بررسی مقاومت به سرما در ارقام و لاین‌های گلرنگ با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی

رحمان رجبی[1*] و سید سعید پورداد[2]

[1*]- **نویسنده مسؤول**: کارشناس ارشد موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه (rajabi83@yahoo.com)

۲- استادیار معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۲۴

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی واکنش مراحل جوانه زنی و گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ به دماهای زیر مطلوب و ارتباط آن با نتایج حاصل از ارزیابی این ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه بود. بدین منظور ۱۶ ژنوتیپ پاییزه گلرنگ از نظر تحمل سرما و یخ زدگی در دو مرحله جوانه زنی و گیاهچه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تاثیر دما، ژنوتیپ و نیز اثر متقابل آن‌ها بر درصد و سرعت جوانه زنی بسیار معنی دار بود. دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش معنی‌دار حداکثر جوانه زنی شد. کم ترین و بیش ترین درصد جوانه زنی به ترتیب در دماهای ۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد حادث شد. تنش سرما غلظت پرولین و قندهای محلول برگ را به طور معنی‌داری افزایش داد و بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف از نظر این صفت تنوع ژنتیکی زیادی دیده شد. نتایج نشان داد که تنش سرما نیز باعث افزایش خسارت به غشاء سلولی و تراوش الکترولیت‌ها و بالا رفتن هدایت الکتریکی محلول حاوی برگ شده و بین ارقام و لاین‌ها از نظر درصد خسارت به غشاء سلول اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ وجود داشته است. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اختلاف بین ارقام از نظر وزن هزار دانه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ ٪ معنی دار بود. تجزیه کلاستر بر اساس صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه، ۱۶ ژنوتیپ ارزیابی شده را در ۳ گروه متفاوت قرار داد که ژنوتیپ‌های موجود در کلاستر ۳ (ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۶، ۱۵ و ۲) به علت دارا بودن سرعت جوانه زنی بیش تر، غلظت پرولین بالاتر، عملکرد دانه بالاتر و همچنین درصد کم تر خسارت به غشاء سلولی به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند.

کلید واژه ها: گلرنگ، مقاومت به سرما، جوانه زنی، نشت یونی، پرولین و درصد خسارت به غشاء سلولی

مقدمه

در ایران سالانه مقادیر زیادی برای واردات روغن هزینه می‌شود. بخش عمده‌ای از روغن مصرفی در کشور را روغن وارداتی تشکیل می‌دهد. از این رو کشت و کار گیاهان روغنی مورد توجه مسؤولین کشاورزی قرار گرفته است. در سال‌های اخیر نیز سرمایه گذاری زیادی در توسعه کشت دانه‌های روغنی در ایران صورت پذیرفته است و سطح زیر کشت گلرنگ افزایش یافته است. اگر چه گلرنگ را می‌توان به عنوان یک گیاه زراعی مناسب برای شرایط ایران در نظر گرفت، لیکن کشت آن در مناطق با رطوبت و باران زیاد به علت بروز انواع بیماری خطرناک است. بنابراین آزمایش هایی برای شناسایی مناطق مناسب رشد گلرنگ لازم است. مناطقی با بارندگی ۳۸۰-۲۸۰ میلی متر در طول فصل رشد را می‌توان مناطق مناسبی جهت کشت گلرنگ ذکر کرد. بیش تر از ۱۸ میلیون هکتار از زمین‌های قابل کشت و بیش تر از ۳۰ میلیون هکتار از مناطق خشک سرد در ایران اختصاص به کشت

این گیاه دارد. سیستم کشت غله مرتع در تناوب با گیاهان روغنی در این مناطق تعریف نشده است (۱۷). آزمایش های مقدماتی نشان داده که در مناطق کم باران و مناطق تحت تنش خشکی هیچ گیاه روغنی سازگار تر از گلرنگ نیست (۳۰). دما از مهم ترین عوامل محیطی است که رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تنش سرما و همچنین دماهای زیر صفر یا انجماد، تولید گیاهان را در بسیاری از نواحی کره زمین محدود ساخته است (۱۳). خسارت سالانه حاصله از یخ زدگی محصولات زراعی ۱۴ میلیارد دلار در سطح کره زمین برآورد شده است (۳۱). حساسیت گیاهان به دمای پایین یکی از موضوعات مهمی است که متخصصان علوم گیاهی در کشاورزی با آن مواجه هستند. از نظر فیزیولوژیکی آثار سرمازدگی الاستیک یا برگشت پذیر می‌باشد و با رفع سرما گیاه مجدداً بهبود یافته و به رشد خود ادامه می‌دهد. قدرت بهبود گیاه بعد از رفع تنش یکی از روش‌های اندازه گیری مقاومت گیاهان به درجه حرارت پایین است (۲). شرایط آب و هوایی دیم‌زارهای کشور به گونه‌ای است که زمستان گذرانی یکی از مهم‌ترین عوامل برای موفقیت درکشت پاییزه در شرایط دیم می‌باشد. تحمل سرما در گیاهان، واکنشی است که آنها نسبت به کاهش دما از خود نشان می‌دهند. در اکثر گیاهان سازگاری به سرما با تجمع قندهای محلول در سیتوپلاسم بویژه ساکاروز همراه است (۱۹). گیاهان در شرایط سرما با تغییر در ساختمان غشاء و ترکیبات چربی‌ها (۲۲)، تغییرات متابولیک در محتوای پروتئین (۲۴) و فعالیت آنزیم‌ها (۱۰)، فسفوریلاسیون پروتئین‌های تیلاکوئید (۳)، توزیع مجدد یون‌های کلسیم داخل سلولی (۹) و نشت سلولی الکترولیت‌ها و آمینواسیدها. و برخی تغییرات دیگر در واکنش به سرما نشان می‌دهند. در طی دورهٔ سرما تغییرات زیادی در پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی رخ می‌دهد که منجر به حفظ سلول در مقابل آسیب‌های سرما می‌شود. گیاهان برخوردار از مقاومت بیش تر به سرما، تخریب کمی در ساختمان غشاء و در نتیجه تغییر کمی در ویژگی‌های الکتریکی بافت دارند (۱۵). تجمع پرولین یکی از روش‌های متابولیک بارز می‌باشد که در پاسخ به تنش‌های محیطی توسط گیاهان عالی و باکتری‌ها انجام می‌گیرد (۱۴).

