Archive of SID

دو فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه ۲۶۳-۲۴۹ (۱۳۹۵)

# اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام سنتتیک مقاوم به‌خشکی و اکوتیپ‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

کیوان بهمنی[۱]، علی ایزدی دربندی*[۲] و اعظم اکبری[۳]

۱- دانشجوی دکترا، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲*- نویسنده مسئول مکاتبات، دانشیار، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: aizady@ut.ac.ir

۳- کارشناسی ارشد، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲

## چکیده

در این پژوهش اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف رازیانه در بهار سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران بررسی شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو رژیم آبیاری بدون تنش و تنش خشکی در کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ رازیانه شامل دو رقم سنتتیک مقاوم به خشکی (سنتتیک زودرس و میان‌رس) و چهار اکوتیپ والدی (فسا، مشکین‌شهر، هشتگرد و فزوه) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد چتر و تعداد چترک معنی‌دار بود. کلیه صفات مورد مطالعه تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافتند که بیشترین درصد کاهش مربوط به عملکرد دانه (۴۰ درصد) بود. البته اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد بررسی وجود داشت. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه متعلق به اکوتیپ فزوه با ۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و کمترین مقدار عملکرد دانه متعلق به اکوتیپ فسا با ۴۳۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی بود. ارقام سنتتیک میان‌رس و زودرس در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند. در این آزمایش، شاخص نمره تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها محاسبه شد و ارقام سنتتیک زودرس و سنتتیک میان‌رس با داشتن بالاترین میزان شاخص نمره تحمل به تنش به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به خشکی شناسایی شدند. این ارقام در محیط‌های با آب و هوای متغیر به‌ویژه شرایط کمبود آب می‌توانند عملکرد اقتصادی و پایدارتری تولید کنند.

**واژه‌های کلیدی:** ارقام سنتتیک، تنش خشکی، رازیانه، شاخص‌های تحمل، عملکرد.

## مقدمه

گیاه دارویی رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* Mill یکی از مهمترین گیاهان دارویی متعلق به تیره چتریان (Apiaceae) است که به‌منظور استفاده از اسانس روغنی دانه آن در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، بهداشتی و آرایشی مورد کشت قرار می‌گیرد (Hornok, 1992). ترکیبات عمده میوه رازیانه شامل ۱۰ تا ۱۲ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۲ تا ۶ درصد اسانس است، همچنین دارای مقدار کمی قند و موسیلاژ است (Lucinewton *et al.*, 2005) اجزای اصلی اسانس رازیانه شامل ترانس آنتول، متیل

www.SID.ir

Archive of SID



چاویکول، فنچون و لیمونن است (Bahmani *et al*., 2014) که آنتول موجود در اسانس فعالیت ضدسرطانی از خود نشان داده است (Anand *et al*., 2008).

البته تنش خشکی اثرات منفی بر رشد و تولید گیاه رازیانه دارد. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2006)اثرات منفی تنش خشکی را بر صفات ارتفاع، بیوماس، تعداد چتر، تعداد چترک در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در دو توده بومی رازیانه گزارش کردند. طی آزمایشی Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) بر روی رازیانه گزارش کردند که عملکرد دانه و اسانس رازیانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با توجه به رشد روزافزون تقاضا برای دانه و اسانس رازیانه، و با محدود شدن منابع آبی در جهان و به‌ویژه در مناطق خشک مانند ایران، به‌نژادگران باید بیش از پیش به این گیاه توجه کنند. البته تاکنون رازیانه‌های ایرانی از لحاظ صفات اگرومورفولوژی (Bahmani *et al*., 2012b)، ژنتیکی (Bahmani *et al*., 2012a & 2013) و فیتوشیمیایی (Bahmani *et al*., 2014) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و تنوع وسیع آنها مورد تأیید قرار گرفته است. بنابراین نظر بر این است که در میان آنها ژنوتیپ‌های با ارزشی برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی با هدف مقاومت به‌خشکی وجود دارد.

برای ارزیابی واکنش گیاهان به تنش خشکی و تعیین مقاومت و حساسیت آنها شاخص‌های متفاوتی ارائه شده است. به‌عنوان نمونه Fisher و Maurer (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش (SSI, Stress Susceptibility Index) را پیشنهاد کردند. شاخص حساسیت به تنش (SSI) با مقدار پایین‌تر خود نشان‌دهنده تحمل به خشکی ژنوتیپ است. همینطور Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL)را معرفی کردند. این شاخص به‌صورت اختلاف عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. از این‌رو مقادیر کوچکتر TOL مطلوب است. همچنین Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) شاخص متوسط بهره‌وری (MP) را به‌صورت میانگین عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش پیشنهاد کردند. اما انتخاب بر اساس این شاخص منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با ظرفیت عملکرد بالا و تحمل تنش پائین می‌شود. شاخص دیگری که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه شده شاخص تحمل تنش (STI) است که آن را معیاری برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی پیشنهاد کرد. میانگین هندسی محصول‌دهی نیز به‌عنوان شاخص GMP (Geometrical Mean Productivity) معرفی گردید. البته شاخص GMP حساسیت کمتری نسبت به مقادیر متفاوت عملکرد در محیط تنش و بدون تنش دارد (Fernandez, 1992). شاخص پایداری عملکرد (YSI)به این صورت است که عملکرد در شرایط تنش یک ژنوتیپ را در ارتباط با عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند. ارقامی با YSI بالاتر، در هر دو شرایط عملکرد بالاتری دارند (Bouslama & Schapaugh, 1984). شاخص عملکرد (YI) ارقام را بر اساس عملکرد تنش رتبه‌بندی می‌کند. بنابراین نمی‌تواند ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را در هر دو شرایط تنش و بدون تنش تشخیص دهد (Gavuzzi *et al*., 1997). شاخص پاسخ به خشکی (DRI)توسط Bidinger و همکاران (۱۹۹۷) پیشنهاد شد که یک مدل رگرسیونی و مستقل از اثرات عملکرد بالقوه و تاریخ گلدهی است، به‌طوری‌که ارزش بالای آن نشانگر تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. بنابراین می‌توان از شاخص ضریب رگرسیونی (β) نیز برای شناسایی ژنوتیپ-های مقاوم در شرایط تنش شدید بهره برد. در همین ارتباط، Bansal و Sinha (۱۹۹۱) اظهار داشتند که مقدار پایین شیب خط رگرسیون عملکرد بر روی میانگین شرایط محیطی (β)، نشان‌دهنده تحمل به‌تنش خشکی است. از آنجا که هریک از این شاخص‌ها ممکن است گروه‌بندی متفاوتی را نسبت به سایر شاخص‌ها ایجاد کند، از این‌رو استفاده از معیاری که با در نظر گرفتن همه این شاخص‌ها یک نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID



واحد بدهد، مناسب می‌باشد. یکی از معیارهایی که برای این منظور می‌تواند استفاده شود نمره تحمل تنش (STS) است (Abdolshahi *et al.*, 2013).

هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، ارزیابی تحمل به تنش خشکی و مقایسه ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی با بهترین اکوتیپ‌های والدینی در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت استان تهران اجرا شد. از لحاظ جغرافیایی این مکان در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۲۷ متری از سطح دریا واقع شده است. از نظر اقلیم، منطقه پاکدشت جزء مناطق خشک محسوب شده و بارندگی‌ها عمدتاً در دو فصل پاییز و زمستان به‌میزان متوسط ۱۷۰ میلی‌متر در سال انجام می‌شود. درجه حرارت متوسط سالانه ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر و تعرق سالانه آن بیشتر از بارندگی سالانه می‌باشد. در این بررسی توده‌های رازیانه والدینی، از مناطق اقلیمی مختلف ایران که به‌صورت وحشی یا زراعی بودند، جمع‌آوری شدند، و از آنجایی که هریک از نمونه‌های جمع‌آوری شده مربوط به یک منطقه با خصوصیات اکولوژی خاص خود بودند نام اکوتیپ بر آنها گذاشته شد. مواد گیاهی استفاده شده در این تحقیق نتاج نسل اول (syn1) دو رقم سنتتیک مقاوم به خشکی و چهار اکوتیپ والدی شامل یک رقم سنتتیک زودرس مقاوم به خشکی و دو اکوتیپ برتر والدی آن (فسا و هشتگرد)، یک رقم سنتتیک میان‌رس مقاوم به خشکی و دو اکوتیپ برتر والدی آن (مشکین‌شهر و فزوه) بودند.

برای تولید ارقام سنتتیک رازیانه با ویژگی مقاومت به خشکی، ابتدا عمل انتخاب بهترین والدین از بین ۵۰ اکوتیپ رازیانه که از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند در سطح جوانه‌زنی و مزرعه‌ای در شرایط تنش خشکی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱- ۱۳۹۰ انجام شد. پس از انتخاب بهترین والدین با توجه به شاخص‌های تحمل به خشکی، بلوک‌های تلاقی ایزوله در قالب طرح مربع لاتین برای اکوتیپ‌های منتخب زودرس و میان‌رس به‌صورت جداگانه ایجاد شد و پلی‌کراس بین آنها انجام گردید. در هر دو تیپ رشدی، مقدار مساوی از بذر هر اکوتیپ والدی به‌صورت جداگانه نمونه‌برداری شده و با هم مخلوط شدند و بذرهای نسل اول ارقام سنتتیک (syn1) زودرس و میان‌رس تشکیل شد (Bahmani *et al.*, 2016).

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو رژیم آبیاری بدون تنش و تنش خشکی در کرت‌های اصلی و ۶ ژنوتیپ رازیانه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کاشت ژنوتیپ‌ها (شامل ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های برتر والدینی) در هر تکرار در یک کرت ۱/۵ در ۱/۵ متری انجام شد و فاصله ردیف‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر منظور شد. به‌طوری‌که تراکم نهایی بوته‌ها پس از تنک کردن ۱۰ بوته در یک مترمربع بود (Khorshidi *et al.*, 2010). بذرها با عمق کاشت ۳-۲ سانتی‌متر در ۵ اردیبهشت کشت شدند. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی انجام شد. البته در طول دوره رشد و نمو هیچ‌گونه آفت و بیماری مشاهده نشد. آبیاری مزرعه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، تا مرحله ۵۰ درصد گلدهی ژنوتیپ‌ها به‌طور یکسان و در زمان ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد و از مرحله ۵۰ درصد گلدهی به‌بعد در شرایط آبیاری بدون تنش بعد از ۶۰ میلی‌متر و در شرایط تنش خشکی بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد، به‌نحوی‌که دور آبیاری برای شرایط آبیاری بدون تنش تقریبا هر ۷ روز و برای شرایط تنش هر ۱۴ روز یکبار اعمال شد.

صفات تعداد چتر (تعداد چتر مرکب در هر بوته)، تعداد چترک (تعداد چترهای ثانویه در هر چتر مرکب)، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در چترک در زمان ۷۰ درصد خمیری دانه روی ۳ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی

www.SID.ir

Archive of SID



اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه از توزین ۱۰۰۰ عدد بذر با کمک ترازوی دقیق بعد از برداشت به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، با رعایت اثر حاشیه‌ای، در زمان رسیدگی کامل دانه‌های کل بوته‌های هر کرت برداشت و بر حسب کیلوگرم در هکتار بیان شد. عملکرد بیولوژیک از توزین مقدار کل ماده خشک در هر کرت محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد.

برای تجزیه واریانس از نرم‌افزار آماری SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. میانگین‌های صفات مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

برای بررسی میزان اثر تنش خشکی و تغییر در هر صفت در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش، مقدار درصد تغییرات (C) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Choukan *et al.*, 2006).

$$C = \frac{\overline{Yp} - \overline{Ys}}{\overline{Yp}}$$

در این فرمول $\overline{Y}_P$ و $\overline{Y}_S$ به‌ترتیب میانگین صفت در شرایط بدون تنش و تنش خشکی است. البته با استفاده از عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش، ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل و حساسیت به خشکی با استفاده از شاخص‌های زیر انجام شد.

