

# برآورد دمای پایه و بررسی روند جوانه‌زنی و سبز شدن ارقام منوژرم چغندر قند در درجات مختلف حرارت

Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm sugar beet under various temperatures

علی جلیلیان<sup>۱</sup>، داریوش مظاهری<sup>۲</sup>، رضا توکل افشاری<sup>۲</sup>، حمید رحیمیان<sup>۲</sup>، محمد عبدالهیمن نوقابی<sup>۳</sup> و جواد گوهری<sup>۳</sup>

ع. جلیلیان، د. مظاهری، ر. توکل افشاری، ح. رحیمیان، م. عبدالهیمن نوقابی و ج. گوهری. ۱۳۸۳. برآورد دمای پایه و بررسی روند جوانه‌زنی و سبز شدن ارقام منوژرم چغندر قند در درجات مختلف حرارت. چغندر قند ۲۰(۲): ۹۷-۱۱۲

## چکیده

برای تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی و سبز شدن در شرایط مزرعه، اطلاعاتی از جمله درجه حرارت پایه و واحدهای گرمائی لازم برای ارقام مختلف چغندر قند مورد نیاز می‌باشد. براین اساس در این تحقیق روند جوانه‌زنی بذر هفت رقم منوژرم چغندر قند ایرانی در دماهای مختلف از صفر تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد، به فواصل سه درجه در آزمایشگاه و همچنین روند سبز شدن این ارقام در شرایط مزرعه طی دو سال زراعی (۸۳-۱۳۸۲) و در هر سال با دو تاریخ کاشت مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایشگاه درجه حرارت پایه برای جوانه‌زنی چغندر قند، اُپتیمم جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و واحدهای گرمائی برای رسیدن به این زمان تعیین شد. در شرایط مزرعه نیز روند سبز شدن و واحدهای گرمائی مورد نیاز در هر تاریخ کاشت محاسبه و تعیین گردید. نتایج نشان داد که درجه حرارت پایه برای جوانه‌زنی در ارقام مختلف بین دو تا سه با میانگین ۲/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. درصد جوانه‌زنی بذر چغندر قند در دمای ۱۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار بود، اما دمای اُپتیمم جوانه‌زنی دامنه‌ای از ۲۴ تا ۲۷ درجه می‌باشد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی وجود دارد. ارقام چغندر قند مورد بررسی به طور متوسط تا زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی به حدود ۵۱ درجه-روز و برای سبز شدن در شرایط مزرعه به ۱۵۴ درجه-روز واحد گرمائی نیاز دارند.

واژه های کلیدی: بذر، جوانه‌زنی، چغندر قند، درجه حرارت پایه، منوژرم، واحدهای گرمائی

## مقدمه

بحرانی‌ترین مرحله زندگی هر محصول زمان جوانه‌زنی و سبز شدن است، زیرا در این مرحله بذر در معرض شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد و استقرار بوته در مزرعه دچار مشکل می‌گردد (Albuquerque and Carvalho 2003). چغندر قند در اکثر مناطق ایران در اوائل بهار کشت می‌شود که دمای هوا معمولاً پائین است، تحت این شرایط جوانه‌زنی و سبز شدن بذر محدود می‌گردد. به طور کلی بذر در دامنه وسیعی از درجه حرارت جوانه می‌زند اما حداکثر سرعت جوانه‌زنی در دامنه محدودتری از درجه حرارت اتفاق می‌افتد.

روبرت (Roberts 1988) در خلاصه‌ای از سوابق توسعه مدل‌هایی که در رابطه با سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت بوده‌اند متذکر می‌شود که محققان زیادی نشان داده‌اند که درجه حرارت‌های کاردینال (Cardinal) برای جوانه‌زنی بستگی به گونه گیاهی دارد و در درون گونه‌ها نیز بین ژنو تیپ‌های مختلف تفاوت‌هایی وجود دارد. هر گیاهی از زمان کاشت تا جوانه‌زنی و سبز شدن به مقدار مشخصی گرما در طول زمان نیاز دارد. برای بیان مقدار گرمای کسب شده توسط گیاه از اصطلاح‌های مختلفی مانند درجه-روز (Degree day)، واحدهای گرمائی (Heat units)، ترمال تایم (Thermal time) و مجموع گرما (Heat sums) استفاده می‌شود که همه آن‌ها یک مفهوم دارند و برای محاسبه مجموع میانگین

دماهای بالاتر از درجه حرارت پایه گیاه در طول زمان به کار می‌روند. درجه حرارت پایه جوانه‌زنی (Base temperature) یا حداقل درجه حرارت لازم برای جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در سرعت سبز شدن گیاه می‌باشد که در مورد چغندر قند گزارش‌های متنوعی از صفر تا ۴/۴ درجه سانتی‌گراد وجود دارد. به طوری که درجه حرارت پایه ۲/۹ درجه سانتی‌گراد برای جوانه‌زنی بذر (Gummerson 1986)، دمای صفر درجه سانتی‌گراد برای تعیین مراحل فنولوژیکی چغندر قند (Durr et al. 1992) و برای محاسبه واحدهای گرمائی (Heat units) مؤثر در رشد چغندر قند درجه حرارت پایه ۳ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Durr and Boifin 1995; Milford et al. 1985). هم‌چنین دمای پایه ۴/۴ درجه سانتی‌گراد برای محاسبه واحدهای گرمائی مورد نیاز برای پیش‌بینی سبز شدن چغندر قند در شرایط مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است (Yants 1983).