گلرنگ (*Carthamus Tinctorius* L.) گیاه مناسبی برای کشت در شرایط دیم و در تناوب گندم و جو در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای است (۲۷). بذر گلرنگ برای جوانه زنی به دماهای بالاتر از ۵–۴/۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. جوانه زنی بذور و نمو گیاهچه در این دمای حداقل بسیار کند است و ممکن است در این شرایط دمایی رسیدن گیاهچه‌ها به سطح خاک دو تا چهار هفته طول بکشد (۱). در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه زنی بیش از۷۰ درصد روی می دهد؛ اما زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن ممکن است تا ۱۸ روز به طول انجامد. همچنین بهینه دمای جوانه زنی بذور گلرنگ ۱۴ تا ۲۲ در جه سانتی‌گراد می‌باشد (۳۲). سرعت بالای جوانه زنی در کشت‌های تأخیری از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین تحت شرایط دیم قدرت اولیه می‌تواند از طریق رشد سریع‌تر شاخ و برگ باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شده و قابلیت دسترسی به آب را برای گیاه زراعی افزایش دهد (۲۱). به طور کلی هدف از این مطالعه بررسی واکنش مراحل جوانه زنی و گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ به دماهای زیر مطلوب و ارتباط آن با نتایج حاصل از ارزیابی این مواد در شرایط مزرعه بود.

مواد و روش ها

این بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه در دو شرایط مزرعه و آزمایشگاهی طی

سال های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ انجام شد که در ذیل به تفکیک آورده شده است.

آزمایش‌های جوانه زنی

تعداد ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ پاییزه در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اطاقک رشد با دقت ۰/۲ – /+ سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاکتور رقم شامل ۱۶ ژنوتیپ و فاکتور دما با سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد، که دمای ۵ و ۱۰ درجه به عنوان دمای تنش و دمای ۱۵ درجه دمای شاهد آزمایش بود. در هر تکرار از ۲۰ عدد بذر سالم در پتری دیش با قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. کف پتری دیش‌ها با یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک پوشیده شد. پس از قرار دادن بذور در پتری دیش‌ها برای آبیاری از آب مقطر دو بار تقطیر شده استفاده گردید. بذور پیش از قرار گرفتن در پتری دیش‌ها با استفاده از محلول هیپو کلرید سدیم ۲/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی شدند. شمارش بذور جوانه زده به صورت یک روز در میان تا روز دهم صورت گرفت. بذوری جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر یا بیش تر بود. صفات مورد بررسی عبارت بودند از:

درصد جوانه زنی[1]

از تقسیم تعداد نهایی بذور جوانه زده شده بر تعداد بذور کشت شده به دست آمده است.

شاخص تنش جوانه زنی[2](GSI)

این شاخص به عنوان معیاری برای ارزیابی مقاومت به تنش از طریق محاسبه شاخص سرعت جوانه زدن در شرایط تنش [3](PIS) و نیز شرایط شاهد [4](PIC) در معادله زیر محاسبه شد:

$$GSI = \frac{PIS}{PIC} \times ۱۰۰$$

1- Germination Percentage
2- Germination Stress Index
3- Promptness Index Stress
4- Promptness Index control

در این معادله شاخص سرعت جوانه زدن [5](PI) بذور از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$PI=nd_2\,(1)+nd_4(0.8)+nd_6(0.6)+nd_8(0.4)+nd_{10}\,(0.2)$$

که در آن nd_2 و..... nd_{10} بذور جوانه زده در روزهای دوم تا دهم می‌باشد (۸). نتایج به دست آمده با نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین داده‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با هم مقایسه شدند.

آزمایش‌های مرحله گیاهچه‌ای

در این مرحله نیز ژنوتیپ‌های مذکور از نظر تحمل سرما و یخ زدگی در دو شرایط تنش (سرما) و شاهد (دمای گلخانه) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- تیمار سرمایی مورد استفاده در اتاقک سرما

مراحل زمانی	درجه حرارت روز (سانتی‌گراد)	درجه حرارت شب (سانتی‌گراد)
روز اول	۱۰	۱۰
روز دوم	۵	۵
روز سوم	۵	۰
روز چهارم	۵	-۵
روز پنجم	۵	-۵

۵ عدد بذر از هر رقم ولاین در گلدان‌های پلاستیکی کشت شد. خاک گلدان‌ها ترکیبی از ماسه، کود پوسیده و خاک مزرعه به نسبت ۱:۱:۱ بود که از قبل ضدعفونی شده بود. بذور در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری کشت شدند و برای جلوگیری از آلودگی قارچی به آب آبیاری قارچ‌کش اضافه شد. هر دو گروه از گلدان‌ها در گلخانه در دمای ۱۰/ ۱۵

5- Promptness Index

(شب/ روز) درجه سانتی‌گراد با فتوپریود ۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند تا به مرحله دو برگی رسیدند. سپس گلدان‌هایی که باید تحت تیمار سرمایی قرار می‌گرفتند، به اتاقک سرما منتقل شدند و تحت تیمارهای سرمایی (جدول ۱) قرار گرفتند. طول ساعات روز و شب در تیمارهای سرمایی طوری طراحی شد که مشابه وضعیت طبیعی در زمستان باشد. گلدان‌ها تا روز پنجم در اطاقک سرما قرار داشتند. در پایان روز پنجم از اطاقک سرما خارج و به اطاقک رشد با درجه حرارت ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و یک روز در این درجه حرارت نگهداری شدند.

صفات مورد بررسی در مرحله گیاهچه‌ای

اسید آمینه پرولین

برای اندازه گیری غلظت اسید آمینه پرولین در مرحله دو برگی، ۱ گرم بافت گیاهی از برگ تازه در ۱۰ ml اسید سولفوسالیسیلیک به وسیله هاون هموژن شد و عصاره حاصل صاف گردید. به عصاره صاف شده ۲ cc اسید استیک و اسید ناین هیدرین اضافه شد. محلول حاصل در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن برای پایان یافتن واکنش لوله‌های آزمایش در بستر یخی قرار گرفتند و ۴ ml تولوئن به هر لوله اضافه شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر به کمک غلظت‌های مشخص پرولین خالص به عنوان شاهد در طول موج nm ۵۲۰ تعیین گردید (۴).

قندهای محلول[1]

برای اندازه گیری قندهای محلول در مرحله دو برگی ۰/۵ گرم بافت گیاهی از برگ تازه جدا کرده و آن را له نموده و سپس نمونه داخل لوله آزمایش قرار داده شد. بلافاصله ۵ ml اتانول ۹۵ ٪ به آن اضافه گردید. لوله‌های آزمایش به مدت ۲ دقیقه به شدت تکان داده شدند. بدین ترتیب از نمونه‌ها دو فاز جامد و مایع به دقت جدا و مجدداً به فاز جامد طی دو مرحله و هر بار ۵ ml اتانول ۷۰٪ اضافه و به شدت تکان داده شد و فاز مایع تفکیک گردید. بدین ترتیب فاز جامد که شامل بقایای بافت‌ها به رنگ سفید و فاز مایع که شامل ۱۵ ml عصاره گیاهی بود جدا گردید. کل فاز مایع با سانتریفوژ ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید و بخش بالایی فاز مایع به دقت جدا و جهت نگهداری به یخچال انتقال یافت. ۰/۱ml از عصاره گیاهی سانتریفوژ شده با میکروپیپت جدا و داخل لوله‌های آزمایش ریخته شد. سپس ۳ml معرف آنترون به نمونه‌ها اضافه گردید. لوله‌های آزمایش محتوی نمونه و معرف آنترون به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جهت تشکیل ماده رنگی قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب نور در طول موج nm ۶۲۵ با اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد (۲۶).

