جنبه‌های اکوفیزیولوژیکی جوانه‌زنی شیرین بیان *Glycyrrhiza glabra* L.
در واکنش به دما

علی قنبری[1]، حمید رحیمیان مشهدی[2]، مهدی نصیری محلاتی[3]، محمد کافی[4] و مهدی راستگو

چکیده

شیرین بیان گیاهی صنعتی و دارویی است که در ایران بعنوان علف هرز عمده مزارع دیم و باغات کشور شناخته می شود. خصوصیات جوانه‌زنی بذور جمع آوری شده شیرین بیان از کرمانشاه و فارس تحت تیمار دماهای ثابت (۰، ۳، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد) مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین درصد جوانه زنی در بذور کرمانشاه و فارس به ترتیب در دمای ۲۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد مشاهده شد و درصد نهائی جوانه زنی بذور فارس بیشتر از کرمانشاه بود. در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد درصد نهایی جوانه زنی در بذورکرمانشاه و فارس به ترتیب ۲۷ و ۴۳ درصد بدست آمد. سرعت جوانه زنی نیز روند مشابهی را دارا بود. برای هر دو جمعیت، کوتاه ترین زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه زنی در محدوده۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد برای هر دو جمعیت کوتاهترین زمان حاصل شد. درجه حرارت کمینه، بهینه و بیشینه جوانه زنی به ترتیب ۲/۲، ۲۹/۱، ۴۵/۳ سانتیگراد برای بذور جمع آوری شده از کرمانشاه و ۲/۴، ۲۹/۲ و ۴۴ درجه سانتیگراد برای بذور جمع آوری شده از فارس بود.

واژه‌های کلیدی: شیرین بیان، جوانه‌زنی، دمای کمینه، بهینه، بیشینه

مقدمه

شیرین بیان گونه ای است چند منظوره که در صنعت و بویژه در داروسازی کاربرد فراوانی دارد و بعنوان داروی آرام بخش، ضد سرفه و خلط آور، خوشبوکننده و شیرین کننده به مصرف می‌رسد (۱، ۴ و ۳۱). کاربرد گسترده آن در صنایع غذایی، داروسازی، دخانیات و توجه فزاینده برای استحصال فرآورده‌های جدید از آن، روز به روز بر اهمیت جهانی آن می‌افزاید. علیرغم اهمیت صنعتی شیرین بیان، در حال حاضر این گیاه به عنوان علف هرز عمده مزارع گندم مناطق غرب کشور بشمار می‌رود‌از اینرو شناخت جنبه‌های اکولوژیکی و فیزیولوژیکی آن بعنوان گونه‌ای زراعی می‌تواند در یافتن راهکارهای مناسب برای کنترل آن در شرایط فعلی و در صورت فراهم شدن امکانات فرآوری آن در آینده،اهمیت زیادی داشته باشد .

خواب بذر عبارتست از حالتی درونی در بذر که از جوانه‌زنی آن در شرایط نامناسب محیطی جلوگیری می‌کند (۱۴). این توانایی، بذور را زنده نگه داشته و به آنها این امکان را می‌دهد که ماهها و حتی سالها، تا زمانیکه ممانعت شرایط محیطی در مقابل مکانیزمهای فیزیولوژیکی بذر، به حداقل مقدار خود برسند در داخل خاک زنده باقی بمانند. زمان جوانه‌زنی به دلیل تأثیر بر بقاء گیاهچه که خود وابسته به عواملی چون دسترسی به آب، دما، نور و عناصر غذایی کافی برای حفظ رشد است، بسیار مهم می‌باشد(۱۵).

۱و ۳و۴ – اعضاء هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۵- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

دما اصلی ترین پیام محیطی تنظیم کننده خواب و جوانه‌زنی می‌باشد (۲۶ و ۳۶). دو اثر کاملاً مجزا برای دما شناخته شده است. اول نقش آن در شکستن خواب و دوم اثری که دما بر سرعت فرایند جوانه‌زنی در بذور بدون خواب می‌گذارد (۱۵). از نظر کاربردی، سه دمای اصلی مشخص کننده پاسخ جوانه‌زنی به درجه حرارت می‌باشند. دمای کمینه (دمای پایه Tb) و بیشینه (دمای سقف Tc)، دماهایی هستند که به ترتیب پایین تر و بالاتر از آنها جوانه‌زنی اتفاق نمی افتد، در حالیکه دمای بهینه (To) دمایی است که در آن سرعت جوانه‌زنی به حداکثر می‌رسد. چنانچه زمان رسیدن به درصد (g) یا برخه[1] خاصی ازجوانه‌زنی از جمعیت بذر (tg)بعنوان تابعی از دما رسم شود، منحنی‌های ∩ شکل پهنی که مختص جوانه‌زنی است، حاصل می‌شود که نشان دهنده دامنه گسترده دمای بهینه است (۲۷). اما چنانچه سرعت جوانه‌زنی (GRg) (عکس زمان رسیدن به جوانه‌زنی در صد خاصی از جمعیت بذور $(1/tg)$) در مقابل درجه حرات رسم شود تابعی مثلثی شکل حاصل خواهد شد.

تکثیر شیرین بیان از طریق قلمه‌های ریزوم و طوقه و همچنین بذر صورت می‌گیرد (۳، ۵، ۶، ۸ و ۹). بذور سالم و عاری از هر گونه بذر علف هرز را ابتدا در شاسی کشت کرده و پس از رشد کافی نشاءها در پائیز آنها را به زمین اصلی منتقل می‌کنند (۳). گزارش شده است (۲۵) مشاهده کرد که درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر محل جمع آوری قرار گرفته و با افزایش شوری از درصد جوانه‌زنی کاسته شده و در مقادیر شوری بالاتر از ۲۰ گرم نمک در لیتر کاهش آن بسیار شدیدتر خواهد بود.