با توجه به این که یک رابطه مثبت بین دمای خاک در زمان کاشت و استقرار نهائی بوته وجود دارد (Yants et al. 1983)، معمولاً برای پیش‌بینی جوانه‌زنی بذر و سبز شدن در شرایط مزرعه از درجه حرارت خاک در عمق پنج سانتی‌متری استفاده می‌شود (Harvey and Forcella 1993; Forcella 1993). از درجه حرارت خاک با تبدیل به واحدهای گرمائی در مدل‌های رشد محصولات زراعی به طور موفقیت‌آمیزی

بین ارقام مختلف از ۱۰/۳ تا ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد تخمین زدند.

گومرسون (Gummerson 1986) جوانه‌زنی بذر چغندر قند را در پتانسیل‌های اُسمزی مختلف (صفر تا منفی ۱/۲ مگاپاسکال) و در دماهای متفاوت از پنج تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار داد و سپس با استفاده از تعیین عرض از مبدا رگرسیون خطی بین درجه حرارت‌های مختلف و سرعت جوانه‌زنی، دمای پایه را در پتانسیل‌های مختلف اُسمزی تخمین زد، نتایج نشان داد که درجه حرارت پایه در پتانسیل‌های مختلف اُسمزی (تنش خشکی) تفاوت ناچیزی دارد. نامبرده میانگین درجه حرارت پایه را برای چغندر قند در پتانسیل‌های مختلف ۲/۸ گزارش کرده است.

درجه حرارت پایه پارامتری است که در مدلسازی، پیش‌بینی مراحل رشدی گیاه و محاسبه واحدهای گرمائی مورد نیاز در هر مرحله رشدی کاربرد فراوانی دارد. در چغندر قند خصوصاً ارقام منوژرم داخلی که اخیراً در مناطق مختلف، کشت آن‌ها توسعه پیدا کرده است، تعیین تاریخ مناسب کشت به طوری که در زمان سبزشدن احتمال بر خورد به سرماهای دیر هنگام نیز حداقل باشد امری ضروری است. بنابراین برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی و سبزشدن در چغندر قند اطلاع دقیق از درجه حرارت پایه اهمیت فراوان دارد. بدین منظور در این تحقیق علاوه بر تعیین درجه حرارت پایه جوانه‌زنی برای هفت رقم چغندر قند منوژرم، روند جوانه‌زنی در دماهای مختلف در شرایط آزمایشگاه

استفاده می‌شود (Angus et al. 1981)، زیرا بذر محصولات زراعی همگنی ژنتیکی دارند و در یک عمق مشخص خاک و با رطوبت کافی کشت می‌شوند (Forcella et al. 2000).

سرعت جوانه‌زنی در یک دامنه‌ای از درجه حرارت که بین حداقل درجه حرارت جوانه‌زنی (دمای پایه) و درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی است به طور خطی افزایش می‌یابد (Mwale et al. 1994; Hegarty 1973; Thompson and Fox 1976; Bierhuizen and Wagenvoort 1974). با توجه به وجود این رابطه خطی بین درجه حرارت و سرعت جوانه‌زنی، معمول‌ترین روش برای تعیین دمای پایه ( $t_{base}$ ) استفاده از معادلات رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف و تعیین عرض از مبدا برای تخمین دمای پایه می‌باشد (Holt and Orcutt 1996; Scott et al. 2000; Wiese and Binning 1987; Scott et al. 1984).

فارتیال و همکاران (Phartyal et al. 2003) برای تخمین درجه حرارت پایه ارقام مختلف یک گیاه مرتعی (*Himalayan elm (Ulmus wallichiana)*) جوانه‌زنی بذر را در دماهای ثابت از ۱۴ تا ۳۴ با فواصل ۲ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار دادند و سپس با استفاده از مدل رگرسیون خطی بین درجه حرارت‌های پائین‌تر از دمای بهینه (۲۶-۱۴ درجه سانتی‌گراد) و سرعت جوانه‌زنی دمای پایه جوانه‌زنی را

(۲۰ میلی‌لیتر) آب مقطر به هر تکرار اضافه گردید و بعد از قراردادن در جعبه‌های در بسته مخصوص به ژرمیناتور منتقل گردیدند. طرح آماری مورد استفاده در این بخش بلوک‌های کامل تصادفی بوده است و نتایج به دست آمده در هر درجه حرارت به طور جداگانه مورد تجزیه آماری قرار گرفت اما سایر پارامترها که تحت تأثیر تیمار درجه حرارت‌های مختلف قرار داشتند با استفاده از سایر روابط که شرح داده می‌شوند محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با شروع جوانه‌زنی (معیار جوانه‌زنی بذر دو میلی‌متر طول ریشه‌چه بوده است) روزانه یک بار در تیمارهای دمای پائین و دو بار در روز در دمای بالا تا زمانی که هیچ بذر جوانه‌زده‌ای مشاهده نشد شمارش انجام گردید (Akeson 1980). در هر شمارش بذرهای جوانه‌زده حذف شدند. در هر دما درصد بذرهای جوانه‌زده و زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (Mean Germination Time) با استفاده از رابطه (I) محاسبه گردید (Foti et al. 2002).

$$MGT = \sum T_i N_i / S \quad (I)$$

که  $T_i$  زمان بعد از شروع آزمایش (روز)،  $N_i$  تعداد بذرهای جوانه زده در روز  $i$ ام و  $S$  مجموع بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش می‌باشد. برای تعیین درجه حرارت پایه برای هر رقم از معادلات رگرسیونی بین عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی ( $1/MGT$ ) و درجه حرارت استفاده گردید که این روش بهترین روش تخمین درجه حرارت پایه شناخته شده است.

