

## تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد، پرولین، رنگدانه‌های فتوسنتزی و آب

### نسبی برگ چند ژنوتیپ گلرنگ

علی اسماعیلی منزه، حشمت امیدی<sup>1\*</sup> و عبدالامیر بستانی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران؛

[Ae.monazah@yahoo.com](mailto:Ae.monazah@yahoo.com)

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تهران؛

[Heshmatomidi@yahoo.com](mailto:Heshmatomidi@yahoo.com)

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، گروه خاکشناسی، تهران؛

[Bostani@shahed.ac.ir](mailto:Bostani@shahed.ac.ir)

### چکیده

کشت گلرنگ به عنوان گیاهی با اهمیت دانه روغنی و سازگار با شرایط اقلیمی کشور می‌تواند از نظر بهره‌وری منابع آب و اقتصاد تولید موثر باشد. در این زمینه آزمایشی با هدف، ارزیابی عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های جدید گلرنگ در شرایط تنش خشکی به صورت اسپلٹ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1389-1390 اجرا شد. تنش خشکی به صورت پتانسیل‌های رطوبتی خاک (0/5 به عنوان تیمار شاهد (FC)، 3/5، 6/5 اتمسفر) به عنوان فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های گلرنگ (صفه، گلدشت، Mec12، Mec50، Mec41، Mec141، C44، پدیده و Kw2) به عنوان فاکتور فرعی پس از گلدهی اعمال گردید. نتایج تجزیه آماری تأثیر معنی‌داری از نظر تنش خشکی بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ (RWC) و محتوای پرولین نشان داد. با افزایش تنش خشکی محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، وزن هزار دانه و مقدار پرولین افزایش و محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ گلدشت و کمترین آن مربوط به Kw2 و بهترین ژنوتیپ مقاوم به شرایط خشکی ژنوتیپ Mec141 بود. همبستگی میان وزن هزار دانه، عملکرد دانه و محتوای پرولین معنی‌دار شد که ناشی از اهمیت آنها در افزایش عملکرد دانه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ رقم گلدشت، رقم صفه، رقم پدیده، خصوصیات فیزیولوژیک

بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و خانگی برداشت

مقدمه

می‌شود که حدود 83 میلیارد مترمکعب 93 درصد به

در حال حاضر از کل منابع آب تجدیدشونده

بخش کشاورزی اختصاص دارد ولی متأسفانه بهره‌وری

کشور حدود 89/5 میلیارد مترمکعب جهت مصارف

<sup>1</sup>. آدرس نویسنده مسؤول: تهران، دانشگاه شاهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، صندوق پستی: 18155-159

\* دریافت: آبان، 1390 و پذیرش: شهریور، 1391

و کارایی استفاده از این منابع بسیار پایین است. با توجه به وضعیت بحران آب در ایران و مصرف عمده آن در بخش کشاورزی، و خشکی یه عنوان یکی از مهم ترین تنش های محیطی و عامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی (9) بایستی در نوع کشت گیاهان و استفاده از ژنوتیپ های حساس تجدیدنظر صورت گیرد، در این زمینه مطالعه و شناخت گیاهان زراعی متحمل به خشکی و مدیریت آب ضروری به نظر می رسد (5).

گیاه گلرنگ قابلیت کشت در اکثر نقاط دنیا را دارد، و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال 2005 برابر با یک میلیون و سیزده هزار هکتار می باشد (11). گیاه یکساله بوده و با توجه به داشتن ریشه های عمودی می تواند تنش های محیطی همچون شوری و کم آبی را تحمل کند (14).

احمدزاده و همکاران (1389) گزارش نمودند، برای انتخاب ژنوتیپ های برتر گلرنگ از نظر عملکرد می توان به طور مستقیم ژنوتیپ هایی که عملکرد دانه بیشتری دارند یا به طور غیر مستقیم صفاتی همچون وزن صد دانه بالاتری دارند گزینش نمود. تنش از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه به خصوص زمانی که با دمای زیاد نیز همراه باشد، پیری برگ را تسریع و باعث کاهش دوره پرشدن دانه شده بنابراین وزن دانه کاهش می یابد لذا وزن دانه با سرعت و مدت پرشدن دانه ارتباط دارد (5).

