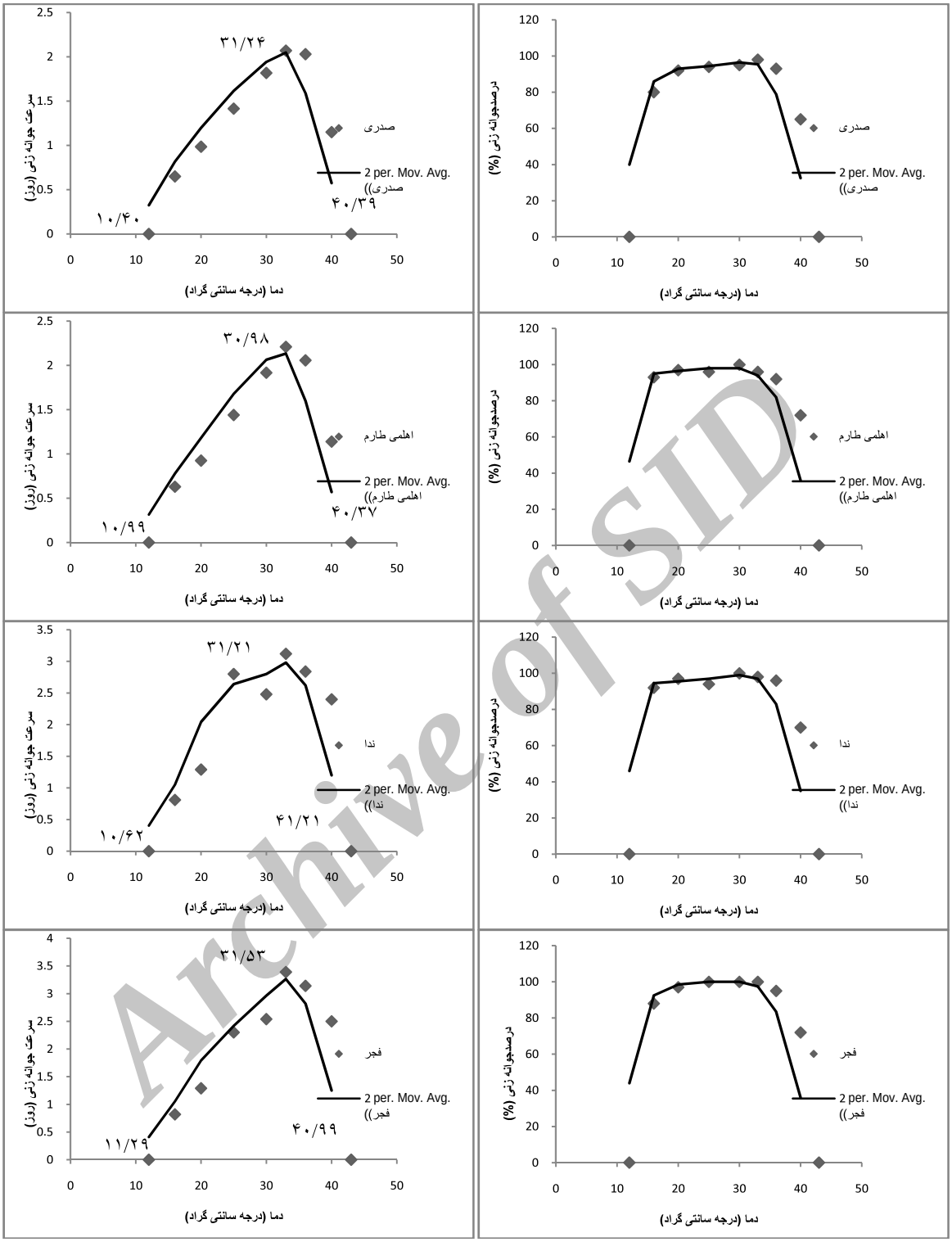
** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۲: دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و سقف) در ژنوتیپ‌های برنج

