



کارایی برخی صفات فیزیولوژیکی در ارزیابی تحمل لاین‌های پیشرفته جو (*Hordeum vulgare* L.) به تنش خشکی انتهای فصل

رضا شهریاری^{۱*}، حسین شهبازی^۱، نسیم هجران^۲، سمیه سیف برقی^۲

۱. گروه اصلاح نباتات، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۶/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۱

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی صفات فیزیولوژیکی در گزینش تحمل به تنش خشکی گیاه جو، آزمایشی با ۱۹ ژنوتیپ جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش در دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. بعد از اعمال تنش، صفات محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای، فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm)، اتلاف آب از برگ جداشده، سطح ویژه برگ و سرعت پوشش زمین اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر خشکی بر صفات محتوی آب نسبی برگ، اتلاف آب از برگ جداشده، سطح ویژه برگ و سرعت پوشش زمین معنی‌دار ولی بر Fv/Fm و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار نبود. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ شماره ۱۳ با عملکرد ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار پرمحصول‌ترین ژنوتیپ و در شرایط خشکی ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱۵ با عملکرد ۲۷۱۰ و ۲۵۵۰ کیلوگرم در هکتار برترین ژنوتیپ‌ها بودند. در شرایط بدون تنش عملکرد فقط با سرعت پوشش زمین، همبستگی نشان داد، در حالی که در شرایط تنش، همبستگی عملکرد دانه با محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای، سطح ویژه برگ و سرعت پوشش زمین مثبت و با اتلاف آب برگ جداشده منفی بود. در تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام تحت شرایط خشکی، صفات هدایت روزنه‌ای، سرعت پوشش زمین و اتلاف آب از برگ جداشده در مدل رگرسیونی باقی‌مانده و ۶۹/۳ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌های متحمل را به خوبی از ژنوتیپ‌های حساس جدا نمود. نتایج نشان داد که سرعت پوشش زمین با داشتن قوی‌ترین همبستگی با عملکرد دانه و کمترین مقدار اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، می‌تواند به‌عنوان مناسب‌ترین معیار غیرمستقیم گزینش تحمل به خشکی در گیاه جو مدنظر قرار گیرد. صفات هدایت روزنه‌ای، تعرق غیر روزنه‌ای، محتوی آب نسبی برگ و سطح ویژه برگ نیز می‌توانند در اولویت بعدی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تحمل خشکی، سرعت رشد اولیه، فلورسانس کلروفیل، محتوی آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

راه‌های مقابله با این تنش است. از آنجایی که عملکرد دانه وراثت‌پذیری پایینی داشته و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آن بالاست، لذا گزینش مستقیم برای عملکرد چندان کارآمد نبوده و لذا یافتن صفاتی که به‌طور قابل‌اعتمادی با تحمل به خشکی مرتبط باشند، در گزینش ارقام متحمل به خشکی مؤثر خواهد بود (Munns et al., 2010). برای این که یک صفت فیزیولوژیکی بتواند به‌عنوان معیار گزینش استفاده

جو یکی از مهم‌ترین غلات است که در بسیاری از کشورهای جهان کاشت می‌شود. در این کشورها جو بیشتر در شرایط دیم کشت شده و اغلب تحت تأثیر کمبود شدید آب طی فصول خشک قرار می‌گیرد؛ بنابراین تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی تولید جو در این مناطق است. تحمل به خشکی نتیجه صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک متعددی است. یافتن ارقام متحمل به خشکی یکی از بهترین

شامل شش خط کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر به طول چهار متر با تراکم ۲۵۰ بذر در هر مترمربع بود. کشت در نیمه دوم مهرماه ۱۳۹۴ انجام گردید. توصیه کودی بر اساس آزمون تجزیه خاک (جدول ۲) انجام گرفت. کود فسفات به میزان ۵۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار موقع کشت و کود نیتروژنه به میزان ۱۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار که دوسوم آن هم‌زمان با کاشت و یک‌سوم آن در مرحله ساقه‌روی (به‌صورت سرک) اعمال گردید. آبیاری محیط بدون تنش با استفاده از اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک توسط تانسومتر و رسیدن به نقطه ۶۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده انجام گرفت که با توجه به بافت خاک لوم رس، پتانسیل آب خاک ۱- اتمسفر است (Ley et al., 1994). محیط تنش‌دار به‌صورت دیم بود و برای اطمینان از اعمال تنش، بعد از مرحله خوشه‌دهی برای جلوگیری از ورود آب باران‌های احتمالی آخر فصل، از پناهگاه نایلونی استفاده شد. برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، بعد از مرحله گلدهی و شروع علائم تنش، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب گردید.

صفات مورد اندازه‌گیری

محتوی آب نسبی برگ (RWC^1)

برگ پرچم ۱۰ بوته جدا و سریعاً توزین گردید (FW) سپس به مدت ۱۲ ساعت در داخل آب برای رسیدن به آماس کامل قرار گرفت و دوباره توزین شد (TW) سپس نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک‌شده و توزین گردید (DW). محتوی آب نسبی برگ از طریق فرمول بویر و همکاران (Boyer et al., 2008) محاسبه گردید:

$$RWC (\%) = \frac{(FW-Dw)}{(Tw-Dw)} \times 100 \quad [1]$$

اتلاف آب از برگ جداشده ($ELWL^2$)

برگ پرچم ۱۰ بوته جمع‌آوری و بلافاصله توزین شد (FW). سپس برگ‌ها در داخل ژرمیناتور به مدت شش ساعت در دمای ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار گرفته و سپس توزین شدند (Wa6h). برگ‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و توزین گردیدند (DW). اتلاف آب از برگ جداشده با فرمول دیوید (David, 2010) محاسبه شد:

شود، باید دارای تنوع ژنتیکی بالایی بوده، همبستگی ژنتیکی بالایی با عملکرد داشته و وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد داشته باشد (Bayoumi et al., 2008)؛ بنابراین تعیین فنوتیپ ارقام مختلف از لحاظ صفات فیزیولوژیک می‌تواند محققین را در تشکیل جمعیت‌های پایه اصلاحی و انتخاب روش اصلاحی مطلوب راهنمایی کند. از جمله صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی، می‌توان به صفات محتوی آب نسبی برگ (Boyer et al., 2008)، هدایت روزنه‌ای (Munns et al., 2010)، اتلاف آب از برگ جداشده (David, 2010)، سرعت پوشش زمین (Bellundagi et al., 2013)، فلورسانس کلروفیل (Liu et al., 2006) و سطح ویژه برگ (White and Montes, 2005) اشاره کرد. به‌خصوص ارزیابی سرعت رشد اولیه از طریق تصویربرداری دیجیتال، هدایت روزنه‌ای و سطح ویژه برگ به علت سهولت اندازه‌گیری، در صورت داشتن روابط معنی‌دار با تحمل به خشکی می‌توانند در غربال‌گری ژنوتیپ‌ها در جمعیت‌های بزرگ اصلاحی مدنظر قرار گیرند. با تعیین رابطه بین این صفات با تحمل به خشکی، کارایی این صفات در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل جو مشخص‌شده و در نتیجه گزینش هم‌زمان بر اساس چندین صفت، در افزایش موفقیت اصلاح ژنوتیپ‌های متحمل مؤثر خواهد بود. هدف از این تحقیق تعیین صفات فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های جو و تعیین ارتباط این صفات با تحمل به خشکی و عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۱۷ لاین پیشرفته جو (جدول ۱) که با هدف اصلاح تحمل به تنش خشکی انتهای فصل از یک‌کاردا دریافت گردیده و در آزمایش‌های ناحیه‌ای اقلیم سرد کشور مورد مقایسه قرار گرفته بودند (Moradi et al., 2012)، همراه با دو رقم شاهد ماکویی و Bereke-54 از ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل اخذ گردید. ارقام شاهد فوق جزو ارقام سازگار با مناطق سرد و با تحمل نسبی به خشکی انتهایی می‌باشند (Karami et al., 2006; Jafarbay et al., 2012). مواد ژنتیکی فوق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت

² Excised Leaf Water Loss

¹ Relative Water Content

زمان به‌عنوان سرعت پوشش زمین در نظر گرفته شد (Mullan and Reynolds, 2010).