درصد خسارت به غشاء سلولی[2]

برای اندازه گیری درصد خسارت به غشاء سلولی در مرحله دو برگی در هر واحد آزمایشی دیسک‌های برگی تهیه و در یک لوله آزمایش با ۱ میلی‌لیتر آب مرطوب شده و لوله‌ها به صورت دربسته به آزمایشگاه منتقل شدند. برای حذف الکترولیت‌های چسبیده به برگ، نمونه‌ها با آب مقطر شسته شدند. نمونه‌های دیسک‌های شاهد در ۱۰ ml آب مقطر در یک لوله آزمایش قرار داده شده و در دمای یخچال نگه داشته شدند. دیسک‌های تیمار سرما نیز در دمای پایین (۱۶- درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند؛ سپس تمامی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس مواد محلول هر لوله آزمایش را دور ریخته و نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند و در یک حمام آب

1- Soluble Sugars

2- Cell membrane Injury

گرم قرار داده شدند تا دمای آن ها به حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسید؛ سپس هدایت الکتریکی آنها اندازه گیری شد. پس از آن جهت مرگ بافت‌های برگی نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در بن ماری با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و هدایت الکتریکی نمونه‌ها مجدداً قرائت شد. درصد خسارت ناشی از پسابیدگی با استفاده از رابطه زیر تعیین شد.

$$\%RI= 1-\{1- (T_1/T_2) / 1- (C_1/C_2)\} *100$$

در این رابطه C و T به ترتیب هدایت الکتریکی تیمار و شاهد در قرائت های اول و دوم می باشد (۶).

آزمایش های مزرعه ای

در این بررسی ژنوتیپ‌های مذکور به همراه رقم زرقان ۲۷۹ به عنوان شاهد به مدت سه سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در شرایط دیم در ایستگاه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم اجرا گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط ۴ متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر بوده و بین کرت‌ها یک ردیف نکاشت قرار گرفت. تراکم کاشت ۳۳ بوته در متر مربع بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم و دیسک در اوایل مهرماه صورت گرفته و در اوایل آبان اقدام به کشت گردید. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک و برابر فرمول کودی N80 P60 بوده که کود فسفات و نیمی از کود اوره در زمان کاشت و نیم دیگر کود اوره در اوایل فروردین مصرف شد. در طول دوران رشد و نمو علاوه بر مراقبت‌های معمول زراعی نظیر وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات صفاتی نظر تعداد روز تا ۵۰ ٪ گلدهی و رسیدن کامل، ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته یادداشت برداری شد. پس از برداشت نیز صفات تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. در پایان سال سوم بر روی صفات مذکور تجزیه واریانس مرکب انجام شد. همچنین از تجزیه خوشه‌ای، جهت دسته بندی ارقام و ژنوتیپ‌ها به منظور شناخت فاصله ژنتیکی آن‌ها و استفاده از تنوع موجود در آن‌ها استفاده شد. در این تحقیق تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA[1] بر روی ۱۶ ژنوتیپ و رقم گلرنگ، بر اساس صفات مورد نظر انجام شد (۲۵).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری داده‌های آزمایشی در مرحله جوانه‌زنی در جدول شماره ۲ و نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در این مرحله در جدول شماره ۳ آمده است. همان گونه که جدول شماره ۲ نشان می‌دهد تاثیر دما و ژنوتیپ بر جوانه زنی و سرعت جوانه‌زنی بسیار معنی‌دار بود.

همچنین اثر متقابل دما و ژنوتیپ نیز برای جوانه‌زنی و سرعت جوانه زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. معنی دار بودن اثر متقابل دما و ژنوتیپ نشان دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به دما می‌باشد. دماهای کمتر از ۱۵درجه سانتی‌گراد باعث کاهش معنی‌دار حداکثر جوانه‌زنی شد. کم ترین درصد جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و بیش ترین درصد جوانه زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد حادث شد. دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد از این لحاظ در حد واسط بود. حداکثرجوانه زنی در کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. بالاترین درصد جوانه زنی در این دما مربوط به ژنوتیپ ۱و ۲ و کم ترین درصد جوانه زنی مربوط به ژنوتیپ ۱۴ و رقم هارتمن بود. در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نیز بیش ترین سرعت جوانه زنی مربوط به ژنوتیپ‌های شماره۱و۲ و کم ترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۸ و۱۲ بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ارقام نشان داد که در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در دمای ۱۰ درجه

1- Unweighted Pair Group Method with Arithemetic mean

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سرما بر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، غلظت پرولین و قندهای محلول در ۱۶ ژنوتیپ ورقم گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	پرولین	قندهای محلول
تکرار	۲	۴۲/۸۸ns	۱۴/۳۸ns	۰/۰۵۲ns	۰/۰۶۲ns
ژنوتیپ	۱۵	۱۵۷۰/۸۲**	۲۹۳/۳۲**	۲/۱۷**	۰/۶۰۸**
دما	۲	۳۶۵۰۵/۳۸**	۸۸۱۹/۲۶**	۱۰۳/۰۷**	۲۹/۴۸**
ژنوتیپ × دما	۳۰	۴۱۶/۳۰**	۱۲۱/۹۹**	۱/۹۱**	۰/۳۸۱**
اشتباه	۹۴	۷۲/۶۷	۱۱/۰۲	۰/۱۴۷	۰/۰۷۲