ابوالحسنی و همکاران (2006) گزارش کردند، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گلرنگ حدود 4/29 درصد نسبت به تیمار شاهد گردید که در تحقیقات سایرین نیز کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش مشاهده شده است (10).

برگ نیز به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه ای دارد، ژنوتیپ های با تعداد برگ بیشتر در شرایط تنش توان فتوسنتزی بالایی دارند، اما این موضوع با تعرق بیشتر گیاه در این شرایط در تقابل است (5). فلورسانس

کلروفیل به عنوان یک معیارسنجش برای بررسی تأثیر تنش های محیطی، از جمله تنش آب برگونه های زراعی و تعیین میزان مقاومت به خشکی در آن ها پیشنهاد شده است (15) زیرا خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست ها و کاهش میزان کلروفیل می شود (5) همچنین کلروفیل سازی در تنش های شدید آب متوقف می شود (6). هنگامی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می گیرد، تجزیه پروتئین ها و در نتیجه افزایش آمینو اسیدها و آمیدها تسریع می شود. یکی از این آمینو اسیدها پرولین است و غلظت آن در برگ، در هر زمان، به مدت زمان تنش، پتانسیل آب برگ و میزان انتقال آن به قسمت های دیگر گیاه وابسته است (5).

بنابراین اکثر گیاهان از ساز و کار یکسانی در مقاومت به تنش از جمله خشکی بهره نمی برند بلکه یک گیاه ممکن است چندین روش برای سازگاری با تنش داشته باشد (19). هدف از این پژوهش بررسی معیارهای سنجش تحمل به خشکی و گزینش ژنوتیپ های مطلوب از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و افزایش راندمان آبیاری می باشد.

### مواد و روش ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد با عرض جغرافیایی 35 درجه و 34 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 51 درجه و 8 دقیقه شرقی و ارتفاع 1190 متر از سطح دریا و میزان بارندگی سالیانه 216 میلی متر اجرا شد. خصوصیات خاک مزرعه پس از تجزیه و تحلیل خاک در جدول (1) ارائه شد و کمبود عناصر غذایی مورد نیاز گیاه محاسبه شد و به هر کرت آزمایشی شامل 127 گرم  $P_2O_5$  و 396 گرم  $K_2SO_4$  تزریق گردید. در ضمن مقدار کمبود ازت طی سه مرحله از زمان کاشت تا مرحله گلدهی به صورت محلول در آب آبیاری با استفاده از کود اوره برای گیاه جبران شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پژوهشی

K(available)	P(available)	N(total)	EC <sub>e</sub>	PH	O.C	Sand	Silt	Clay	Soil Texture
(mg kg <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(ds m <sup>-1</sup> )			(%)			
270	7/6	0/05	1/2	7/71	0/57	44	36	20	Loam

پتانسیل‌های رطوبتی 3/5.0/5 و 6/5 اتمسفر انجام شد. در مرحله کامل شدن گیاه عملیاتی مانند سله شکنی، وجین علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌های نابجا پس از کاشت ژنوتیپ‌های گلرنگ در مزرعه پژوهشی صورت گرفت و در نهایت نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی و اجزا ژنوتیپ‌های گلرنگ در سطوح مختلف خشکی انجام شد. سپس در آزمایشگاه با استفاده از روش‌های ذیل اندازه‌گیری‌ها صورت گرفت.

#### محتوای کلروفیل و کارتنوئید و آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل a، b، کل از روش پورا (16) و همچنین آنتوسیانین از روش سیمز و گامون (18) و کاروتنوئید از روش لیخن تالر و ولبورن (12) استفاده شد. به این منظور 500 میلی‌گرم از هر برگ انتخابی در 5 میلی‌لیتر استن 80 درصد هموزن گردید و پس از انجام سانتریفیوژ با سرعت 13000 دور در دقیقه و دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه، مایع رویی برداشته و حجم آن به 10 میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله بعد به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفتومتر<sup>3</sup> میزان جذب نور در طول موج‌های 470، 663، 647، 663/6، 646/6، 537 مشخص و با استفاده از روابط زیر رنگدانه‌های فتوسنتزی محاسبه شدند.

