

## تنوع در ابعاد و تراکم روزنه ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و شرایط نرمال

لیلا روحانی<sup>۱</sup>، محمد جعفر زمانی<sup>۲</sup> و رضا فتوت<sup>۳\*</sup>

زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۷

تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۱۱

### چکیده

صفات روزنه یکی از مهمترین خصوصیات مورد توجه در مطالعات فیزیولوژیکی و در اصلاح ارقام برای بهبود مقاومت به خشکی هستند. برای بررسی اثر تنش خشکی انتهایی بر روی خصوصیات روزنه جو، آزمایشی بر روی دو گروه ژنوتیپ جو شامل ۳۲ ژنوتیپ بومی انتخاب شده از خزانه ژنتیکی جو ایکاردا و ۲۴ رقم ایرانی در قالب طرح لاتیس ساده در دو شرایط آبیاری کامل و تنش انتهای فصل به صورت قطع آبیاری در مرحله گلدهی، در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام شد. تنوع معنی‌داری برای صفات فراوانی و اندازه روزنه در هر دو سطح برگ پرچم ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و نرمال ملاحظه شد. فراوانی روزنه با اندازه آن همبستگی منفی نشان داده و نتایج نشان داد که ترتیب ژنوتیپ‌ها از نظر صفات روزنه در شرایط تنش خشکی با نرمال متفاوت بود. براساس نتایج بدست آمده فراوانی روزنه‌ها تحت تنش خشکی افزایش پیدا کرده و تأثیر تنش خشکی بر صفات روزنه در سطح زیرین برگ پرچم جو بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح جو، صفات روزنه، صفات فیزیولوژیکی، مقاومت به خشکی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۴۱۵۱۵۲۳۴۶، پست الکترونیکی: r\_Fotovat@znu.ac.ir

### مقدمه

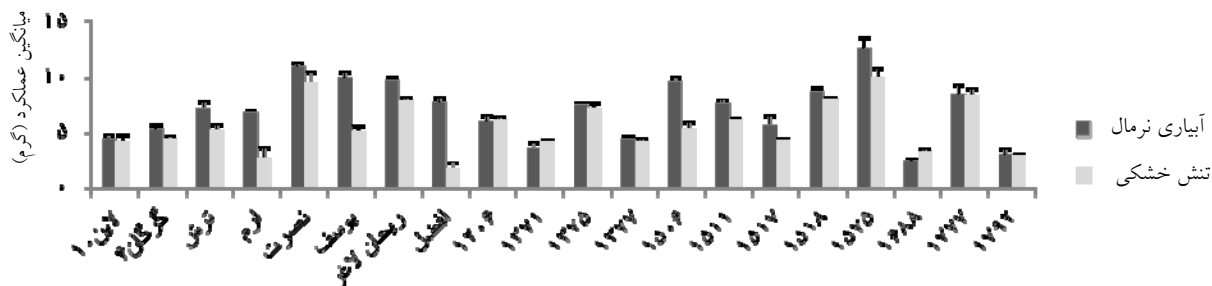
عملکرد دانه ضروریست. نتایج بررسی‌های بعمل آمده نشان داده است که گزینش برای مقاومت به خشکی بر اساس عملکرد به دلیل وراثت‌پذیری پایین این صفت چندان مؤثر نبوده است. امروزه شناسایی و گزینش صفات فیزیولوژیکی یا مورفولوژیکی مرتبط با عملکرد و استفاده از آنها در گزینش در شرایط تنش خشکی، راهکار ارزشمندی محسوب می‌شود (۱۵). در میان صفات مورفولوژیکی، روزنه‌ها ساختارهای اپیدرمی تخصص یافته‌ای هستند که تبادل آب و دی‌اکسید کربن بین گیاه و محیط را کنترل می‌کنند. حفظ و نگهداری سرعت طبیعی تبدلات گازی و در نتیجه فتوسنتز حاصل از جمله خصوصیات مهمی است که در عملکرد بالا در شرایط دیم نقش دارد (۱۲). حداکثر راندمان فتوسنتز همراه با اتلاف حداقل آب نیازمند تنظیم تعداد و موقعیت روزنه‌ها و همچنین توانایی باز و بسته شدن آنها دارد (۱۷). استفاده از صفات فراوانی و اندازه

جو (*Hordeum vulgare* L.) از مهمترین گونه‌های زراعی غلات است که دامنه وسیعی از سازگاری را به محیط‌های مختلف از خود نشان می‌دهد. سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۱/۶ میلیون هکتار با تولید سالیانه حدود سه میلیون تن است که از نظر آماری دومین گیاه زراعی کشت شده بعد از گندم می‌باشد (۳). تنش‌های محیطی، مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سراسر جهان بوده و به همین دلیل پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی تحقق نمی‌یابد (۱۴). خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی بوده و ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ایران ۵۹٪ زمین‌های زیر کشت دیم بوده و تحت تنش خشکی قرار دارد (۳). بنابراین شناخت صفات مرتبط با تحمل به خشکی در گیاهان مهم زراعی و بررسی رابطه آنها با