شدت تنش (Fischer & Maurer, 1978).

$$SI = 1 - (\frac{\overline{Y}_S}{\overline{Y}_P})$$

شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer & Maurer, 1978).

$$SSI = \frac{(\frac{Y_S}{Y_P})}{SI}$$

شاخص تحمل (TOL) (Rosielle & Hamblin, 1987)

$$TOL = Y_P - Y_S$$

شاخص متوسط محصول‌دهی (MP) (Rosielle & Hamblin, 1987)

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

شاخص تحمل به تنش (STI) (Fernandez, 1992)

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\overline{Y}_P)^2}$$

شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) (Fernandez, 1992)

$$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$$

شاخص عملکرد (YI) (Gavuzzi *et al.*, 1997)

$$YI = \frac{Y_S}{\overline{Y}p}$$

شاخص پایداری عملکرد (YSI) (Bouslama & Schapaugh, 1984)

$$YSI = \frac{Y_S}{Y_P}$$

در این شاخص‌ها Yp: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و Ys: میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش می‌باشد.

شاخص پاسخ به خشکی (DRI) (Bidinger *et al.*, 1987)

$$DRI = \frac{Yact.i - Yest.i}{S.E.\ of\ Yest}$$

در این رابطه، Yact و Yest به‌ترتیب عملکرد واقعی و عملکرد برآورد شده برای هر ژنوتیپ در شرایط تنش هستند.

S.E. of Yest خطای استاندارد عملکرد دانه برآورد شده برای همه ژنوتیپ‌هاست. عملکرد برآورد شده با استفاده از رگرسیون چندگانه به‌صورت زیر محاسبه شد.

$$Y_{est.i} = a + bY_{P.i} + FL_i$$

www.SID.ir

Archive of SID



در این رابطه، Yp.i. عملکرد بالقوة ژنوتیپ i در شرایط بدون تنش، FLi روز تا گلدهی ژنوتیپ i در شرایط بدون تنش و a و b پارامترهای رگرسیونی برآورد شده به‌روش حداقل مربعات هستند (Ouk *et al.*, 2006)

نمره تحمل به تنش (STS) (Abdolshahi *et al.*, 2013)

$$STS = MP + STI + GMP + YI + DRI + YSI - SSI - TOL - \beta$$

$\beta$ : شیب خط رگرسیون عملکرد ژنوتیپ‌ها بر روی شاخص محیط می‌باشد.

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X_i}}{S_i}$$ اعداد مربوط به هر شاخص ابتدا توسط رابطه زیر استاندارد شدند:

که در آن $Z_{ij}$ نمره استاندارد برای ژنوتیپ jام و شاخص iام، $X_{ij}$ داده خام از ژنوتیپ jام و شاخص i ام است و $S_i$ انحراف استاندارد شاخص iام می‌باشد. پس از استاندارد کردن شاخص‌ها STS محاسبه شد.

## نتایج

### عملکرد دانه

تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر تنش خشکی و ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌ترتیب ۸۴۸ و ۵۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. بدین‌ترتیب در شرایط تنش عملکرد دانه حدود ۴۰ درصد در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافت (جدول۲). همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش نیز برای عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که اکوتیپ فزوه با ۱۱۲۵/۹۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش دارای بیشترین و اکوتیپ فسا با ۴۳۴/۰۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی دارای کمترین عملکرد دانه بودند (شکل ۱). در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد دانه متعلق به اکوتیپ‌های والدی فزوه و مشکین‌شهر و در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه متعلق به ارقام سنتتیک میان‌رس و سنتتیک زودرس بود. ارقام سنتتیک نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش افت عملکرد کمتری را نشان دادند.

**جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده از اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های رازیانه**

| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت | وزن هزار دانه | تعداد چتر | تعداد چترک | تعداد دانه در چترک | تعداد دانه در چتر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۷۳۶۰/۱۸ | ۶۹۴۳/۱۴ ns | ۲/۳۵ns | ۰/۲۶ ns | ۲۲/۳۳ ns | ۴/۶۹ ns | ۲۰/۲۵ ns | ۱۰۹۲۰/۵۸ ns |
| تنش | ۱ | ۱۰۲۷۸۹۵/۵۷** | ۵۷۹۶۲۸/۴۴* | ۱۲/۹۳ ns | ۳/۵۷ ns | ۲۸۳/۳۶* | ۱۷۳/۳۶* | ۶۴/۰۰ ns | ۱۲۳۰۸۴/۰۲ ns |
| خطای اصلی | ۲ | ۱۲۹۱/۸۷ | ۱۰۴۴۷/۴۵ | ۲/۰۰ | ۰/۲۰ | ۶/۷۷ | ۶/۳۶ | ۱۰/۵۸ | ۶۹۴۲/۶۹ |
| ژنوتیپ | ۵ | ۵۸۳۷۸/۰۳** | ۹۷۹۳۱/۸۷** | ۲۱/۸۱** | ۰/۱۹** | ۲۲۶/۲۵** | ۱۴/۴۲** | ۳۲/۰۰** | ۳۱۸۶۵/۵۸** |
| ژنوتیپ * تنش | ۵ | ۶۶۶۱۱/۷۷** | ۴۶۸۴۱/۶۱** | ۲۴/۵۴** | ۰/۱۵ ns | ۷/۴۹ ns | ۱۰/۱۶ ns | ۱۱/۷۳ ns | ۲۴۹۱۳/۲۲** |
| خطای فرعی | ۲۰ | ۷۲۱۱/۵۱ | ۱۵۷۴۶/۰۶ | ۳/۱۹ | ۰/۰۶ | ۱۴/۵۲ | ۵/۳۶ | ۵/۵۸ | ۴۴۴۸/۸۰ |
| ضریب تغییرات | | ۱۳/۹۶ | ۲۳/۰۰ | ۱۴/۱۷ | ۹/۲۵ | ۱۷/۵۲ | ۱۱/۷۵ | ۱۴/۴۶ | ۲۰/۰۸ |

ns ، * و** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

www.SID.ir

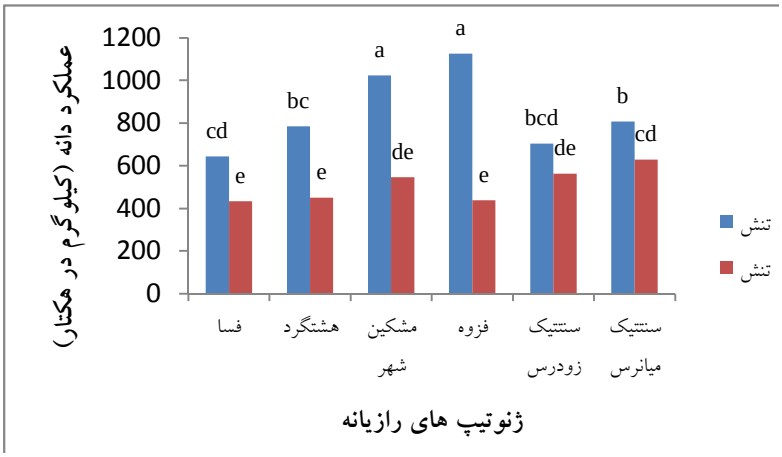
Archive of SID



جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و نوع ژنوتیپ بر عملکرد و اجزاء عملکرد رازیانه