ژنوتیپ	پایه (T_b)	مطلوب (T_0)	سقف (T_c)
صدری	10.40	31.24	40.39
اهلمی طارم	10.99	30.98	40.37
ندا	10.62	31.21	41.21
فجر	11.29	31.53	40.99
IR42	11.58	30.77	40.91
نعمت	11.39	31.08	40.67
IR58	10.06	30.42	40.17
IR8	10.82	31.52	40.32
رشتی	10.92	31.83	40.71
سالاری	10.36	31.83	40.15
زیر بندپی	11.29	30.84	40.26
رشتی سرد	10.68	31.14	40.26
موسی طارم	10.93	31.16	43.12
قشنگه	10.76	31.16	43.60
شیرودی	10.93	31.97	43.84
LSD (%5)	۰/621	۰/388	۰/682

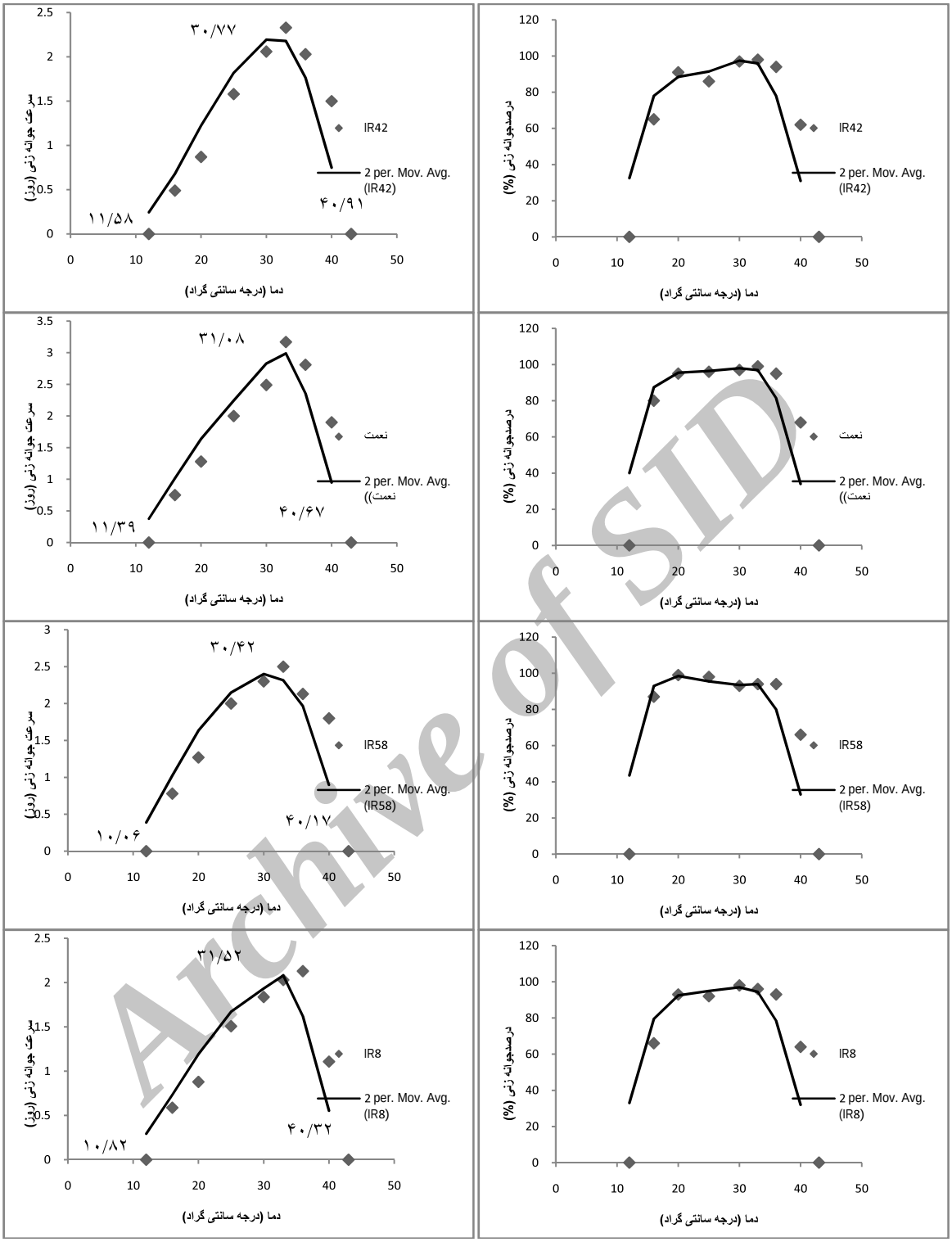
Archive of SID

www.SID.ir



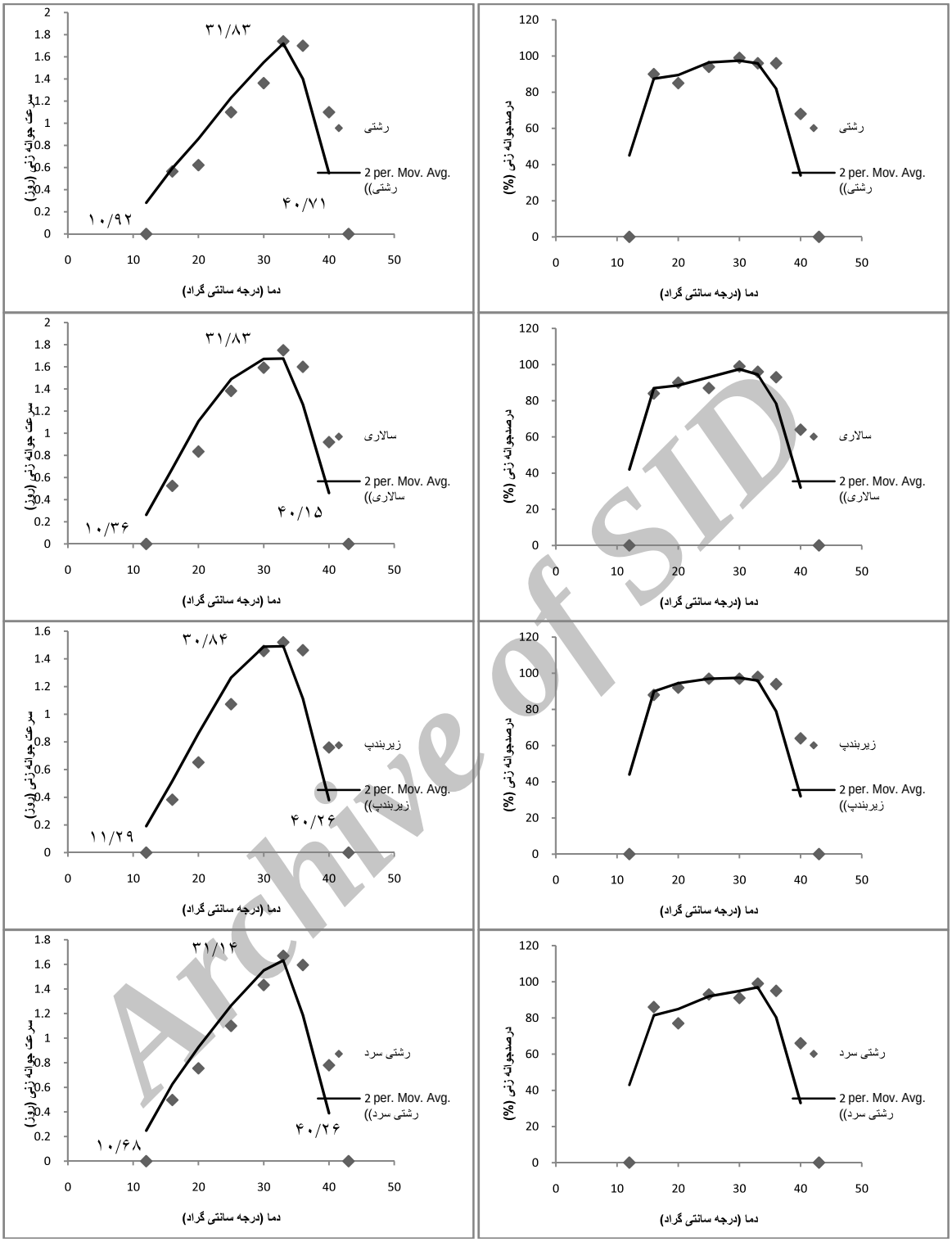
Archive of SID

www.SID.ir



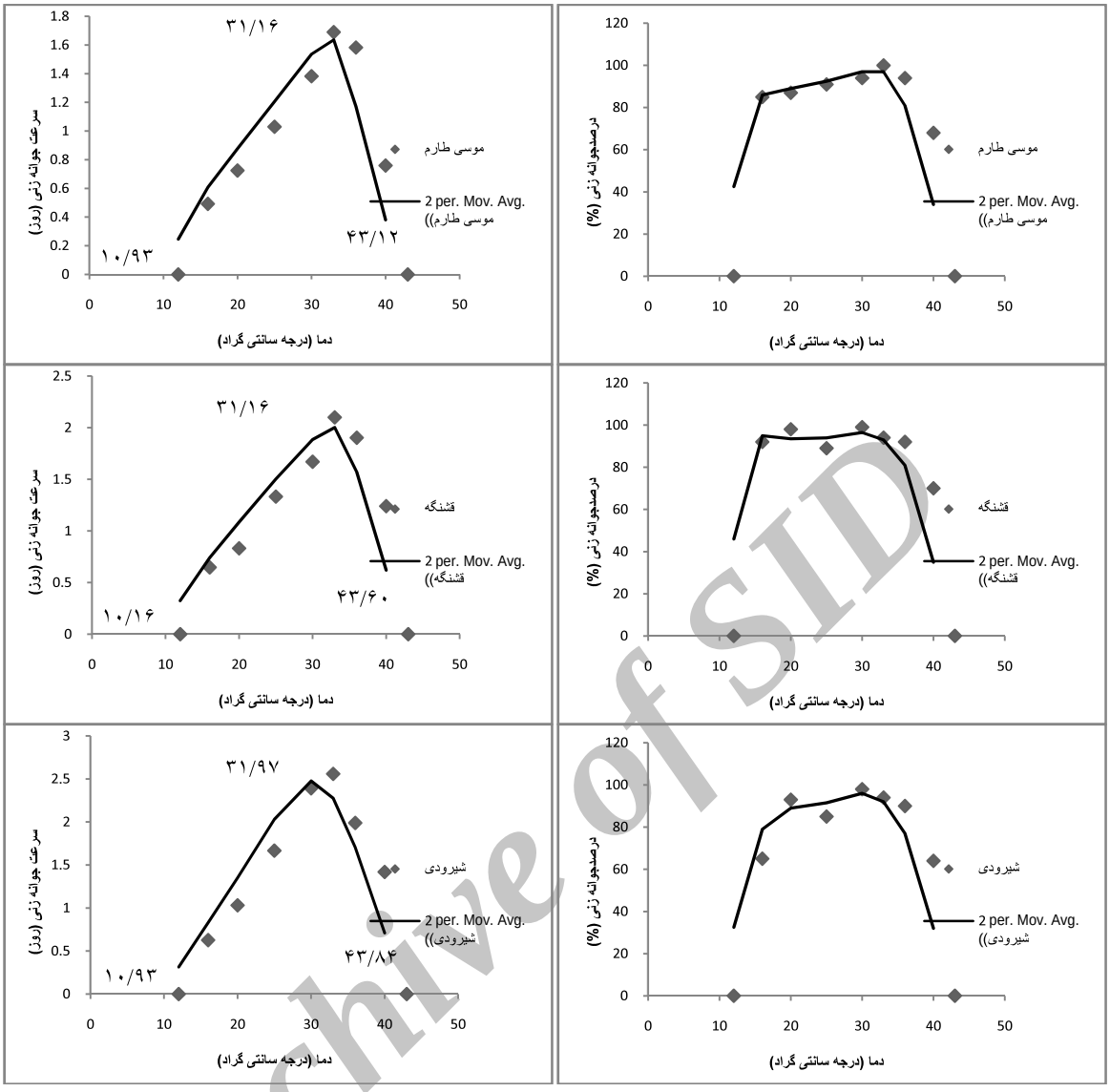
Archive of SID

www.SID.ir



Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: رابطه بین درصدجوانه زنی و دما در ارقام برنج

شکل ۲: رابطه بین سرعت جوانه زنی و دما در ارقام برنج

Archive of SID

References

Ali, M.G., Naylor, R.E.L. and Matthews. S. 2003. Effect of a Range of Constant Temperatures on Germination of Fifteen Bangladeshi Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. Pakistan Journal of biological Sciences. 6: 1070-1076.