1. Chlorophyll a = 12.25(A<sub>663.6</sub>) - 2.55(A<sub>646.6</sub>)
2. Chlorophyll b = 20.31(A<sub>646.6</sub>) - 4.91(A<sub>663.6</sub>)
3. Total Chlorophyll = 17.76(A<sub>646.6</sub>) + 7.34(A<sub>663.6</sub>)
4. Anthocyanin = 0.08173(A<sub>537</sub>) - 0.00697(A<sub>647</sub>) - 0.002228(A<sub>663</sub>)
5. Carotenoids = (1000A<sub>470</sub> - 3.27[chl a] - 104[chlb]) / 227

در روابط فوق A طول موج اسپکتروفتومتر می‌باشد.

همچنین به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات<sup>1</sup>) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. هر کرت آزمایشی دارای 4 خط به طول 4 متر و آرایش کاشت به صورت فاصله خطوط کاشت 60 سانتی‌متر و فاصله بوته 7 سانتی‌متر بود. فاکتورهای آزمایش به صورت 3 سطح خشکی به عنوان فاکتور اصلی (1- متوسط پتانسیل رطوبت خاک در حدود 0/5 اتمسفر (ظرفیت زراعی) به عنوان تیمار شاهد، 2- پتانسیل رطوبت خاک حدود 3/5 اتمسفر به عنوان تنش ملایم، 3- پتانسیل رطوبت خاک حدود 6/5 اتمسفر به عنوان تنش شدید) و ژنوتیپ‌های گلرنگ به عنوان فاکتور فرعی (گلدشت، Mec12، 411 Mec50، Kw2، پدیده، C44، Mec141، صنفه) در نظر گرفته شد.

اعمال تنش خشکی بر اساس دستگاه اکوتانسومتر<sup>2</sup> صورت پذیرفت. بدین منظور دستگاه در مزرعه پژوهشی و در عمق ریشه (30 سانتی‌متری) قرار داده شد. روش کار به این صورت بود که پس از نصب دستگاه خاک بطور کامل اشباع شده و روند تغییرات مکش خاک (و محتوای رطوبت خاک) به مدت 30 روز و با فاصله زمانی یک ساعت رصد شد. پس از طی مدت مذکور داده‌ها از حسگرهای دستگاه به رایانه منتقل و ضمن تجزیه و تحلیل اطلاعات، رسم نمودار صورت گرفت. پس از محاسبه پتانسیل‌های رطوبتی خاک اعمال سطوح تنش بعد از مرحله گلدهی به روش آبیاری نشتی (جوی و پشته‌ای) در زمان‌های 3، 7 و 11 روز به ترتیب برای

1..Split plot

2..Equitensiometer

3.Spectrophotometer

### محتوای نسبی آب برگ

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ<sup>1</sup> (Rwc) با روش لیندسای انجام شد. در مراحل تنش خشکی از هر تیمار 7 گیاه انتخاب و از هر گیاه چند برگ از برگ‌های انتهایی برداشت و بلافاصله با ترازوی دقیق توزین شد. سپس در لوله‌های آزمایش درب‌دار محتوی آب مقطر غوطه‌ور شد و به منظور جلوگیری از هر گونه کاهش احتمالی در وزن برگ‌ها، آن‌ها در محیط خشک و خنک بدون نور (سایه) قرار گرفتند. پس از گذشت 6 ساعت برگ‌ها را از داخل لوله‌های آزمایش خارج گردید و پس از خشک‌کردن با ترازوی یک هزارم گرمی وزن آماس برگ‌ها، تعیین شد. سپس برگ‌ها داخل آون الکتریکی با دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت قرار گرفت و پس از خشک شدن با ترازوی یک هزارم گرمی توزین و محتوای آب نسبی برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (13).

$$6. RWC = (Fw - Dw) / (Tw - Dw) \times 100$$

در رابطه فوق Fw: وزن تر برگ‌ها، Dw: وزن خشک برگ‌ها، Tw: وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوای نسبی رطوبت می‌باشد.