| | تیمار | عملکرد دانه (kg/ha) | عملکرد بیولوژیک (kg/ha) | شاخص (%) برداشت | وزن هزار دانه (gr) | تعداد چتر | تعداد چترک | تعداد دانه در چترک | تعداد دانه در چتر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تنش خشکی | بدون تنش | ۸۴۸/۱۴a | ۶۲۲۳/۴۵a | ۱۳/۰۶a | ۳/۰۵a | ۲۴/۵۵a | ۲۲/۳۳a | ۱۷/۶۶a | ۳۹۰/۳۶a |
| | تنش | ۵۱۰/۱۹b | ۴۱۸۵/۶۷b | ۱۲/۷۹b | ۲/۴۲a | ۱۸/۹۴b | ۱۷/۹۴b | ۱۵/۰۰a | ۲۸۰/۱۶a |
| | درصد کاهش | -۳۹/۸۴ | -۳۲/۷۴ | -۱۳/۳۳ | -۲۰/۶۵ | -۲۲/۸۵ | -۱۱/۸۵ | -۱۵/۰۶ | -۱۹/۸۰ |
| ژنوتیپ | فسا | ۵۳۹/۲۶c | ۴۳۳/۷۰b | ۱۲/۷۱b | ۲/۵۴b | ۱۶/۳۳b | ۱۶/۸۳c | ۱۵/۵۰bc | ۲۷۶/۳۳b |
| | هشتگرد | ۶۱۷/۵۹bc | ۴۷۰/۸۹b | ۱۴/۳۷ab | ۲/۶۰ b | ۱۷/۱۶b | ۲۳/۱۶ a | ۲۰/۱۶a | ۴۸۱/۳۳a |
| | مشکین شهر | ۷۸۴/۰۷a | ۴۹۲/۵۹b | ۱۵/۷۲a | ۲/۷۵a | ۲۹/۱۷a | ۲۰/۵۰b | ۱۶/ ۵۰ b | ۳۳۷/۰۰b |
| | فزوه | ۷۸۲/۲۶a | ۷۸۷/۴۱a | ۹/۶۱c | ۲/۹۴a | ۲۰/۱۶b | ۱۹/۵۰b | ۱۳/۰۰bc | ۲۶۷/۰۰b |
| | سنتیک زودرس | ۶۳۳/۳۳bc | ۵۱۰/۷۴b | ۱۲/۶۷b | ۲/۶۱b | ۱۷/۸۳ b | ۲۰/۶۶b | ۱۶/۱۶b | ۳۱۶/۸۳ b |
| | سنتیک میانرس | ۷۱۸/۵۲ab | ۵۷۷/ ۴۱b | ۱۳/۰۲b | ۲/۹۵a | ۲۹/۸۳a | ۲۰/۱۶b | ۱۶/۶۶b | ۳۳۳/۱۷b |

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.




شکل ۱- اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی بر عملکرد دانه رازیانه

## تعداد چتر و تعداد چترک در چتر

اثر تنش بر تعداد چتر و تعداد چترک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد چتر به‌ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به‌میزان ۲۶/۶۶ و ۱۳ عدد در بوته به‌دست آمد (جدول ۲). ژنوتیپ-های رازیانه نیز از نظر این صفات در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱). به‌طوری‌که رقم سنتیک میان‌رس با ۲۹/۸۳ عدد دارای بیشترین و ژنوتیپ فسا با ۱۶/۳۳ عدد کمترین تعداد چتر را در بوته داشتند (جدول ۲). از لحاظ صفت تعداد چترک در چتر، اکوتیپ هشتگرد با ۲۳/۱۶ عدد بیشترین تعداد چترک در چتر و اکوتیپ فسا با ۱۶/۸۳ کمترین تعداد چترک را در چتر داشت. البته اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ برای این صفات معنی‌دار نبود (جدول‌های ۱ و ۲).

## تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در چترک

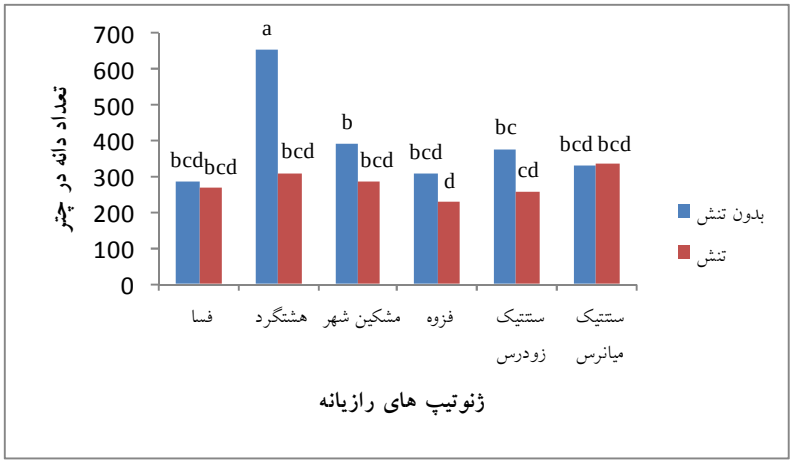
اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در چترک معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات مذکور تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱)، به‌طوری‌که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ

www.SID.ir

Archive of SID



هشتگرد دارای بیشترین و ژنوتیپ فسا دارای کمترین تعداد دانه در چترک بودند (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بر صفت تعداد دانه در چتر معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). اکوتیپ هشتگرد در شرایط بدون تنش با ۶۲۵ عدد بالاترین تعداد دانه در چتر و اکوتیپ فسا با ۲۶۶/۶۷ عدد دانه در چتر در شرایط تنش خشکی دارای کمترین تعداد دانه در چتر بود. در شرایط تنش، رقم سنتتیک میانرس با ۳۳۶ عدد بیشترین تعداد دانه را در چتر داشت. این رقم کمترین درصد تغییرات را در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش دارا بود (شکل ۲).