باقرانی (۱۲) در بررسی اثر دما روی جوانه‌زنی ریزوم و بذر شیرین بیان گزارش نمود که در پنج درجه سانتی گراد بذرها جوانه نزده و در دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد، خراش دهی مکانیکی درصد جوانه‌زنی را به ترتیب۱۵، ۸ و ۷ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. در این دماها سرعت جوانه‌زنی بذرهایی که به طریق مکانیکی خراش دهی شده بودند از سایر تیمارها کمتر بوده است. خراش دهی شیمیایی نیز درصد جوانه‌زنی را بطور معنی داری افزایش داد. در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتیگراد، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها با افزایش زمان غوطه وری در اسید سولفوریک از ۵ به۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، بطور معنی داری افزایش یافت . در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد، تفاوتی میان ۵ و ۶۰ دقیقه غوطه وری دیده نشده است. این محققین در بررسی اثر حرارت بر جوانه‌زنی، اختلاف معنی درای را بین بذور خراش داده شده در دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد مشاهده نکردند ولی در بذور سالم اختلاف بین ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد بی معنی و هر دو با ۳۵ درجه سانتی گراد تفاوت معنی داری داشتند. حداکثر جوانه‌زنی در بذور خراش داده شده و بذور سالم در دمای ۳۵ درجهٔ سانتی گراد و به ترتیب ۹۸ و ۱۴ درصد بوده است. این نشان می‌دهد که در طبیعت احتمال سبز شدن بذور بسیار کم و کاشت بذور نتیجهٔ چندانی در ایجاد تراکم مطلوب نخواهد داشت.

بادولوف (۱۱) تیمار اسید سوکسنییک ۰/۰۰۲۵ – ۰/۰۰۵ درصد را همراه با خراش دهی در بستر شن در آزمایشگاه و مزرعه روی بذر شیرین بیان بررسی کرد. طی این بررسی بذور خراش داده شده ای که بمدت ۲۴ ساعت در اسید سوکسینیک ۰/۰۰۲۵ درصد غوطه ور شدند، ۹۸/۷ ٪ جوانه‌زنی را نشان دادند.

خواب بذر *G. glabra* بدلیل غیرقابل نفوذ بودن پوستهٔ آن می‌باشد و زمانی که با اسید سولفوریک به مدت ۲۵ دقیقه تیمار داده شد، ۱۰۰ درصد بذور جوانه زدند. دما و اسید جیبرلیک (GA_3) بر روی جوانه‌زنی بذور اثری نداشتند (۴۰). ورما (۳۹)، بذرهای شیرین بیان را ۲۴ ساعت در آب غوطه ور کرده سپس در اسید سولفوریک غلیظ بمدت

1 -Fraction

۲۰ دقیقه قرار داد و مشاهده کرد که ۱۰۰ درصد بذور جوانه زدند. آبدروخ مانوف (۱۰)، جوانه‌زنی بذور شیرین بیان را با پرتو تابی با اشعهٔ گاما با اسید نیکوتینیک + اسید آمیدنیکوتینیک + پیکولینیک اسید بررسی کرد، که باعث شد ۸۰ تا ۹۰ درصد بذور جوانه بزنند. اوزر(۳۵)، طی بررسی‌های خود دریافت که بذور *G. glabra* در دماهای با دامنهٔ ۱۰ درجهٔ سانتیگراد تا ۳۵ درجهٔ سانتیگراد جوانه می‌زنند. باقرانی و غدیری (۲) ذکر کرده اند که خراش دهی مکانیکی درصد جوانه‌زنی را تا ۹۶ درصد افزایش می‌دهد از طرفی کاشت بذر و ریزومها در شن نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر حدود ۴۴ برابر ریزومها است.

در آزمایشی بذرهای *G. glabra* در اسید سولفوریک بمدت ۱۰ تا ۶۰ دقیقه در دمای ۲۰ – ۱۹ درجهٔ سانتیگراد به میزان ۹۸/۳ ٪ در تیمار زمانی ۴۰ دقیقه جوانه زدند. بذرهای شاهد ۷ ٪ جوانه زدند و بذرهای تیمار شده با اسید سولفوریک به مدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، ۱۱ روز طول کشید تا جوانه زدند. ۹۰٪ بذرهای تیمار شده با اسید سولفوریک به مدت ۴۰ تا ۵۰ دقیقه در روزهای بعدی جوانه زدند (۳۸).

در آزمایشی دیگر (۲۹) بذور شیرین بیان که از سه نقطه مختلف جمع آوری شده بودند در پتری دیشهایی پر شده با شن و در رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۲۲ درجهٔ سانتیگراد بمدت ۶ روز با ۳ میزان محلول نمک قرار گرفتند. نتایج نشان داد که طول هیپوکوتیل و سرعت جوانه‌زنی با افزایش میزان نمک کم شد، که این میزان شاخص خوبی برای مقاومت به شوری می‌باشد.

هدف از این تحقیق بررسی اثر درجه حرارت بر درصد نهایی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی روی دو توده بذری شیرین بیان جمع آوری شده از کرمانشاه و فارس بود.

مواد و روشها

این بررسی در سالهای ۸۰-۱۳۷۷ در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و بخش تحقیقات علفهای هرز موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در تهران به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با دو تکرار برای بذور شیرین بیان جمع آوری شده از دومنطقه استان فارس و کرمانشاه و در دماهای صفر، ۳، ۱۰، ۱۵، ۲۰ ، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد اجرا شد.

بذور پس از جداسازی از غلاف و پاکسازی بذور پوک و خسارت دیده، در دمای آزمایشگاه و مدت نیم ساعت با اسید سولفوریک غلیظ تیمار داده شدند. قبل از آزمایش اصلی بمنظور تعیین مدت زمان مناسب تاثیر اسید سولفوریک بر جوانه‌زنی، آزمون مقدماتی انجام گرفت و مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی در صورت عدم تیمار بسیار پایین است (حدود ۲ درصد در مقایسه با ۱۰۰-۹۵ درصد بذوری که با اسید تیمار شده بودند).

