دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی در جمعیت‌های رازیانه (*Foeniculum vulgate* M.) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

میلاد قاسمی[۱]، سعید اهری‌زاد[۲]، علی بنده‌حق[۳]، مجید نوروزی[۳] و رقیه اژدری [۱]

۱ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات و دانشیار گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، (نویسنده مسوول: s.aharizad@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۱۴
صفحه: ۱۱۸ تا ۱۲۵

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده محیطی می‌باشد که تولید محصولات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به منظور شناسایی جمعیت‌های متحمل به تنش کم‌آبی در رازیانه و تعیین موثرترین شاخص‌های تحمل به خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط آبیاری مطلوب و محدود به‌طور مجزا در سه تکرار بر روی ۱۹ جمعیت رازیانه در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به اجرا گذاشته شد. اعمال تنش کمبود آب به صورت قطع آبیاری از زمان شروع گلدهی بوته‌ها برای شرایط تنش کمبود آب انجام شد. در شرایط آبیاری مطلوب و نیز تا مرحله گلدهی بوته‌ها در شرایط تنش کم‌آبی آبیاری به روال مرسوم انجام گرفت. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، بین شرایط مختلف آبیاری و نیز بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین برهمکنش شرایط×جمعیت برای اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد اسانس در تمام جمعیت‌های مورد ارزیابی در شرایط تنش کم‌آبی کاهش معنی‌دار یافتند. در حالی‌که میزان اسانس در تمام جمعیت‌ها در شرایط تنش افزایش معنی‌دار داشت. ارزیابی جمعیت‌ها از نظر تحمل به خشکی توسط شش شاخص مختلف SSI، TOL، MP، STI، GMP و HARM صورت گرفت. با توجه به همبستگی مثبت شاخص‌های MP، HARM، GMP و STI با عملکرد دانه و اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی این چهار شاخص به عنوان موثرترین شاخص برای تعیین جمعیت‌های متحمل به تنش کم‌آبی شناسایی شدند. بر اساس این چهار شاخص مهم، جمعیت‌های بناب، بیرجند، آلمان (۱۱٤۸٦) و همدان متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های قاضی‌آنتپ و خورشیدآباد حساس به تنش کم‌آبی شناسایی شدند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که جمعیت بناب از نظر صفات مهم نظیر عملکرد دانه، عملکرد اسانس، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و زیست‌توده در شرایط آبیاری مطلوب و از نظر تعداد چتر در بوته در شرایط تنش بیشترین میانگین این صفات را در مقایسه با سایر جمعیت‌ها دارا بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش کم‌آبی، رازیانه، عملکرد دانه، همبستگی

مقدمه

با توجه به اینکه استفاده از گیاهان دارویی در سطح جهانی دارای رویکرد روز افزونی بوده است، بنابراین کشت و تولید این گیاهان دارای اهمیت می‌باشد. رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* M. گیاهی چند ساله از خانواده چتریان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی می‌باشد که بومی جنوب اروپا و منطقه مدیترانه است (۱۱). تمام اندام‌های رازیانه حاوی اسانس است که بیشترین مقدار اسانس در حدود ۶-۲ درصد در دانه آن می‌باشد. مهم‌ترین ترکیب‌های اسانس رازیانه عبارتند از آنتول[۱]، فنکون[۲]، لیمونن[۳] و متیل کاویکول[۴] (۲۲). آنتول یکی از اجزای اصلی اسانس در دانه رازیانه می‌باشد که فعالیت ضد سرطانی از خود نشان می‌دهد. این گیاه اثر ضد باکتریای و ضد قارچی هم دارد (۲۳).

با توجه به اینکه آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (۲۴)، بنابراین شناخت واکنش‌های متفاوت گیاهان دارویی به کمبود آب از اهمیت خاصی برخوردار است (۶). قابل ذکر و تاکید است که قسمت عمده کشور ایران، دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (۹).