*و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد. و ns غیر معنی‌دار

سانتی‌گراد بیش ترین سرعت جوانه زنی مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۵ و کم ترین سرعت جوانه زنی مربوط به ژنوتیپ شماره ۴ بود. با کاهش دما از ۱۵ به ۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه زنی در بین ژنوتیپ‌های مختلف به شدت کاهش یافت به طوری که بعضی از ژنوتیپ‌ها در این دما قادر به جوانه زنی نبودند و بیش تر ژنوتیپ‌هایی که در این دما جوانه زدند در روزهای پایانی شروع به جوانه زنی کردند. در این دما ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۵ بیش ترین سرعت جوانه زنی را داشتند. بذر گلرنگ برای جوانه زنی به درجه حرارت‌های بالاتر از ۵-۴/۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. جوانه زنی بذور و نمو گیاهچه در این دمای حداقل بسیار کند است و ممکن است در این شرایط دمایی، رسیدن گیاهچه‌ها به سطح خاک دو تا چهار هفته طول بکشد (۱). از نظر شاخص تنش جوانه زنی ژنوتیپ‌های۱۵، ۲ و ۱۶ در دمای۱۰ درجه سانتی‌گراد و ژنوتیپ‌های ۱۶، ۲ و ۱۵ در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد از بیش ترین مقدار برخوردار بودند (جدول ۳). با درنظر گرفتن این شاخص و شاخص‌های دیگر، ژنوتیپ‌های ۱۵، ۲، ۱۶ و ۱ تحمل به سرمای بالاتری را در مرحله جوانه زنی نشان دادند (جدول ۳). بلک شاو[1] (۵) گزارش کرد که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه زنی بیش از ۷۰ درصد رخ می‌دهد اما زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن ممکن است تا ۱۸ روز به طول انجامد. تنش سرما غلظت پرولین برگ را به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین اثر متقابل دما و ژنوتیپ نیز برای غلظت پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر متقابل دما و ژنوتیپ نشان دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به دما می‌باشد. مقایسه میانگین ارقام نشان داد که کم ترین غلظت پرولین در شرایط شاهد مربوط به ژنوتیپ شماره ۴ و بیش ترین آن در شرایط تنش سرما مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۵ و۱ می‌باشد (جدول ۳). ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۲ و ۱۶ از این لحاظ در مرتبه دوم قرار داشتند. سایر ژنوتیپ‌ها از این نظر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. ژنوتیپ شماره ۱۵ بیش ترین افزایش را در غلظت پرولین تحت شرایط تنش سرما نشان داد؛ در حالی که لاین شماره ۴ کم ترین افزایش را در غلظت این اسید آمینه دارا بود. همچنین لاین‌های شماره ۱ و ۱۵ به ترتیب از لحاظ درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی در رتبه اول قرار گرفتند. افزایش غلظت پرولین تحت تنش ممکن است نشان دهنده نقش این اسید آمینه در تنظیم پتانسیل اسمزی باشد. میانگین کل

1- Blackshow

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف اندازه گیری شده ژنوتیپ های گلرنگ تحت بررسی

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	قند های محلول (میلی‌گرم بر گرم)		درصدخسارت به غشاء سلولی	پرولین (میلی‌گرم بر گرم)		شاخص تنش جوانه زنی(درصد)			درصد جوانه زنی			سرعت جوانه زنی		
		تنش	شاهد		تنش	شاهد	۵ °c	۱۰ °c	۵ °c	۱۰ °c	۱۵ °c	۵ °c	۱۰ °c	۱۵ °c
۱	CH-5	۲/۳۸ bc	۱/۲۸ abc	۲۳/۳۳c	۴/۸۵ a	۰/۸۶ a	۸/۹۵cd	۵۲/۲۳abc	۲۱/۷۰ a	۷۷/۰۰ abc	۸۸/۰۰ a	۴/۱۰ ab	۲۳/۳۳ bc	۴۴/۷۰ a
۲	PI-250537	۳/۰۶ ab	۱/۴۴ ab	۲۴bc	۳/۵۵ bc	۰/۶۸ bcd	۱۳/۰۰ab	۶۷/۴۹a	۲۵/۰۰ a	۷۸/۰۰ ab	۸۳/۰۰ a	۵/۳۳ a	۲۳/۶۷ b	۴۱/۰۰ ab
۳	Syrian	۲/۴۸ cd	۱/۰۰ bc	۴۷ab	۳/۵۵ bc	۰/۷۹ abc	۳/۴۵efg	۵۸/۸۷ab	۶/۷۰ de	۶۷/۰۰ bcd	۷۳/۰۰ abc	۱/۲۰ cdef	۲۱/۰۰ c	۳۵/۷۰ bcd
۴	CW-74	۲/۰۹ def	۱/۲۵ abc	۴۷/۶۷ ab	۱/۷۳ d	۰/۵۸ d	۲/۲۷fgh	۸/۶۹f	۵/۰۰ def	۲۷/۰۰ f	۷۲/۰۰ abcd	۰/۸۶ def	۳/۳۳ h	۳۸/۰۰ abc
۵	Dincer	۱/۷۹ f	۱/۰۴ bc	۳۷ bc	۲/۶۴ cd	۰/۷۲ abcd	۴/۰۸efg	۴۶/۹۸bcd	۵/۰۰ def	۵۰/۰۰ de	۵۰/۰۰ efg	۱/۱۳ cdef	۱۳/۰۰ d	۲۷/۷۰ defg
۶	Zargan-279	۲/۲۷ cdef	۱/۲۱ abc	۳۴/۶۷ bc	۲/۵۷ d	۰/۸۳ ab	۳/۹۷efg	۳۸/۷۱cde	۶/۷۰ de	۶۰/۰۰ cd	۶۲/۰۰ bcde	۱/۲۳ cdef	۱۲/۰۰ d	۳۱/۰۰ cdef
۷	LRV-55-295	۲/۰۶ def	۱/۰۹ bc	۴۷/۶۷ ab	۱/۶۲ d	۰/۶۵ cd	۶/۳۵de	۲۶/۹۱def	۱۰/۰۰ cd	۵۸/۰۰ d	۷۸/۰۰ ab	۲/۲۰ cd	۹/۳۳ defg	۳۴/۷۰ bcde
۸	PI-198290	۱/۹۷ def	۱/۵۹ a	۵۰ab	۱/۷۵ d	۰/۶۵ cd	۰/۰h	۳۰/۲۴de	۰/۰۰ f	۵۷/۰۰ d	۵۳/۰۰ def	۰/۰۰ f	۸/۶۶ defg	۲۸/۷۰ defg
۹	Hartman	۲/۰۴ def	۱/۴۴ ab	۳۰/۶۷ bc	۲/۴۹ d	۰/۷۱ abcd	۹/۲۸cd	۱۸/۵۰ef	۱۵/۰۰ bc	۲۲/۰۰ f	۳۵/۰۰ gh	۲/۶۷ bc	۳/۰۰ h	۱۸/۰۰ h
۱۰	Gila	۱/۸۱ f	۱/۲۷ abc	۴۸/۳۳ ab	۱/۶۱ d	۰/۶۳ cd	۶/۴۴de	۴۶/۰۷bcd	۸/۰۰ d	۵۲/۰۰ de	۶۲/۰۰ bcde	۱/۶۳ cde	۱۱/۶۷ de	۲۵/۰۰ efgh
۱۱	Kino-76	۲/۴۲ cde	۱/۱۹ abc	۳۸/۶۷ abc	۲/۰۴ d	۰/۶۳ cd	۴/۹۳/ef	۲۸/۳۵def	۵/۰۰ def	۳۷/۰۰ ef	۴۷/۰۰ efgh	۱/۱۰ def	۶/۳۳ efgh	۲۲/۰۰ fgh
۱۲	Yenice	۲/۳۱ cdef	۱/۲۹ abc	۵۶/۳۳ a	۲/۲۳ d	۰/۶۹ bcd	۰/۰۰h	۲۲/۵۹ef	۰/۰۰ f	۲۲/۰۰ f	۴۲/۰۰ fgh	۰/۰۰ f	۴/۶۶ gh	۲۰/۶۷ gh
۱۳	PI-537063	۱/۷۲ f	۰/۹۱ c	۴۵/۳۳ ab	۲/۳۵ d	۰/۶۵ cd	۱/۵۳/gh	۲۲/۵۲ef	۱/۷۰ ef	۳۰/۰۰ f	۵۳/۰۰ cdef	۰/۳۷ ef	۵/۳۳ fgh	۲۴/۰۰ fgh
۱۴	PI-537636-S	۳/۴۴ a	۱/۲۶ abc	۴۱/۳۳ abc	۲/۰۳ d	۰/۶۴ cd	۶/۴۷de	۶۲/۶a	۵/۰۰ def	۵۳/۰۰ de	۳۲/۰۰ h	۱/۱۰ def	۱۰/۶۷ def	۱۷/۰۰ h
۱۵	LRV-51-51	۳/۲۶ ab	۱/۴۱ ab	۲۳ c	۵/۴۹ a	۰/۶۷ bcd	۱۱/۴۳/bc	۷۴/۱۸a	۲۰/۰۰ ab	۸۷/۰۰ a	۶۵/۰۰ bcde	۴/۵۵ a	۴۰/۰۰ a	cdefgh ۳۰/۰۰
۱۶	PI-537598	۱/۸۶ ef	۰/۹۹ bc	۳۳/۳۳ bc	۳/۷۲ b	۰/۶۵ cd	۱۴/۷۰a	۵۹/۵۱ab	۱۵/۰۰ bc	۸۳/۰۰ ab	۶۲/۰۰ bcde	۳/۷ ab	۲۵/۶۵ bc	۲۶/۰۰ defgh
میانگین		۲/۳۴	۱/۲۳	۳۸/۵۲	۲/۷۶	۰/۶۹	۶/۰۵	۴۱/۵۴	۹/۳۶	۵۳/۷۵	۵۹/۸۱	۱/۹۶	۱۳/۸۵	۲۹/۰۱ bc