## مواد و روشها

۲۴ رقم زراعی جو ایران به‌همراه ۳۲ توده بومی از کلکسیون جهانی جو در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان مورد مطالعه قرار گرفت. کشت در تاریخ ۹۰/۱۰/۵ انجام شد. آزمایش به صورت دو طرح جداگانه لاتیس مربع ساده با دو تکرار در دو شرایط شاهد و تنش خشکی اجرا شد. آبیاری تیمارهای تنش خشکی و شاهد تا مرحله اعمال تنش یکسان بود. در مرحله چکمه اعمال تنش خشکی با قطع آبیاری انجام شد. قطع آبیاری تا رسیدن پتانسیل آب خاک به حدود ۲- مگاپاسکال و ظهور علائم تنش مانند لوله‌ای شدن برگ‌ها در سپیده‌دم ادامه یافت. سه نمونه برگ پرچم کامل و توسعه یافته یک هفته بعد از گلدهی از هر کرت انتخاب و در محلول تازه فرمالدئید اسید استیک ثابت گردید. تصویر برداری از روزنه‌ها به روش وانگ و کلارک (۱۹۹۳) انجام شد. برای هر نمونه برگ، ۸ مشاهده میکروسکوپ نوری (Leica Galen III) در بزرگنمایی ۲۰۰ تهیه شد (شکل ۴) و پس عکسبرداری از نمونه‌ها توسط میکروسکوپ دوربین‌دار (Leica Galen III) صفات تعداد، طول و عرض روزنه در سطوح زیرین و زبرین برگ پرچم توسط نرم‌افزار (GSA Image Analyzer V3.8.6) تعیین گردید. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین توسط روش LSD در سطح اطمینان ۵٪ انجام گردید.

روزنه در گزینش ارقام مقاوم به خشکی گندم به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است (۶، ۱۶ و ۱۸). نقش طول و عرض روزنه در میزان تعرق آب مشخص شده و همچنین تفاوت بین ابعاد روزنه و تعداد آن در سطوح زیرین و زبرین برگ در بسیاری از گیاهان از جمله غلات به اثبات رسیده است (۸ و ۱۲). امینیان و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی ویژگی‌های روزنه در لینه‌های جایگزین کروموزومی گندم نان در شرایط طبیعی و خشکی نقش صفات روزنه را در تبیین عملکرد گندم نشان دادند. خزائی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی ۲۸ توده بومی گندم ایران نشان دادند که صفات روزنه‌ای بین توده‌ها دارای تنوع ژنتیکی بالایی بوده و بین سطوح مختلف پلئیدی گندم نیز از نظر تعداد و ابعاد روزنه اختلاف وجود دارد. شیربانی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی اثر تنش خشکی در طول عرض و اندازه روزنه و نیز سلول‌های محافظ آن در گیاه انجیر، نشان دادند که این صفات در تنش شدید کاهش می‌یابند. براساس بررسی‌های وانگ و کلارک (۱۹۹۳)، عرض روزنه‌ها بخوبی تفاوت‌های بین واریته‌های گندم را در شرایط کم‌آبی مشخص می‌کند. با توجه به اهمیت روزنه در فتوسنتز، تعرق آبی و نقش بارزی که در مقاومت به خشکی در غلات دارد، هدف از این تحقیق یافتن ارتباط بین ابعاد و تراکم روزنه با مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو بود.

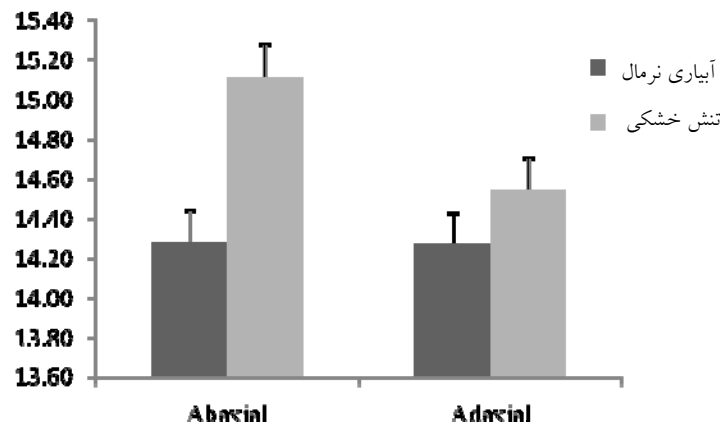


شکل ۱- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد (در واحد بوته) در تعدادی از ارقام و لاین‌های جو مورد بررسی