از هر گروه ۵۰ عدد بذر شمارش و درون پتری دیش‌های ۷۰ میلیمتری قرار داده شد. به هر پتری دیش ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. ۲۴ ساعت قبل از شروع هر دوره حرارتی، ژرمیناتور در دمای مورد نظر تنظیم و پس از اطمینان از نوسان معمول دما (^{o}C ۱±) اقدام به قرار دادن بذور در آن شد. در مراحل اولیه هر آزمایش و به فواصل زمانی هر ۱۲ ساعت یکبار، کلیه بذور جوانه زده شمارش و حذف شدند، با کاهش سرعت جوانه‌زنی، شمارش هر ۲۴ ساعت یکبار انجام گرفت (معیار جوانه‌زنی خروج ریشه چه از پوسته بذر بود).

تجزیه و تحلیل دادهای این آزمایش به منظور تعیین اثر دما بر جوانه‌زنی کل، روند جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به کمک روش‌های آنالیز رگرسیون خطی و غیر خطی، تجزیه

واریانس و آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن انجام شد.

برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (پایه، بیشینه و بهینه)، جوانه‌زنی تجمعی نسبت به زمان محاسبه شد. مجموع تعداد بذور جوانه زده در هر یک از دو پتری دیش که در معرض یک تیمار قرار داشتند (هر پتری دیش حاوی ۵۰ بذر) بعنوان جوانه‌زنی یا درصد جوانه‌زنی در نظر گرفته شد و بر این اساس درصد جوانه‌زنی تجمعی بدست آمد. در مرحله بعد نمودار مربوط به مقدار جوانه‌زنی تجمعی در هریک از سطوح تیمارها نسبت به زمان (ساعت) رسم شد. برای انجام محاسبات، در مرحله اول تابع سیگموئیدی (معادله ۱) به داده‌های مربوط به جوانه‌زنی تجمعی نسبت به زمان در هر یک از سطوح تیمار حرارتی برازش داده شد (۱۳).

معادله (۱)
$$Y = \frac{a}{1+e^{\frac{-(t-x_0)}{b}}}$$

در این مدل Y درصد جوانه‌زنی در هر زمان، a حداکثر جوانه‌زنی، t زمان برحسب ساعت و x_0 و b ضرایب ثابت معادله هستند. آنگاه با استفاده از جایگذاری پارامترهای مربوط به معادله ۱ و نیز مقادیر مربوط به درصد جوانه‌زنی مورد نظر در معادله ۲ (برگرفته از معادله ۱) زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی تعیین شد.

$$x = x_0 - (b.\ln(\frac{a-Y}{Y.a})) \qquad (۲)$$

سپس مطابق روش دومور و همکاران (۲۱) عکس زمان رسیدن به درصدهای مورد نظر جوانه‌زنی بعنوان سرعت جوانه‌زنی تا رسیدن به آن درصد جوانه‌زنی در نظر گرفته شد و محاسبه شدند (معادله ۳).

(۳) زمان رسیدن به X درصد جوانه‌زنی / ۱= متوسط سرعت جوانه‌زنی تاX درصد جوانه‌زنی

بنابراین با استفاده از معادلات ۲ و ۳ ، زمان رسیدن و نیز سرعت رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در هر یک از سطوح دما تعیین شد. مرحله بعدی شامل محاسبه دماهای کاردینال جوانه‌زنی بود. بدین منظور نمودار مربوط به مقادیر سرعت متوسط جوانه‌زنی تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نسبت به دما رسم شد.سپس مطابق با روش دومور و همکاران (۲۱) دو تابع خطی ساده (معادله ۴) به ترتیب به دماهای پایین تر از نقطه حداکثر سرعت جوانه‌زنی (دمای بهینه) و دماهای بالاتر از این نقطه برازش داده شد. نقطه حداکثر همان نقطه تقاطع دو تابع خواهد بود.

$$Y = a + bx \qquad (۴)$$

بر این اساس و مطابق با روش دومور و همکاران (۲۱) نقطه برخورد خط برازش داده شده به نقاط زیر دمای بهینه با محور x ها (سطوح دما) بعنوان دمای پایه ، و نقطه برخورد خط برازش داده شده به نقاط بالای دمای بهینه با محور x ها (سطوح دما) بعنوان دمای بیشینه در نظر گرفته شد. برای محاسبه دمای بهینه که درحقیقت نقطه تلاقی دو خط می‌باشد نیز مطابق با روش دومور و همکاران (۲۱) از معادله ۵ استفاده شد.

$$\text{دماي بهينه} = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2} \qquad (۵)$$

در این معادله a_1 و a_2 به ترتیب، عرض از مبداء مربوط به توابع خطی ۱ و ۲ (۱و ۲ به ترتیب خطوط برازش داده شده به نقاط پایین تر و بالاتر از نقطه بهینه می‌باشد) و b_1 و b_2 نیز شیب مربوط به هر یک از خطوط اشاره شده می‌باشند.

برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (دمای پایه، دمای بهینه و دمای بیشینه) در بذور مربوط به هر منطقه، ابتدا نمودار مقادیر متوسط سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما ترسیم شد. سپس منطبق بر مدل ارائه شده توسط بیث هویزن و واگن ورث (۱۴) و لابوریا (۳۰) دو معادله ۵ و ۶ بطور همزمان به ترتیب برای محدوده دمایی دمای پایه تا دمای بهینه (معادله ۵) و دمای بهینه تا دمای بیشینه (معادله ۶) و با استفاده از یک معادله شرطی و به کمک نرم افزار Sigma plot V. 5.00 برازش داده شد:

$$GR=\frac{1}{t}=\frac{(T-T_b)}{\theta T_1} \quad \text{(معادله۶)}$$

در این مدل GR سرعت متوسط جوانه‌زنی T_b دمای پایه جوانه‌زنی و θT_1 زمان حرارتی لازم برای جوانه‌زنی در فاصلهٔ دمای پایه تا دمای بهینه و T نیز دمای مورد نظر می‌باشد.