میانگین ها با حروف غیر مشابه معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

غلظت پرولین از ۰/۶۹ میلی‌گرم بر گرم در شرایط شاهد به ۲/۷۶ در شرایط تنش افزایش یافت. کوشاد و یلهنوسکی[1] (۲۰) نیز افزایش غلظت پرولین را در دماهای پایین گزارش کردند. پرولین نقش مهمی را در گیاهان در معرض تنش ایفا می‌کند (۲۸) این اسید آمینه همچنین در تنظیم اسمزی سلول و حفاظت از پروتئین‌ها نیز مؤثر است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تیمار سرما به طور بسیار معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) بر میزان قندهای محلول برگ اثر داشت. میانگین کل غلظت قندهای محلول از ۱/۲۹ در شرایط شاهد به ۲/۳۴ میلی‌گرم بر گرم در شرایط تنش سرما افزایش یافت (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ مشخص شد که سرما میزان قندهای محلول را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داده است.در دماهای پائین در بسیاری از گونه‌ها تجمع پیوندهای با وزن مولکولی ئین مشاهده شده است و از بین آنها کربوهیدرات‌هایی مثل ساکاروز، سوربیتول و رافینوز (۱۶ و ۲۰) بیش تر مشاهده شده است. ساکاروز یکی از قندهایی است که استخراج آن در گیاهان تحت تنش سرما از سایر قندها آسان تر است. مشاهده شده است که میزان این قند در گیاهانی که در معرض سرما قرار گرفته‌اند تا ۱۰برابر افزایش یافته است. در بسیاری از گونه‌ها تجمع پیوندهای با وزن مولکولی پایین مشاهده شده است و از بین آنها اگر تجمع قندهای محلول در گیاه کم شود، تحمل گیاه نسبت به سرما از دست می‌رود (۱۲). افزایش قندهای محلول در فرایند سازگاری گیاه به تنش با اهمیت تلقی می‌شود. ژنوتیپ‌های سازگار تر بیش تر از ژنوتیپ‌های حساس قندهای محلول را تجمع می‌دهند (۱۶). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ میزان قندهای محلول تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ ملاحظه شد (جدول ۲) به طوری که ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۵ و ۲ از بالاترین میزان قندهای محلول برخوردار بودند. ارقام شماره ۱۵ و۲ از لحاظ غلظت اسید آمینه پرولین نیز در سطح بالاتری قرار داشتند. همچنین این ارقام به ترتیب با ۲۳ و ۲۴ درصد از کم ترین خسارت به غشاء سلولی برخوردار بودند.

اعمال تنش سرما باعث افزایش خسارت به غشاء سلولی و تراوش الکترولیت‌ها و بالا رفتن هدایت الکتریکی محلول حاوی برگ شد. مقادیر بیش تر هدایت الکتریکی نشان دهنده عدم توانایی غشاء در حفظ ترکیبات درون سلولی و خروج بیش تر الکترولیت‌ها از غشاء و خسارت به پایداری غشاء سلولی می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که غشاء سلولی آنها پایداری بیش تری در برابر تنش سرما داشته باشند، امکان خروج این ترکیبات از سلول را نداده و از افزایش هدایت الکتریکی محیط آبی قطعات برگ جلوگیری می‌کند. نتایج نشان داد بین ارقام و لاین‌ها از نظر درصد خسارت به غشاء سلول اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد (جدول ۴). دامنه تغییرات در بین ۱۶ لاین و رقم مذکور از نظر این صفت از ۲۳ تا ۵۶ درصد بوده است؛ به طوری که لاین‌های شماره ۱۵ و۲ به ترتیب با۲۳٪ و ۲۴٪ کم ترین خسارت و لاین‌های شماره ۱۲ و ۸ به ترتیب با ۵۶٪ و۵۰٪ بیش ترین خسارت به غشاء آنها وارد شده است همچنین این لاین‌ها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد از بیش ترین سرعت جوانه زنی برخوردار بودند. پایداری غشاء با سازگاری بافت گیاه در مقابل سرما در ارتباط است. میزان خسارت غشاء بعد از تنش سرما در شرایط استاندارد می‌تواند به عنوان معیاری برای بررسی تنوع ژنتیکی برای تحمل سرما به کار رود (۱۱). گیاهان برخوردار از مقاومت بیش تر به سرما تخریب کمی در ساختمان غشاء و در نتیجه تغییر کمی در ویژگی‌های الکتریکی بافت دارند (۱۵، ۲۳). از آنجا که تراوش یونی بالا نشان دهنده تخریب بیش تر غشای