نوروزی شهری و همکاران (۱۳) در آزمایشی به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد برخی از توده‌های بومی رازیانه نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه، بیوماس، درصد و عملکرد اسانس می‌شود. امیری ده‌احمدی و همکاران (۲) در تحقیقی بر روی رازیانه نشان دادند که تعداد دانه در چتر، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و وزن هزار دانه در شرایط تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد. موسوی و همکاران (۱۲) با انجام آزمایشی بر روی رازیانه، نشان دادند که تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر کاهش تعداد پنجه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد دانه دارد. حیدری و همکاران (۵) در بررسی اثر تنش کم‌آبی بر روی انیسون، کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، زیست توده، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، شاخص برداشت و عملکرد اسانس را در شرایط تنش خشکی مشاهده کردند.

شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط محیطی متفاوت و تعیین تحمل و حساسیت آنها ارائه شده است. شاخص حساسیت به تنش (SSI)[۵] با مقدار پایین‌تر، نشان‌دهنده تحمل به خشکی ژنوتیپ است (۴). روزیل و هامبلین (۱۹) شاخص‌های تحمل[۶] (TOL) و میانگین بهره‌وری (MP)[۷] را پیشنهاد کردند که هرچه مقدار TOL کمتر باشد این نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم به خشکی است و مقادیر پایین‌تر شاخص MP بیانگر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد. فرناندز (۳) شاخص‌های تحمل به تنش (STI)[۸]، میانگین هارمونیک[۹] (HARM) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[۱۰] را پیشنهاد نمود. هرچه مقادیر این شاخص‌ها بالاتر باشد، نشان‌دهنده تحمل بیشتر به تنش

1- Anetole
2- Fenchone
3- Limonene
4- Methyl Chavicul
5- Stress Susceptibility Index
6- Tolerance
7- Mean Productivity
8- Stress Tolerance Index
9- Harmonic Mean
10- Geometric Mean Productivity

خشکی است. طباطبایی و همکاران (۲۱) جهت تعیین اکوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی در زیره سبز از چهار شاخص GMP، STI، SSI و TOL استفاده کردند.

هدف از این آزمایش ارزیابی تحمل خشکی ۱۹ جمعیت رازیانه ایرانی و خارجی و شناسایی جمعیت‌های متحمل به خشکی در شرایط تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی، به‌منظور بهره‌برداری اصلاحگران و تولید کنندگان گیاهان دارویی بوده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۹ جمعیت رازیانه شامل ۱۵ جمعیت بومی به همراه چهار جمعیت خارجی از دو کشور آلمان (۱۱۸۲ و ۱۱۴۸۶) و ترکیه (قاضی‌آنتپ و ازمیر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و دو شرایط آبیاری مطلوب و محدود به طور مجزا در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز مورد ارزیابی قرار گرفتند. جمعیت‌های بومی ایران عبارت بودند از: بناب، بیرجند، تتماج (کاشان)، تربت‌جام، خورشیدآباد (مشگین‌شهر)، خور و بیابانک (اصفهان)، خروسلری (مغان)، زیار (اصفهان)، شیروان (خراسان)، کرج، کرمان، خرم‌آباد، گرینه (نیشابور)، ورامین و همدان. آبیاری در هر دو شرایط، به صورت غرقابی به فاصله هر هفته یک بار اعمال شد. اعمال تنش کمبود آب به صورت قطع آبیاری از زمان شروع گلدهی بوته‌ها برای شرایط تنش کمبود آب انجام شد. عملیات داشت مانند وجین علف‌های هرز و کوددهی برای هر دو شرایط به صورت یکسان انجام شد.