برای دماهای بالاتر از دمای بهینه از تابع زیر استفاده شد:

$$GR=\frac{1}{t}=\frac{(T_c-T)}{\theta T_2} \quad \text{(معادله۷)}$$

در این مدل GR سرعت متوسط جوانه‌زنی، T_c دمای بیشینه و θT_2 زمان حرارتی لازم برای جوانه‌زنی در فاصلهٔ دمای بهینه و دمای بیشینه و T نیز دمای مورد نظر می‌باشد. همچنین دمای بهینه که نقطهٔ اوج منحنی مرکب حاصل از دو تابع ۵ و ۶ می‌باشد، در حقیقت نقطه مشترک دو خط برازش داده شده به دمای‌های زیر و بالای نقطهٔ بهینه می‌باشد. در مرحله بعد زمانهای حرارتی θT_1 و θT_2 برای کل جمعیت بذور تعیین شد.

نتایج و بحث

درصدجوانه‌زنی نهایی: دما اثر کاملاً معنی داری ($p<0.01$) بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور شیرین بیان مناطق کرمانشاه و فارس داشت. بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی در بذور کرمانشاه و فارس در دامنه دماهای ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد، و کمترین درصد جوانه‌زنی نهایی نیز در بذور هر منطقه در دمای صفر درجه سانتیگراد دیده شد (جدول ۱). همچنین در هر سطح دما، درصد جوانه‌زنی نهایی بذور شیرین بیان منطقه فارس بیشتر از بذور کرمانشاه بود (جدول ۱ و شکل ۱) بطوریکه میانگین درصد جوانه‌زنی نهایی بذور فارس ۸۸ درصد و در بذور کرمانشاه ۷۷ درصد بود (جدول ۱).

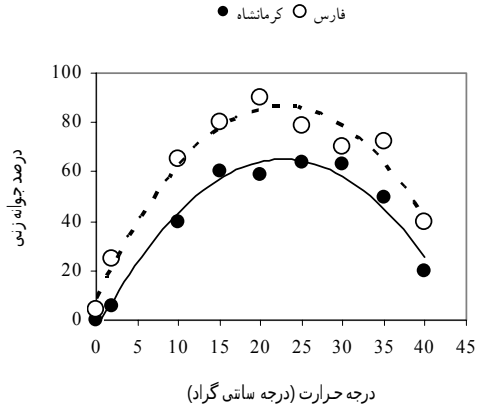
رابطهٔ رگرسیونی دما و درصد جوانه‌زنی نهایی بذور شیرین بیان هر دو منطقه (شکل ۱) نیز نشان داد که منحنی پاسخ، از نوع درجه دو می‌باشد، که نقطه اوج آن در حقیقت نشان دهنده دمای بهینه جوانه‌زنی است و در بالاتر و پایین تر از این محدوده، کاهش جوانه‌زنی نهایی پیش می‌آید.

جدول ۱: اثر دما بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور شیرین بیان کرمانشاه و فارس

دما (درجه سانتیگراد)	درصد جوانه‌زنی		
	۰کرمانشاه	فارس	میانگین
۰	۱۴	۳۰	۲۲
۳	۵۲	۸۲	۶۷
۱۰	۸۹	۹۳	۹۱
۱۵	۹۳	۹۷	۹۵
۲۰	۹۶	۱۰۰	۹۸
۲۵	۹۳	۹۸	۹۵.۵
۳۰	۹۲	۹۹	۹۵.۵
۳۵	۸۶	۹۸	۹۲
۴۰	۷۸	۹۶	۵۹
میانگین	۷۷	۸۸	

کرمانشاه $y = -1.54 + 6.65x - 0.14x^2 \quad r^2 = 0.95 \quad P < 0.0001$

فارس $y = 8.64 + 6.90\,x - 0.14\,x^2 \quad r^2 = 0.97 \quad P < 0.0001$



شکل ۱: اثر دما بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور شیرین بیان کرمانشاه (●) و فارس (○)

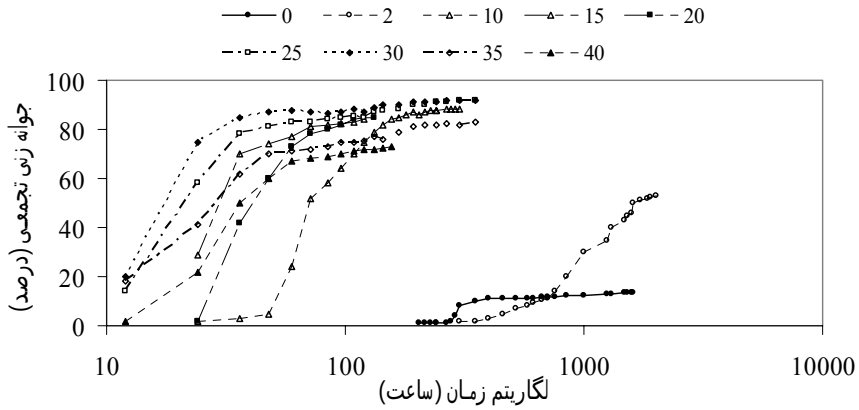
اثرات دما بر درصد جوانه‌زنی نهایی بذور گیاهان مختلف در بسیاری از مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است (۲، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۳۳، ۳۴، ۳۶، ۳۷ و ۳۹). از جمله ایستین (۲۲) نشان داد که بذور *Melochia corehonfolce* در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند بطوریکه کمتر از این دما و یا بالاتر از آن، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. رومن و همکاران (۳۷) نیز نشان دادند که در دمای ۱۷/۵ تا ۲۷/۵ درجه سانتیگراد بذور سلمه تره *(Chenopodium album)* بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشته‌اند. بردفورد (۱۵) اظهار داشت که دما به لحاظ اثری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه چه و ساقه چه می‌گذارد و درصد جوانه‌زنی نهایی بذور را در گیاهان مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی در بذور فارس نسبت به کرمانشاه می‌تواند مربوط به اندازه بزرگتر این بذور باشد. هر چند که نتایج برخی مطالعات نشان داده است که هر چه اندازه بذر بزرگتر باشد، درصد جوانه‌زنی کمتر می‌شود

برای مثال کوچکی و مومن شاهرودی (۷) نشان دادند که بذور نخود با قطر بیشتر از ۷ میلی متر در مقایسه با بذوری که قطر آنها کمتر از ۶ میلی متر بود، درصد جوانه‌زنی کمتری داشتند.

زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی: به منظور درک کمی از اثر دما بر روند جوانه‌زنی، با برازش معادله ۱ به منحنی‌های جوانه‌زنی (شکل ۲) و نیز بهره گیری از معادله ۲ مقادیر مربوط به زمان رسیدن به درصدهای اصلی جوانه‌زنی (۱۰، ۵۰ و ۹۰)، محاسبه شده و نتایج حاصل در جدول ۲ ارائه شده است.

تغییر در زمان رسیدن به درصد خاصی از جوانه‌زنی در واکنش به دما در بذور هر دو منطقه کاملاً مشهود است (جدول ۲). در بین سطوح مختلف دما بیشترین زمانها متعلق به دماهای صفر و ۳ و ۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد و دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد در بذور هر دو منطقه زمان کمتری را برای حصول ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نیاز دارند. قبلاً ذکر شد طول دورهٔ جوانه‌زنی (فاصله بین زمان شروع و پایان جوانه‌زنی) نیزعامل تعیین کننده مهمی در واکنش جوانه‌زنی نسبت به تیمارهای مختلف میباشد. لذا اختلاف زمان رسیدن به ۱۰ درصد جوانه‌زنی یا ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در هر تیمار می‌تواند معیاری از طول دورهٔ جوانه‌زنی در اختیار قرار دهد.



شکل ۲: نمودار جوانه‌زنی تجمعی بذور شیرین بیان منطقه کرمانشاه در دماهای مختلف.

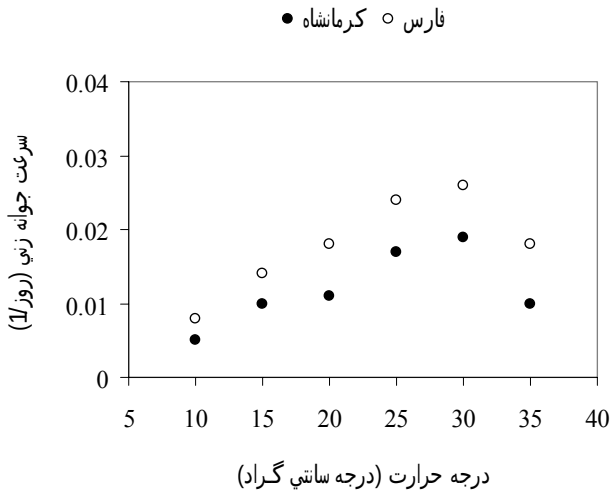
در دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد علاوه بر کاهش زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی، اختلاف زمانی بین زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نیز در بذور هر دو منطقه کاهش یافته است (جدول۲). این مسأله مؤید مناسب بودن شرایط جوانه‌زنی در این محدوده دمایی در بذور شیرین بیان در هر دو منطقه می‌باشد. زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی شاخصی است که به شدت تحت تأثیر شرایط حاکم بر جوانه‌زنی، خصوصاً وضعیت پتانسیل آب و دما قرار می‌گیرد (۷، ۱۵، ۲۰ و ۳۳). آنچه بعنوان وجه مشترک نتایج این تحقیقات می‌توان ذکر کرد، افزایش زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی همزمان با کاهش پتانسیل آب و نیز خارج شدن از محدودهٔ دمایی مطلوب برای جوانه‌زنی بذور گیاهان مختلف می‌باشد. از جمله کوچکی و مومن شاهرودی (۷) نشان دادند که همزمان با کاهش پتانسیل آب، زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی نهایی در بذور نخود افزایش یافت. اوریوکت و همکاران (۳۳)، اوول و همکاران (۳۴)، یاکوبسن و باخ (۲۸)، کولباخ و همکارن (۱۷) و بردفورد (۱۶) نیز مشاهده کردند که زمان رسیدن به درصدهای مختلف جوانه‌زنی در پتانسیل آب منفی تر و دماهای زیر حد بهینه و بالاتر از بهینه جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

سرعت جوانه‌زنی: در این آزمایش به دلیل پایین بودن درصد جوانه‌زنی در دماهای صفر، ۳ و ۴۰ درجه سانتیگراد و امکان افزایش مقدار خطا در محاسبات مربوط به سرعت جوانه‌زنی، این دماها حذف شدند و سایر محاسبات بدون دخالت این دماها انجام شد. همانطوریکه در شکل۳ مشاهده می شود با افزایش دما تا سطح مشخصی، سرعت جوانه‌زنی بذور شیرین بیان هر دو منطقه افزایش و در بالاتر از آن دما با کاهش سرعت جوانه زنی روبرو هستیم. این پاسخ در حقیقت واکنش درصد نهایی جوانه‌زنی به دما را که در ابتدا بیان شد توجیه می‌کند. مشابه درصد نهایی جوانه‌زنی بذور، سرعت جوانه‌زنی در بذور شیرین بیان منطقه فارس در همهٔ دماها بیشتر از منطقه کرمانشاه بود. برای بذور هر دو منطقه، دمایی که حداکثر سرعت جوانه‌زنی (دمای بهینه جوانه‌زنی) مشاهده شد ، در حدود ۳۰ درجه سانتیگراد بود. با توجه به این که سرعت جوانه‌زنی عکس زمان رسیدن به درصد خاصی از جوانه‌زنی می‌باشد، لذا شرایطی که زمان را طولانی تر کند، سرعت جوانه‌زنی را کاهش خواهد داد. این مسأله نیز در مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفته و مشاهده شده است که دماهای بالاتر یا پایینتر از درجه حرارت مطلوب منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۳۴ و ۳۶).