عملکرد دانه، شاخص تحمل تنش خشکی (STI) و شدت تنش (SI)

بعد از حذف حاشیه، مساحت یک مترمربع از چهار ردیف وسطی در نظر گرفته شد و عملکرد دانه به دست آمد و سپس شاخص تحمل تنش فراندز (Fernandez, 1992) و شدت تنش فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) محاسبه گردیدند:

$$SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) \quad [3]$$

$$STI = \frac{(\bar{Y}_p)(\bar{Y}_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad [4]$$

که در آن Y_p و Y_s عبارت‌اند از عملکرد رقم در شرایط خشکی و آبیاری و \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب عبارت‌اند از میانگین عملکرد تمامی ارقام در شرایط خشکی و آبیاری.

تجزیه‌های آماری

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام شد. مقایسات میانگین به روش توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. برای بررسی روابط صفات، از ضرایب همبستگی ساده و رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. تجزیه خوشه‌ای بر اساس فاصله‌های اقلیدسی و بعد از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به روش وارد انجام گردید. از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و Excel برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها استفاده شد.

$$ELWL = \frac{(Fw - Wa6h)}{(Fw - Dw)} \times 100 \quad [2]$$

حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) II

برگ پرچم از هر کرت انتخاب شده و بعد از ایجاد ۱۵ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص، شاخص Fv/Fm با دستگاه OS30P ساخت OPTI-Science اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در شرایط هوای آفتابی و در فاصله ۱۰ تا ۱۲ ظهر انجام شد.

سطح ویژه برگ (SLA)

ابتدا سطح برگ با اسکنر دیجیتال اندازه‌گیری شد. سطح ویژه برگ از تقسیم سطح برگ بر وزن خشک برگ، با استفاده از فرمول $SLA = \frac{LA}{DW}$ محاسبه شد (Vile et al., 2005).

هدایت روزنه‌ای (Gs)

با پورومتر Decagon اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در شرایط آفتابی و بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ انجام شد و هدایت روزنه‌ای (Gs) برحسب (ثانیه × سانتیمتر مربع / میلی‌مول) محاسبه گردید.

سرعت پوشش زمین (RGC)

در فروردین، ردیف‌های کاشت با یک قاب چوبی ۲۰ × ۵۰ سانتی‌متری و افشانه رنگ علامت‌گذاری و عکس‌برداری از ردیف‌ها با فاصله ۱ متر از سطح زمین با دوربین دیجیتال انجام گرفت. عکس‌برداری از قسمت علامت‌گذاری شده، در فاصله‌های ۷ روزه به تعداد ۳ بار انجام شد. سپس میزانی از سطح خاک که توسط برگ‌ها پوشیده شده توسط نرم‌افزار فتوشاپ مشخص شد. شیب‌خط رگرسیون سطح سبز بر روی

جدول ۱. شجره ۱۷ لاین پیشرفته جو مورد ارزیابی به همراه ارقام شاهد

Table 1. Pedigree of 17 advanced barley lines along with chek cultivars

ردیف Row	رقم / شجره Cultivar/Pedigree	ردیف Row	رقم / شجره Cultivar/Pedigree
1	(CB74-2)CWB117-5-9-5	11	Robur/WA2196/4/Belt67-1608/S/Dicktoo//Hip
2	Astrix(c)/3/Mal/OWB753328-5H'F1//perge/Boyer/4/L.527	12	Pamir-065/Sonata
3	Astrix(c)/3/Mal/OWB753328-5H'F1//perge/Boyer/4/L.527	13	Radical/Birgit//Pamir-154
4	Robur/80-5151//cwb117-5-9-5	14	Roho//Alger/Ceres362-1-1/3/Alpha/Durra
5	Productive/Rihane-03	15	CWB117-5-9-5//73W40762/Pueblade
6	CWB117-77-9-7/4/Rhodes's'//Tb/checkzo/3/Gloria's'	16	Legia/3/LB.IRAN/UN8271//GLORIA
7	U.N.K-80Kelar	17	Rihane//Toji's'Robur
8	Probedwarf / Numar	18	(EC 84-10)Bereke-54 (شاهد ۱)
9	H177-02	19	Makouee (شاهد ۲)
10	Courlis/Rhn-03	-	-

جدول ۲. خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 2. Physicochemical characteristics of the experimental field soil

شوری	آهک	رس	سیلت	شن	بافت
Salinity (ds/m)	Lime (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Texture
2.04	5	39	30	31	Clay loam
درصد اشباع	کربن آلی (%)	نیتروژن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	pH
Saturation (%)	Organic carbon	Nitrogen (ppm)	Phosphorus (ppm)	Potassium (ppm)	
53	0.858	0.08	2.2	594	7.76

جدول ۳. اطلاعات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۴-۹۵

Table 3. Climatological data of experimental field during cropping year 2015-16

ماه - سال	جمع بارندگی	میانگین دما	جمع ساعات آفتابی	حداکثر سرعت باد	متوسط رطوبت	
Year-month	Irrigation sum (mm)	Temperature mean (°C)	Sunny hours	Maximum wind speed (m/s)	Humidity average (%)	
September-October 2015	مهر ۱۳۹۴	58.3	13.3	166.7	19	72
October-November 2015	آبان ۱۳۹۴	46.6	7.6	131.8	22	76
November-December 2015	آذر ۱۳۹۴	13.9	2.5	183.5	15	68
December 2015 - January 2016	دی ۱۳۹۴	6.4	3.4	196.5	27	59
January-February 2016	بهمن ۱۳۹۴	24.9	0.4	173	17	74
February-March 2016	اسفند ۱۳۹۴	36.7	6.9	180.2	22	65
March-April 2016	فروردین ۱۳۹۵	59.6	8	157.9	20	72
April - May 2016	اردیبهشت ۱۳۹۵	29.7	15	198.4	18	66
May - June 2016	خرداد ۱۳۹۵	14.2	17	273.8	15	64
June - July 2016	تیر ۱۳۹۵	2.2	19.6	313.3	15	63

نتایج و بحث

2007). کاهش محتوی آب نسبی برگ (از ۸۴/۴ درصد به ۸۰/۱ درصد) در اثر خشکی با نتایج بوقال و همکاران (Bogale et al., 2011) همخوانی دارد. در این آزمایش تحت تنش خشکی اتلاف آب از برگ جدا شده کمتر از شرایط بدون تنش بود (۷۰ درصد در مقابل ۷۴/۷ درصد). پکتو (Petcu, 2005) نیز با مطالعه ۸ رقم گندم مشاهده نمود که اتلاف آب از برگ جدا شده در شرایط تنش خشکی کمتر است. کاهش تعداد روزنه و افزایش ضخامت کوتیکول تحت تنش خشکی می‌تواند دلیلی بر اتلاف کمتر آب از برگ جدا شده باشد. در این مطالعه فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) و هدایت روزنه‌ای تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند. بنا به نظر مونس و همکاران (Munns et al., 2010) پارامتر Fv/Fm نسبت به خشکی حساس نیست. تحت تنش خشکی، برگ‌ها باریک‌تر و ضخیم‌تر بوده و به علت کاهش اندازه سلول‌ها، تراکم سلولی