و سبزشدن در مزرعه مورد بررسی قرار گرفت و دماهای اُپتیمم و حداقل جوانه‌زنی نیز تعیین گردید. واحدهای گرمائی مورد نیاز برای جوانه‌زنی در آزمایشگاه و سبز شدن در مزرعه نیز برآورد شده است.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش هفت رقم تجارتي چغندر قند منوژرم شامل پنج رقم منوژرم ژنتیکی (شیرین، رسول، 436، 428 و 276) و دو رقم منوژرم تکنیکی (7233 و BR1)، از مؤسسه تحقیقات چغندر قند تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت. بذر ارقام فوق در یک سال تولید شده و دارای قوه نامیه استاندارد بودند. آزمایش در دو بخش آزمایشگاهی و مزرعائی (سال ۸۲-۸۱ و ۸۳-۸۲) در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام گردید.

## الف) بخش آزمایشگاهی

در این بخش بذر هفت رقم مورد بررسی در ۱۳ دمای مختلف و ثابت در طول شبانه روز از صفر تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد با فواصل ۳ درجه در داخل ژرمیناتور تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفتند. درجه حرارت ژرمیناتورها در دمای پائین دارای نوسان  $\pm 0.5$  و در دماهای بالا  $\pm 1$  درجه سانتی‌گراد بود.

از هر رقم ۲۰۰ عدد بذر در چهار تکرار و در داخل کاغذ جوانه‌زنی چین‌دار (Tekrony and Hardin 1966) کشت شدند. سپس به مقدار لازم

(Phartyal et al. 2003; Foti et al. 2002; Garcia-Huidobro et al. 1982).

### بخش مزرعه‌ای

در آزمایش‌های مزرعه‌ای بذر هفت رقم مورد مطالعه در سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در دو سال زراعی و هر سال با دو تاریخ کشت مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور ارزیابی جوانه‌زنی و سبزشدن در دماهای پائین، عملیات کشت زودتر از معمول انجام گردید، کشت سال اول در تاریخ‌های ۸۱/۱۲/۲۸ و ۸۲/۱/۲۵ در سال دوم ۸۲/۱۲/۱۷ و ۸۳/۱/۱۱ و انجام شد. در هر تاریخ کشت، از هر رقم یک مقدار مساوی بذر در چهار خط هفت متری در عمق ۳-۵ سانتی‌متری عمق خاک کشت گردید، آبیاری به صورت نشستی انجام شد و سایر عملیات زراعی لازم برای چغندر قند نیز اجرا شد. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت لومی با وزن مخصوص ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب بود.

با شروع سبزشدن (بالا آمدن برگ‌های کوتیلدونی از خاک) در هر رقم (تیمار) دو خط به طول یک متر در هر تکرار انتخاب و نشانه‌گذاری شد که هر روز در یک ساعت معین تا زمانی که هیچ بذر سبزشده جدیدی مشاهده نشد اقدام به شمارش بذرهای سبز شده گردید. درجه حرارت در عمق پنج سانتی‌متری خاک از ایستگاه هواشناسی در کنار مزرعه که در سه نوبت در روز یادداشت شده بود اخذ گردد.

(Foti et al. 2002; Covell et al. 1986; Scott et al. 1984).

ضریب سرعت (Coefficient of Velocity)

جوانه‌زنی در آزمایشگاه در دماهای مختلف از طریق رابطه (II) محاسبه گردید.

(Phartyal et al. 2003; Campbell and Enz 1991; Scott et al. 1984)

$$CV = 100 \left[ \frac{\sum N_i}{\sum N_i T_i} \right] \quad (II)$$

که  $N_i$  تعداد بذرهای سبزشده در روز  $i$ ام و  $T_i$  روزهای بعد از شروع آزمایش می‌باشد. هر چه مقدار CV بیشتر باشد سرعت جوانه‌زنی نیز بیشتر است.

واحدهای گرمائی (HU) برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در هر دما و میانگین ارقام نیز با استفاده از رابطه (III) (Foti et al. 2002; Campbell and Enz 1991) محاسبه گردیده است.

$$HU = \sum (T - t_b) t_{50} \quad (III)$$

که در آن  $T$  میانگین درجه حرارت روزانه و  $t_b$  درجه حرارت پایه جوانه‌زنی (که در این تحقیق برای ارقام چغندر قند تخمین زده شده است) و  $t_{50}$  زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی یا همان MGT می‌باشد.

واحدهای گرمائی لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در هر رقم نیز با استفاده از عکس شیب خط  $(1/b)$  رگرسیون که برای تخمین دمای پایه در ارقام مختلف بدست آمده بود محاسبه گردید