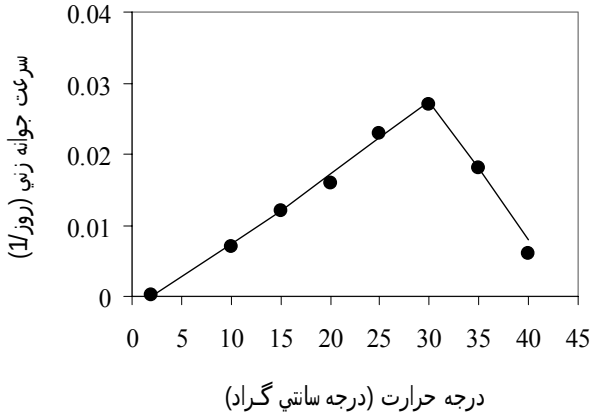
دماهای کاردینال جوانه‌زنی: دماهای کاردینال با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی و به کمک مدلهای ارائه شده و نیز با استفاده از سرعت جوانه‌زنی محاسبه شد. با برازش معادله ۵ به دماهای زیر حد بهینه و معادله ۶ به دماهای بالای حد بهینه دماهای کاردینال مشخص شد (شکل۴). همچنین نتایج مربوط به داده‌های حاصل از این برازش و سایر اجزای تجزیه وتحلیل رگرسیونی در جدول ۴ خلاصه شد. پارامترهای دیگری که از این طریق بدست آمدند زمان حرارتی۱ (θT1) و زمان حرارتی۲ (θT2) می‌باشند که به ترتیب عبارتند از زمان حرارتی لازم (بر حسب درجه سانتیگراد روز) برای دماهای زیر حد بهینه و دماهای بالاتر از حد بهینه جوانه‌زنی بذور شیرین بیان، بعبارت دیگر این مقادیر عکس شیب خط برازش داده شده به دماهای زیر حد بهینه و بالای حد بهینه می‌باشد.

جدول ۲: زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی (برحسب ساعت) در بذور شیرین بیان در جمعیت‌های توده‌های کرمانشاه و فارس

منطقه	درصد جوانه‌زنی مبنا	دما (درجه سانتیگراد) ۰	۳	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
کرمانشاه	۱۰	۳۲۹/۹	۶۶۳/۵	۷۵/۷	۱۴/۲	۱۵/۹	۱۹/۸	۱۶/۲	۱۳/۸	۳۵/۰
	۵۰	-	۱۳۳۸/۷	۱۱۲/۵۷	۵۶/۱	۴۵/۷	۳۰/۷	۲۶/۶	۳۹/۶	۷۰/۷
	۹۰	-	-	-	۱۲۰/۰	۸۵/۷	۵۰/۵	۴۴/۰	-	-
فارس	۱۰	۶۶۲/۳	۵۳۸/۳	۶۱/۳	۱۸/۸	۳۵/۴	۱۹/۳	۱۶/۷	۲۲/۹	۳۳/۶
	۵۰	-	۸۱۴/۲	۸۵/۴	۴۰/۰	۳۵/۷	۲۳/۹	۲۲/۲	۲۳/۸	۵۵/۴
	۹۰	-	-	۱۲۰/۸	۶۴/۲	۳۶/۱	۲۸/۹	۲۷/۹	۲۴/۸	۸۰/۸



شکل ۳: اثر دما بر سرعت جوانه‌زنی بذور شیرین بیان کرمانشاه و فارس.



شکل ۴ : نمودار رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی بذور شیرین بیان فارس برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی.

جدول ۴: دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور شیرین بیان کرمانشاه و فارس .

منطقه	پایه ($T_{b\,C^o}$)	بهینه (T_o)	بیشینه (T_c)	زمان حرارتی ۱ (θT_1)	زمان حرارتی ۲ (θT_2)	ضریب تبیین	سطح احتمال
کرمانشاه	۲/۰	۲۹/۵	۴۸/۵	۶۶۶/۶	۴۵۴/۵	۰/۹۶	۰/۰۱۶۰
فارس	۲/۲	۲۹/۶	۴۸/۲	۵۵۵/۵	۳۷۰/۳	۰/۹۳	۰/۰۳۵۸

همانطور که در جدول ۴ مشخص است دمای پایه جوانه‌زنی در بذور کرمانشاه و فارس به ترتیب ۲ و ۲/۲ درجه سانتیگراد بدست آمد. دمای بهینه جوانه‌زنی برای بذور کرمانشاه و فارس به ترتیب ۲۹/۵ و ۲۹/۶ درجه سانتیگراد برای است. دمای بیشینه جوانه‌زنی نیز برای بذور کرمانشاه و فارس به ترتیب ۴۸/۵ و ۴۸/۲ درجه سانتیگراد بود.

با توجه به شیب کمتر خط برازش داده شده به دماهای زیر حد بهینه در مقایسه با دمای حد بهینه، میزان زمان حرارتی θT1 در کلیه سطوح پتانسیل و در هر منطقه بیشتر از θT2 بود. با مقایسه بذور جمع آوری شده از هر دو منطقه، در مجموع تفاوت قابل ملاحظه ای از نظر دماهای پایه، بهینه و بیشینه مشاهده نشد.

محاسبه دماهای کاردینال بر اساس رابطهٔ سرعت جوانه‌زنی و دما، روشی مرسوم در مطالعات مربوط به تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی به حساب می‌آید (۱۳، ۱۷، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۸، و ۳۴). کولباخ و همکاران (۱۷) منطبق بر این روش دمای پایه جوانه‌زنی را در بذور *Alopecurus myosuroides* صفر درجه سانتیگراد تعیین نمود. یاکوبسن و باخ (۲۸) نیز دمای پایه *Chenopodium quinoa* را ۳ درجه سانتیگراد تعیین نمودند. اوول و همکاران (۳۴) دمای پایه جوانه‌زنی برای بذور نخود، عدس و سویا را به ترتیب صفر، ۲/۵ و ۴ درجه سانتیگراد تعیین نمودند.