برای ارزیابی صفات مورد مطالعه تعداد ۱۰ بوته از هر جمعیت به صورت تصادفی انتخاب و انواع صفات موفولوژی و زراعی مورد ارزابی قرار گرفتند. عصاره‌گیری و استخراج اسانس به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد. عمکرد اسانس با فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰/ (عملکرد دانه × میزان اسانس در ۱۰۰ گرم بذرخشک)

قبل از انجام تجزیه‌های آماری، فرض‌های اساسی تجزیه واریانس شامل مستقل بودن اشتباه‌های آزمایشی، توزیع نرمال اشتباه‌های آزمایشی، یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و عدم وجود اثر متقابل بین تیمار و بلوک انجام شد و برقراری مفروضات فوق در همه صفات تایید گردید. تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی به روش دانکن انجام گرفت. ازشاخص‌های تحمل به خشکی، برای شناسایی جمعیت‌های متحمل به تنش کم‌آبی استفاده شد در این تحقیق از شش شاخص مقاومت به تش خشکی شامل: شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP)، شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، شاخص میانگین هارمونیک (HARM) و شاخص تحمل به تنش (STI) برای تعیین میزان مقاومت یا حساسیت جمعیت‌ها استفاده شد و بر اساس مقادیر به دست آمده، جمعیت‌ها گروه‌بندی شدند.

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{1-\left(\frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}}\right)} \quad (۴)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۱۹)$$

$$MP = \frac{Ys+Yp}{2} \quad (۱۹)$$

$$GMP \sqrt{Yp \times Ys} \quad (۳)$$

$$HARM = \frac{2(Yp \times Ys)}{(Yp+Ys)} \quad (۳)$$

$$STI = \frac{Yp \times Ys}{(\overline{Yp})^2} \quad (۳)$$

Yp: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش

Ys: عملکرد هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش

$\overline{Yp}$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش

$\overline{Ys}$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش

همچنین ضرایب همبستگی پیرسون بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی توسط نرم‌افزارهای EXCEL، M-STATC و SPSS برآورد و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب برای دو شرایط مختلف آبیاری انجام گرفت (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین شرایط آبیاری مطلوب و محدود و جمعیت‌های مورد مطالعه برای اکثر صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. همچنین برهمکنش جمعیت × شرایط آبیاری نیز برای اکثر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان می‌دهد جمعیت‌های مختلف نسبت به دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی واکنش متفاوتی داشتند.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل جمعیت × شرایط برای تمامی صفات، مقایسه میانگین جمعیت‌ها برای صفات مورد ارزیابی در هر دو شرایط مختلف آبیاری به طور مجزا انجام گرفت (جدول ۲). صفات تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد اسانس در تمامی جمعیت‌های مورد ارزیابی تحت تنش کم‌آبی کاهش یافتند. در برخی از جمعیت‌ها این میزان کاهش زیاد بوده که احتمالا نشان از تاثیر بالای تنش خشکی بر عملکرد جمعیت‌ها و ایجاد سازوکارهای مقاومت به خشکی نظیر کاهش رشد اندام هوایی بود. در بعضی جمعیت‌ها نیز کاهش کمتر عملکرد در برابر تنش خشکی نشان از تحمل بالای جمعیت‌ها داشت. از نظر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش جمعیت بناب با ۳۵۰/۵۰ گرم در بوته بیشترین عملکرد را در واحد بوته داشت. جمعیت‌های قاضی‌آنتپ با ۳۹/۱۶، خورشیدآباد با ۵۳/۴۶، خرم‌آباد با ۶۲/۷۷ و تربت جام با ۷۴/۶۵ گرم در بوته به‌ترتیب کمترین عملکرد را در واحد بوته در شرایط آبیاری مطلوب داشتند. در شرایط تنش خشکی جمعیت همدان با ۱۲۷ گرم در بوته بیشترین عملکرد را داراست و جمعیت‌های ازمیر، قاضی‌آنتپ، خورشیدآباد و تتماج به ترتیب با مقادیر ۵، ۶/۷۶، ۱۲/۳۶ و ۱۹/۱۴ گرم در بوته کمترین عملکرد را در شرایط تنش خشکی داشتند. از نظر عملکرد اسانس جمعیت بناب در