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات (جدول ۴) نشان داد که اثر تنش خشکی بر تمام صفات به جز پارامتر Fv/Fm و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار بود. مجموع بارندگی در طول دوره رشد ۲۹۲/۵ میلی‌متر بود (جدول ۳) که با توجه به استفاده از پناهگاه نایلونی از خردادماه، ۱۶/۴ میلی‌متر آن توسط محیط تنش دریافت نگردید. با توجه به میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و تنش خشکی (۳۶۸۰ و ۲۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) شدت تنش در این آزمایش ۰/۴۵ برآورد گردید که به عنوان تنش متوسطی به حساب می‌آید. دامنه شدت تنش بین صفر و یک بوده و مقادیر نزدیک به یک، نشانگر شدت بالای تنش است. تنش خشکی با کاهش محتوای آب نسبی برگ، باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در نتیجه عملکرد دانه می‌گردد (Yang et al.,

می‌گردد (Davies et al., 2005). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در هدایت روزنه‌ای، سطح ویژه برگ و Fv/Fm غیر معنی‌دار بود، دلیل عدم معنی‌داری اختلاف بین ژنوتیپ‌ها را می‌توان به اثر متقابل ژنوتیپ × خشکی شدید نسبت داد (جدول ۴). وجود اختلاف معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از لحاظ صفات محتوی آب نسبی برگ و سطح ویژه برگ با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Ahmed et al., 2014). ضریب تغییرات پایین نشان‌دهنده دقت قابل قبول آزمایش است.

و در نتیجه تراکم پروتوپلاست‌ها بیشتر است. این پدیده باعث جبران کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز در واحد سطح برگ می‌گردد و در نتیجه صفات فوق تنش خشکی دچار کاهش نمی‌گردند (Siddique et al., 1999). سطح ویژه برگ در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کمتر از شرایط بدون تنش بود که با نتایج سایر محققین همخوانی دارد (Bogale et al., 2011; Liu and Stützel, 2004). پیام‌های ارسالی از ریشه (اسید آبسزیک) نقش به‌سزایی در توسعه سطح برگ داشته و باعث سازگاری گیاه به خشکی

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی

Table 4. Combined analysis of variance of traits under nonstress and drought stress

عملکرد	اتلاف آب برگ	سرعت پوشش	فلورسانس	محتوی آب	سطح ویژه	هدایت	درجه	منابع تغییر	Source of Variation
دانه	جداشده	زمین	کلروفیل	نسبی برگ	برگ	روزنه‌ای	آزادی		
Grain yield	Excised leaf water loss	Rate of ground cover	Chrophyll fluorescence	Relative water content	Specific leaf area	Stomatal conductans	d.f		
142.4**	623.7*	267**	11.8 ^{ns}	491.9**	3271*	18211 ^{ns}	1	خشکی	Drought (D)
1.6	35.4	3.33	61.1	22.12	632	13559	4	اشتباه ۱	Error 1
3.6**	244.7*	23.2*	19.5 ^{ns}	47.33*	1359 ^{ns}	4032 ^{ns}	18	ژنوتیپ	Genotype (G)
0.06**	121.8**	7.6*	24.3**	18.44*	1088**	2675**	18	ژنوتیپ × خشکی	G × D
0.013	30.1	3.87	3.8	10.41	119.8	969.7	72	اشتباه ۲	Error2
4.46	7.58	18.3	2.57	3.90	5.49	11.95		ضریب تغییرات (CV%)	

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪

^{ns} , *and ** and: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels

(Jafarbay et al., 2012). با توجه به شاخص STI، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۸ (شاهد ۱)، ۹، ۴، ۱۹ (شاهد ۲) و ۱۵ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۲). در شجره ژنوتیپ متحمل ۱۳، والد روسی Radical جزو ارقام با پتانسیل عملکرد بالا و دارای ژن‌های تحمل سرما است (اژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۲۰۱۱)، رقم آلمانی Brigit نیز حاوی ژن‌های تحمل سرما بوده (vanTreuren et al., 2006) و رقم Pamir با منشأ کوه‌های هیمالیا واجد ژن‌های زودرسی و پاکوتاهی است (Georgeson, 1920). با نگاهی به شجره لاین ۱۵ ملاحظه می‌شود والد Peublade جزو ارقام اسپانیا با پتانسیل عملکرد بالا بوده و متحمل به خشکی است (Igartua et al., 1998). والد دیگر در شجره این لاین، ژنوتیپ CWB117-5-9-5 بوده که جزو ژنوتیپ‌های پر محصول از مواد ژنتیکی ایکاردا است (Paroda et al., 2004). این ژنوتیپ با کد CB74-2 جزو ژنوتیپ‌های برتر و سازگار با مناطق سردسیر است

مقایسات میانگین

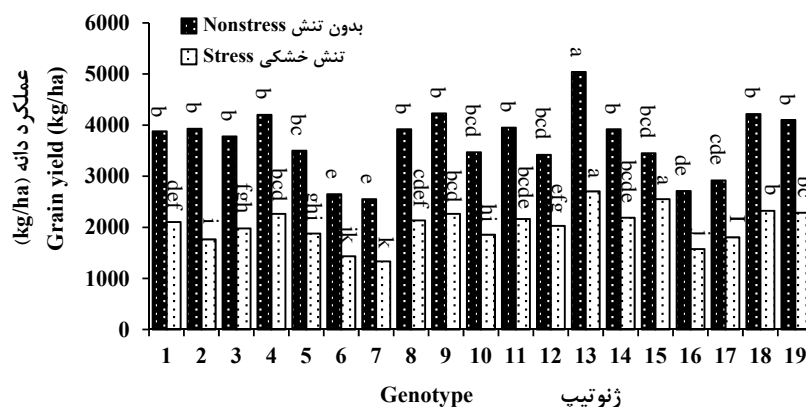
عملکرد دانه

در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ شماره ۱۳ با عملکرد ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار پرمحصول‌ترین و ۱۴ ژنوتیپ با حرف مشترک B در رتبه بعدی قرار گرفتند که از آن جمله می‌توان به ژنوتیپ‌های ۹، ۱۸ (شاهد ۱)، ۴، ۱۹ (شاهد ۲)، ۱۱ و ۲ اشاره کرد. در شرایط خشکی، ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۱۵ با عملکرد ۲۷۱۰ و ۲۵۵۰ کیلوگرم در هکتار برترین و ژنوتیپ‌های ۱۸ (شاهد ۱)، ۱۹ (شاهد ۲)، ۴، ۹، ۱۴ و ۱۱ در مقام بعد قرار گرفتند (شکل ۱).

ژنوتیپ‌های ۸، ۱۵ و ۱۸، جزو ژنوتیپ‌های پایدار و ژنوتیپ مناسب برای مناطق مساعد تشخیص داده شد (Moradi et al., 2012). ژنوتیپ ۱۸ (شاهد ۱) برای کشت در مناطق کوهستانی و سردسیر، جزو برترین ژنوتیپ می باشد

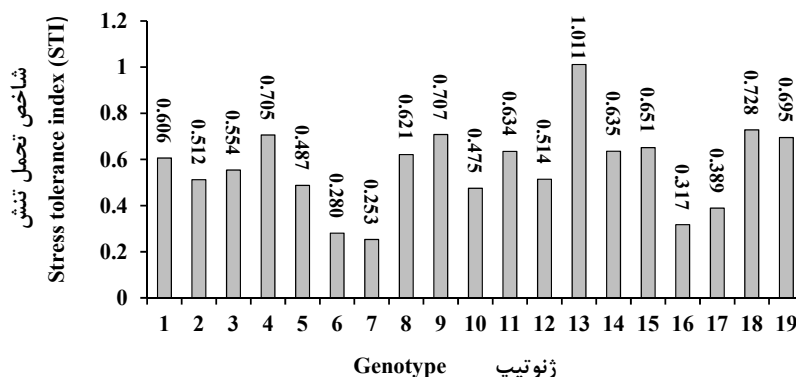
کشورهای اروپایی از جمله کرواسی در دهه ۹۰ میلادی است (Kovacevic et al., 2000).