### محتوای پرولین آزاد

به منظور اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ از روش بیتس استفاده شد. ابتدا 500 میلی‌گرم بافت زنده گیاهی در 10 میلی‌لیتر محلول 3 درصد سولفوسالیسیلیک اسید در هاون ساییده شد. سپس مخلوط را با کاغذ صافی، تصفیه نموده و 2 میلی‌لیتر از عصاره حاصله را در لوله آزمایش ریخته و 2 میلی‌لیتر معرف اسید نین‌هیدرین (حاصل از افزودن 1/25 گرم نین‌هیدرین به 30 میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال) و 2 میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن اضافه گردید. در مرحله بعد لوله‌ها به مدت یک ساعت در بن‌ماری و در دمای 100 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، پس از خروج، نمونه‌ها در

حمام یخ به مدت 30 دقیقه نگهداری شدند. پس از طی مدت مذکور 4 میلی‌لیتر تولوئن به محتوای هر لوله اضافه و به مدت 30 ثانیه به وسیله‌ی ورتکس مخلوط شد. سپس لوله‌ها مدتی در دمای اتاق ثابت قرار گرفتند. در این مرحله دو لایه مجزا ایجاد و سرانجام جذب نوری لایه رنگی فوقانی در طول موج 520 نانومتر با استفاده از تولوئن به‌عنوان تیمار شاهد با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید (8).

پس از گردآوری داده‌های آزمایش، با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل انجام شد و برای رسم جداول از نرم افزار Word استفاده گردید.

### نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) حاکی از آن بود که اعمال تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح آدرصد بر عملکرد دانه و وزن هزاردانه داشته است، به طوری که در سطوح مختلف خشکی عملکرد دانه در دو گروه و وزن هزاردانه در سه گروه مجزا قرار گرفتند، همچنین میان تنش ملایم و تنش شدید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 3). رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و آنتوسانین به طور معنی‌داری در سطح آدرصد تحت تأثیر ژنوتیپ‌های گلرنگ و ترکیب‌های تیمار خشکی همچنین اثر متقابل بین ژنوتیپ و تنش‌های خشکی قرار گرفتند و این موضوع حاکی از آن بود که تیمارهای مختلف تنش خشکی اثرات متفاوتی بر هر کدام از ژنوتیپ‌های گلرنگ داشته‌اند (جدول 2).

<sup>1</sup>Relative water content

جدول 2- تجزیه واریانس خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی

میانگین مربعات										
منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتونوئید	آنتوسیانین	آب‌نسی‌برگ	محتوای پرولین
تکرار	2	0/0028	21/56	0/00007	0/0004	0/003	0/0005	0/010	2/471	0/0016
خشکی	2	269/486**	93/3145**	374/58**	738/38**	545/30**	2/109**	48/56**	106/2349**	1/160**
خطای اصلی	4	0/0025	180/51	0/00005	0/011	0/008	0/0001	0/010	7/845	0/0046
ژنوتیپ	8	492/432**	1774261/94**	5/874**	3/690**	2/911**	140/1**	10/74**	69/470**	0/448**
ژنوتیپ * خشکی	16	141/964**	25/26890**	7/347**	5/366**	4/223**	1/087**	84/14**	848/43**	0/0124**
خطای فرعی	48	0/0028	4151/02	0/00004	0/0079	0/0063	0/00009	0/0074	4382/1	0/0018

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد.

میانگین 1/348، 1/037، 0/921، 3/405 را شامل می‌شدند، در ضمن با افزایش پتانسیل رطوبتی خاک و تشدید تنش به تدریج بر محتوای پرولین برگ‌ها در ژنوتیپ‌های گلرنگ افزوده شد، به طوری که تیمار شاهد، تیمار تنش ملایم و تیمار تنش شدید در سه گروه آماری مجزا قرار گرفتند (جدول 3).

ژنوتیپ‌های گلرنگ در سطوح مختلف خشکی از نظر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتونوئید و آنتوسیانین در سه گروه مجزا قرار گرفتند و نکته قابل توجه این است که رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شدید (پتانسیل رطوبتی خاک 6/5 اتمسفر) دارای بیش‌ترین و در سطح تنش ملایم دارای کم‌ترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و آنتوسیانین با

جدول 3- مقایسه میانگین برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک گلرنگ در سطوح تنش خشکی

تنش خشکی (atm)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/h)	کلروفیل a (mg)	کلروفیل b (mg)	کلروفیل کل (mg)	کارتونوئید (mg)	آنتوسیانین (ng)	آب‌نسی‌برگ (%)	محتوای پرولین (mg/g)
شاهد (0/5)	40/929b	3322/43a	1/884b	1/819b	1/613b	0/957c	5/414b	94/527a	4/870c
تنش ملایم (3/5)	36/706c	3264/34b	1/348c	1/037c	0/921c	1/334b	3/405c	85/418b	5/055b
تنش شدید (6/5)	42/888a	3262/39b	4/120a	3/389a	3/009a	1/503a	6/212a	75/873c	5/284a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

همچنین با مقایسه ژنوتیپ‌های گلرنگ ملاحظه شد که ژنوتیپ 411 و Mec141 از نظر کلروفیل b، همچنین ژنوتیپ‌های Mec12، Mec50، Mec411 و Mec141 از لحاظ کلروفیل کل در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول 4).