1- Kushad & Yelenosky

سلولی در اثر سرما است، لذا ژنوتیپ‌هایی که دارای کم ترین تراوش یونی باشند مقاومت بیش تری دارند. نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۵) نشان داد که اختلاف بین ارقام از نظر وزن هزار دانه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۵) نشان داد که اختلاف بین ارقام از نظر صفات تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته غیر معنی‌دار و از نظر پنج صفت دیگر معنی‌دار بود. این امر نشان می‌دهد که وجود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد دانه ارقام به علت وجود اختلاف معنی دار در جزء وزن هزار دانه بوده است. از نظر تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته اختلاف معنی داری بین ارقام مشاهده نشد. مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۶) مشخص نمود که رقم CH-5 و لاین PI-537598 بترتیب با ۱۴۳۸ و ۱۲۱۶ کیلوگرم در هکتار بیش ترین عملکرد دانه را داشتند. کم ترین عملکرد دانه متعلق به ارقام زرقان ۲۷۹ (شاهد) و دینسر به ترتیب با ۷۹۸ و ۸۰۱ کیلوگرم در هکتار بود. لاین LRV-51-51 دارای کمترین وزن هزار دانه (۳۰ گرم) و رقم زرقان (شاهد) بیش ترین تعداد

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر سرما بر درصد خسارت به غشاء سلولی در ١٦ ژنوتیپ ورقم گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد خسارت به غشاء سلولی
تکرار	۲	۳۱۲/۲۷ns
رقم	۱۵	۳۲۰/۴۴**
اشتباه	۳۰	۹۷/۰۹

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد. و ns غیر معنی‌دار

جدول ٥- خلاصه تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف زراعی در شرایط مزرعه در ١٦ ژنوتیپ و رقم گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد دانه در غوزه	تعداد غوزه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)
سال	۲	۹۹۲۵/۲۶**	۳۰۰۱۹/۲۷**	۲۹۷۵/۲۵**	۳۲۸۷۸/۹۸**	۴۲۴۶/۴۴**	۱۱۷/۳۵**	۷۴۵۵۰۹۹/۲۲**
خطا	۶	۵۸۰۸۸	۴۵۹/۸۵	۲۶۹/۱۹	۴۵/۳۲	۱۳۰/۷۸	۱۱/۱۵	۲۰۰۳۲۴/۶۲
رقم	۱۵	۱۷/۶۲**	۵/۶۳**	۱۰۵/۶۰ **	۱۳۷/۴۹ns	۵۵/۵۳ns	۳۰/۴۰**	۲۵۲۷۱۶/۴۱**
سال × رقم	۳۰	۷/۴۷**	۷/۵۲**	۲۸/۸۷ns	۱۶۳/۰۱ns	۴۹/۰۶ns	۴۱/۲۴**	۱۸۹۵۶۵/۹۲
خطا	۹۰	۱/۷۷	۲/۰۷	۲۷/۲۳	۱۳۵/۵۱	۸۵/۰۵	۱۱/۳۱	۸۹۷۱۱/۶۴**

** و*به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد. و ns غیر معنی‌دار

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات مختلف زراعی در شرایط مزرعه در۱٦ ژنوتیپ و رقم گلرنگ

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدن	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد دانه در غوزه	تعداد غوزه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	ملکرد دانه (کیلو گرم)
۱	CH-5	۱۹۴def	۲۴۵ab	۸۰/۳۳ab	۳۴ab	۳۱a	۳۰/۱۷c	۱۴۳۸/۴۷a
۲	PI-250537	cde	۲۴۴b	۷۴/۱۷cdef	۳۸a	۲۴a	۳۷/۱۲a	۹۰۹/۲۲bcd
۳	Syrian	cd	۲۴۵ab	۷۱/۸۹ef	۳۴ab	۲۵a	۳۳/۵۳bc	۹۴۵/۵۱bcd
۴	CW-74	cde	۲۴۴bc	۷۷/۷۵abcd	۳۸a	۲۸a	۳۲/۰۱bc	۹۲۸/۳۹bcd
۵	Dincer	۱۹۳fg	۲۴۴b	۷۴/۴۳cdef	۲۹ab	۲۶a	۳۴/۳۲ab	۸۰۱/۲۹d
۶	Zargan279	۱۹۸a	۲۴۵ab	۷۸/۶۷abc	۳۲ab	۲۵a	۳۰/۷۷bc	۷۹۸/۰۲d
۷	LRV-55-295	۱۹۷b	۲۴۵ab	۷۰/۵۰f	۲۵b	۲۱a	۳۰/۶۳bc	۸۶۸/۸۵cd
۸	PI-198290	۱۹۶bc	۲۴۶a	۷۶/۶۳abcde	۳۰ab	۲۹a	۳۰/۰۳bc	۱۰۹۸/۴۷bcd
۹	Hartman	۱۹۵cde	۲۴۴bc	۷۵/۰۰bcdef	۲۶ab	۲۸a	۳۲/۹۰bc	۱۱۴۲/۵۸bc
۱۰	Gila	۱۹۵cde	۲۴۳bc	۷۲/۶۸def	۳۷ab	۲۳a	۳۴/۲۶ab	۹۹۸/۹۵bcd
۱۱	Kino-76	۱۹۴def	۲۴۴bc	۸۰/۶۷a	۳۴ab	۲۷a	۳۱/۳۳bc	۱۰۹۸/۶۹bcd
۱۲	Yenice	۱۹۶cd	۲۴۵ab	۷۶/۵۰abcde	۳۵ab	۲۴a	۳۲/۷۶bc	۸۷۶/۴۲cd
۱۳	PI-537063	۱۹۲g	۲۴۳bc	۷۱/۰۰ef	۳۱ab	۲۷a	۳۱/۵۲bc	۹۰۶/۷۱bcd
۱۴	PI-537636-S	۱۹۵cde	۲۴۴bc	۷۳/۵۰cdef	۳۱ab	۲۵a	۳۳/۳۷bc	۱۰۴۵/۹۲bcd
۱۵	LRV-51-51	۱۹۵def	۲۴۴bc	۸۱/۰۸a	۳۰ab	۲۶a	۳۰/۰۳c	۹۴۸/۴bcd
۱۶	PI-537598	۱۹۴def	۲۴۲c	۷۳/۵۰cdef	۲۹ab	۲۶a	۳۲/۲۹ bc	۱۲۱۶/۴۱a
میانگین		۱۹۵	۲۴۴	۷۵/۵۲	۳۲	۲۶	۳۲/۵۳	۱۰۰۱/۳۳

روز تا گلدهی (۱۹۸ روز) را داشت. همچنین ژنوتیپ شماره ۸ از بیش ترین روز تا رسیدگی برخوردار بود. با این وجود روند و یا رابطهٔ واضحی بین عملکرد دانه و این صفات مشاهده نشد.