(Jafari and Mahlooji, 2010) که در شجره لاین متحمل ۴ نیز حضور دارد. یکی دیگر از والدین موجود در لاین ۴ Robur است که یکی از موفق‌ترین ارقام جو زمستانه در



شکل ۱. عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 1. Grain yield of barley genotypes under drought and non-stress conditions



شکل ۲. شاخص تحمل تنش خشکی (STI) ژنوتیپ‌های جو مورد آزمایش

Fig. 2. Stress Tolerance Index of barley genotypes under study

اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ یک روش با توان عملیاتی نسبتاً بالا برای اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه است، باین حال برای اندازه‌گیری وضعیت آب گیاهان سازش یافته به خشکی، روش سنتی و مرسوم باید تغییر یابد (Munns et al., 2010).

اتلاف آب از برگ جداشده

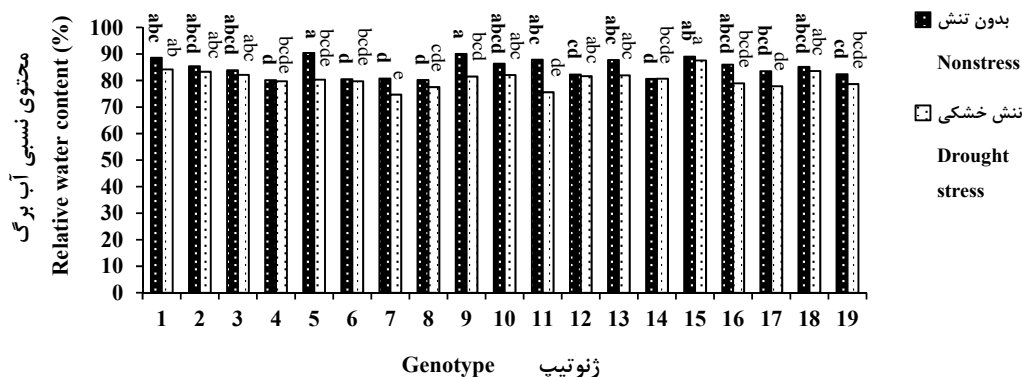
میانگین این صفت در محیط بدون تنش ۷۴/۷ درصد و تنش خشکی ۷۰/۷ درصد بود. در شرایط بدون تنش، ۱۶ ژنوتیپ با حرف مشترک D کمترین اتلاف آب از برگ را دارا بودند.

محتوی آب نسبی برگ

میانگین محتوی آب نسبی برگ ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش ۸۴/۸ درصد و تنش خشکی ۸۰/۶ درصد بود. در شرایط بدون تنش ۱۱ ژنوتیپ در گروه اول قرار گرفتند که از آن جمله می‌توان به ژنوتیپ‌های ۵، ۹، ۱۵، ۱، ۱۱ و ۱۳ اشاره کرد. در شرایط تنش ژنوتیپ‌های ۱۵، ۱، ۱۸، ۲، ۳، ۱۰، ۱۳، ۱۲ و ۹ در گروه اول قرار گرفتند که ۴ مورد از آن‌ها جزو پرمحصول‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در مقابل ژنوتیپ‌هایی مانند ۷، ۶، ۱۶ و ۱۷ در مجموع محتوی آب نسبی برگ پایینی داشته و جزء حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۳).

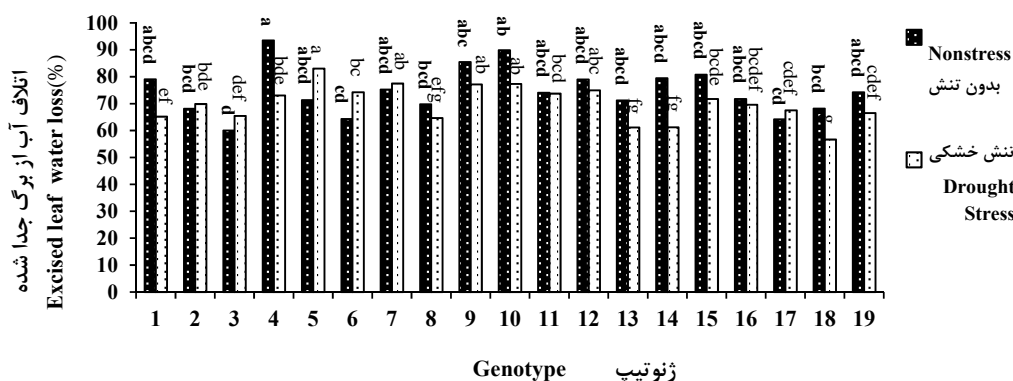
که به تعرق اپیدرمی یا تعرق باقیمانده معروف است تحت تنش خشکی ممکن است تا ۵۰٪ تعرق کل را شامل شود (David, 2010).

در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۳، ۱۴ و ۸ کمترین اتلاف آب از برگ جدا شده را داشتند که جزو برترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۴). اتلاف غیر روزنه‌ای آب از اپیدرم



شکل ۳. محتوی آب نسبی برگ ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 3. Relative water content of barley genotypes under drought and non-stress conditions



شکل ۴. اتلاف آب از برگ جدا شده ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 4. Excised leaf water loss of barley genotypes under drought and nonstress conditions

خاک بوده و با حفظ پتانسیل آب خود، روزنه‌های خود را باز نگه‌داشته‌اند. در شرایط خشکی، ژنوتیپ‌هایی که قادر به جذب آب کافی نیستند، با بستن روزنه‌ها از اتلاف بیشتر آب از طریق تعرق جلوگیری کرده و در نتیجه، دی‌اکسید کربن ورودی برگ، فتوسنتز و عملکرد کاهش می‌یابد. هدایت روزنه‌ای به‌سرعت به تغییرات پتانسیل آب خاک واکنش نشان داده و مهم‌ترین محدودیت برای فتوسنتز و رشد به شمار می‌رود (Boyer et al., 2008).

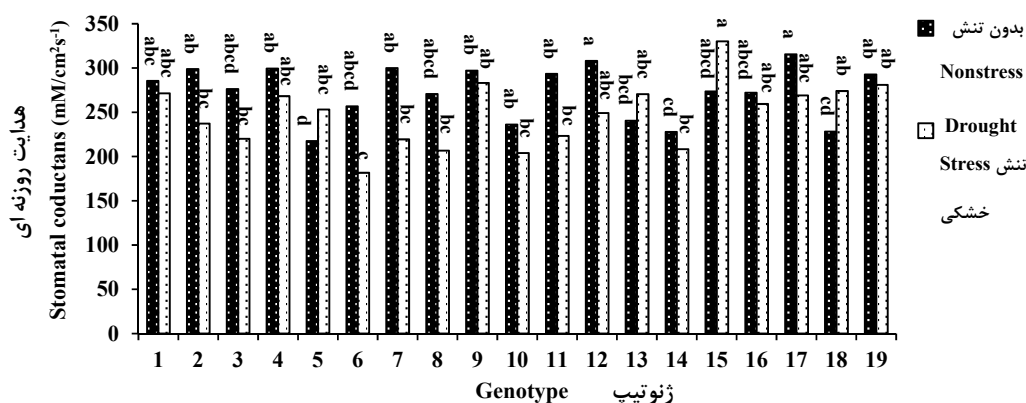
هدایت روزنه‌ای

میانگین هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش ۲۷۳ و تنش خشکی ۲۴۸ میلی مول بر سانتی مترمربع در ثانیه بود و این اختلاف غیر معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش، ۱۴ ژنوتیپ از ۱۹ ژنوتیپ دارای حرف مشترک A بودند. در شرایط خشکی، ژنوتیپ‌های ۱۵، ۹، ۱۹، ۱۸، ۱، ۱۳، ۱۷، ۴، ۱۶ و ۵ بیشترین مقدار را داشتند که ۶ مورد از آن‌ها جزء ژنوتیپ‌های متحمل بودند (شکل ۵). به این معنی که این ژنوتیپ‌ها تحت تنش خشکی قادر به جذب مؤثر آب از

A در گروه اول قرار گرفتند (شکل ۶) که حاکی از تنوع پایین این صفت در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش است. مونس و همکاران (Munns et al., 2010) معتقدند هدایت روزنه‌ای نسبت به Fv/Fm نسبت به تنش خشکی حساس‌تر است.