Ali, Z.I., Mahalakshmi, V., Singh, M., Ortiz-Ferrara, G. and Peacock, J.M. 1994. Variation in cardinal temperatures for germination among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Annals of Applied Biology, 2:367-375.

Albuquerque, M.C., de, F.E., and Carvalho, N.M. 2003. Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annus* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merril) and maize (*Zea maize* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology. 31:465-479.

Alvarado, V., and Bradford, K.J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ. 25: 1061-1069.

www.SID.ir

Bradford, K.J. and Still, D.W. 2002. Applications of Hydrotime Analysis in Seed Testing. Seed Technology. 26, 74-85.

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

Blumenthal, M.J., Aston, S.C. and Pearson, C.J. 1996. Effect of temperature and moisture potential on germination and emergence in *Lotus* sp. Australian Journal Agriculture Research. 47:1119-1130.

Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. and Summerfield, R.J. 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.

Ellis, R.H., Hory, T.P. and Roberts, E.H. 1980b. towards a rational basis for testing seed quality. in: heblethwaite, a.d.(ed).seed production, butterworths, london.p.605-635.

Forcella, F., Benech Arnold, R.L. Sanches, R. and Ghersa, C.M. 2000. Modeling seeding emergence. Filed Crop Research. 67:123-139.

Freeman, C.E. 2005. Germination response of Texas population of ocotillo to constant temperature water stress, ph and salinity. The American midland Naturalist 89:252-256.

Garcia-Huidobro, J., Monteith, J.L. and Squier, G.R. 1982. Time, temperature and germination of Pearl Millet (*Pennisetum typhoides*, S & H). Journal of Experimental Botany. 33: 288- 296.

Hegarty, T.W. 1973. Temperature relations of germination in the field. In: Heydecker, W. (ed). Seed Ecology. London, Butterwortis. 411-431.

Jalilian, A., Mazaheri, D., Tavakol afshari, R., Rahimian, H., Abdolhian noghabi, M. and Gohari, J. 2005. Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm sugar beet under various temperatures. Journal of Sugar Beet 20(2):112-97.

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

Kamaha, C. and Maguire, Y.D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. Seed Science and Technology. 20:181-185.

Lee, S.Y., Lee, J.H. and Kwon, T.O. 2002. Varietal difference in seed germination and seedling vigor of Korean rice varieties following dry heat treatments. Seed Science and Technology. 30:311.321.

Mohamed, H.A., Clark, J.A. and Ong, C.K. 1988. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crope. Germination characteristics of groundnut.(*Arachis hypogaea L.)* and pealr millet (*pennisetum typhoides* S. and H.) journal of experiment al Botany. 39 (250),1121-1128.

Mwale, S.S., Azam-Ali, S.N., Dark, J.A., Bradley, R.G., and Chatha, M.R., 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed Science and Technology. 22:565-572.

Mahmoodi, A., Soltani, E., and Barani, H. 2008. Germination response to temperature in snail medic (*Medicago sativa* L.). Environmental Journal Crop Production 1 (1):54-63.

Monteith. J.L. 1981. Climate ariation and the growth of crops. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 107:744-774.

Ramin, A.A. 1997. Theinfluence of temperature on germination of tree irani. Seed Science and Technology. 25: 419-426.

Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K., and Waller, J.E. 2002. Base groth temperatures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crops Research 75:47-52.

Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Niak Press. P:80.

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology. 29:653-662.

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

www.SID.ir

Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran, P:180

Van Der Meer Dignan, P.D. and Saveneh, A. G. 2002. Effect of gap size on seedling establishment, growth and survival at three years in mountain ash (*Eucalyptus regnans* F. Muell.) forest in Victoria, Australia. Forest Ecology and Management, 117, 33-42.

Wade, L.J., Hammer, G.L. and Davey, M.A. 1993.Response of germination to temperature amongst diverse sorghum hybrids. Field Crops Research, 31:295–308.

Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products. 25, 70–74.

Zeinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S. 2003. Response of seed germination components to salinity in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal Agricultural Science. 33 (1):137-145.

Archive of SID

www.SID.ir