شکل ۲- اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی بر تعداد دانه در چتر رازیانه

### وزن هزار دانه

تنش خشکی فاقد تأثیر معنی‌دار بر وزن هزار دانه بود. با این حال، تنش خشکی باعث کاهش ۲۰ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شرایط بدون تنش شد. ژنوتیپ‌های رازیانه از لحاظ وزن هزاردانه دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بودند. در این میان، رقم سنتتیک میانرس دارای بیشترین و اکوتیپ فسا دارای کمترین وزن هزار دانه بود. البته اثر متقابل تنش خشکی در ژنوتیپ بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول‌های ۱ و ۲).

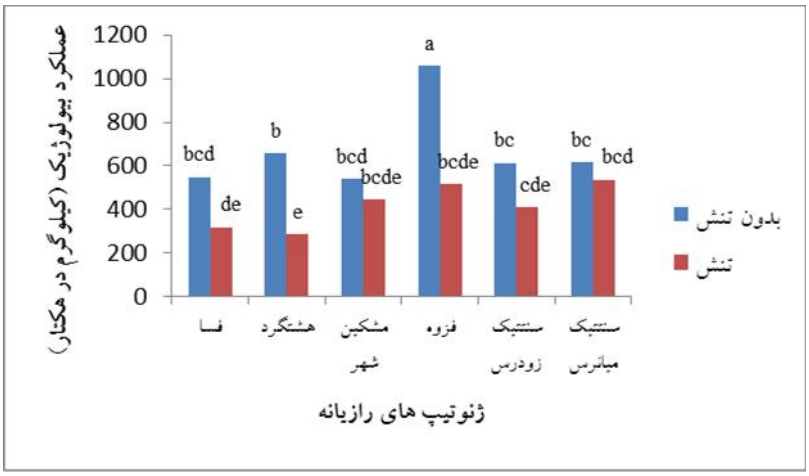
### عملکرد بیولوژیک

اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در شرایط تنش خشکی عملکرد بیولوژیک حدود ۳۲ درصد کاهش نشان داد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز از لحاظ عملکرد بیولوژیک دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بودند. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی برای صفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲) که حکایت از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت به دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی دارد. اکوتیپ فزوه با ۱۰۵۹۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش بالاترین و اکوتیپ هشتگرد با ۴۰۹۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. البته رقم سنتتیک میانرس با ۵۳۷۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عملکرد بیولوژیک بیشتری را دارا بود (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

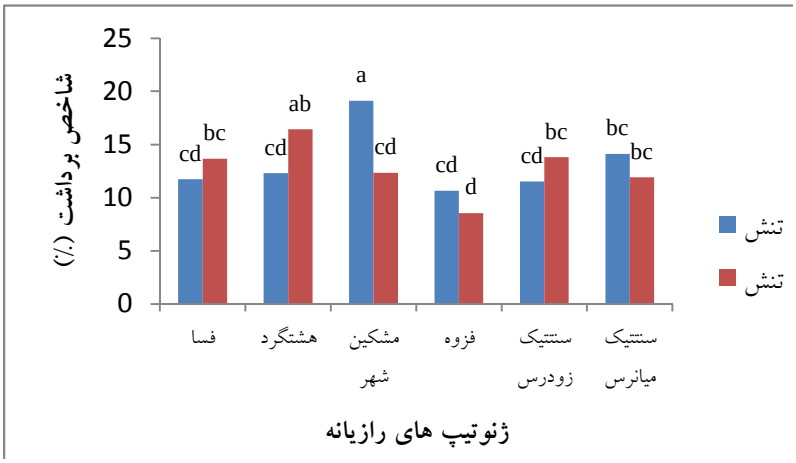





شکل ۳- اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک رازیانه

**شاخص برداشت**

اثر تنش خشکی بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های رازیانه از لحاظ شاخص برداشت دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بودند. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش خشکی برای صفت شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که اکوتیپ مشکین شهر با ۱۹/۱۸ درصد در شرایط بدون تنش بیشترین شاخص برداشت را داشت و کمترین شاخص برداشت مربوط به اکوتیپ فزوه با ۸/۵۶ درصد بود (شکل ۴). قابل ذکر است که در شرایط تنش، کاهش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با کاهش عملکرد بیولوژیک (به‌ترتیب ۴۰٪ و ۳۲٪ کاهش برای عملکرد دانه و بیولوژیک) موجب گردید که شاخص برداشت در شرایط خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یابد.




شکل ۴- اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی بر شاخص برداشت رازیانه

بر اساس شاخص STI بالا بودن این شاخص حکایت از تحمل بیشتر به تنش دارد. بر اساس شاخص GMP و MP نیز ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر هستند که مقادیر بیشتری را از این

www.SID.ir

Archive of SID



شاخص‌ها داشته باشند (Fernandez, 1992). اکوتیپ مشکین شهر و رقم سنتتیک میان‌رس بالاترین مقادیر سه شاخص STI، GMP و MP را داشتند (جدول ۳).

بر اساس شاخص TOL در واقع تحمل بیشتر مربوط به ژنوتیپی است که از شاخص کوچکتری برخوردار باشد (Rosielle & Hamblin, 1981). البته ارقام سنتتیک زودرس و میان‌رس دارای کمترین مقدار شاخص‌های TOL و β بودند.

شاخص DRI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش نشان داد (جدول ۴) ولی همبستگی آن با عملکرد در شرایط بدون تنش معنی‌دار نبود. بر اساس این شاخص، ژنوتیپ‌هایی که مقدار DRI آنها بیشتر باشد به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی که واقعاً متحمل به خشکی هستند، معرفی می‌شوند (Anbessa & Bejiga, 2002). البته تفکیک ژنوتیپ‌ها براساس شاخص DRI در ازای مقدار مثبت شاخص DRI بود. در این ژنوتیپ‌ها، عملکرد واقعی در شرایط تنش خشکی بالاتر از میزان عملکرد پیش‌بینی شده بود. به‌عبارت دیگر عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها مستقل از عملکرد بالقوه و فرار از خشکی است. در ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار منفی شاخص DRI بودند، عملکرد واقعی در شرایط تنش خشکی کمتر از میزان عملکرد پیش‌بینی شده بود، بنابراین نسبت به تنش خشکی حساس بودند. رقم سنتتیک زودرس و اکوتیپ مشکین‌شهر دارای بالاترین میزان از این شاخص بودند، بنابراین جزء ارقام مقاوم به تنش محسوب شدند.