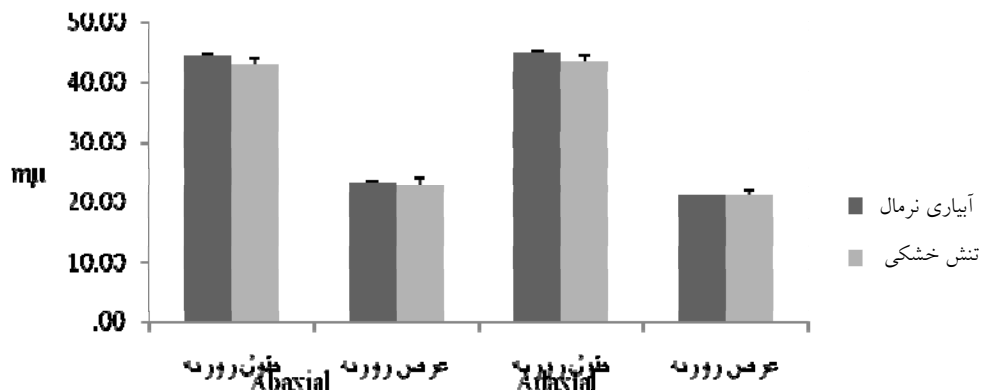
## نتایج

نصرت و یوسف دارای کمترین روزنه روی برگ بودند. در همان شرایط در سطح زیرین برگ نیز بیشترین روزنه در ارقام صحرا، جنوب، ریحان چاق و کمترین روزنه در ارقام D-10 و لاین ۱۵۰۶ دیده شد. نتایج نشان داد که تاثیر تنش خشکی بر صفات روزنه در سطح زیرین برگ پرچم بیشتر است (شکل های ۲ و ۳). تنش بطور معنی‌داری موجب افزایش تعداد روزنه در سطح زیرین برگ شد (شکل ۲).

بر اساس نتایج بدست آمده در شرایط نرمال ارقام سینا، کویر ۲ و لاین ۱۰۴۲ دارای بیشترین روزنه و رقم یوسف و لاین‌های ۱۳۵۹، ۱۷۸۰ دارای کمترین روزنه روی برگ بودند. در همان شرایط در سطح زیرین برگ نیز بیشترین روزنه در ارقام سینا و جنوب و کمترین روزنه در لاین-های ۱۵۱۸، ۱۲ دیده شد (جدول ۱). در شرایط تنش خشکی ارقام صحرا و لاین ۱۰۴۲ دارای بیشترین روزنه و ارقام



شکل ۲- تاثیر تنش خشکی بر تعداد روزنه در دو سطح رو و زیر برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو



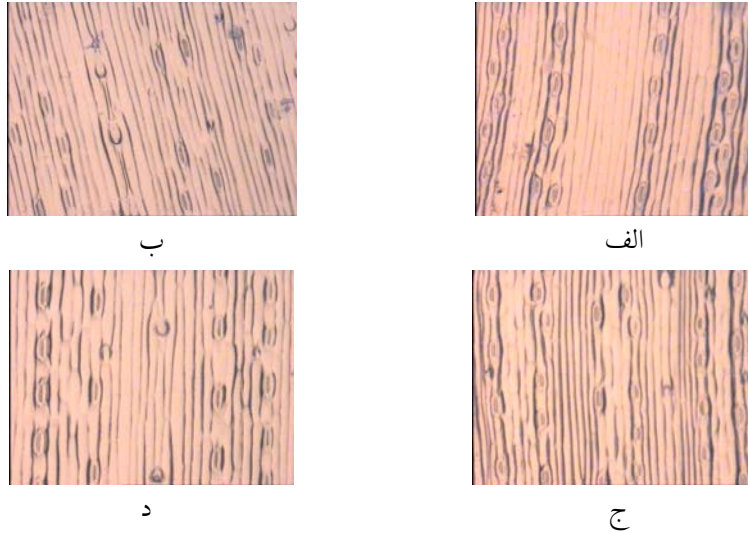
شکل ۳- تاثیر تنش خشکی بر ابعاد روزنه در دو سطح رو و زیر برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو

تعداد روزنه و در ارقام نصرت، کویر ۲ و لاین ۱۰ و توده بومی ۱۶۸۸ موجب کاهش تعداد روزنه شد. در حالیکه تعداد روزنه روی برگ برخی دیگر از ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی تغییر نکرد (جدول ۱).

با اینحال بررسی صفات روزنه در دو شرایط نرمال و خشکی به تفکیک ژنوتیپ‌ها نشان داد که رفتار ارقام و لاین‌های مختلف در شرایط فوق یکسان نمی‌باشد. تنش خشکی در سطح رویین برگ پرچم برخی از ژنوتیپ‌ها مانند ارقام جنوب، d-10، ترش، صحرا موجب افزایش

جدول ۱- فراوانی روزنه در دو سطح برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی

ژنوتیپ	فراوانی در شرایط نرمال			فراوانی در شرایط تنش		
	روی برگ	زیر برگ	Adaxid/ abaxid	روی برگ	زیر برگ	Adaxid/ abaxid
	adaxid	abaxid		adaxid	abaxid	
لاین ۱۰	۱۷,۳۷	۱۳	۱,۳	۱۲,۷۵	۱۲,۷۵	۱
نیمروز	۱۲,۸۷	۱۴,۲۵	۰,۹	۱۳	۱۳,۷۵	۰,۹
لاین ۱۷	۱۶,۸۷	۱۴	۱,۲	۱۵,۵	۱۳,۲۵	۱,۲
سینا	۱۸,۸۷	۱۷,۰۳	۱,۱	۱۷,۳۱	۱۸,۸۲	۰,۹
صحرا	۱۳,۷۵	۱۵,۷۵	۰,۹	۱۸,۳۱	۲۰	۰,۹
گرگان ۴	۱۴,۵	۱۶,۵	۰,۹	۱۵,۸۱	۱۷,۲۵	۰,۹
کویر ۱	۱۲,۲۵	۱۵,۵	۰,۸	۱۲,۱۹	۱۴,۵	۰,۸
لاین ۱۲	۱۴,۳۷	۸,۹۷۱	۱,۶	۱۲,۵	۱۳	۱
کارون	۱۵,۵	۱۲	۱,۳	۱۴,۷۵	۱۳,۵	۱,۱
لاین ۱۵	۱۲,۲۵	۱۱	۱,۱	۱۱,۸۱	۱۴	۰,۸
کویر ۲	۱۹,۷۵	۱۴	۱,۴	۱۵,۳۱	۱۴,۸۲	۱
ترش	۱۳,۵	۱۱,۷۵	۱,۱	۱۷	۱۲,۸۲	۱,۳
جنوب	۱۴	۱۸	۰,۸	۱۷,۶۹	۱۹,۲۵	۰,۹
ریحان چاق	۱۷,۵	۱۵,۲۵	۱,۱	۱۶,۷۵	۱۹,۳۲	۰,۹
ارم	۱۴	۱۴,۵	۱	۱۵,۳۱	۱۵,۲۵	۱
نصرت	۱۳	۱۶,۷۵	۰,۸	۹,۸۰	۱۷,۲۵	۰,۶
ترکمن	۱۲,۷۵	۱۲,۲۵	۱	۱۲,۷۵	۱۲,۸۲	۱
فجر ۳۰	۱۲,۸۷	۱۶,۵۳	۰,۸	۱۴,۳۱	۱۷,۵	۰,۸
پروداکتیو	۱۶,۸۷	۱۳,۷۵	۱,۲	۱۷,۷۵	۱۶,۱۸	۱,۱
یوسف	۱۰,۲۵	۱۱,۲۵	۰,۹	۹,۵	۱۱,۲۵	۰,۸
ریحان لاغر	۱۱,۵	۱۴,۹۷	۰,۸	۱۳,۶۹	۱۴	۱
افضل	۱۶	۱۴,۲۵	۱,۱	۱۴,۳۱	۱۳,۷۵	۱
d-۱۰	۱۲,۲۵	۱۱,۲۵	۱,۱	۱۶,۱۹	۸,۸۱	۱,۸
۱۰۴۳	۱۵,۳۷	۱۶,۵۳	۰,۹	۱۷,۵	۱۸,۲۵	۱
۱۲۱۹	۱۴,۲۵	۱۳	۱,۱	۱۵,۷۵	۱۷,۵	۰,۹
۱۳۵۶	۱۲,۳۷	۱۴,۹۷	۰,۸	۱۳,۵	۱۳,۷۵	۱
۱۳۵۹	۱۰	۱۴,۷۵	۰,۷	۱۲,۷۵	۱۴,۲۵	۰,۹
۱۳۷۱	۱۲,۵	۱۱,۵	۱,۱	۱۱,۱۹	۱۲,۱۸	۰,۹
۱۳۷۵	۱۴,۵	۱۶,۴۷	۰,۹	۱۲,۱۹	۱۳,۸۲	۰,۹
۱۳۷۷	۱۵,۷۵	۱۳,۷۵	۱,۱	۱۶,۱۹	۱۶,۵	۱
۱۵۰۶	۱۳	۱۱,۲۵	۱,۲	۱۴,۲۵	۱۰	۱,۴
۱۵۱۱	۱۱,۲۵	۱۰,۵	۱,۱	۱۱,۵	۱۱,۷۵	۱
۱۵۱۴	۱۷,۲۵	۱۵,۰۳	۱,۱	۱۴,۵	۱۸,۳۲	۰,۸
۱۵۱۸	۱۱,۸۸	۸,۷۵	۱,۴	۱۱,۲۵	۱۱,۸۲	۱
۱۵۷۵	۱۴,۲۵	۱۲,۰۳	۱,۲	۱۵,۶۹	۱۱,۵	۱,۴
۱۶۸۸	۱۶,۸۷	۱۶	۱,۱	۱۱,۵	۱۶,۸۲	۰,۷
۱۷۸۰	۱۰,۲۵	۱۵,۴۷	۰,۷	۱۱,۶۹	۱۴,۸۲	۰,۸
میانگین کل	۱۴,۲۷	۱۴,۲۸		۱۴,۵۴	۱۵,۱۱	
اشتباه استاندارد	۰,۳۲۴	۰,۳۳۴		۰,۳۱۷	۰,۳۲۹	



شکل ۴- اشکال روزنه در برخی از ژنوتیپ‌های جو در دو سطح برگ پرچم: الف) روی برگ رقم ریحان در شرایط نرمال ب) زیر برگ لاین ۱۰ در شرایط نرمال ج) روی برگ پرچم رقم صحرا در شرایط تنش خشکی د) زیر برگ پرچم رقم افضل در شرایط تنش خشکی