در نتیجه مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های گلرنگ، گلدشت با میانگین عملکرد دانه 3937/41 کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و Kw2 با میانگین عملکرد دانه 2583/74 کیلوگرم در هکتار کم‌ترین میزان بودند و دو ژنوتیپ مکزیکی Mec50 و Mec141 همچنین ژنوتیپ‌های صفه و C44 اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه نداشتند،

جدول 4- مقایسه میانگین های برخی خصوصیات عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ های گلرنگ

ژنوتیپ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg/h)	کلروفیل a (mg)	کلروفیل b (mg)	کلروفیل کل (mg)	کارتنوئید (mg)	آنتوسیانین (mg)	آب نسبی برگ (%)	محتوای پرولین (mg/g)
Sofeh	30/38i	3304/44d	1/26i	1/14g	1/01g	0/98h	3/65i	85/09c	4/93gf
Goldasht	47/22b	3937/41a	1/36h	1/50f	1/33 f	1/08g	5/12d	87/37b	5/17c
Mec12	40/62e	3415/07c	3/02c	2/39c	2/12c	1/36c	4/71f	85/09c	5/00e
411	51/68a	3870/42b	2/37f	1/86d	1/65d	1/18e	3/77h	87/75b	5/51a
Mec50	41/86d	3143/14e	2/78 d	2/42c	2/15c	1/21d	5/85c	84/59c	4/89g
Mec141	32/96h	3197/61e	2/40e	1/85 d	1/64 d	1/10 f	4/09g	81/13e	5/30b
C44	46/80c	3330/21 d	3/32b	3/14a	2/78a	1/88 a	6/88a	83/04d	4/96ef
Padideh	36/88f	2765/43 f	1/98 g	1/65 e	1/47e	0/78i	4/96e	83/18d	4/81h
Kw2	33/12g	2583/74 g	3/54 a	2/75 b	2/44b	1/67 b	6/02b	90/18a	5/04d

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی دار ندارند.

افزایش عملکرد را به دنبال داشت. اما نکته قابل توجه در این میان، عدم اختلاف معنی دار عملکرد دانه بین تنش رطوبتی ملایم و شدید بود (جدول 3 و 5). این موضوع می تواند به منظور بهره وری از منابع آب مورد استفاده فرارگیرد، به طوری که از آبیاری اضافی در فاصله تنش ملایم تا تنش شدید خشکی پس از مرحله گلدهی گیاه گلرنگ، پرهیز نمود و آبیاری را به حداقل ممکن رساند.

همان گونه که در تحقیقات صورت گرفته در گذشته مشاهده شده بود، اگر Rwc بزرگتر از 90 درصد باشد تنش وجود ندارد و اگر Rwc بین 80 تا 90 درصد باشد تنش متوسط (ملایم) وجود دارد همچنین Rwc کمتر از 80 درصد باشد نشان دهنده تنش شدید است (دوپته و لیورا، 1388) این نتایج طبق جداول 3 و 5 میان ژنوتیپ های گلرنگ تایید شد.

در مورد ژنوتیپ Mec12 نکته حائز اهمیت این است که محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، آنتوسیانین دارای بیشترین میانگین ناشی از برهم کنش ژنوتیپ و تنش شدید بود و این موضوع می تواند با سازوکار مقاومت ژنوتیپ به خشکی و افزایش رنگدانه های فتوسنتزی توجیه شود (جدول 5).