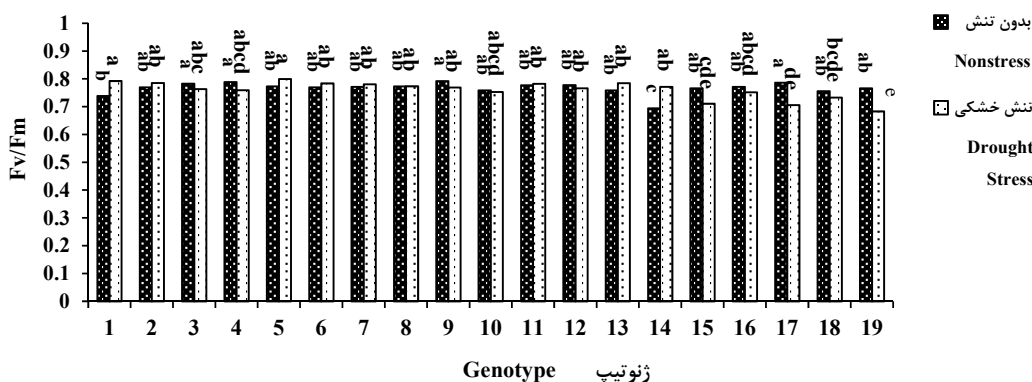
کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) II

میانگین ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش ۰/۷۶۷ و تنش خشکی ۰/۷۶ بود که این اختلاف غیر معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش، ۱۷ ژنوتیپ از ۱۹ ژنوتیپ و در شرایط خشکی، ۱۵ ژنوتیپ از ۱۹ ژنوتیپ با دارا بودن حرف مشترک



شکل ۵. هدایت روزنه‌ای ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 5. Stomatal conductans of barley genotypes under drought and non-stress conditions



شکل ۶. کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) II در ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 6. Fv/Fm of barley genotypes under drought and non-stress conditions

تنش دار، ژنوتیپ‌های ۹، ۱۳، ۸، ۱۲، ۱۴، ۱۰، ۱۱ و ۱۵ برتر بودند (شکل ۷). لازم به ذکر است اکثر این ژنوتیپ‌ها جزء گروه متحمل می‌باشند. پوشش زمین، با سایه‌اندازی بر سطح خاک منجر به حفظ رطوبت خاک می‌گردد تا آب ذخیره‌شده در خاک در مراحل بعدی رشد مورد استفاده گیاه قرار گیرد (Bellundagi et al., 2013).

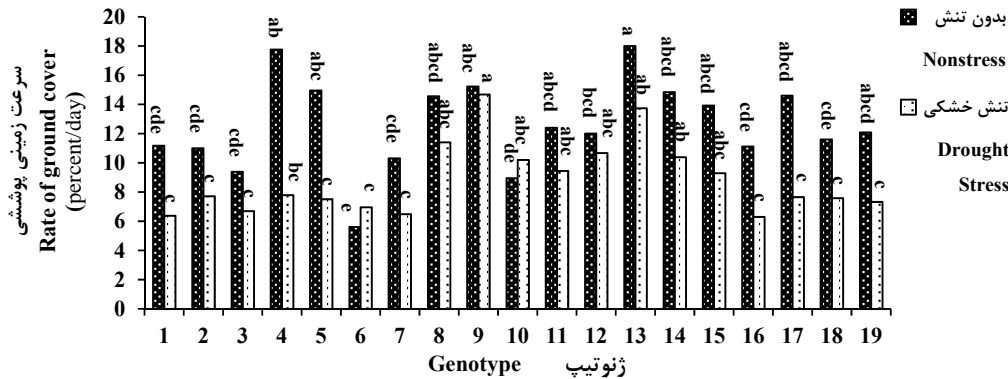
سرعت پوشش زمین

میانگین سرعت پوشش زمین ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش (۱۲/۶ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین محیط تنش خشکی بود (۸/۸ درصد)، چراکه در محیط بدون تنش یک آبیاری در فاصله بین اندازه‌گیری دوم و سوم سطح سبز انجام گرفت. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۴، ۹، ۵، ۱۴، ۱۷، ۸، ۱۵، ۱۱ و ۱۹ در گروه برتر قرار گرفتند. در شرایط

جذب‌شده توسط برگ و مسیر انتشار CO_2 از بافت برگ تحت تأثیر ضخامت برگ بوده و سطح ویژه برگ بیشتر به معنی هزینه بیولوژیک کمتر برای ساخت بافت فتوسنتزی است و برگ‌های ضخیم‌تر میزان فتوسنتز کمتری دارند و سطح ویژه برگ به‌عنوان ابزاری برای غربال ژنوتیپ‌های پرمحصول به کار می‌رود (Vile et al., 2005).

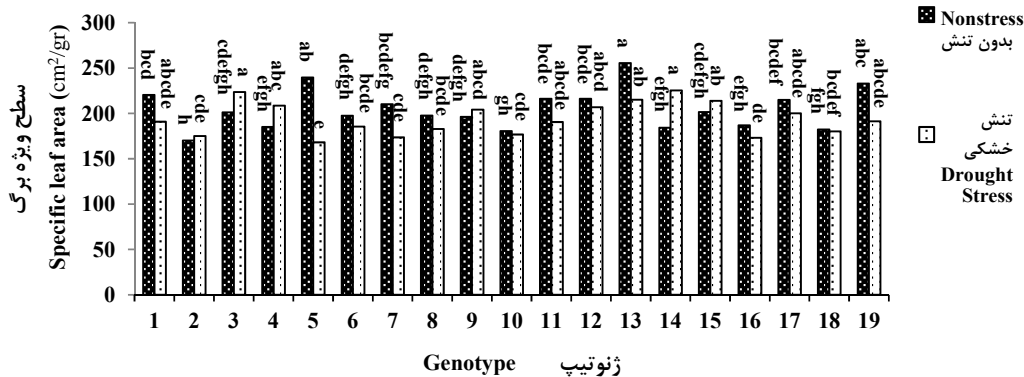
سطح ویژه برگ

میانگین سطح ویژه برگ ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش (۲۰۴/۷) به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین محیط تنش خشکی بود (۱۹۴/۱). در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ۱۳، ۵ و ۱۹ و در شرایط خشکی ژنوتیپ‌های ۴، ۳، ۱۳، ۱۵، ۴، ۱۲، ۹، ۱۷، ۱۹، ۱ و ۱۱ در رتبه اول بودند که اغلب ژنوتیپ‌های فوق دارای عملکرد بالا هستند (شکل ۸). مقدار نور



شکل ۷. سرعت پوشش زمین ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 7. Rate of ground cover of barley genotypes under drought and non-stress conditions



شکل ۸. سطح ویژه برگ ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 8. Specific leaf area of barley genotypes under drought and non-stress conditions

در شرایط بدون تنش محتوی آب نسبی بالای برگ موجب باز شدن روزنه‌ها و افزایش کارایی فتوسنتز می‌گردد (Yang et al., 2007). در مدل رگرسیونی نیز سرعت پوشش زمین تنها صفت باقی‌مانده در مدل بود و ۳۴/۷ درصد تغییرات عملکرد را توجیه کرد. ضریب رگرسیون ناقص استاندارد بالا (۰/۵۸۹)، حاکی از اثر مستقیم شدید این صفت بر عملکرد است (جدول ۵)، در مطالعه بلونداگی و همکاران

روابط صفات در شرایط بدون تنش

در شرایط بدون تنش همبستگی عملکرد دانه فقط با سرعت پوشش زمین معنی‌دار شد (جدول ۵). روابط غیر معنی‌دار بین صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با نتایج بسیاری از محققین هم‌خوانی دارد (Munns et al., 2010; Shahmoradi and Zahravi, 2014). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای و Fv/Fm پیدا شد.