### نتایج و بحث

#### الف) بخش آزمایشگاهی

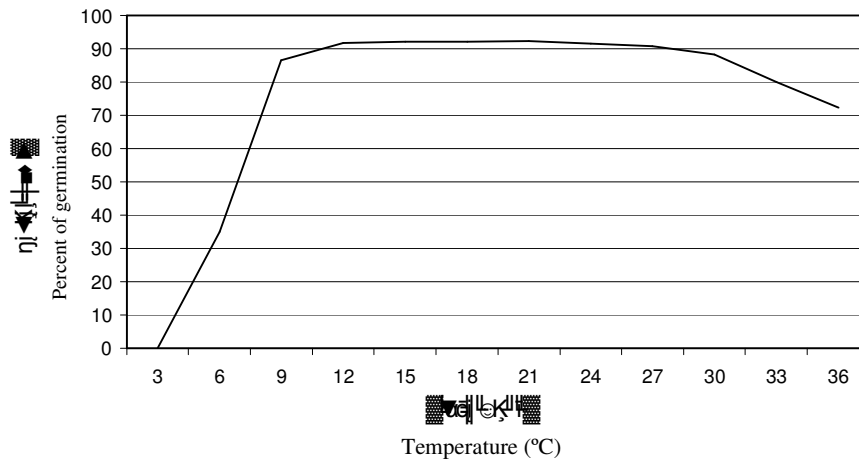
تیمار ۳ درجه سانتی‌گراد، تا ۱۴ روز بعد از کاشت هیچ بذر جوانه‌زده‌ای نداشت، اما در نهایت تا ۳۰ روز بعد از کاشت به ۵۰ درصد جوانه‌زنی رسید و در مجموع کمتر از ۷۰ درصد جوانه‌زنی وجود داشت. در تیمار صفر درجه نیز که فقط برای اطمینان بیشتر به کار برده شده بود همان طور که انتظار می‌رفت هیچ بذری جوانه نزد لذا این تیمار در جدول اطلاعات حذف گردیده است (جدول شماره ۱).

در این بخش با استفاده از رابطه شماره (I) یک زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن برای هر رقم و در هر تاریخ کشت تعیین گردید. ضریب سرعت سبز شدن نیز برای هر رقم در شرایط مزرعه با استفاده از رابطه (II) محاسبه شد. سپس با استفاده از اطلاعات دمای خاک در عمق پنج سانتی‌متری، واحدهای گرمائی موردنیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز کردن در هر تاریخ کشت و برای هر رقم براساس رابطه (III) محاسبه گردید.

جدول ۱ درصد جوانه‌زنی ارقام چغندر قند در دماهای مختلف در ۱۴ روز بعد از کاشت  
**Table 1** Germination percentage of sugar beet cultivars at various temperatures at 14 days after planting

دما Temperature(°C)	Cultivar							میانگین Mean
	رسول	شیرین	BR1	7233	رقم 436	428	276	
3*	0	0	0	0	0	0	0	0
6	35.6	58.0	30.0	27.0	32.0	30.0	33.0	35.1 e
9	83.5	90.6	87.0	90.6	76.0	90.6	87.6	86.6 bc
12	90.0	90.0	90.6	96.6	88.6	91.0	95.0	91.7 ab
15	92.0	91.6	93.0	95.0	87.0	91.0	95.0	92.1 a
18	88.5	95.0	93.0	96.6	87.0	89.6	94.6	92.0 a
21	89.0	95.0	93.2	94.0	89.6	90.6	95.2	92.4 a
24	88.5	93.0	94.0	96.0	85.0	92.0	92.0	91.5 ab
27	89.0	93.0	90.0	94.0	85.0	93.0	91.0	90.7 ab
30	87.0	92.2	89.0	94.0	83.6	82.6	89.0	88.2 ab
33	74.5	82.6	83.0	85.6	70.8	76.6	86.6	80.0 cd
36	71.0	71.0	68.6	82.2	69.0	74.0	71.2	72.4 d

\* - تیمار سه درجه مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار نگرفت.



**Fig. 1** Germination of sugar beet seed ( mean of 7 cultivar) at various temperatures at 14 days after planting

سرعت جوانه‌زنی در آن حداکثر باشد (Bradford 2002) دامنه بهینه درجه حرارت برای جوانه‌زنی مورد مطالعه ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (جدول ۲). درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی برای چغندر قند در یک تحقیق ۲۲ درجه سانتی‌گراد (Campbell and Enz 1991) و در تحقیق دیگر دامنه‌ای از ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد (Yants et al 1983) گزارش شده بود.

توجه به میانگین درصد جوانه‌زنی در ارقام مختلف تا ۱۴ روز بعد از کاشت (شکل ۱ و جدول ۱) نشان می‌دهد که در دامنه‌ای از درجه حرارت بالاترین درصد جوانه‌زنی وجود دارد (۱۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) و در دماهای کمتر و بیشتر از این دامنه درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد، به طوری که در سه درجه سانتی‌گراد تا ۱۴ روز بعد از کاشت هیچ بذری جوانه نزده است. با توجه به این که درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی به عنوان درجه حرارتی تعریف شده است که

جدول ۲ زمان ۵۰ درصد جوانه زنی و ضریب سرعت جوانه زنی در دماهای مختلف برای میانگین ۷ رقم مورد بررسی  
**Table 2** Mean germination time and coefficient of velocity at various temperatures for mean of 7 cultivars

دما (درجه سانتیگراد) Temperature (°C)	زمان ۵۰ درصد جوانه زنی (روز) MGT	ضریب سرعت جوانه زنی CV
3*	30.5	3.3
6	15.9 a	6.3 i
9	8.1 b	12.7 h
12	5.7 c	17.7 c
15	4.1 d	24.6 f
18	3.0 f	33.5 d
21	2.8 fg	35.5 c
24	2.5 h	40.5 a
27	2.4 h	42.0 a
30	2.7 g	37.4 b
33	2.8 fg	35.8 c
36	3.7 e	26.8 e

\*- تیمار سه درجه مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار نگرفت.

دماهای پائین قرار می‌گیرند ناشی از عکس‌العمل متفاوت آن‌ها به واحدهای گرمایی ذکر شده است (Finch-Savage 1995) با توجه به درجه حرارت پایه تخمین زده شده برای رقم شیرین (حدود ۲ درجه سانتی‌گراد) در این تحقیق این رقم در زمان کوتاه‌تری واحدهای گرمایی موردنیاز را کسب کرده است (جدول ۱).

زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی در دماهای مختلف برای میانگین تمام ارقام نشان دهنده این امر می‌باشد که با افزایش دما سرعت جوانه زنی افزایش می‌یابد که بیشترین سرعت جوانه زنی در دماهای ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد بوده است، اما با بالا رفتن دما سرعت جوانه زنی کاهش یافته است. به طور کلی در دماهای خیلی پائین پروتئین آنزیم برای تطابق با تغییرات موردنیاز برای واکنش به اندازه کافی انعطاف‌پذیر (Flexible) نیست. در درجه حرارت‌های بالا

واکنش متفاوت بذر در زمان جوانه زنی به درجه حرارت‌های مختلف به این دلیل است که با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها و کارایی واکنش‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت جوانه زنی نیز زیاد می‌شود، از طرفی دماهای خیلی بالا باعث غیرفعال شدن برخی آنزیم‌ها می‌شود و سرعت واکنش‌ها کاهش می‌یابد که در بین این دو بخش به یک حداکثر واکنش به درجه حرارت می‌رسیم که درجه حرارت اُپتیمم اطلاق می‌شود (Bonhomme 2000).

میانگین درصد جوانه زنی در ارقام مختلف تفاوت مشخصی نداشت، اما بعضی از ارقام مانند شیرین در دماهای پائین درصد جوانه زنی بالایی داشتند به طوری که در شش درجه سانتی‌گراد حدود ۵۸ درصد جوانه زنی داشت در صورتی که سایر ارقام فقط حدود ۳۰ درصد در این دما جوانه زنی داشتند. علت تغییرات سرعت جوانه زنی در بین بذرهای مختلف، در زمانی که در معرض



در یک محدوده‌ای از درجه حرارت (پائین‌تر از اُپتیمم) اعتبار دارد (Bierhuizen and Wagenvoort 1974; Hegarty 1973 Mwale et al. 1994; Thompson and Fox 1976; Ramin 1997) برای تخمین درجه حرارت پایه از دمای ۶ تا ۲۴ درجه که بیشترین رابطه خطی و بالاترین همبستگی نیز وجود داشت استفاده گردید (جدول ۳ و شکل ۲).

نیز اُنزیم منعقد (Coagulation) می‌شود و قادر به انجام کاتالیز واکنش نمی‌باشد به همین دلیل است که حداقل، حداکثر و اُپتیمم عکس‌العمل جوانه‌زنی به درجه حرارت وجود دارد (Bonhomme 2000).  
به منظور تخمین درجه حرارت پایه جوانه‌زنی برای ارقام مختلف از رابطه رگرسیون خطی بین درجه حرارت و عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (1/MGT) استفاده شد، با توجه به این که رابطه خطی

جدول ۳ واحدهای گرمائی، درجه حرارت پایه و معادلات رگرسیون مربوطه برای ارقام مختلف چغندر قند

**Table 3** Heat units, base temperature and regression equations of various sugar beet cultivars

نام رقم cultivars	معادله رگرسیون equation	همبستگی Correlation <sup>1</sup>	درجه حرارت پایه T <sub>b</sub>	واحد های گرمائی (1/b) HU(°cd)
Rasol	Y= -0.051 + 0.020x	0.993**	2.55	50.0
Shirin	Y= -0.037 + 0.018x	0.983**	2.06	55.6
BR1	Y= -0.056 + 0.021x	0.983**	2.67	47.6
7233	Y= -0.067 + 0.022x	0.992**	3.05	45.5
436	Y= -0.048 + 0.019x	0.988**	2.53	52.6
428	Y= -0.055 + 0.020x	0.997**	2.75	50.0
276	Y= -0.050 + 0.019x	0.994**	2.63	52.6
میانگین mean			2.60	50.6

۱- \*\* - معنی دار در سطح احتمال یک درصد

1- \*\* - Significant at 1% probability level

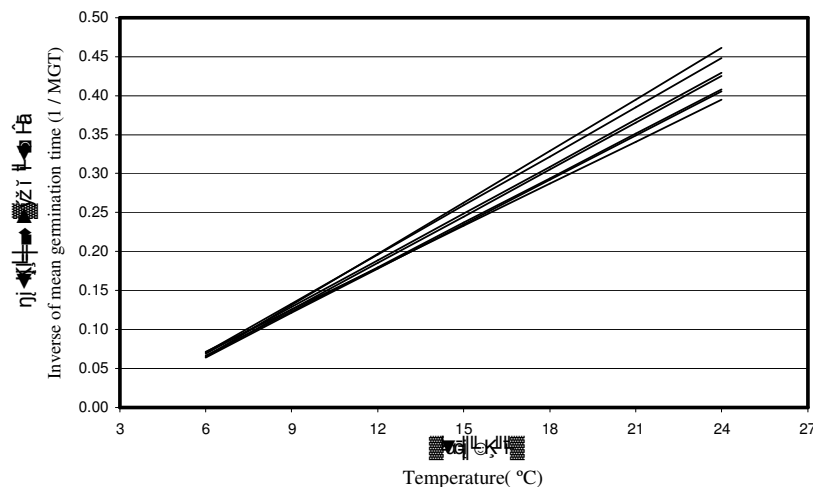


Fig. 2 Linear regression for determine base temperature at 7 cultivars

به ۵۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد (جدول ۳). محاسبه واحدهای گرمائی از طریق فرمول (III) نیز ۵۲ درجه-روز بدست آمد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط یانتس و همکاران (Yants et al. 1983) که واحدهای گرمائی مورد نیاز برای جوانه‌زنی چغندرقد در آزمایشگاه را ۴۹ درجه-روز اعلام کرده بود بسیار نزدیک می‌باشد و با نتایج سایر محققین که واحدهای گرمائی لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی چغندرقد را بین ۳۰ تا ۷۰ درجه-روز ذکر کرده بودند نیز همخوانی دارد (Durrant and Gummerson 1990).