شرایط آبیاری مطلوب با ۱۱/۵۷ و جمعیت همدان در شرایط تنش کم‌آبی با ۶/۳۱ بیشترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص دادند. از نظر تعداد چتر در بوته در هر دو شرایط آبیاری جمعیت بناب بیشترین تعداد چتر در بوته را داشت. جمعیت‌های قاضی‌آنتپ و تربت جام به ترتیب کمترین تعداد چتردر بوته را در شرایط آبیاری مطلوب داشتند. همچنین در شرایط تنش کم‌آبی جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر و تتماج به ترتیب کمترین تعداد چتر در بوته را به خود اختصاص دادند. در شرایط آبیاری نرمال بیشترین وزن هزار دانه (۵/۱۶ و ۴/۸۶) به ترتیب به جمعیت‌های بناب و همدان تعلق داشت. در شرایط تنش کم‌آبی جمعیت‌های کرج، کرمان و قاضی‌آنتپ به ترتیب بیشترین وزن هزار دانه و اکثر جمعیت‌ها کمترین وزن هزار دانه را داشتند. پوریوسف (۱۶) طی آزمایشی بر روی رازیانه گزارش کرد که عملکرد دانه و اسانس رازیانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد اسانس با افزایش تنش خشکی در سایر گیاهان دارویی نیز گزارش شده است (۱۴). این در حالی است که میزان اسانس در تمام جمعیت‌های مورد مطالعه در شرایط تنش کم‌آبی افزایش یافتند. برخی از محققان نیز نشان دادند که میزان اسانس گیاهان دارویی در شرایط تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد (۱۵). رضائی چیانه و همکاران (۱۷) در آزمایشی نشان دادند که گیاه رازیانه به‌عنوان یک واکنش در برابر کم‌آبی برای حفظ وضعیت آبی خود، هم قندهای محلول و هم مقدار پرولین خود را افزایش می‌دهد تا از طریق مکانیسم تنظیم اسمزی تا حدودی با خشکی مقابله کند. ریزوپولوس و دیامانتوگلون (۱۸) با آزمایش بر روی گیاه مرزنجوش بیان کردند که تنش خشکی موجب افزایش میزان اسانس این گیاه شده است. تعداد میانگره، زیست‌توده و ارتفاع بوته نیز در شرایط تنش کم‌آبی برای اکثر جمعیت‌های مورد ارزیابی با کاهش روبرو بوده‌اند. میرشکاری و فرحوش (۱۰) در طی آزمایشی بر روی رازیانه گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، عملکرد دانه و اسانس شده است. جهان‌آرا و حائری‌زاده (۷) اثرات منفی تنش خشکی را بر صفات ارتفاع بوته، بیوماس، تعداد چتر، تعداد چترک در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در دو توده بومی رازیانه مشاهده کردند.

جدول۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در جمعیت‌های مورد مطالعه رازیانه

Table 1. Analysis of Compound variance of evaluated traits in studied populations of fennel