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد (جدول ۴) که شاخص‌های GMP، MP و STI دارای همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بودند، بنابراین شاخص‌های فوق برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی که در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند می‌توانند مناسب باشند. البته شاخص YSI دارای همبستگی منفی با عملکرد در شرایط بدون تنش بود، بنابراین این شاخص ژنوتیپ‌های با عملکرد ضعیف را در شرایط بدون تنش انتخاب می‌کند.

همانگونه که مشاهده می‌شود گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بر مبنای هریک از شاخص‌ها یا عملکرد به تنهایی مشکل بوده و حتی گاهی نتایجی ضد هم وجود دارد. از این‌رو برای تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها پس از استاندارد کردن شاخص‌ها، نمره تحمل به تنش (STS) محاسبه گردید. با توجه به جدول ۳ به‌ترتیب ارقام سنتتیک زودرس و سنتتیک میان‌رس بالاترین مقدار نمره تحمل تنش را داشتند. این ارقام فاقد عملکرد بالاتری نسبت به سایرین در شرایط بدون تنش بوده ولی در شرایط تنش دارای عملکردی مطلوبی بودند، به‌عبارت دیگر می‌توان گفت ارقام مذکور دارای سازگاری اختصاصی با شرایط تنش خشکی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۳- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های رازیانه

| ژنوتیپ | Yp | Ys | SSI | GM | TOL | STI | MP | YI | YSI | β | DRI | STS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فسا | ۶۴۴/۴۴ | ۴۳۴/۰۷ | ۱/۶۹ | ۵۲۸/۹۰ | ۲۱۰/۳۷ | ۰/۳۸ | ۵۳۹/۲۶ | ۰/۸۵ | ۰/۶۷ | ۰/۶۲ | -۳/۲۸ | -۸/۲۵ |
| هشتگرد | ۷۸۵/۱۹ | ۴۵۰/۰۰ | ۱/۴۴ | ۵۹۴/۴۲ | ۳۳۵/۱۹ | ۰/۴۹ | ۶۱۷/۵۹ | ۰/۸۸ | ۰/۵۷ | ۰/۹۹ | ۰/۰۱ | -۲/۵۶ |
| مشکین‌شهر | ۱۰۲۲ | ۵۴۵/۹۳ | ۱/۳۴ | ۷۴۷/۰۳ | ۴۷۶/۳۰ | ۰/۷۷ | ۷۸۴/۰۷ | ۱/۰۷ | ۰/۵۳ | ۱/۴۱ | ۱/۱۷ | ۲/۹۳ |
| فزوه | ۱۱۲۵/۹۳ | ۴۳۸/۵۹ | ۰/۹۸ | ۷۰۲/۷۳ | ۶۷۸/۳۳ | ۰/۶۸ | ۷۸۲/۲۶ | ۰/۸۶ | ۰/۳۹ | ۲/۰۳ | -۱/۳۸ | -۶/۹۶ |
| سنتتیک زودرس | ۷۰۳/۷۰ | ۵۶۲/۹۶ | ۲/۰۱ | ۶۲۹/۴۱ | ۱۴۰/۷۴ | ۰/۵۵ | ۶۳۳/۳۳ | ۱/۱۰ | ۰/۸۰ | ۰/۴۲ | ۳/۳۳ | ۹/۲۲ |
| سنتتیک میان‌رس | ۸۰۷/۴۱ | ۶۲۹/۶۳ | ۱/۹۶ | ۷۱۳/۰۰ | ۱۷۷/۷۸ | ۰/۷۰ | ۷۱۸/۵۲ | ۱/۲۳ | ۰/۷۸ | ۰/۵۳ | ۱/۰۵ | ۵/۸۴ |

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد دانه

| | Yp | Ys | SSI | GM | TOL | STI | MP | YI | YSI | β | DRI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Yp** | ۱/۰۰ | ۰/۱۴ | -۰/۷۱ | ۰/۷۷ | ۰/۷۱ | ۰/۷۷ | ۰/۸۸* | ۰/۱۴ | -۰/۷۱ | ۰/۷۱ | .۰/۰۸ |
| **YS** | ۰/۱۴ | ۱/۰۰ | ۰/۵۴ | ۰/۶۰ | -۰/۵۴ | ۰/۶۰ | ۰/۳۷ | ۱/۰۰** | ۰/۵۴ | -۰/۵۴ | ۰/۸۳* |

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

**شکل ۵- مزرعه رازیانه در مرحله گلدهی**

## بحث

نتایج نشان داد با اعمال تنش خشکی تعداد چتر و چترک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تعداد چتر و چترک در گیاه تا حد زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه لازم هستند، به‌ویژه عناصر غذایی و رطوبت کافی، وابسته است. تنش آب با تأثیر بر منبع (فتوسنتز) و مخزن (اجزاء عملکرد) سبب افت معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد که تعداد چتر در تیره چتریان یکی از اجزای اصلی و تعیین‌کننده عملکرد نهایی این گیاهان است که تعیین‌کننده ظرفیت عملکرد می‌باشد، زیرا چتر دربرگیرنده تعداد چترک و دانه‌ها می‌باشد (Pessarkli, 1999). همینطور Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) نیز کاهش تعداد چتر و تعداد چترک را در طی تنش خشکی تأیید کردند. البته رقم سنتتیک میان‌رس بیشترین تعداد چتر را در میان سایر ژنوتیپ‌ها دارا بود. در همین رابطه Akbari و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه بر روی گیاه رازیانه دریافتند که تعداد چتر یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است، بنابراین در میزان عملکرد این رقم تأثیر به‌سزایی دارد. به‌عبارت دیگر رقم سنتتیک میان‌رس از لحاظ ژنتیکی از ظرفیت عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار است.