#### ب) بخش مزرعه‌ای

نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای در خصوص زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن در هر رقم و در هر تاریخ کاشت نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه این صفت در

براساس نتایج به دست آمده درجه حرارت پایه، در بین ارقام مختلف بین دو تا سه درجه سانتی‌گراد متفاوت بود که کمترین آن به رقم شیرین و بیشترین آن به رقم 7233 تعلق داشت، میانگین کل ارقام نیز ۲/۶ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳).

گومرسون (Gummerson 1986) با استفاده از همین روش رگرسیونی درجه حرارت پایه برای چغندرقد را ۲/۹ درجه سانتی‌گراد تخمین زده است. در تحقیق دیگری برای ۳۷ نمونه از یک رقم چغندرقد درجه حرارت پایه برای جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه از پوسته بذر) حدود ۳/۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شده بود (Durrant and Gummerson 1990).

واحدهای گرمائی نیز برای هر رقم از طریق عکس شیب خط رگرسیون (1/b) محاسبه گردید که تفاوت زیادی بین ارقام مختلف مشاهده نمی‌شود و میانگین کل ارقام حدود ۵۱ درجه-روز برای رسیدن

تفاوت‌هایی نشان می‌دهد اما این تفاوت‌ها از یک روز بیشتر نمی‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی نیز در بین تاریخ‌های کاشت متفاوت است که طبیعی می‌باشد، اما در بین ارقام تفاوت خیلی جزئی است و از نظر آماری نیز فقط در کشت اول سال اول تفاوت معنی‌دار بوده است (جدول ۴)، که بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط مزرعه متعلق به ارقام BR1 و 7233 می‌باشد، البته همان طور که قبلاً ذکر شد در دمای پائین سرعت جوانه‌زنی رقم شیرین بیشتر است اما در دامنه‌ای از درجه حرارت‌های مختلف این دو رقم برتری دارند. در مجموع با توجه به نتایج دو سال و چهار تاریخ کشت تفاوت زیادی از نظر سرعت جوانه‌زنی بین ارقام مورد بررسی وجود ندارد.

بین تاریخ‌های کاشت می‌باشد (جدول ۴ و ۵). دلیل این امر تأثیر دمای خاک و هوا بر روند سبزشدن می‌باشد به طوری که با تأخیر در کاشت و گرم شدن هوا سرعت جوانه‌زنی و سبزشدن افزایش می‌یابد، اما این زود سبزشدن جبران تأخیر کاشت را نخواهد کرد. به طور مثال در سال نخست، کشت اول ۲۸ روز زودتر از کشت دوم انجام شده است ولی این تأخیر و گرم‌شدن هوا فقط هفت روز از تأخیر در کشت را با زود سبزشدن جبران کرده است.

در بین هفت رقم مورد بررسی از نظر زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی تفاوت زیادی مشاهده نمی‌شود (جدول ۴)، هر چند از نظر آماری کشت اول در هر دو سال

**جدول ۴** سرعت سبزشدن، زمان ۵۰ درصد جوانه زنی و واحدهای گرمایی در ارقام مختلف در شرایط مزرعه (سال ۸۱-۸۲)

**Table 4** Coefficient of velocity, mean germination time and heat units at various cultivars in field condition ( year 2003)

نام رقم cultivars	کشت اول (۲۸ اسفند)			کشت دوم (۲۵ فروردین)		
	First sowing (19 <sup>th</sup> March)			Second sowing (13 <sup>th</sup> April)		
	زمان ۵۰ درصد سبزشدن (روز) MGT(day)	سرعت سبزشدن CV	واحدهای گرمایی HU(°Cd)	زمان ۵۰ درصد سبزشدن (روز) MGT(day)	سرعت سبزشدن CV	واحدهای گرمایی HU(°Cd)
Rasol	16.5 ab	6.1 a	146.5 a	12.0 ab	8.3 a	136.5 a
Shirin	16.1 b	6.2 a	141.7 a	11.6 ab	8.6 a	131.5 a
BR1	17.0 a	5.8 a	153.0 a	11.1 b	9.0 a	124.3 a
7233	16.7 a	5.9 a	148.9 a	11.3 b	8.9 a	127.1 a
436	16.4 ab	6.1 a	145.3 a	12.5 a	8.0a	143.2 a
428	16.3 ab	6.1 a	144.5 a	11.7 ab	8.6 a	132.4 a
276	16.8 a	6.0 a	150.2 a	12.0 ab	8.3 a	136.5 a
Mean	16.6	6.1	147.2	11.8	8.5	133.1

Ranking have based on Duncan method  
Means with same letters are not significantly different

مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام شده است.  
ارقام دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵ سرعت سبز شدن، زمان ۵۰ درصد جوانه زنی و واحدهای گرمائی در ارقام مختلف در شرایط مزرعه (سال ۸۳-۸۲)  
**Table 5** Coefficient of velocity, mean germination time and heat units at various cultivars  
 in field condition (year 2004)