منبع تغییرات	درجه آزادی	زیست‌توده	شاخص برداشت	میزان اسانس	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در چتر	تعداد چتر در بوته
شرایط آبیاری	۱	۳۰۵۵۹/۸۴*	۵۳۱۲/۲۴**	۷/۲۲**	۷۵/۵۳*	۱۲۵۹۵۳/۶۷**	۱۴/۸۸**	۴۳۵۸۱۸/۶۴**	۱۶۷۶۷۳/۱۰**
تکرار/ شرایط آبیاری	۴	۲۳۸۵/۸۸	۲۹/۰۱	۰/۰۸	۰/۴۰	۱۴۱/۵۸	۰/۱۶	۷۷۱/۴۶	۱۷۶/۰۰
جمعیت	۱۸	۵۴۹۷۵/۷۹**	۲۹۵/۹۲**	۴/۶۱**	۲۲/۱۴**	۱۳۰۱۴/۱۳**	۰/۶۳**	۳۰۸۷۷/۵۴**	۲۲۸۳۳/۶۸**
شرایط آبیاری × جمعیت	۱۸	۲۱۸۳۰/۱۹**	۲۵۷/۲۱**	۰/۵۷**	۱۲/۳۷**	۸۰۳۹/۳۹**	۰/۶۵**	۹۰۱۶/۱۳**	۷۳۲۹/۹۳**
خطا	۷۲	۱۳۸۳/۹۴	۳۶/۴۰	۰/۰۵	۰/۶۵	۲۶۱/۴۳	۰/۱۲	۲۶۵۹/۸۰	۲۹۷/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۲۲/۰۵	۱۶/۱۸	۷/۲۲	۲۹/۱۸	۱۸/۹۲	۹/۷۴	۱۲/۷۸	۱۶/۲۵

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- مقایسه میانگین جمعیت‌های رازیانه از نظر صفات مورد ارزیابی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی

Table 2. Comparison of mean of fennel population respect to evaluteted traits under normal irrigation and water deficit stress conditions