### بحث

تأثیر ژنوتیپ در تعیین فراوانی نسبی روزنه در سطوح مختلف برگ در گونه‌های مختلف به اثبات رسیده است (۹ و ۱۴). در شرایط تنش خشکی توزیع روزنه‌ها در سطوح رو و زیرین برگ از مشخصه‌های مهم واکنش گیاهان به خشکی محسوب می‌شود. بر اساس این دیدگاه گیاهان به سه گروه با تعداد روزنه بیشتر در روی برگ (hyperstomatous)، تعداد روزنه بیشتر در زیر برگ (hypostomatous) و تعداد روزنه برابر در دو طرف برگ (amphistomatous) تقسیم می‌شوند (۵). بیشترین سرعت فتوسنتز در گیاهانی دیده شده است که تعداد روزنه در سطوح رو و زیر برگ در آنها برابر است (۵ و ۷ و ۸). بر اساس این نظریه این خصوصیت سبب می‌شود که گیاه بدون اتلاف آب بیش از حد، میزان گاز  $CO_2$  بیشتری را جذب نماید. این ویژگی به خصوص در تنش تشعشع بالا دارای اهمیت است (۵). بنابراین ارقام و ژنوتیپ‌هایی در جدول ۱ که نسبت فراوانی روزنه در روی برگ به زیر آن (Adaxid/ abaxid) برابر یک است، احتمالاً از نظر فتوسنتز دارای برتری باشند که در مطالعات آتی بایستی مورد توجه قرار گیرد.

ژنوتیپ‌های مورد آزمایش جو اختلاف معنی‌داری برای صفت اندازه روزنه (طول و عرض) در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال نشان دادند. نتایج پارامترهای پراکنندگی نشان داد که تغییرات طول روزنه در بین ژنوتیپ‌های جو در هر دو سطح برگ پرچم در شرایط نرمال و تنش خشکی بسیار بیشتر از عرض روزنه بود (جدول ۲). در روی برگ و در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، لاین‌ها و ارقام ۱۵۱۸، ۱۳۵۹، ریحان لاغر و ترکمن و در سطح زیر برگ نیز لاین D-۱۰ و ۱۵۰۶ دارای بیشترین طول روزنه بودند. تغییرات عرض روزنه به نسبت طول آن بسیار کمتر بوده و عمده ژنوتیپ‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. اثر تنش خشکی در تغییر ابعاد روزنه متفاوت بود بطوریکه در بعضی از ژنوتیپ‌ها مانند ترش، صحرا، نصرت و یوسف سبب کاهش طول روزنه در روی برگ و در گرگان ۴، نصرت و ۱۳۷۱ سبب کاهش طول روزنه در زیر برگ شد. اثر تنش خشکی در تغییر عرض روزنه‌ها در هر دو سطح برگ پرچم کمتر بوده و با در نظر گرفتن عدم تغییرات در بسیاری از ژنوتیپ‌ها، بطور نسبی افزایش ابعاد روزنه در شرایط تنش خشکی کمتر دیده شد.

جدول ۲- ابعاد روزنه در دو سطح برگ پرچم ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی

ژنوتیپ	روی برگ				زیر برگ			
	طول روزنه		عرض روزنه		طول روزنه		عرض روزنه	
	نرمال μm	تنش μm	نرمال μm	تنش μm	نرمال μm	تنش μm	نرمال μm	تنش μm
لاین ۱۰	۴۶,۳۳۶	۴۳,۵۴۰	۱۸,۹۹۲	۱۷,۶۷۲	۴۶,۲۴۲	۴۵,۷۳۶	۱۹,۰۶۱	۲۰,۷۱۹
لاین ۱۷	۴۴,۶۰۶	۴۲,۶۴۸	۲۲,۱۷۲	۲۱,۱۰۴	۳۶,۹۸۱	۳۷,۶۳۳	۲۳,۵۵۳	۲۳,۵۳۳
سینا	۳۳,۹۶۷	۳۷,۴۸۹	۲۱,۲۰۶	۲۱,۲۵۴	۳۹,۶۱۹	۳۵,۱۱۷	۲۲,۰۲۱	۲۳,۶۱۹
صحرا	۴۵,۹۲۰	۳۹,۷۵۰	۱۹,۵۴۴	۱۹,۴۳۴	۴۱,۴۷۰	۴۱,۸۵۶	۲۴,۸۵۹	۲۳,۴۹۴
دشت	۴۰,۸۶۷	۴۱,۷۱۴	۱۹,۱۹۶	۱۸,۹۹۹	۴۰,۸۳۸	۴۳,۵۵۳	۲۰,۵۰۹	۱۷,۳۳۰
گرگان ۴	۴۱,۸۷۹	۴۰,۲۹۴	۲۰,۲۴۶	۱۹,۰۰۷	۴۳,۵۷۳	۳۵,۸۴۴	۲۱,۸۹۰	۲۱,۳۱۹
کویر ۱	۴۶,۸۷۵	۴۵,۹۶۹	۲۰,۷۰۳	۲۰,۷۲۸	۴۸,۹۷۵	۴۷,۷۲۲	۲۲,۲۰۵	۲۱,۵۶۰
لاین ۱۲	۴۱,۲۰۵	۴۵,۷۴۲	۲۲,۶۳۱	۲۳,۲۱۳	۴۸,۳۳۶	۴۴,۲۲۴	۲۶,۴۱۱	۲۶,۹۳۲
کارون	۴۴,۹۵۴	۴۸,۳۷۶	۲۰,۴۲۱	۱۹,۹۶۵	۴۰,۱۹۸	۴۱,۰۴۹	۲۵,۶۴۴	۲۷,۰۰۷
کویر ۲	۳۸,۹۷۵	۴۰,۰۵۸	۲۱,۰۹۲	۲۰,۵۲۱	۴۲,۸۳۵	۴۳,۲۷۳	۲۳,۲۸۳	۱۹,۹۸۶
ترش	۴۷,۵۳۱	۴۱,۶۳۵	۱۹,۹۰۲	۲۱,۹۰۸	۴۱,۱۶۱	۳۸,۵۲۲	۲۴,۶۳۲	۲۴,۱۹۷
جنوب	۴۲,۵۸۲	۴۰,۰۷۵	۱۸,۶۷۷	۱۸,۱۰۶	۳۷,۴۳۱	۴۰,۷۶۵	۱۹,۶۶۸	۲۲,۱۲۹
ارم	۴۲,۱۹۲	۴۱,۳۹۳	۲۰,۴۲۹	۱۸,۵۶۳	۴۶,۰۸۱	۴۶,۹۰۵	۲۴,۸۹۲	۲۱,۴۶۴
نصرت	۴۷,۴۶۴	۴۲,۰۴۸	۱۹,۱۷۱	۱۹,۵۰۶	۴۵,۲۰۶	۴۰,۱۶۹	۲۳,۱۵۳	۲۲,۵۱۳
ترکمن	۵۱,۴۸۸	۴۸,۳۷۶	۲۲,۰۵۹	۲۲,۷۱۸	۴۴,۳۶۸	۴۳,۴۹۸	۲۵,۷۰۷	۲۲,۱۲۹
پروداکتیو	۴۳,۲۰۸	۴۲,۱۹۷	۲۰,۸۷۱	۱۸,۵۸۵	۳۹,۹۴۴	۴۱,۵۸۹	۲۴,۶۰۶	۲۲,۱۳۱
یوسف	۴۹,۹۵۹	۴۴,۱۸۲	۲۰,۹۱۵	۱۹,۳۲۹	۵۱,۱۲۳	۴۶,۶۸۲	۲۲,۷۶۷	۲۱,۹۹۲
ریحان لاغر	۵۲,۴۸۲	۴۹,۵۷۸	۲۱,۵۶۳	۲۲,۲۸۶	۴۵,۸۱۶	۴۱,۸۴۴	۲۳,۱۷۹	۲۰,۹۰۸
افضل	۴۵,۸۲۲	۴۸,۴۳۹	۲۳,۱۷۹	۲۲,۵۰۱	۴۲,۹۹۶	۴۶,۱۵۶	۲۵,۱۷۲	۲۳,۰۱۷
d-10	۴۹,۳۰۷	۴۵,۴۲۰	۲۲,۷۰۳	۲۰,۰۴۲	۴۸,۷۱۶	۴۹,۴۲۶	۲۶,۷۵۴	۲۳,۲۵۵
۱۲۰۶	۴۸,۲۷۳	۵۰,۲۹۴	۲۲,۲۷۵	۲۲,۶۷۱	۴۸,۹۷۴	۴۷,۸۵۲	۲۹,۳۱۴	۲۹,۲۸۸
۱۲۱۳	۴۶,۹۰۹	۴۷,۷۸۰	۱۸,۸۸۴	۲۱,۸۸۸	۴۱,۸۵۴	۴۳,۱۵۴	۱۹,۹۷۵	۲۰,۸۳۱
۱۳۵۹	۴۹,۲۰۵	۵۴,۶۲۳	۱۹,۰۵۱	۲۰,۱۲۶	۴۸,۲۲۶	۵۰,۴۶۴	۲۰,۴۹۲	۲۱,۶۶۸
۱۳۷۱	۴۴,۹۱۰	۴۴,۰۱۰	۲۰,۴۸۵	۱۹,۸۰۵	۴۸,۲۱۷	۴۱,۴۷۸	۱۸,۱۲۷	۱۹,۶۷۸
۱۳۷۵	۴۴,۵۹۷	۴۲,۷۳۸	۲۲,۱۷۵	۲۱,۵۷۹	۴۶,۵۵۸	۴۶,۵۰۶	۲۲,۳۷۲	۲۲,۵۴۷
۱۳۷۷	۴۹,۵۱۴	۴۵,۹۰۴	۲۲,۸۵۶	۲۲,۱۳۳	۴۴,۴۴۱	۴۵,۸۲۹	۲۱,۱۶۵	۲۱,۷۵۸
۱۵۰۶	۴۷,۸۸۵	۴۵,۴۵۶	۲۳,۲۰۶	۲۳,۱۴۹	۵۰,۹۱۴	۵۲,۶۸۱	۲۴,۱۴۶	۲۵,۴۰۲
۱۵۱۱	۴۰,۰۴۹	۴۳,۶۷۷	۲۴,۶۵۳	۲۳,۵۵۱	۴۴,۲۰۷	۴۳,۴۹۹	۲۹,۲۱۰	۲۹,۲۳۴
۱۵۱۷	۴۰,۴۴۶	۴۳,۵۶۵	۲۲,۱۰۵	۲۲,۶۷۷	۴۶,۹۰۷	۴۵,۰۰۷	۲۳,۰۸۰	۲۵,۹۹۱
۱۵۱۸	۵۶,۱۹۹	۵۳,۲۳۲	۲۰,۷۴۸	۲۳,۴۳۷	۴۸,۹۱۲	۴۸,۱۷۳	۲۲,۸۷۸	۲۴,۰۲۷
۱۵۷۵	۴۶,۳۱۳	۴۱,۱۹۷	۱۸,۵۵۴	۱۹,۰۳۳	۴۹,۰۵۴	۴۶,۳۲۲	۲۳,۵۲۹	۲۲,۳۸۷
۱۶۸۸	۴۳,۱۴۶	۴۲,۳۲۶	۲۱,۱۱۳	۲۱,۸۱۶	۴۱,۱۰۶	۳۹,۱۰۴	۲۲,۴۶۹	۲۱,۸۲۷
۱۷۷۷	۴۴,۵۳۴	۴۱,۹۴۸	۲۰,۴۴۴	۱۸,۹۴۴	۴۶,۴۶۵	۴۱,۸۵۱	۲۱,۱۱۹	۲۱,۱۵۳
۱۷۹۲	۳۹,۱۸۶	۳۷,۲۸۱	۲۰,۱۸۲	۲۰,۲۰۳	۴۴,۳۵۳	۳۹,۱۰۳	۱۹,۲۸۹	۱۹,۸۳۸
میانگین کل	۴۵,۰۰۵	۴۳,۶۰۶	۲۱,۰۰۳	۲۱	۴۴,۵۰۱	۴۳,۲۰۰	۲۳,۱۰۶	۲۲,۷۰۱
اشتباه استاندارد	۰,۵۱۵	۰,۴۱۶	۰,۱۸۱	۰,۱۹	۰,۴۸۲	۰,۴۵۴	۰,۲۶۹	۰,۲۵۲