همبستگی مثبت و معنی داری ($r=۰/۵۳^{*}$) بین میانگین عملکرد دانه و شاخص تنش جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۷). لذا با توجه به همبستگی بالای این شاخص با عملکرد دانه، می‌توان گفت گزینش ژنوتیپ‌های دارای شاخص تنش جوانه زنی بالا برای شرایط تنش سرما مفید می‌باشد. همچنین همبستگی منفی و بسیار معنی داری بین درصد خسارت به غشاء سلولی و محتوای پرولین مشاهده شد ($r=-۰/۷۶^{**}$). این عقیده توسط محققان بسیاری ذکر شده است که میزان پرولین ممکن است در پایداری غشاء سلولی در طول تنش نقش داشته باشد. این همبستگی در مطالعات کوچوا و گورگیو نیز مشاهده شد (۱۸). تجمع پرولین آزاد در پاسخ به تنش اسمزی یک واکنش سازگاری است که نه تنها در گیاهان بلکه در در سایر ارگانیزم‌ها نیز دیده می‌شود (۱۸). مهم ترین و قابل توجه‌ترین فعالیت پرولین، عکس العمل آن با پروتئین‌های غشایی است که احتمالاً در حفظ ساختار غشاء سلولی درگیرند (۷). همبستگی منفی و بسیار معنی داری ($r= -۰/۷۹^{**}$) بین درصد خسارت به غشاء سلولی و شاخص تنش جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. یکی از راهبردهای مهم برای تکامل مقاومت به تنش در گیاهان حفظ تمامیت غشاء سلولی پس از بروز تنش

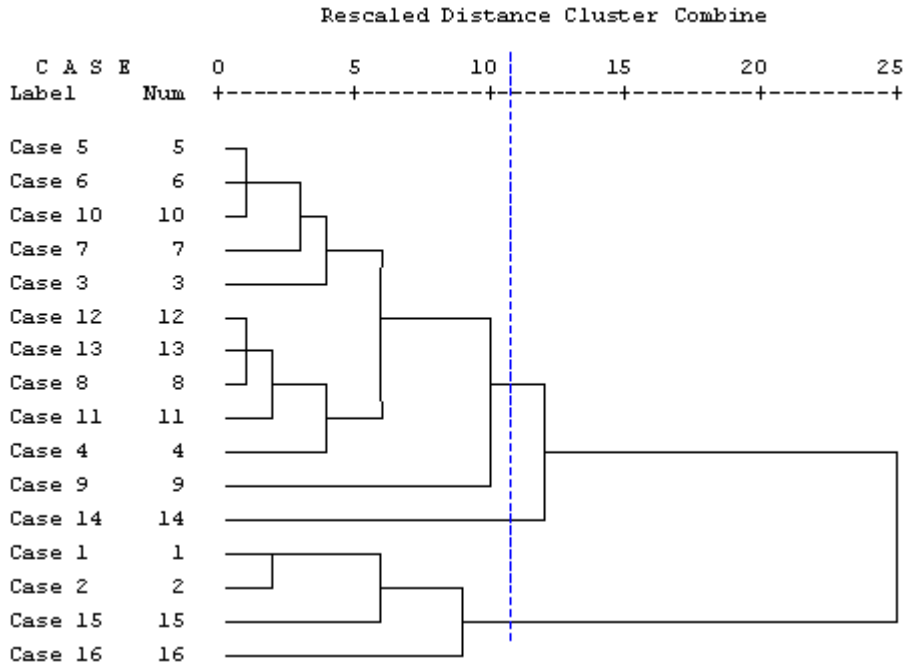
جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با یکدیگر در شرایط تنش سرما در ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Pi15(x1)	۱											
Pi10(x2)	۰/۴۲	۱										
Pi5(x3)	۰/۴۵	**۰/۷۶	۱									
%G15(x4)	**۰/۹۵	۰/۴۹	*۰/۵۳	۱								
%G10(x5)	*۰/۵۲	**۰/۹۰	**۰/۷۱	*۰/۵۹	۱							
%G5()x6	۰/۴۹	**۰/۷۱	**۰/۹۹	*۰/۵۵	**۰/۶۵	۱						
GSI10(x7)	۰/۲۱	**۰/۸۷	**۰/۶۳	۰/۲۷	**۰/۸۶	**۰/۵۸	۱					
GSI5(x8)	۰/۱۸	**۰/۶۸	**۰/۹۳	۰/۳۰	**۰/۶۵	**۰/۸۹	**۰/۶۳	۱				
Pro(x9)	۰/۴۲	**۰/۸۹	**۰/۷۴	۰/۴۳	**۰/۷۱	**۰/۷۳	**۰/۶۹	*۰/۶۱	۱			
%IR(X10)	-۰/۳۳	**-۰/۶۶	**-۰/۸۵	-۰/۳۰	*-۰/۵۸	**۰/۸۷	*۰/۵۶	**۰/۷۹	**۰/۷۶	۱		
Sugar(x11)	۰/۱۷	*۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۱۱	۰/۴۴	۰/۴۷	**۰/۶۳	۰/۳۷	*۰/۵۲	-۰/۴۸	۱	
YLD(x12)	-۰/۱۰	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۲۵	*۰/۵۳	۰/۲۳	-۰/۴۱	-۰/۲۱	۱

Pi= سرعت جوانه زنی G%=درصد جوانه زنی GSI= شاخص تنش جوانه زنی Pro= اسید آمینه پرولین IR= درصد خسارت به غشاء سلولی
S.Sugar= قند های محلول YLD= عملکرد دانه

است. در اکثر گیاهان سازگاری به سرما با تجمع قندهای محلول در سیتوپلاسم بخصوص ساکاروز همراه است (۲۲). قندهای محلول باعث افزایش غلظت شیره سلول در طی فرایند سازگاری شده و این امر سبب کاهش دمای انجماد مایع درون سلولی و بالا رفتن مقاومت گیاه به انجماد می‌شود (۲۹). با توجه به همبستگی منفی و معنی دار (r= -۰/۷۹**) بین درصد خسارت به غشاء سلولی و شاخص تنش جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، به نظر می‌رسدکه بتوان از این شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش سرما در سایر مراحل رشدی گیاه استفاده کرد (جدول ۷).