نام رقم cultivars	کشت اول (۱۷ اسفند)			کشت دوم (۱۱ فروردین)		
	First sowing (8 <sup>th</sup> March)			Second sowing (30 <sup>th</sup> March)		
	زمان ۵۰ درصد سبز شدن (روز) MGT(day)	سرعت سبز شدن CV	واحدهای گرمائی HU(°Cd)	زمان ۵۰ درصد سبز شدن (روز) MGT(day)	سرعت سبز شدن CV	واحدهای گرمائی HU(°Cd)
Rasol	21.1 ab	4.7 a	153.5 a	16.7 a	5.9 a	182.2 a
Shirin	20.0 b	5.0 a	138.8 a	16.8 a	5.9 a	182.3 a
BR1	21.6 a	4.6 a	160.2 a	16.1 a	6.2 a	175.7 a
7233	21.7 a	4.6 a	161.6 a	16.2 a	6.2 a	176.8 a
436	21.5 ab	4.6 a	158.9 a	17.0 a	5.8 a	185.4 a
428	20.6 ab	4.8 a	147.7 a	16.5 a	6.1 a	180.1 a
276	21.6 a	4.6 a	160.7 a	16.6 a	6.0 a	181.1 a
Mean	21.2	4.7	154.5	16.6	6.0	180.6

Ranking have based on Duncan method  
 Means with same letters are not significantly different

مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن انجام شده است.  
 ارقام دارای حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌دار ندارند

شد که سرعت سبز شدن کاهش یابد و واحدهای گرمائی به ۱۸۰ درجه-روز برسد. در خصوص واحدهای گرمائی موردنیاز برای سبز شدن چغندر قند در تحقیقات انجام شده توسط کمپ بل و انز (Campbell and Enz 1991) در آمریکا واحدهای گرمائی موردنیاز ۱۳۶ درجه-روز در تاریخ‌های کاشت مختلف اعلام شده است، یانتس و همکاران (Yants et al.1983) نیز واحدهای گرمائی برای سبز شدن چغندر قند در آزمایشگاه و مزرعه را به ترتیب ۹۲ و ۸۱ درجه-روز بدست آورده بودند. البته ایشان درجه حرارت پایه را ۴/۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته‌اند که به نظر می‌رسد این عدد برای جوانه بذر چغندر قند بالا باشد. اما در این تحقیق درجه حرارت پایه در بخش آزمایشگاهی به طور متوسط ۲/۶ بر آورد و در

واحدهای گرمائی کسب شده در هر تاریخ کشت و در هر سال براساس درجه حرارت پایه تخمین شده (جدول ۳) در این پژوهش (۲/۶ درجه سانتی‌گراد)، محاسبه و در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. نتایج چهار تاریخ کشت در دو سال نشان می‌دهد که از کاشت بذر تا سبز شدن در شرایط مزرعه به طور متوسط حدود ۱۵۴ درجه-روز واحد گرمائی موردنیاز می‌باشد. البته در بین تاریخ‌های مختلف، تفاوت زیادی وجود دارد که دلیل آن تأثیر عوامل محیطی از جمله ایجاد سله در سطح خاک می‌باشد، به طوری که کشت دوم سال اول با باران سبز کرد که کمترین واحد گرمائی (۱۳۳ درجه-روز) مورد نیاز بوده است، در صورتی که در کشت دوم سال دوم بعد از آبیاری، بارندگی سنگینی نیز رخ داد که سبب سله شدیدی در سطح خاک گردید و باعث

محاسبات نیز به کار گرفته شد. به هر حال نتایج بخش مزرعه‌ای برعکس نتایج آزمایشگاهی با نتایج به دست آمده در سایر کشورها همخوانی نزدیک ندارند، علت اصلی این تفاوت علاوه بر درجه حرارت پایه (که در مجموع واحدهای گرمائی که از کاشت تا زمان سبزشدن باید کسب شود مؤثر است)، به عوامل دیگری از جمله رطوبت خاک، بافت خاک، آبیاری، ماده آلی خاک و عمق کاشت بستگی دارد. طبیعتاً شرایط آزمایش در این تحقیق از این جنبه کاملاً متفاوت از تحقیق دیگری می‌باشد و ارقام مورد بررسی در هر تحقیق نیز از نظر ژنتیکی متفاوت می‌باشند. در تحقیقات مختلفی ثابت شده است که تنش رطوبت، بافت خاک و عمق کاشت در مدت زمان سبزشدن چغندر قند مؤثر می‌باشد (Campbell and Enz 1991; Yants et al. 1983) al. 1983) به طوری که با افزایش مکش رطوبت خاک از ۰/۱۵ به ۷ اتمسفر واحدهای گرمائی مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر چغندر قند از ۳۷ درجه -روز به ۶۲ درجه -روز رسیده است (Yants et al. 1983).

لذا با توجه به شرایط خاک‌های ایران به نظر می‌رسد یکی از عوامل اصلی دیر سبزشدن چغندر قند در این شرایط علیرغم کسب واحدهای گرمائی لازم و یا به عبارتی نیاز به واحدهای گرمائی بیشتر برای سبزشدن،

علاوه بر خصوصیات ژنتیکی آن‌ها، بافت سنگین خاک، سله بستن به دلیل کمی مواد آلی خاک و کمبود رطوبت در زمان کاشت باشد. مسئله دیگر نوسانات درجه حرارت در طول شبانه روز می‌باشد به طوری که در طول شب هوا خیلی سرد می‌شود و برگشت دما به درجه حرارت‌های بالا فقط در مدت کوتاهی از روز اتفاق می‌افتد با توجه به این امر با احتساب میانگین دما در محاسبه واحدهای گرمائی عملاً گرمای کمی توسط گیاه دریافت می‌شود، این شرایط معمولاً در مناطقی که رطوبت هوا کم است و اکثر اوقات هوا صاف است مثل بیشتر نقاط ایران اتفاق می‌افتد.