با افزایش تنش رطوبتی به تدریج از محتوای نسبی آب برگ کاسته شد و در میان ژنوتیپ های گلرنگ Kw2 با میانگین 90/18 درصد دارای بیشترین مقدار، و Mec141 با میانگین رطوبتی 81/13 درصد کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ را دارا بودند همچنین Mec12، Mec50 و صنفه در یک گروه آماری قرار گرفتند که نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در مقدار نسبی آب برگ این ژنوتیپ ها است (جدول 3 و 4). ژنوتیپ های صنفه و C44 در یک گروه و بقیه ژنوتیپ های گلرنگ در گروه های متفاوت جدول مقایسه میانگین قرار گرفتند. با بررسی محتوای پرولین میان ژنوتیپ های گلرنگ مشخص شد، که ژنوتیپ 411 دارای بیشترین مقدار 5/51 میلی گرم بر گرم و ژنوتیپ پدیده، دارای کمترین مقدار 4/81 میلی گرم بر گرم می باشند (جدول 4).

#### بحث و نتیجه گیری

تنش خشکی در مورد ژنوتیپ های گلرنگ نتایج متفاوتی را به دنبال داشت، در برخی ژنوتیپ ها از جمله ژنوتیپ های صنفه و 411 با فاصله گرفتن از شرایط مطلوب آبیاری، عملکرد دانه با کاهش همراه بود ولی در برخی دیگر مانند ژنوتیپ های Mec141، Kw2، C44 حتی

جدول 5- مقایسه میانگین برهم کنش سطوح خشکی و ویژگی های عملکردی و فیزیولوژیک ژنوتیپ های گلرنگ

ژنوتیپ	تنش خشکی (atm)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg/h)	کلروفیل a (mg)	کلروفیل b (mg)	کلروفیل کل (mg)	کارتونید (mg)	آنتوسیانین (ng)	آب نسبی برگ (%)	محتوای پروتئین (mg/g)
	شاهد (0/5)	32/13s	3449/17de	2/63j	2/45g	2/17g	1/33i	5/62j	94/91b	4/69pq
<b>Sofeh</b>	تنش ملایم (3/5)	27/97x	3256/97fg	0/48x	0/50n	0/45n	1/08n	2/62q	83/06gh	4/86lmn
	تنش شدید (6/5)	31/05u	3207/18g	0/66v	0/47n	0/41n	0/52r	2/70pq	77/29jk	5/22def
	شاهد (0/5)	42/21k	4037/51a	1/65n	2/55g	2/26g	1/21i	8/38b	94/55b	5/07i
<b>Goldasht</b>	تنش ملایم (3/5)	38/66o	3899/03bc	1/41p	1/14i	1/02i	1/47h	3/05o	88/49f	5/13hi
	تنش شدید (6/5)	60/80a	3875/68bc	1/01s	0/79klm	0/71klm	0/57q	3/92m	79/08ij	5/29cd
	شاهد (0/5)	42/80h	3537/08d	0/57w	0/39n	0/35n	0/52r	1/48s	90/77de	4/88klm
<b>Mec12</b>	تنش ملایم (3/5)	37/72p	3336/29ef	0/89u	0/71lm	0/63lm	1/23i	2/81p	87/99f	4/95jk
	تنش شدید (6/5)	41/33i	3371/84ef	7/59a	6/06a	5/39a	2/34b	9/84a	76/52k	5/16fgh
	شاهد (0/5)	53/65c	3971/68ab	1/65n	0/93jk	0/83jk	0/58q	1/47s	94/06bc	5/30c
<b>411</b>	تنش ملایم (3/5)	52/38d	3854/19c	0/66v	0/43n	0/38n	0/91o	2/72pq	89/40ef	5/50b
	تنش شدید (6/5)	49/13e	3785/37c	4/80d	4/23c	3/75c	2/06d	7/13f	79/79i	5/73a
	شاهد (0/5)	43/59g	3264/96fg	2/47k	2/48g	2/20g	0/79p	6/39h	92/09cd	4/59r
<b>Mec50</b>	تنش ملایم (3/5)	39/54m	3086/80hi	0/93t	0/67m	0/60m	1/30j	3/59n	83/39gh	4/94jkl
	تنش شدید (6/5)	42/47i	3077/67i	4/95c	4/12c	3/66c	1/54g	7/57d	78/29ijk	5/15ghi
	شاهد (0/5)	25/42y	3197/98gh	2/11i	1/75h	1/56h	0/41t	5/01k	93/46bc	5/08i
<b>Mec141</b>	تنش ملایم (3/5)	31/18t	3193/48gh	1/54o	1/019ij	0/90ij	1/64f	3/02o	84/46g	5/27cde
	تنش شدید (6/5)	42/30j	3201/38gh	3/56i	2/77f	2/46f	1/26k	4/24l	65/46m	5/54b
	شاهد (0/5)	42/41i	3289/24fg	1/90m	2/70f	2/39f	1/17m	7/46de	92/74bcd	4/73op
<b>C44</b>	تنش ملایم (3/5)	39/27n	3325/15f	3/83g	3/03e	2/69e	2/63a	7/41e	85/23g	4/93jkl
	تنش شدید (6/5)	58/73b	3376/22ef	4/22f	3/68d	3/27d	1/84e	5/77i	71/13l	5/21efg
	شاهد (0/5)	48/72f	2747/83jk	0/25y	0/37n	0/33n	0/31u	5/85i	91/18de	4/64qr
<b>Padideh</b>	تنش ملایم (3/5)	30/75v	2784/03j	1/29q	0/85kl	0/76kl	0/50s	2/28r	81/81h	4/79no
	تنش شدید (6/5)	31/18t	2764/44j	4/40e	3/73d	3/31d	1/53g	6/75g	76/55k	4/99j
	شاهد (0/5)	37/41q	2406/42l	3/69h	2/71f	2/40f	2/24c	7/01f	106/94a	4/81mn
<b>Kw2</b>	تنش ملایم (3/5)	32/96r	2643/11k	1/08r	0/94jk	0/83jk	1/21l	3/10o	84/89g	5/08i
	تنش شدید (6/5)	28/97w	2701/69jk	5/85b	4/59b	4/08b	1/83e	7/95c	78/72ij	5/23cdef