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف روزنه در ژنوتیپ‌های جو (بعلت تشابه ضرایب در شرایط آبیاری نرمال با تنش خشکی نتایج به صورت کلی محاسبه شده است)

صفت	تعداد روزنه زیر برگ	تعداد روزنه روی برگ	طول روزنه زیر برگ	عرض روزنه زیر برگ	طول روزنه روی برگ	عرض روزنه روی برگ
تعداد روزنه زیر برگ	۱					
تعداد روزنه روی برگ	۰/۴۳۸**	۱				
طول روزنه زیر برگ	-۰/۵۶۰**	-۰/۴۲۳**	۱			
عرض روزنه زیر برگ	-۰/۲۹۲**	-۰/۱۴۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۴۲ <sup>NS</sup>	۱		
طول روزنه روی برگ	-۰/۵۲۸**	-۰/۵۷۸**	۰/۵۸۱**	۰/۱۹۶*	۱	
عرض روزنه روی برگ	-۰/۱۴۴ <sup>NS</sup>	-۰/۰۹۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۷۵*	۰/۴۵۴**	۰/۱۱۷ <sup>NS</sup>	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

گندم به ترتیب با فراوانی روزنه در سطح فوقانی برگ پرچم و فراوانی روزنه در سطح تحتانی برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته در حالیکه رابطه آن با صفات مرتبط با اندازه روزنه در هر دو سطح منفی گزارش شده است. نظر به شباهت دو گیاه گندم و جو و نیز تطابق روابط همبستگی در هر دو میتوان انتظار داشت که نتایج مشابه در جو نیز بدست آید. گرچه برای اطمینان بایستی هدایت روزنه نیز در برگ جو اندازه‌گیری گردد. بنا بر نظر محققین هدایت روزنه از صفات اساسی در فتوسنتز بوده و نقش بسیار مهمی در تشکیل عملکرد بخصوص در شرایط تنش دارد (۱۰ و ۱۲). بنابراین فراوانی روزنه در برگ پرچم که بر اساس مطالعات انجام یافته رابطه خوبی با هدایت روزنه دارد و اندازه‌گیری آن در برنامه‌های اصلاحی در حجم وسیع امکانپذیر است می‌تواند بعنوان یک صفت مهم در گزینش مورد استفاده قرار گیرد.

ژنوتیپ‌هایی مانند کارون و لاین ۱۲ نیز وجود دارند که نسبت فوق در آنها در شرایط تنش خشکی به یک نزدیک شده است. در برخی از گیاهان بخصوص گراس‌های علوفه‌ای و غلات لوله‌ای شدن برگ از مکانیسم‌های اساسی مقابله گیاه با تنش خشکی به‌شمار می‌رود. اگر این مکانیسم در برگ‌هایی اتفاق افتد که تعداد روزنه در سطح روی برگ آنها بیشتر است، آنگاه بعلت تبادلات گازی کمتر میزان فتوسنتز و به تبع آن عملکرد کاهش خواهد یافت (۱۱). همبستگی منفی و عمدتاً معنی‌داری بین فراوانی روزنه در سطوح روی و زیر برگ پرچم با صفات اندازه آن (طول و عرض) در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال دیده شد که این ارتباط منفی با یافته‌های سایر محققین مطابق می‌باشد (۶ و ۱۴) این رابطه منفی نشان می‌دهد که احتمالاً گیاه کمبود یک صفت مرتبط با روزنه را با افزایش در صفت دیگر جبران کرده است. بنابر نتایج آمینیان و همکاران (۲۰۱۱، ۱۳۹۰) هدایت روزنه‌ای در برگ