هر چند اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در چتر معنی‌دار نبود، اما با این حال این صفت به‌میزان ۲۰ درصد کاهش داشت و این کاهش به‌دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده بود. از طرفی محدودیت آبی در طول مراحل زایشی از طریق اختلال در عمل گرده‌افشانی و کوتاه کردن طول دوره آن، موجب کاهش تعداد دانه‌های تولیدی می‌شود (Alizadeh & *et al.*, 2004). در ژنوتیپ‌های مورد بررسی ارقام سنتتیک در مواجه با تنش کمترین افت در تعداد دانه را در چتر داشتند. ارقام سنتتیک احتمالا به‌دلیل تنوع بیشتر از لحاظ ژنتیکی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری به‌تنش خشکی دارند.

البته وجود کاهش شدید عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی را می‌توان به تأثیر منفی تنش بر رشد رویشی و خصوصاً اجزای عملکرد رازیانه مربوط دانست. تنش خشکی سبب کاهش فشار تورژسانس سلولی و به‌دنبال آن کاهش نمو سلولی و رشد اندام‌های گیاه می‌شود. از طرف

www.SID.ir

Archive of SID



دیگر، تنش میزان جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد و همه این عوامل در نهایت منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (Goldani & Rezvani Moghadam, 2005). البته کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی با نتایج تحقیقات دیگر محققان در رازیانه (Aminpoor & Moosavi, 1995) و گشنیز (Aliabadi Farahani *et al.*, 2008) مطابقت دارد. برخی از ژنوتیپ‌ها مانند اکوتیپ فزوه با اینکه در شرایط بدون تنش از عملکرد بالایی برخوردار بود، اما در شرایط تنش افت عملکرد زیادی داشت. با توجه به واکنش اکوتیپ فزوه به تنش می‌توان گفت این اکوتیپ بیشتر به مناطقی که کمبود آب وجود ندارد سازگار می‌باشد؛ در مقابل، ارقام سنتتیک میان‌رس و سنتتیک زودرس در هر دو شرایط عملکرد بیولوژیک رضایت‌بخشی داشتند. این ارقام دارای ثبات عملکرد در شرایط متفاوت رشد بودند. به دلیل اینکه انتخاب والدین ارقام سنتتیک براساس قابلیت ترکیب‌پذیری بالا از لحاظ صفت عملکرد بیولوژیک نیز در شرایط بدون تنش و تنش انجام شده است (Bahmani *et al.*, 2016). همچنین به‌علت تنوعی که در این ارقام وجود دارد در میان سایر ژنوتیپ‌ها از قدرت تحمل بالاتری برخوردار بودند و افت عملکرد بیولوژیک در آنها بسیار کمتر مشاهده شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که در اثر تنش خشکی عملکرد دانه به‌شدت کاهش می‌یابد، برای عملکرد دانه آب مهمترین عامل محدود کننده می‌باشد. اعمال تنش خشکی می‌تواند منجر به تأثیر منفی بر رشد رویشی و به‌ویژه اجزای عملکرد شود، زیرا بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی در شرایط کمبود آب، می‌تواند قابلیت رشدی، فتوسنتزی و زایشی گیاه را کاهش دهد. همچنین بروز تنش خشکی طی مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، کاهش سهم انتقال دوباره مواد ذخیره شده ساقه به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Pouryousef *et al.*, 2012). البته کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با نتایج (Mohamed & Abdu, 2004; Osman, 2009; Pouryousef *et al.*, 2012) در گیاه رازیانه مطابقت دارد. در بین ژنوتیپ‌های رازیانه ارقام سنتتیک زودرس و سنتتیک میان‌رس تحت تأثیر تنش خشکی کاهش عملکرد دانه کمتری را نشان دادند، بنابراین دارای ثبات عملکرد بالاتری بودند. این دو رقم از عملکرد دانه بالاتری هم در شرایط تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. تنوع زیادی که در اثر تلاقی چندین جزء با قابلیت ترکیبی بالا در ارقام سنتتیک به‌وجود می‌آید به آنها در مقایسه با رقم‌های معمولی انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق زیادی را می‌دهد (Honarnejad, 1993) که باعث عملکرد بهتر این ارقام نسبت به والدین‌شان در شرایط تنش خشکی می‌شود. بنابراین با مطالعه بر روی چند رقم سنتتیک پرمحصول رازیانه، Akbari و همکاران (2015) نیز مشاهده کردند که این ارقام دارای عملکرد مطلوبی در شرایط تنش خشکی بودند.

در کل می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که صفات مطلوب و مفید در ارتباط با عملکرد و تحمل به خشکی از طریق تولید ارقام سنتتیک در رازیانه قابل بهره‌برداری است. از سوی دیگر، گسترش پایه ژنتیکی منابع به‌منظور به حداقل رساندن خطر فرسایش ژنتیکی ضروریست، همچنین اعتقاد بر این است که استفاده از مواد متنوع ژنتیکی متضمن افزایش توان تولید و پایداری عملکرد به‌ویژه در شرایط متغیر محیطی و وجود تنش است. نتایج این بررسی نشان‌دهنده برتری دو رقم سنتتیک مقاوم به خشکی نسبت به اکوتیپ‌های والدی در شرایط تنش خشکی بود. با توجه به نمره تحمل به‌تنش (STS)، ارقام سنتتیک زودرس و سنتتیک میان‌رس از STS بالاتری نسبت به سایرین برخوردار بودند و با داشتن میانگین عملکرد مناسب در شرایط تنش خشکی به‌عنوان ارقام متحمل به‌خشکی معرفی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID



## منابع مورد استفاده


–Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari M., Pourseyedi, S. and Mohamadi-Nejad, G., 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archive of Agronomy and Soil Science, 59(5): 685-704.

–Akbari, A., IzadiDarbandi, A., Bahmani, K. and Ramshin. H. A., 2015. Evaluation of drought tolerance in synthetic varieties and elite ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences. 17(3):88 -99. [In Persian with English summary].

–Akbari, A., Izadi Darbandi, A., Bahmani, K. and Ramshin. H. A., 2016. Relationships between seed yield and plant characteristics in synthetic cultivars and elite ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 17(4):301-314. [In Persian with English summary].

–Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R. and Daneshian, J., 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativum* L.). J. Medic. Plants Res, 2(6): 125-131. [In Persian with English summary].

–Alizadeh, A., Tavoosi, M., Inanloo, M. and Nasiri Mahalati, M., 2004. Effects different irrigation levels on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Field Crops Research, 2(1): 35-42.