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی دار ندارند.

کلروفیل a با کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتونید و آنتوسیانین همبستگی مثبت و معنی داری را نشان دادند (جدول 6).

عکس العمل رنگدانه های فتوسنتزی ژنوتیپ های گلرنگ به سطوح مختلف تنش متفاوت بود، با توجه به جدول (ضرائب همبستگی) این رنگدانه ها با عملکرد دانه و وزن هزار دانه همبستگی معنی داری نداشتند ولی

جدول 6 - ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) برخی ویژگی های عملکردی و فیزیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب

ویژگی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتونوئید	آنتوسیانین	آب نسبی برگ	پروولین
عملکرد دانه	0/523**	1							
کلروفیل a	-0/003 <sup>ns</sup>	-0/175 <sup>ns</sup>	1						
کلروفیل b	0/020 <sup>ns</sup>	-0/115 <sup>ns</sup>	0/970**	1					
کلروفیل کل	0/020 <sup>ns</sup>	-0/116 <sup>ns</sup>	0/970**	0/970**	1				
کارتونوئید	-0/051 <sup>ns</sup>	-0/129 <sup>ns</sup>	0/734**	0/711**	0/711**	1			
آنتوسیانین	0/027 <sup>ns</sup>	-0/160 <sup>ns</sup>	0/764**	0/857**	0/857**	0/604**	1		
آب نسبی برگ	-0/088 <sup>ns</sup>	0/036 <sup>ns</sup>	-0/360**	-0/312**	-0/313**	-0/160 <sup>ns</sup>	-0/029 <sup>ns</sup>	1	
محتوای پروولین	0/308**	0/407**	0/255*	0/189 <sup>ns</sup>	0/190 <sup>ns</sup>	0/190 <sup>ns</sup>	-0/079 <sup>ns</sup>	-0/504**	1

ns، \* و \*\* به ترتیب عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می باشند.

### نتیجه گیری

برای نتیجه گیری نهایی میان ژنوتیپ های گلرنگ می توان این گونه بیان کرد که گلدشت بهترین ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب از نظر عملکرد دانه برای کشت بود و پس از آن ژنوتیپ 411 قرار داشت. ژنوتیپ Mec141 در همه سطوح تنش دارای عملکردی ثابت و تفاوت آن معنی دار نبود و در مناطقی از کشور که با کمبود شدید آب مواجه است کشت این ژنوتیپ توصیه می گردد (جدول 4). ضمناً محتوای نسبی آب برگ (Rwc) بالاتر، به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش و مقاومت بیشتر به خشکی می باشد (5). با توجه به کاهش رطوبت نسبی برگ با افزایش شدت تنش خشکی به نظر می رسد محتوای نسبی آب برگ می تواند به عنوان شاخصی که با پتانسیل رطوبتی خاک در ارتباط مستقیم است استفاده شود و آبیاری مزرعه با محاسبه رطوبت نسبی برگ انجام گیرد، که از این نظر ژنوتیپ Kw2 در مناطق نیمه خشک (منطقه انجام آزمایش) پیشنهاد می شود.