در دسته بندی ارقام مورد مطالعه به روش تجزیه کلاستر سه گروه مشخص به دست آمد (شکل ۱). همان طور که ملاحظه می‌شود در کلاستر اول، ژنوتیپ‌های ۵، ۶، ۱۰، ۷ و ۳ قرار گرفته‌اند که بیانگر شباهت بیش تر این ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد استفاده در دسته بندی می‌باشد و مقادیرحداقلی را از نظر صفات مورد مطالعه نشان می‌دهند. در گروه دوم، ژنوتیپ‌های ۱۲، ۱۳، ۸، ۱۱، ۴،۱۴ و ۹ قرار دارند که مقدار متوسطی عملکرد و نیز مقدار بیش تری از مقادیر را به طور متوسط، از نظر صفات دیگر به خود اختصاص داده بودند. در کلاستر سوم، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۱۵ و ۱۶ قرار داشتند. ژنوتیپ‌های موجود در کلاستر ۳ با توجه به این که از سرعت جوانه زنی بیش تر، غلظت پرولین بالاتر، عملکرد بهتر و همچنین درصد خسارت به غشاء سلولی کم تری خوردار بودند، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. به طور کلی می‌توان گفت که با در نظر گرفتن شاخص‌های فیزیولوژیکی و صفت عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۱۵و ۱۶ به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. شایان ذکر است که دلیل قرار نگرفتن ژنوتیپ‌های ۸، ۱۱ و ۱۴ در کلاستر سوم (با وجود آن که از لحاظ عملکرد دانه جزء ژنوتیپ‌های دارای عملکردی بالاتر از متوسط بودند) می تواند این باشد که چون این کلاستربندی بر اساس تعداد محدودی صفت انجام شده است نتوانست ارقام مطلوب را به طور کامل تفکیک نماید. بدیهی است اگر تعداد صفات بیش تری مورد ارزیابی قرار می‌گرفت، نتیجه کلاستربندی مطلوب‌تر می‌شد. همچنین با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت که سرعت جوانه زنی بالا، غلظت



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر بر اساس صفات فیزیولوژیکی در شرایط تنش سرما و میانگین عملکرد دانه به روش UPGMA

پرولین بیش تر و درصد خسارت کم تر به غشاء سلولی تحت تنش سرما، ممکن است شاخص‌های مناسبی برای انتخاب در جهت مقاومت به سرما باشند.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح تحقیقاتی "بررسی مقاومت به سرما در ارقام و لاین های گلرنگ با استفاده از شاخص های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی" به شماره ۸۵/۱۲۳۴ می‌باشد که با حمایت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم انجام شده است. بدین وسیله از حمایت به عمل آمده توسط ریاست محترم آن موسسه تشکر و قدردانی می نماید.

منابع

۱. زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ: شناخت- تولید- مصرف. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۴ ص.

۲. کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۱. اکولوژی گیاهان زراعی (جلد اول) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۹۱ ص.

3. Bannett, J. 1991. Protein phosphorylation in green plant chloroplast. Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular. Biology, 42: 281-311.

4. Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil Science, 39: 205-207

5. Blackshow, R.E. 1991. Soil temperature and moisture effects on downy brome vs. winter canola, wheat, and rye emergence. Crop Science, 31: 1034-1040.

6. Blum, A., and Eberrcon, A. 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21: 43-47.

7. Bohnert, H.J., and Jensen, R.G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends biotechnology, 14: 215- 223.

8. Bouslama, M., and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24:933-937.

9. Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Annual Rev of Plant Physiol. Plant Molecular. Biology, 46:95-122.

10. Byrd, G.T., Ort, D.R.; and Ogren, W.L. 1995. The effects of chilling in the light on Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activation in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Physiology, 107(2): 585-591.

11. Caradon, C.A., Duncan, R.R., and Lindstrom, O. 1997. Low temperature tolerance assessment in Paspalum.Crop Science, 37: 1283-1291.

12. Guy, C.L., Yelenosky, G., and Sweet, N.C. 1980. Light exposure and soluble sugars in citrus frost hardiness. Florida Science, 43: 268-273.

13. Howarth, C.J., and Ougham, H.J. 1993. Gene expression under temperature stress. New Phytology, 125:1-26.

14. Hua, X.J., Van de Cotte, B., Montagu, M.V., and Verbruggen, N. 1997. Developmental regulation of pyroline-5-carboxylate reductase gene expression in Arabidopsis. Plant Physiology, 114:1215-1224.

15. Hughes, M.A, and Dunn, M.A. 1998. The molecular biology of plant acclimation to Temperature. Journal Experimental Botany, 47-297-305.

16. Kerepsi, I, and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress-induced alternation in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Science, 40:482-487.

17. Khoshnoud, A, and Carapetian, J. 2006. Genetic variation in safflower germplasm grown in rainfed cold dryland. Agronomy Journal, 5 (1): 50-52.

18. Kocheva, K., and Gorgiev, .G. 2003. Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare L.*) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000. Blug. Plant physiology Journal. Special issue. 290- 294.

19. Koster, k.l., and Lynch, D.V. 1992. Solute accumulation and comparatmentation during the cold acclimation of puma rye. Plant physiology, 98: 108-113

20. Kushad, N.M, and Yelenosky, G. 1987. Evaluation of polyamine and proline levels during low temperature acclimation of citrus. Plant Physiology, 84: 692-695.

21. Lopez-Castaneda, C., Richards, R.A., Farquhar, D.G, and Williamson, R.E. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. Crop Science, 36: 1257-1266.

22. Lyons, J.M., and Raison, J.K. 1970. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury .Plant physiology, 45:365- 389.

23. Mark Sulc, R., Albrecht, K.A., Palta, P.J., and Duke, S.H. 1991. Leakage of intracellular substances from alfalfa Roots at various Subfreezing temperatures. Crop Science, 31: 1575-1578.

24. Marmiroli, N., Terzi, V., Odoardi, S.M., Lorenzoni, C., and Stanca, A.M. 1986. Protein synthesis during cold shock in barley tissues. Comparison of two genotypes with winter and spring growth habit. Applied. Genetics, 73:190-196.

25. Michener, C.D, and Sokal, R.R. 1957. A quantitative approach to a problem in classification.Evolution, 11:130-162.

26. Paquin, R., Lechasseur, P. 1979. Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits des plantes. Canadian Journal of Botany, 57, 1851-1854.

27. Pourdad, S.S, and Beg, A. 2003. Safflower: A suitable oilseed crop for dry land areas of Iran. In: proceeding of 7th International conference on Development of Dry lands. Sep. 14- -17, Tehran, Iran.

28. Purvis, A.C., and Yelenosky, G. 1982. Sugar and proline accumulation in grapefruit flavedo and leaves during cold hardening of young trees. Physiological Plantarum, 80: 159-168.

29. Rapacz, M., and Janowiak, F. 1998. Physiological effects of winter rape (*Brassica napus* var. *oleifera*) prehardening to frost. I. Frost Resistance and Photosynthesis during Cold Acclimation. Journal of Agronomy and Crop Science, 181(1): 13-20.

30. Rashid, A., Beg, A., Atary, A.A., Pourdad, S.S., and Alizadeh, Kh. 2006. Oilseed crops for the highlands of CWANA, ICARDA. Caravan, 16: 27-29.

31. Stepokus, P.L., Uemura, M., and Webb, M.S. 1993. A contrast of the cryostability of the plasma membrane of winter rye and spring oat: Two species that widely differ in their freezing tolerance and plasma membrance lipid composition. In: Advances in low Temperature Biology, and ed. Stepokus. P.L., 2: 211-212. London: JAI Press, U.K.

32. Toth, E., and Nemeth, E. 2002, Changes of germination ability of some fatty oil containing medicinal plant seeds during storage in gene bank, Acta Horticulture, (ISHS) 576: 99-103.