رومن و همکاران (۳۷) نیز به کمک این رابطه، دماهای کاردینال جوانه زنی برای بذور سلمه تره را به ترتیب ۴/۲، ۲۶ و ۳۹/۵ درجه سانتیگراد تعیین نمودند.

برخی مطالعات نشان داده که اثرات درجه حرارت بر جوانه‌زنی و سبز شدن، تحت تأثیر پتانسیل آب خاک قرار می‌گیرد از جمله لیوینگستون و جونگ نشان دادند که دمای حداقل برای سبز شدن با کاهش پتانسیل ماتریک خاک کاهش می‌یابد و اینطور نتیجه گیری نمودند که گیاهچه برای جبران تنش آب، نیاز دمایی حداقل خود را کاهش داده است. البته اوریوکت و همکاران (۳۳) مشاهده نمودند که دمای پایه جوانه‌زنی تاج خروس ریشه قرمز *Ameranthus retroflexus Powelli* در شرایط تنش رطوبتی افزایش می‌یابد.

مفهوم زمان حرارتی – رطوبتی توسط بردفورد (۱۶) و دال و بردفورد (۲۰) را گسترش داده شد. دال و بردفورد (۲۰) جوانه‌زنی بذور گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) را بصورت یک معادله بیان نمودند. کریستین و همکاران (۱۹۹۶) زمان حرارتی – رطوبتی را برای مدلسازی رابطهٔ بین حذف خواب بذر و کاهش پتانسیل آب پایه در علف پشمکی (*Bromus tectorum*) بعنوان تابعی از دمای نگهداری و زمان ذخیره سازی، مورد استفاده قرار دادند. رومن و همکاران (۳۷) نیز جوانه‌زنی بذور سلمه تره را بدین وسیله، مدلسازی نمودند. توانایی توصیف اثر متقابل دما و رطوبت در یک منحنی ساده، تلاش برای رسیدن به یک معادله اکوفیزیولوژیکی جامع

برای مدلسازی جوانه‌زنی بذور و سبز شدن گیاهچه ها را، آسانتر می‌نماید.

نتیجه گیری کلی

شیرین بیان را میتوان بعنوان یک گونه زراعی اهلی نمود و با توجه به وجود بازار رو به رشد میتواند جایگزین بعضی از گونه‌های زراعی در شرایط دیم یا مناطقی که به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و یا شوری خاک درحال حاضر امکان کاشت سایر گونه‌های زراعی در آنجا فراهم نیست، باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده و نتایج دیگر محققین در سایر نقاط دنیا، عکس العمل گونه ها، واریته ها و توده‌های محلی نسبت به شرایط محیطی متفاوت است و ضرورت دارد در صورت زراعی نمودن این گونه به این مسئله توجه شود. این تفاوتها در جوانه‌زنی بارز است. بر اساس نتایج بدست آمده و پایین بودن دمای پایه جوانه‌زنی بذر شیرین بیان و باتوجه به دایمی بودن آن، این گونه را میتوان بصورت پاییزه یا بهاره کشت نمود. دماهای کاردینال متاثر از شرایط رطوبتی است. دمای پایه جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب افزایش می‌یابد. از اینرو در مناطقی که شرایط خشکی یا شوری حاکم است بهتر است تاریخ کاشت را به تعویق انداخت تا شرایط از نظر حرارتی برای جوانه‌زنی مساعد شود. در شرایط شوری و خشکی، کاشت این گونه در محیط هایی که متوسط دما در طول فصل رشد، بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد باشد مناسبتر است.

منابع

۱- امیدبیگی ، ر. ۱۳۷۴. رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی. چاپ اول. انتشارات فکر روز.

۲- باقرانی، ن. و ح. غدیری. ۱۳۷۳. خلاصه مقالات سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحهٔ ۳۱۳.

۳- جاوید تاش، الف. ۱۳۶۸. وضع کلی، اقتصادی و صادراتی شیرین بیان در استان فارس. سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، شمارهٔ ثبت ۶۸/۴۲.

۴- زمان، س. ۱۳۷۰. گیاهان دارویی، روشهای کاشت و برداشت و شرح مصور رنگی ۲۵۶ گیاه. (ترجمه) انتشارات ققنوس.

۵- قربانیان، ر. ۱۳۶۵. فرآورده‌های صادراتی کشاورزی. مجله زیتون، ش. ۶۳. آبان ماه ۱۳۶۵.

۶- کریمی الیزیی، ح. ۱۳۶۸. اطلاعاتی دربارهٔ شیرین بیان. جنگل و مرتع. سال دوم. ش. ۶. زمستان ۱۳۶۸.

۷- کوچکی، ع. و ح. مومن شاهرودی. ۱۳۷۵. اثر پتانسیل آب و اندازه بذر بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر نخود (*Cicer ariethinum*). مجله بیابان، ج. ۱. ش. ۲ و ۳ و ۴ .

۸- میرحیدر، ح. ۱۳۷۳. مصارف گیاهی، جلد سوم. دفتر نشر فرهنگ اسلامی .

۹- نامدار، م. و م. مجتبایی. ۱۳۴۶. دولپه ای‌های دارویی جداگلبرگ.

10- Abdrokhmanov, O. K. and E. B. khudai bergenov. 1984. Effects of physical factors and physiologically – active substances on seed germination of *Glycyrrhiza glabra*. Vestnik – Akade, nauk, Kzhakskoi, SSR. 11:73-75.