جمعیت	تعداد چتر در بوته		تعداد دانه در چتر		وزن هزار دانه (گرم)		زیست‌توده(گرم در بوته)	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
آلمان(۱۱۸۲)	۱۵۰/۴^{c}	۷۹/۵$^{c-e}$	۴۷۳/۶$^{a-g}$	۳۷۹$^{a-c}$	۳/۹۸^{cd}	۳/۴$^{a-d}$	۳۳۰/۳^{cd}	۲۱۷/۳$^{c-f}$
آلمان(۱۱۴۸۶)	۱۹۸/۶^{b}	۸۳/۶۶^{cd}	۴۴۷/۲$^{e-g}$	۳۸۵/۶$^{a-c}$	۴/۱^{cd}	۳/۴۳$^{a-c}$	۳۹۶^{bc}	۳۰۶/۶^{bc}
قاضی آنتپ	۵۰^{i}	۱۰/۶۸^{h}	۲۹۵/۹^{i}	۲۳۶/۳^{de}	۴/۲۵^{bc}	۳/۷۴^{a}	۸۴/۶^{h}	۱۲/۶^{i}
ازمیر	۱۱۳$^{c-n}$	۱۲/۸۴^{n}	۴۱۲/۲^{gn}	۲۱۹/۲^{de}	۳/۴۴^{ae}	۲/۶۹^{g}	۱۷۰/۶^{rg}	۲۱/۵^{i}
بناب	۴۹۱/۷^{a}	۱۷۸^{a}	۴۱۹/۸$^{f-h}$	۲۹۸/۴$^{c-e}$	۵/۱۶۷^{a}	۲/۷۱$^{e-g}$	۹۷۶^{a}	۲۵۶/۲$^{c-e}$
بیرجند	۲۲۹/۲^{b}	۴۹/۴۰^{g}	۶۴۲^{a}	۴۴۸/۹^{a}	۳/۴۴^{ae}	۳/۳۳$^{a-g}$	۴۳۰/۸^{b}	۲۰۸/۸$^{c-f}$
تتماج	۱۳۶/۱$^{c-f}$	۲۳/۵۰^{n}	۳۴۸.۳^{m}	۳۲۳/۵$^{b-d}$	۳/۸۸^{cd}	۳/۳۳$^{a-g}$	۲۱۲/۹$^{e-g}$	۲۰۱/۳$^{d-f}$
تربت جام	۸۰/۵^{hi}	۵۱g	۴۵۲/۸$^{e-g}$	۳۷۸/۱$^{a-c}$	۳/۷$^{c-e}$	۳/۲۵$^{a-e}$	۱۵۳/۳^{gh}	۷۶/۹۲$^{g-i}$
خوشیدآباد	۹۶/۵$^{f-n}$	۵۰/۳۲^{g}	۳۶۴/۸^{m}	۲۰۰^{e}	۳/۷۱$^{c-e}$	۲/۹۷$^{c-g}$	۸۴/۳۸^{n}	۴۲/۹۵^{m}
خوروبیابانک	۱۳۰/۴$^{c-g}$	۶۷/۹۲$^{a-g}$	۵۲۱/۴$^{b-e}$	۴۵۲^{a}	۳/۴۱^{ae}	۳/۰۴$^{b-g}$	۲۷۲/۸^{ae}	۲۸۸$^{b-d}$
خروسلری	۱۰۳/۵$^{d-n}$	۵۵/۸۴^{rg}	۴۴۸.۱$^{e-g}$	۳۹۳/۲$^{a-c}$	۴/۳۶^{bc}	۲/۹۵$^{c-g}$	۲۳۸/۸$^{e-g}$	۱۳۱/۱$^{f-n}$
زیار	۱۲۱/۳$^{c-n}$	۷۰/۹۴$^{a-f}$	۴۸۹/۳$^{c-g}$	۴۵۷/۵^{a}	۴^{cd}	۳/۶۳^{ab}	۲۲۵/۲$^{e-g}$	۲۶۹/۶$^{b-d}$
شیروان	۸۹/۱۱^{gn}	۸۳^{cd}	۵۳۳/۴$^{b-d}$	۳۱۷$^{b-d}$	۴/۰۵^{cd}	۳/۹۵a	۲۸۶^{ae}	۲۰۷/۶$^{c-f}$
کرج	۱۰۱/۹$^{e-n}$	۵۷/۷۱^{rg}	۵۷۹/۲^{ab}	۲۳۹/۶^{de}	۳/۹۵^{cd}	۳/۷۰^{a}	۲۱۶/۱$^{e-g}$	۱۹۰/۲$^{d-f}$
کرمان	۱۴۰/۸$^{c-e}$	۶۳/۹۷$^{e-g}$	۵۵۹/۳^{bc}	۴۱۹^{ab}	۳/۱۱^{e}	۲/۷۷$^{d-g}$	۲۷۰^{de}	۱۶۳/۱$^{e-g}$
لرستان	۱۰۴/۵$^{d-n}$	۷۱$^{d-f}$	۴۶۹$^{d-g}$	۳۱۵/۳$^{b-d}$	۳/۹^{cd}	۳/۳۴$^{a-f}$	۱۵۵/۵^{gn}	۱۵۳/۲^{rg}
گرینه	۱۲۶/۱$^{c-g}$	۹۲/۲۵^{bc}	۴۹۴$^{c-f}$	۴۰۴/۹$^{a-c}$	۴/۰۱^{cd}	۲/۷۵$^{e-g}$	۲۲۲/۶$^{e-g}$	۳۶۵/۶^{ab}
ورامین	۱۲۴/۷$^{c-g}$	۷۰/۰۵$^{d-f}$	۴۱۳/۶^{gn}	۳۱۱/۹$^{b-e}$	۳/۱۴^{e}	۲/۹۵$^{c-g}$	۲۴۹/۶$^{d-f}$	۱۳۹/۷^{rg}
همدان	۱۴۶/۶^{c}	۱۰۶^{b}	۴۸۱/۳$^{d-g}$	۳۱۶/۴$^{b-d}$	۴/۸۶^{ab}	۲/۷^{rg}	۲۵۷/۳^{de}	۴۳۵/۳^{a}