متحمل بیشتر به دلیل توانایی بهتر جذب آب از خاک است تا حفظ آن از طریق بستن روزنه‌ها. بویر و همکاران (Boyer et al., 2008) معتقدند وقتی تنظیم اسمزی در گیاهان گندم و جو رخ می‌دهد محتوی آب نسبی برگ ممکن است گمراه‌کننده بوده و ژنوتیپ‌هایی که به علت تنظیم اسمزی، اسمولیت‌های زیادی را در سیتوپلاسم خود انباشته‌اند، برای رسیدن به حداکثر آماس، آب بیشتری جذب کنند و در نتیجه محتوی آب نسبی برگ در آن‌ها کمتر خواهد بود؛ بنابراین آن‌ها اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ را به جای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ پیشنهاد نمودند. سطح ویژه برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (** $r=0.58$). سطح ویژه برگ به عنوان ابزاری برای غربال‌گری ژنوتیپ‌های پرمحصول مطرح است (White and Montes, 2005). احمد و همکاران (Ahmed et al., 2014) نیز سطح ویژه برگ، محتوی آب نسبی برگ و تنظیم اسمزی را شاخص‌های مناسبی برای گزینش تحمل به خشکی گندم معرفی کردند.

(Bellundagi et al., 2013) این صفت وراثت‌پذیری بالا و همبستگی قوی با عملکرد داشت. سرعت‌بالای اندازه‌گیری سطح سبز به روش عکس‌برداری دیجیتال می‌تواند این روش را به عنوان ابزاری مناسب برای غربال‌گری ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مطرح سازد (Munns et al., 2010).

روابط صفات در شرایط تنش خشکی

در شرایط تنش همبستگی عملکرد دانه با محتوی آب نسبی برگ معنی‌دار بود که با نتایج سایر محققین هم‌خوانی دارد (Siddique et al., 1999; Bayoumi et al., 2008). طبق نظر مونس و همکاران (Munns et al., 2010) بالا بودن محتوی آب نسبی برگ در جمعیت‌های متحمل به تنش می‌تواند به دلیل وجود برخی عوامل کم‌کننده تلفات آب از طریق بستن روزنه‌ها و یا جذب بیشتر آب به وسیله گسترش ریشه باشد. با توجه به همبستگی معنی‌دار بین محتوی آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای (۰/۴۸۵) در این مطالعه، چنین به نظر می‌رسد که بالاتر بودن محتوی آب نسبی برگ در ژنوتیپ‌های

جدول ۵. ضرایب همبستگی ساده بین صفات در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و خشکی (زیر قطر).

Table 5. Simple correlation coefficients among the traits under nonstress (below diagonal) and drought conditions (above diagonal).

	RWC	SLA	SC	ELWL	Fv/FM	RGC	GY
محتوی آب نسبی برگ Relative water content (RWC)	1	0.290	-0.198	0.101	0.099	0.174	0.258
سطح ویژه برگ Specific leaf area (SLA)	0.307	1	-0.024	-0.188	0.090	0.315	0.207
هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance (SC)	0.485*	0.221	1	0.062	0.546*	0.001	-0.192
اتلاف آب برگ جداشده Excised leaf water loss (ELWL)	-0.226	-0.358	-0.116	1	-0.094	0.338	0.209
کارایی فتوسنتز II Fv/FM	-0.111	-0.172	-0.507*	0.263	1	0.015	-0.153
سرعت پوشش زمین Rate of ground cover (RGC)	0.153	0.385	0.097	-0.017	0.140	1	0.589**
عملکرد دانه Grain yield (GY)	0.467*	0.580**	0.583**	-0.446	-0.247	0.565**	1

*and ** and:significant at 5% and 1% probability.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪.

(Bogale et al., 2011). در حالی که در تحقیق بوگال و همکاران (Bogale et al., 2011) همبستگی معنی‌داری بین تبادل گازی برگ و عملکرد گندم مشاهده نشد. اتلاف آب از برگ جداشده همبستگی منفی و نزدیک به معنی‌داری (P = 0/056) با

هدایت روزنه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (** $r=0.583$). در گندم نان تحت شرایط تنش‌دار همبستگی عملکرد با هدایت روزنه‌ای (** $r=0.247$) و در شرایط بدون تنش، (** $r=0.457$) برآورد گردید (Aminian et al.,

خشکی کاربرد چندانی ندارد. همبستگی عملکرد دانه با سرعت پوشش زمین در شرایط تنش نیز معنی‌دار شد که با نتایج تحقیقات متعددی هم‌خوانی دارد (Mullan and Reynolds, 2010; Cougnon et al., 2013; Bellundagi et al., 2013). در تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام تحت شرایط خشکی، صفات هدایت روزنه-ای، سرعت پوشش زمین و اتلاف آب از برگ جدا شده در مدل رگرسیونی باقی ماندند که ۶۹/۳ درصد تغییرات در عملکرد دانه را توجیه کردند که از بین آن‌ها سرعت پوشش زمین بیشترین اثر مستقیم (۰/۵۱۲) را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۶). نتایج فوق کارایی صفات فیزیولوژیکی را در گزینش تحمل به تنش خشکی را نشان می‌دهد. نتایج شاهمرادی و زهراوی (Shahmoradi and Zahravi, 2014) نشان داد که در رگرسیون گام‌به‌گام بین شاخص تحمل تنش و سطح ویژه برگ در کنار سایر صفات زراعی و مورفولوژی روابط معنی‌داری وجود دارد. در تحقیق امینیان و همکاران (Aminian et al., 2011) نیز در شرایط تنش هدایت روزنه‌ای در رگرسیون وارد مدل گردید.

عملکرد نشان داد. این صفت در تعدادی از مطالعات با تحمل خشکی روابط معنی‌دار نشان داده است (Grzesiak et al., 2005; Petcu, 2005). هرچند که اتلاف آب از روزنه ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از اتلاف آب از کوتیکول است، با این وجود، تحت تنش خشکی که روزنه‌ها بسته می‌باشند، عمده‌ترین راه اتلاف آب است (Petcu, 2005). دیوید (David, 2010) با بررسی اتلاف آب از برگ جدا شده در ارقام گندم به این نتیجه رسید که این صفت نقش عمده‌ای در مکانیسم تحمل به خشکی ندارد، در ضمن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در آن بالاست. این محقق به این نتیجه رسید که برای استفاده از این صفت در گزینش تحمل به خشکی باید روش اندازه‌گیری صفت را بهبود بخشید. تحت تنش خشکی، Fv/Fm با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری نشان نداد که با نتایج تحقیقات سایر محققین هم‌خوانی دارد (Bogale et al., 2011). تحقیقات جانسن و همکاران (Jansen et al., 2009) نیز نشان داد که شاخص Fv/Fm فقط برای غربال‌گری بقای گیاهان کاربرد داشته و در ارزیابی تحمل گیاهان یک‌ساله به