11- Badalov, M. M. and L. E. Pauzner. 1979. Effects of succinic acid on liquorice seed germination in Golodneya stop [Hungry steppe]. Perspectiv, - syr ev.- Rat. Uzbekistan.l.lkh. kul tura. 114-121.

12- Bagherani Torshiz, N. 1995. Licorice (*Glycyrrhaza Glabra* L.) l. Propagation using seed and rhizome segment and its seed germination response to scarification and temperature. M. Sc. Thesis. Shiraz University. Shiraz, IRAN.

13- Bahler, C. R. R. Hill, Jr., and R. A. Byers. 1989. Comparision of logestic and weibull functions: the effect of temperature on cumulative germination of alfalfa. Crop Sci. 29: 142-146.

14- Biethuizen, J. F. and W. A. Wagenvoorth. 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Scientia. Hort. 2:213-219.

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

16- Bradford, K. J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. Plant Physiol. 94: 840-849.

17- Colbach, N. B. Chauvel, C. Durr, and G. Richard. 2002. Effect of environmental conditions on *alopecurus myosuroides* germination. I. Effect of temperature and light. Weed Res. 42: 210-221.

18- 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. J. Exp. Bot. 37: 705-715.

19- 19-Dahal, P. and K. J. Bradford, and R. A. Jones. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperature. J. Exp. Bot. 41: 1431-1439.

20- Dahal, P. and K. J. Bradford. 1994. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. Seed Sci. Res. 4: 71-80.

21- Dumur, D., C. J. Pilbeam, and J. Craigon.1990. Use of the weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. J. Exp. Bot. 41: 1423-1430.

22- Eastin, E. F.1983. Redweed (*Melochia corchorifolia*) germination as influenced by scarification, temperature, and seeding depth. Weed Sci. 31: 229-231.

23- Ellis, R. H. and S. Barrett. 1994. Alternating temperatures and the rate of seed germination in lentil. Ann. Bot. 74:519-524.

24- Forcella, F. 1998. Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. Seed Sci. Res. 8: 201-209.

25- Galimova, K.A. 1979. Pollen viability in *Glycyrrhiza glabra* and *G. uralensis* in the tashkentoasis. Perspectiv. Syrev. – rast.-Uzbekistanai- ikh. Kulture.,98-100.

26- Garcia-Huidobro, J., J. L. Monteith, and G. R. Squib. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. &H.). I. Constant temperature. J. Exp. Bot. 33: 288-296.

27- Hilhorst, H. W. M. 1998. The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. Seed Sci. Res. 8: 77-90.

28- Jacobsen, S. E., and A. P. Bach. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild). Seed Sci. Technol. 26: 515-523.

29- Krogulevick, R. E. 1991. II. Differences between *Glycyrrhiza uralensis* samples on the basis of their germination in salt solutions. Isvestiya, sibirskogo, atdeleniya, Akademii, Nauk, SSSR. No-55, 77-75.

30- Labouriau, L. G. 1970. On the physiology of seed germinatin in *Vicia graminea* I. Annals Acad. Brasilia Ciencia 42: 235-262.

31- Nigmatov, S. Kh. 1973. The characteristics of development and productivity of liquorice roots in relation to the provenance of the planting material. Opyt Kul'tury Novykh Syr'evykh Rastenii. 1: 37-41.

32- Nigmatov, S. Kh., Zhuravleva, N. F. 1977. Changes in some water physical properties of the soil under the influence of long term liquorice cultivation. Qpyt Kul'tury Novykh Syr'evykh Rastenii. 137-144. Tashkent.

33- Oryokot, J. O. E., S. D. Murphy, A. G. Thomas, and C. J. Swanton. 1997. Temperature and moisture-dependent models of seed germination and shoot elongation in green and redroot pigweed (*Amaranthus powelli, A. retroflexus*). Weed Sci. 45: 488-496.

34- Ovell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts, and R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. J. Exp. Bot. 37: 705-715.

35- Parssa A. 1978. Flora of Iran. Vol.1.

36- Roberts, E. H. 1988. Temperature and seed germination. In Long. S. P. and F. I. Woodward. (Eds.). Plants and Temperature. Sociery for Experimental Biology. Cambridge, U. K.

37- Roman, E. S., A. G. Thomas, S. D. Murphy, C. J. Swanton. 1999. Modeling germination and seedling elongation of common lambsquaters (*Chenopodium album*). Weed Sci. 47: 149-155.

38- Shakurnllaev, P. Sh. and I. Kh. Khamdamov. 1976. Uniform germination of *Glycyrrhiza glabra* seeds. Uzbek. biol. zhur No.2, 64-65

39- Verma, S. 1990. Seed germination of *Glycyrrhiza glabra* . Crop. Res. Hisar. 12: 1 114-115

40- Whitson , T. D. and W. R. Tatman. 1990. Control of wild licorice *(Glycyrrhiza glabra*) at two growth stages with various herbicides.Weed Sci. 38:49-57.

Ecophysiological aspects of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) germination under different temperatures

A. Ghanbari , H. Rahimian Mashhadi , M. Nassiri Mahallati , M. Kafi , M.rastgoo[1]

Abstract

Glycyrrhiza is an industrial/medicinal plant however, in Iran is known as a weedy species in dry lands and orchards. Germination of Glycyrrhiza seeds collected from Kermanshah and Fars (Zarghan) were studied in a range of temperatures (0, 3, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C). The highest germination percentage for both Kermanshah and Fars populations were obtained at 20 and 25 °C while maximum germination percentage of Fars seeds was higher than Kermanshah. At 40 °C maximum germination of 27 and 43% was observed for Kermanshah and Fars seeds, respectively. The same trend was observed for germination rate. Time period for 10, 50 and 90% germination was lowest between 20-30°C for both seed populations. Base, optimum and ceiling temperatures were obtained respectively, 2.2, 29.1, and 45.3 °C for Kermanshah and 2.4, 29,2 and 44 °C for Fars populations.

Key words: Liquorice, germination, base, optimum and ceiling temperatures.

1- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.