شهریاری و کریمی (1380) گزارش کردند پس از تنش محتوای کلروفیل در برگ های ژنوتیپ حساس کاهش اما در ژنوتیپ مقاوم افزایش نشان می دهد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از جداول (3 و 4) در شرایط تنش شدید ژنوتیپ های مقاوم گلرنگ برای سازگاری بیشتر، محتوای رنگدانه های فتوسنتزی را افزایش می دهند و ژنوتیپ C44 مقاوم و ژنوتیپ صغه حساس به خشکی به نظر می رسند. محتوای پروولین برگ همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه و وزن هزار دانه نشان داد (جدول 6) که اهمیت این آمینو اسید را به عنوان عاملی موثر در افزایش عملکرد نمایان می سازد، زیرا پروولین سبب تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدررفت آب از سلول، حفظ آماس سلولی می شود (5). همچنین همبستگی منفی و معنی داری میان محتوای پروولین و محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد (جدول 6). این موضوع بیان کننده کاهش محتوای آب نسبی برگ در هنگام افزایش محتوای پروولین می باشد.



## فهرست منابع

1. احمدزاده، ع. ر.، مجیدی، ا.، علیزاده، ب. و امید، ا. ح. 1389. بررسی عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات مرفولوژیک گلرنگ بهاره با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. مجله دانش نوین کشاورزی. 6(18).
2. اردکانی، م. ر.، رضاندور، ا. 1388. اصول و فنون کاربردی برای متخصصان علوم گیاهی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.
3. پورداد، س. 1385. گلرنگ (ترجمه)، انتشارات سپهر.
4. شهریاری، ر. و کریمی، ا. 1380. ارزیابی مقاومت به سرما در ژرم پلاسماهای گندم با اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و رنگ برگ‌ها. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ص. 507.
5. کافی، م.، برزویی، ا. صالحی، م. کمندی، ع. معصومی، ع. و نباتی، ج. 1388. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان، جهاد دانشگاهی مشهد.
6. کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. 1385. فیزیولوژی گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد.
7. Abolhasani, K. & Saiedi, G. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 10(3): 407-418. (In Farsi)
8. Bates, L. 1973. Rapid determination of free Proline for water stress studies. Plant and soil, 39:205-207.
9. Cheong, Y. H., Kim, K. N. Pandey, G. K, Gupta, R. Grant, J. J. and Luan, S. 2003. CBL, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. The Plant Cell.15:1833-1845.
10. Farid, N. & Ehsanzadeh, P. 2006. Yield and yield components of spring sown safflower genotypes and their response to shading on inflorescence and the adjacent green tissue in Isfahan. Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources, 10 (1):189-199.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. FAOSTATE Statistics Database. Available Online at: [Http://faostate.fao.org/](http://faostate.fao.org/)
12. Lichtenthaler, H. K and Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591 - 592.
13. Lindsay, Aleida, B., W. Megan, R. and Mike, E. 2007. Water relation and adaptation to increasing water deficit in three perennial legumes, *Medicago sativa*, *Dorycnium hirsutum* and *dorycnium rectum*, Journal plant and Soil, 290: 231-243
14. Lovelli, S., Perniola, M., Ferrara, A., Di Tommaso, T. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. Agric. Water Manage. 92, 73-80.
15. Moffatt, J., Sears, M. R. G. and Paulsen, G. 1990. Wheat height temperature tolerance during reproductive growth. I: Evaluation by chlorophyll fluorescence. Crop Science. 30: 881-885.
16. Porra, R. J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research73:149-156.
17. Sanchez, F. J., Manzanares, M., de Andrés, E. F., Tenorio J. L., Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Res.59: 225-235.

18. Sims, D. A., and J. A. Gamon. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment* 81:337-354.
19. Taiz, L. and E. Zeeiger. 2006. *Plant physiology*. Forth Edition. Sinauer Publishers Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts. Paper 738.