جدول ۶. ضرایب رگرسیون ناقص بر عملکرد در شرایط تنش خشکی و بدون تنش

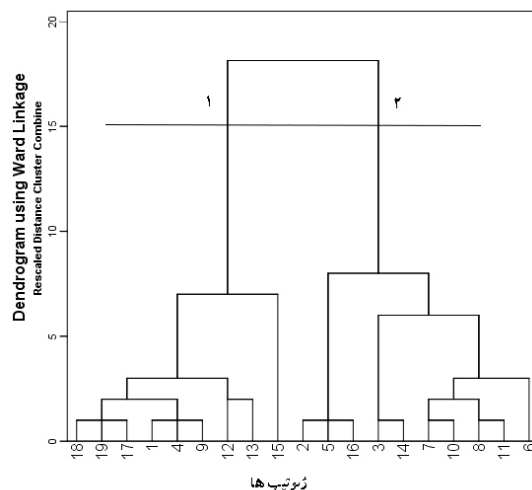
Table 6. Partial regression coefficients on yield under drought and non-stress condition

محیط	صفت	ضریب رگرسیون ناقص	ضریب رگرسیون ناقص استاندارد	
Environment Trait	Partial regression coefficient	Standardized partial regression coefficient		
بدون تنش	Intercept	عرض از مبدأ	2.14**±0.526	-
Non-stress	Rate of ground cover	سرعت پوشش زمین	0.122**±0.041	0.589
	Intercept	عرض از مبدأ	3.51*±1.35	---
تنش خشکی	Stomatal conductance	هدایت روزنه‌ای	0.01**±0.003	0.489
	Rate of ground cover	سرعت پوشش زمین	0.148*±0.038	0.512
Drought stress	Excised leaf water loss	اتلاف آب از برگ جدا شده	0.04*±0.014	0.381

خوشه ۱ دارای هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه بالاتر و فلورسانس کلروفیل کمتر بودند. اختلاف دو خوشه در سطح ویژه برگ و محتوی آب نسبی برگ نیز تمایل به معنی‌داری داشت (p = ۰/۰۹۶). نکته مهم در این تجزیه این است که تمام ژنوتیپ‌های متحمل در خوشه ۱ جای گرفته و تا حد زیادی (به‌جز ژنوتیپ ۱۷) از ژنوتیپ‌های حساس تفکیک گردیدند

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها

تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش قادر به تفکیک مناسب ژنوتیپ‌ها نبود بنابراین دندروگرام مربوطه ارائه نگردید. در شرایط خشکی، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در ۲ خوشه گروه‌بندی کرد (شکل ۹)، خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۴، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ و خوشه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۴ و ۱۶ بود. همان‌گونه که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود. ژنوتیپ‌های



شکل ۹. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌های ژنوتیپ‌های جو تحت تنش خشکی به روش Ward
 Fig. 9. Dendrogram of cluster analysis of barley genotypes under drought stress using Ward's method

جدول ۷. میانگین خوشه‌های به دست آمده از تجزیه کلاستر

Table 7. Mean of clusters resulted from cluster analysis

	محتوی نسبی آب برگ Relative water content	سطح ویژه برگ Specific leaf area	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	اتلاف آب از برگ Excised leaf water loss	کارایی فتوسیستم II Fv/FM	سرعت پوشش زمین Rate of ground cover	عملکرد دانه Grain yield	
میانگین گروه ۱ Mean of cluster1	81.89	201.3	277.5	76.24	74.5	2.97	4.52	
میانگین گروه ۲ Mean of cluster2	79.53	187.5	221.4	79.68	77.5	1.87	3.66	
T value	مقدار t	1.76 ^{ns}	1.76 ^{ns}	5.35 ^{**}	1.11 ^{ns}	2.25 [*]	1.02 ^{ns}	3.24 ^{**}
سطح معنی‌داری Significance level		0.096	0.096	0.000	0.281	0.039	0.323	0.005

نسبی برگ رخ می‌دهد (Yan et al., 2016)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ژنوتیپ‌های متحمل با توانایی جذب بهتر آب از خاک و عدم ارسال پیام اسید آسزیک و باز نگه‌داشتن روزنه‌ها باعث آسمیلاسیون بیشتر گردیده‌اند. در بین صفات، سرعت پوشش زمین در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش، همبستگی مثبتی با عملکرد داشت، بعلاوه اثر متقابل ژنوتیپ × خشکی برعکس بقیه صفات در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، به طوری که فهرست ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش و بدون تنش در ۶ ژنوتیپ مشترک بود. با توجه به سرعت و سهولت اندازه‌گیری این صفت، به نظر می‌رسد که بتوان از این روش به‌عنوان معیار غیرمستقیم برای غربال‌گری تحمل به خشکی و عملکرد جو استفاده کرد. پوشش زمین معیاری

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل نشان داد که از بین صفات اندازه‌گیری شده، محتوی آب نسبی برگ، سطح ویژه برگ، هدایت روزنه‌ای و سرعت پوشش زمین با عملکرد دانه تحت تنش خشکی همبستگی دارند. محتوی آب نسبی برگ با هدایت روزنه‌ای نیز همبستگی مثبتی نشان داد، بنابراین چنین به نظر می‌رسد که محتوی آب نسبی برگ بالای ژنوتیپ‌های متحمل، بیشتر از توانایی جذب آب توسط سیستم ریشه‌ای قوی آن‌ها نشأت می‌گیرد تا از طریق بستن روزنه‌ها. ورود دی‌اکسید کربن و خروج آب از طریق باز و بسته شدن روزنه‌ها از طریق پیام‌های ریشه کنترل می‌شود و بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به خشکی خیلی سریع‌تر از هرگونه کاهش در محتوی آب

باید کاملاً کنترل گردند (Munns et al., 2010). تجزیه خوشه‌ای تحت تنش خشکی بعد از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توانست ژنوتیپ‌های متحمل را از حساس تفکیک نماید. در این میان پرمحصول ترین ژنوتیپ (۱۳)، از لحاظ سرعت پوشش زمین، سطح ویژه برگ، Fv/Fm و هدایت روزنه‌ای رتبه ۲، ۳، ۴ و ۶ را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بود. دومین ژنوتیپ برتر (۱۵) از لحاظ محتوی آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای دارای رتبه اول، از لحاظ سطح ویژه برگ رتبه ۴ و از لحاظ سرعت پوشش زمین جزو ۸ ژنوتیپ برتر بود. سومین ژنوتیپ برتر (۱۸) از لحاظ محتوی آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای دارای رتبه سوم و چهارم بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ژنوتیپ‌های برتر (متحمل) در این آزمایش از لحاظ صفات فیزیولوژیکی به تیپ ایده‌آل فیزیولوژیکی نزدیک‌تر بوده و صفات فیزیولوژیکی مطلوبی را دارا بوده‌اند و بنابراین با اندازه‌گیری هم‌زمان چند صفت فیزیولوژیکی می‌توان به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گیاه جو اقدام کرد.

قدردانی

محققین از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به خاطر تأمین بودجه طرح قدردانی می‌نمایند.