محکمی پریکارپ در بذر چغندر قند نیز یکی دیگر از عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی ذکر شده است (Lackey 1948; Peto 1964; Akson et al. 1980) که ما در این مورد اطلاعاتی از ارقام مورد بررسی نداریم و نیاز به بررسی بیشتری در این خصوص وجود دارد.

در مجموع می‌توان گفت که نتایج به دست آمده در این تحقیق در ایران (شرایط آب وهوائی کرج) بر روی ارقام داخلی بوده است که طبیعتاً برای پیش‌بینی سبزشدن در این شرایط بسیار مؤثر و دقیق‌تر از استفاده از اطلاعات به دست آمده در سایر کشورها می‌باشد.

## References

## منابع مورد استفاده

- Akson WR, Henson MA, Freitag AH, Westfall DG (1980) Sugar beet germination and emergence under moisture and temperature stress. *Crop Sci.* 20:735-739
- Albuquerque MC de FE and Carvalho NM (2003) Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max*(L.) Merrill) and maize (*Zea maize* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Sci. and Technol.* 31:465-479
- Angus JF, Cunningham RB, Moncur MW, Mackenzie DH (1981) Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crops Res.* 3:365-378
- Bierhuizen JF, Wagenvoort WA (1974) Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. *Scientia Horticulturae.* 2: 213-219
- Bonhomme R (2000) Bases and limits to using degree day units. *European Journal of Agronomy.* 13:1-10
- Bradford KJ (2002) Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science.* 50:248-260
- Campbell LG, JW Enz (1991) Temperature effects on sugar beet seedling emergence. *Journal of Sugar Beet Research.* 28:129-140
- Covell S, Ellis RH, Roberts EH, Summerfield RJ (1986) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperature. *J. Exp. Bot.* 37:705-715
- Dahal P, Bradford KJ (1990) Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. II. Germination at reduced water potential. *J. Exp. Bot.* 41:1441-1453
- Dahal P, Bradford KJ, Jones RA (1990) Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at sub optimal temperature. *Seed Sci. Res.* 4:71-80
- Durrant MJ, Gummerson RJ (1990) Factors associated with germination of sugar beet seed in the standard test and establishment in the field. *Seed Sci. Technol.* 8:1-10

- Durr C, Boiffin J, Fleury A, Coulomb I (1992) Analysis of Variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth during the stages. II. Factor influencing seedling size in field conditions. *Agronomie* 12:527-535
- Durr C, Boiffin J (1995) Sugar beet seedling growth from germination to first leaf stage. *Journal of Agricultural Sci., Cambridge*. 124:427-435
- Finch-Savage WE (1995) Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. In: .Basra A S (ed.): Seed quality basic mechanisms and agricultural implications, Food Products Press, New York. PP 361-384
- Forcella F (1993) Seedling emergence model for velvetleaf. *Agron. J.* 85:929-933
- Forcella F, Bench Arnold LR, Sanchez R, Ghera CM (2000) Modeling seedling emergence. *Field Crops Res.* 67:123-139
- Foti S, Cosentino SL, Patane C, Dagosta GM (2002) Effect of osmococonditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) under low temperatures. *Seed Science and Technology* 30:521-533
- Garcia-Huidobro J, Montieth JL, Squire GR (1982) Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.) I. Constant temperature. *J. Exp. Bot.* 33:228-296
- Gummerson RJ (1986) The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37:729-741.
- Harvey SJ, Forcella F (1993) Vernal seedling emergence model for common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Sci.* 41:309-316.
- Hegarty TW (1973) Temperature coefficient (Q<sub>10</sub>), seed germination and other biological processes. *Nature*. 243: 305-306
- Holt JS, Orcutt DR (1996) Temperature thresholds for bud sprouting in perennial weeds and seed germination in cotton. *Weed Science*. 44: 523-533
- Lackey, CF (1948) Chemical loosening of seed caps in relation to germination of sugar beet seed. *Proc. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 5:66-69 .
- Mwale SS, Azam-ali SN, Clark JA, Bradley RG, Chatha MR (1994) Effects of temperature on the germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed Science Technology*. 22:565-571.

- Peto FH (1964) Methods of loosening tight seed caps in monogerm seed to improve germination. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 13:281-286 .
- Phartyal SS, Thapliyal RC, Nayal JS, Rawat MMS, Joshi G (2003) The influences of temperature on seed germination rate in Himalayan elm (*Ulmus wallichiana*). Seed Science and Technology. 31:83-93.
- Ramin AR (1997) The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L. *spp* *iranicum* w.). Seed Science and Technology 25:419-426.
- Roberts EH (1988) Temperature and seed germination. In: Long SP, Woodward FI (eds.): Plant and Temperature, Symposia of Society of Experimental Biology, Company of Biologist Ltd. Cambridge, PP 109- 132
- Scott JS, Prather ST, Holt JS (2000). Estimation of base temperature for nine weed species. J. Exp. Bot. 51:275-286.
- Scott SJ, Jones RA, Williams WA (1984) Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science. 24:1192-1199.
- TeKrony DM, Hardin EE (1966) Laboratory and field comparisons of germination in monogerm sugar beet seed. Proc. Assoc. Of Seed Anal. 56:130-138.
- Thompson PA (1970) Characterization of the germination response to temperature and ecology. Nature. 225:827-831.
- Thompson PA, Fox DJC (1976) Estimation of base and optimum temperature for seed germination in common crupina (*Crupina vulgaris*). Weed Science. 45:529-533.
- Wiese AM, Binning LK (1987) Calculating the threshold temperature of development for weeds. Weed Science 35:177-179.
- Yants CD, Fornstron KJ, Edling RJ (1983) Sugar beet emergence affected by soil moisture and temperature. J. Am. Soc. Sugar Beet. Technol. 22:119-134.