–Aminpoor, R. and Moosavi, F., 1995. The effects of irrigation on development stages, yield and yield components cumin seeds. Agric. Nat. Resour. Sci,. 1(1): 1-8. [In Persian with English summary]

–Anand, P., Kunnumakara, A.B., Sundaram, C., Harikumar, K.B., Tharakan, S.T., Lai, O.S., Sung, B. and Aggarwal, B.B., 2008. Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. Pharmaceutical Research, 25(9): 2097-2116.

–Anbessa, Y. and Bejiga, G., 2002. Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. Genetic Resources and Crop Evolution, 49: 557-564.

–Bahmani, K., Izadi Darbandi, A. and Sadat Noori, S.A., 2013a. Evaluation of essential oil content and components in some Iranian fennel ecotypes. Journal of Crop Improvement, 15(4): 13-24. (in Persian).

–Bahmani, K., Izadi Darbandi, A., Sadat Noori, S.A., Jafari, A.A. and Moradi, N., 2012a. Determination of Interrelationships Among Phenotypic Traits of Iranian Fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.) Using Correlation, Stepwise Regression and Path Analyses. Journal of Essential Oil Bearing Plant, 15 (3): 424 - 444.

–Bahmani, K., Izadi-Darbandi, A. and Akbari, A., 2016. Development of drought tolerant synthetic cultivars of fennel and their assessment under normal and drought conditions at stage after flowering. Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic, 24 (1):

–Bahmani, K., Izadi-Darbandi, A., Jafari, A.A., and Sadat Noori, S.A. and Farajpour, M., 2012b. Assessment of genetic diversity in Iranian fennels using ISSR markers. Journal of Agricultural Science, 4(9): 79-84.

–Bahmani, K., Izadi-Darbandi, A., Sadat Noori, S.A. and Jaari, A.A., 2013. Assessment of the genetic diversity in Iranian fennels by RAPD markers. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 19: 275–285.

–Bansal, K.C. and S.K. Sinha. 1991. Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species. Part I: total dry matter and grain yield stability. Euphytica. 56:7–14.

–Bidinger, F. R., Mahalakshmi. V. and Rao, G. D. P., 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). II. Estimation of genotype response to stress. Australian Journal of Agricultural Research, 38: 49-59.

–Bouslama, M. and Schapaugh, W. T., 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science, 24: 933- 937.

–Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R. and Khodarahmi, M., 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 8: 79-89. (in Persian).

–Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In Procedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crop in temperature and water stress. Taiwan, 13-16.

–Fisher, R. A. and Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

–Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L. and Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science, 77: 523- 531.

–Goldani, M. and Rezvani moghadam, P., 2005. Effects of drought and planting date on yield and yield


www.SID.ir

Archive of SID



–Mohamed, M.A.H. and Abdu, M., 2004. Effect of irrigation and organic fertilization on growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Biol. Agric. Hortic, 22: 31-39.

–Osman, Y.A.H., 2009. Comparative study of some agricultural treatments effects on plant growth, yield and chemical constituents of some fennel varieties under Sinai conditions. Res. J. Agric. Biol. Sci, 5(4): 541-554.

–Ouk, M., Basnayake, J., Tsubo, M., Fukai, S., Fischer, K. S., Cooper, M. and Nesbitt, H., 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. Field Crop Research, 99:48-58.

–Pessarkli M, 1999. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker. New York Inc. pp. 697

–Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. and Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, 16-17 May: 315.

components of rainfed and irrigated varieties of chickpea in Mashhad. Journal of Iranian Field Crop Research, 2(2): 1-12.

–Hornok, L., 1992. The cultivating and Processing of Medicinal Plants. John Wiley, New York. 338 pp.

–Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R. and Sefidkon, F., 2009. The effect of different densities of planting on morphological characters, yield, and yield components of fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill cv. Soroksary). Journal of Agricultural Science, 1(2): 66- 73.

–Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Azizi, G., 2006. Effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foenicolum vulgare*) landraces. Journal of Iranian Field Crop Research, 4(1): 131-140. (In Persian).

–Lucinewton, S. M., Raul, N., Carvalho, J., Mirian, B., Stefanini, L., Ming, C., Angela, M. and Meireles, A., 2005. Supercritical fluid extraction from fennel (*Foeniculum vulgare*): global yield, composition and kinetic data. Journal of Supercritical Fluids, 35: 212-219.

www.SID.ir

Archive of SID



# Effects of drought stress on seed yield and yield components in drought tolerant synthetic cultivars and ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

**K. Bahmani[1], A. Izadi Darbandi[*2] and A. Akbari[3]**

1- PhD Student, University of Tehran, College of Aburaihan, Tehran, I.R. Iran.
2*- Corresponding author, Assoc., Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, University of Tehran, College of Aburaihan, Tehran, I.R. Iran, Email: aizady@ut.ac.ir
3- M.Sc., Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, University of Tehran, College of Aburaihan, Tehran, I.R. Iran

Received: 20.01.2016 Accepted: 11.05.2016

## Abstract

Effects of drought stress on seed yield and yield components in fennel genotypes was evaluated at research field of college of Aburaihan, University of Tehran, Iran during 2013. Experiment was carried out in split plot arrangement based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Normal irrigation and drought stress treatments were assigned to main plots and fennel genotypes including two drought tolerant synthetic cultivars (early and medium maturity synthetic cultivars) and their four elite parents (Fasa, Meshkinshahr, Fozveh and Hashtgerd) were randomized in subplots. Analysis of variance showed that effects of drought stress on number of umbels, number of umbellate, seed yield and biological yield were significant. Drought stress reduced all measured traits and seed yield (40%) was affected the most. Result showed significant differences among the genotypes for all of the studied traits. Mean comparison of the genotypes showed that the highest seed yield belonged to Fozveh (1125 kg/ha) in normal condition and lowest seed yield belonged to Fasa (434 kg/ha) under drought stress. Early and medium maturity synthetic cultivars had the highest seed yield in drought stress conditions. Stress tolerance score (STS) for genotypes were calculated. Early and medium maturity synthetic cultivars with the highest amounts of STS were introduced as the best genotypes with drought tolerant. Finally based on the results, the cultivars in environments with variable climate, especially water shortage, can produce satisfactory yield.

Keywords: Drought stress, drought tolerance indices, fennel, synthetic cultivars.

www.SID.ir