## منابع

- ۲- آمینیان، ر.، محمدی، ش.، هوشمند، س.، خدام‌باشی، م. و نوزاد نمینی، ک. ۱۳۹۰. اثر صفات روزنه‌ای بر فتوسنتز و عملکرد لینه‌های جایگزین کروموزومی گندم نان در شرایط طبیعی و تنش خشکی، مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۳(۲): ۲۵-۱۳

- ۱- اسفندیاری، ع. و عنایتی، و. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات پارامترهای فلوتورسانس کلروفیل در دو رقم گندم دوروم در پاسخ به شوری. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۶ (۴): ۳۷۵-۳۸۶

- ۵- صارمی راد، ب.، اسفندیاری، ع.، شکرپور، م.، سفالیان، ا.، آوانس، آ. و موسوی، س. ب. ۱۳۹۳. اثر کادمیوم روی برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گندم در مرحله گیاهچه‌ای. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷ (۱): ۱-۱۱.
- ۳- بی‌نام. ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی
- ۴- شیربانی، س.، داوری‌نژاد، غ. و شور، م. ۱۳۹۱. بررسی خصوصیات روزنه‌ای انجیر خوراکی تحت شرایط تنش خشکی، مجله علوم باغبانی ایران ۴۳ (۲): ۱۳۳-۱۲۵.
- 6-
- 7- Aminian, R., Mohammadi, S., Hoshmand, S. and Khodombashi, M. 2011. Chromosomal analysis of photosynthesis rate and stomatal conductance and their relationships with grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water-stressed and well-watered conditions. *Acta Physiol Plant* 33, 755-764.
- 8- Hardy, J.P., Anderson, V.J. and Gardner, J.S. 1995. Stomatal characteristics, conductance ratios, and drought-induced leaf modifications of semiarid grassland species. *American Journal of Botany*, 1-7.
- 9- Khazaei, H., Monneveux, P., Hongbo, S. and Mohammady, S. 2010. Variation for stomatal characteristics and water use efficiency among diploid, tetraploid and hexaploid Iranian wheat landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57, 307-314.
- 10- Knapp, A.K. 1993. Gas Exchange Dynamics in C and C<sup>4</sup> Grasses: Consequence of Differences in Stomatal Conductance. *Ecology*, 113-123.
- 11- Mott, K.A. 2007. Leaf hydraulic conductivity and stomatal responses to humidity in amphistomatous leaves. *Plant, Cell & Environment* 30, 1444-1449.
- 12- Muchow, R. and Sinclair, T. 1989. Epidermal conductance, stomatal density and stomatal size among genotypes of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Plant, Cell & Environment* 12, 425-431.
- 13- Rebetzke, G.J., Condon, A.G., Richards, R.A. and Read, J.J. 2001. Phenotypic variation and sampling for leaf conductance in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding populations. *Euphytica* 121, 335-341.
- 14- Redmann, R. 1985. Adaptation of grasses to water stress-leaf rolling and stomate distribution. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 833-842.
- 15- Richards, R. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany* 51, 447-458.
- 16- Richards, R., Rebetzke, G., Condon, A. and Van Herwaarden, A. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science* 42, 111-121.
- 17- Wang, H., Clarke, J. 1993. Genotypic, intraplant, and environmental variation in stomatal frequency and size in wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 73, 671-678.
- 18- Xu, Z., Zhou, G. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of experimental Botany* 59, 3317-3325.
- 19- Yin, X., Wang, J., Duan, Z., Wen, J., Wang, H. 2006. Study on the stomatal density and daily change rule of the wheat. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 22, 237-242.



## Variation in stomatal size and density of barley genotypes under drought stress and normal conditions

Rouhani L., Zamani M.J. and Fotovat R.

Agronomy and Plant Breeding Dept., Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, I.R. of Iran

### Abstract

Stomatal traits are of interest in physiological studies and in the development of cultivars to improve to drought resistance. To consider effect of terminal drought stress on Stomatal traits of barely genotypes, a field experiment was conducted in research farm of Zanjan University in 1390-1391. The experiment was done on two groups of barely genotypes including 32 landraces genotypes selected from ICARDA barely gene pool and 24 Iranian cultivars in simple lattice design in both well-watered and terminal drought condition by stopping watering after flowering time. Significant variation was found in stomatal frequency and size between genotypes in both flag leaf surfaces in drought and control conditions. Stomatal frequency was negatively correlated with stomatal size. There were significant changes in genotype rank order for stomatal frequency and size in different water stress conditions. Results showed that Stomatal frequency increased under dry environment and the effects of drought stress on the Stomatal traits in lower surface of leaf stomatal are more than upper surface.

**Key words:** Barely breeding, Stomatal traits, Physiological traits, Drought resistance