از سرعت رشد اولیه بوده و با سایه‌اندازی بر خاک، جلوی تبخیر را گرفته و قابلیت برداشت بیشتر آب را از خاک در شرایط دیم امکان‌پذیر می‌کند (Mullan and Reynolds, 2010; Munns et al., 2010). کوگنون و همکاران (Cougnon et al., 2013) بین پوشش زمین و تولید بیوماس روابط بسیار محکمی به دست آوردند. البته این روابط تا زمان ۵۰ درصد پوشش سطح زمین برقرار بود و در مراحل بعد به علت وجود ژنوتیپ‌های ایستاده با پنجه‌های کمتر و در نتیجه با پوشش کمتر سطح خاک ولی با بیوماس بالا، این رابطه ضعیف‌تر شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تصویربرداری دیجیتالی می‌تواند پوشش اولیه زمین و بیوماس را با سرعت و دقت بالایی پیش‌بینی کند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار به‌دست‌آمده بین سطح ویژه برگ و عملکرد دانه و سرعت و سهولت اندازه‌گیری این صفت، انجام مطالعات بیشتر در خصوص رابطه این صفت با تحمل به خشکی توصیه می‌گردد. همچنین با توجه به معنی‌داری رابطه هدایت روزنه‌ای با عملکرد و سرعت و سهولت اندازه‌گیری آن به نظر می‌رسد بتوان آن را به‌عنوان ابزار مناسبی برای غربال ژنوتیپ‌ها در جمعیت‌های بزرگ اصلاحی به کار برد. ناگفته نماند که این صفت به نوسانات میزان نور و دی‌اکسید کربن که در محیط‌های محدود کشت و اتاق‌های رشد متغیرند، بسیار حساس است و برای اندازه‌گیری آن پارامترهای فوق

منابع

- Ahmed, A.A.S., Uptmoor, R., El-Morshidy, M.A., Kheiralla, K.A., Ali, M.A., Mohamed, N.E.M., 2014. Some physiological parameters as screening tools for drought tolerance in bread wheat lines (*Triticum aestivum* L.). *World Journal of Agricultural Research*. 2(3), 109-114.
- Aminian, R., Mohammady, S.H., Houshmand, S., Khodambashi, M., Nozad, K., 2011. Effect of stomatal characteristics on photosynthesis and yield of the bread wheat chromosomal substitution lines under normal and stress conditions. *Journal of Crops Improvement*. 13(2), 13-25.
- Igartua, E., Gracia, M.P., Lasa, J.M., Medina, B., Molina-Cano, J.L., Montoya J.L., Romagosa, I., 1998. The Spanish barley core collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 45, 475-482.
- International Atomic Energy Agency. 2011. Joint FAO/IAEA Mutant Variety Database. On line. Available at: <https://mvd.iaea.org/MVDEExport>
- Bayoumi, T.Y., Eid, M.H., Metwali, E.M., 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 7, 2341-2352.
- Bellundagi, A., Singh, G.P., Prabhu, K.V., Arora, A., Jain, N., Ramya, P., Singh, A.M., Singh, P.K., Ahlawat, A., 2013. Early ground cover and other physiological traits as efficient selection criteria for grain yield under moisture deficit stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Indian Journal of Plant Physiology*. 18(3), 277-281.

- Bogale, A., Tesfaye, K., Geleto, T., 2011. Morphological and physiological attributes associated to drought tolerance of Ethiopian durum wheat genotypes under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 1(2), 22-36.
- Boyer, J.S., James, R.A., Munns, R., Condon, A.G., Passioura, J.B., 2008. Osmotic adjustment may lead to anomalously low estimates of relative water content in wheat and barley. *Functional Plant Biology*. 35, 1172-1182.
- Cougnon, M., Verhelst, J., De Dauw, K., Reheul, D., 2013. Quantifying Early Vigour and Ground Cover using Digital Image Analysis. In: Barth S, Milbourne D. (eds.) *Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement*. pp 147-153.
- David, M., 2010. Water loss from excised leaves in a collection of triticum aestivum and triticum durum cultivars. *Romanian Agricultural Research*. 27, 27-34.
- Davies, W.J., Kudoyarova, G., Hartung, W., 2005. Long-distance ABA signalling and its relation to other signalling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought. *Journal of Plant Growth Regulation*. 24, 285-295.
- Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G., (eds.) *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. International symposium, Taiwan, 13-18 August 1992.
- Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29, 897-912.
- Georgeson, C.C., 1920. Report of the Alaska Agricultural Experiment Stations. Office of Experiment Stations, U. S. Department of Agriculture. 28: 120p.
- Grzesiak, S., Grzesiak, M.T., Filek, W., Stabryta, J., 2003. Evaluation of physiological screening tests for breeding drought resistant triticale (*X. Triticosecale* Wittmack). *Acta Physiologiae Plantarum*. 25(1), 29-37.
- Jafarbay A, Sabzeh J, Mohammadallahi H., Dehghan A, Ali M., 2012. On farm study of elite barley lines in mountain areas of Golestan province. *Agricultural Research and Education Organization*. F.A.O.
- Jafari, A., Mahlooji, M., 2010. Yield comparison of cold tolerant barley genotypes in Fereidan area of Esfahan province. *Journal of Crops Improvement*. 12(1): 21-27.
- Jansen, M., Gilmer, F., Biskup, B., 2009. Simultaneous measurement of leaf growth and chlorophyll fluorescence via GROWSCREEN FLUORO allows detection of stress tolerance in *Arabidopsis thaliana* and other rosette plants. *Functional Plant Biology*. 36, 902-914.
- Karami, E.A., Ghanadha, M.R., Naghavi, M.R., Mardi, M., 2006. An identification of drought tolerant genotypes in barley. *Iranian Journal of agricultural sciences (Journal of agriculture)*. 37(2): 371-379. (In Persian).
- Kovacevic, J., Lalic A., Babic, D., 2000. Barley production and status of the national barley collection in the Republic of Croatia. Report of a Working Group on Barley: Sixth Meeting, 3 December 2000.
- Ley, T.W., Stevens, R.G., Topielec R.R., Neibling, W.H., 1994. Soil water monitoring and measurement. A Pacific Northwest Publication. Washington. Oregon. Idaho. pp: 26.
- Liu, F., Stützel, H., 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*. 102(1), 15-27.
- Liu, W.J., Yuan, S., Zhang, N.H., Lei, T., Duan, H.G., Liang, H.G., Lin, H.H., 2006. Effect of water stress on photosystem II in two wheat cultivars. *Biologia Plantarum*. 50 (4), 597-602.
- Moradi, M., Dehghani, H., Sorkhi-Lalelo, B., 2012. Study of Stability Parameters on Barley (*Hordeum vulgare* L.) Elite Genotypes in Cold Climate of Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10 (1): 107-115. (In Persian)
- Mullan, D.J., Reynolds, M.P., 2010. Quantifying genetic effects of ground cover on soil water evaporation using digital imaging. *Functional Plant Biology*. 37, 703-712.
- Munns, R., James, R.A., Sirault, X.R.R., Furbank, R.T., Jones, H.G., 2010. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 61(13), 3499-3507.

- Paroda, R.S., Suleimenov, M., Morgounov, A., UI-Hasan, M., Turdieva, M., Khalikolov, Z., Kononenko, I. 2004. CGIAR Collaborative research program for sustainable agricultural development in central Asia and Caucasus. CAC NEWS.
- Petcu, E., 2005. The Effect of water stress on cuticular transpiration and relationship with winter wheat yield. Romanian Agricultural Research. 22, 15-17.
- Siddique, R.B., Hamid, A., Islam M.S., 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 40, 141-145.
- Shahmoradi, S., Zahravi, M., 2014. Identification of traits related to drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L) genotypes originated from arid climates of Iran. Journal of Crop Improvement. 16 (1): 23-41. [In Persian with English summary].
- vanTreuren, R., Tchoudinova, I., van Soest, L.J.M., van Hintum T.J.L. 2006. Marker-assisted acquisition and core collection formation: a case study in barley using AFLPs and pedigree data. Genetic Resources and Crop Evolution. 53, 43-52
- Vile, D., Garnier, E., Shipley, B., Laurent, G., Navas, M.L., Roumet, C., Lavorel, C., 2005. Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar leaves. Annual Botany. 96(6), 1129-1136.
- White, J.W., Montes R.C., 2005. Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research. 91, 7-21
- Yan, W., Zhong, Y., Shanguan, Z., 2016. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought. Scientific Reports. (6), 1-9.
- Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X.Q., Yin, H.J., 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosyntetica. 45(4), 613-619.