ادامه جدول ۲

Continued 2 table

جمعیت	عملکرد دانه (گرم در بوته)		میزان اسانس (میلی‌لیتردر ۱۰۰گرم بذر)		عملکرد اسانس (٪)		شاخص برداشت (٪)	
	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش
آلمان(۱۱۸۲)	۱۱۹/۱$^{d-f}$	۶۴/۹۶$^{c-e}$	۵^{a}	۵/۲^{a}	۵/۹۳^{d}	۳/۳۸^{bc}	۳۹/۰۵$^{c-g}$	۳۰/۸$^{b-d}$
آلمان(۱۱۴۸۶)	۱۸۹/۱^{c}	۷۶/۵۳^{bc}	۴/۳^{b}	۴/۵۵^{b}	۸/۱۴^{c}	۳/۴۷^{b}	۴۷/۷۵$^{b-d}$	۲۵/۹۵$^{b-e}$
قاضی آنتپ	۳۹/۱۶^{kl}	۶/۷۶^{h}	۴/۲^{b}	۴/۳^{bc}	۱/۶۵^{tg}	۰/۲۹^{et}	۴۶/۱۲$^{b-e}$	۵۲/۴۵^{a}
ازمیر	۹۴/۱۷$^{e-i}$	۵^{h}	۲/۸^{de}	۳/۳۵^{e}	۲/۷۰^{et}	۰/۱۷^{t}	۵۳/۳۷^{b}	۲۳/۶۱$^{b-e}$
بناب	۳۵۰/۵^{a}	۶۵/۸۱$^{c-e}$	۳/۳^{cd}	۳/۶^{de}	۱۱/۵۷^{a}	۲/۳۷$^{b-d}$	۳۵/۹۱$^{e-g}$	۲۵/۶۹$^{b-e}$
بیرجند	۲۸۵/۶^{b}	۶۰/۷۷^{de}	۳/۴^{c}	۳/۷^{d}	۹/۷۱۳^{b}	۲/۲۵$^{b-d}$	۶۶/۳۳^{a}	۲۹/۱۱^{bcd}
تتماج	۸۳/۶$^{f-i}$	۱۹/۱۴^{h}	۳/۲^{cd}	۳/۴^{de}	۲/۶۸^{et}	۰/۶۵^{et}	۳۹/۰۱$^{c-g}$	۱۶/۱۷^{e}
تربت جام	۷۴/۶۵$^{g-j}$	۴۳/۱۶^{tg}	۲/۲^{tg}	۲/۵۵^{tg}	۱/۶۲^{tg}	۱/۱۰۳$^{d-t}$	۴۸/۶۸$^{b-d}$	۵۶/۱۱^{a}
خوشیدآباد	۵۳/۴۶^{ij}	۱۲/۳۶^{h}	۱/۸۵^{gh}	۲/۵^{g}	۰/۹۹^{g}	۰/۳۱^{et}	۶۳/۳۶^{a}	۲۸/۵۴$^{b-e}$
خورویابانک	۱۲۶/۲^{de}	۵۶/۱۳^{et}	۱/۶۵^{hi}	۲/۴۷^{g}	۲/۰۸$^{e-g}$	۱/۳۸$^{d-t}$	۴۶/۳۳$^{b-e}$	۱۹/۵^{de}
خروسلری	۹۷/۹۲$^{e-h}$	۳۸/۹۹^{g}	۰/۹^{j}	۳/۴۵^{de}	۰/۸۸^{g}	۱/۳۶$^{d-t}$	۴۱/۰۱$^{c-t}$	۲۹/۹۱$^{b-d}$
زیار	۷۸/۳۹$^{f-i}$	۶۵/۵۲$^{c-e}$	۱/۲۵^{ij}	۲/۸۵^{t}	۰/۹۶^{g}	۱/۸۷^{cde}	۳۴/۸۶^{tg}	۲۴/۵۱$^{b-e}$
شیروان	۸۳/۲۳$^{f-i}$	۷۳/۲۴$^{b-d}$	۴^{b}	۴/۳^{bc}	۳/۳۳^{e}	۳/۱۵^{bc}	۲۹/۹۳^{g}	۳۵/۲۸^{bc}
کرج	۸۵/۲$^{f-i}$	۳۷/۵۹^{g}	۲/۳۵^{et}	۲/۶۶۷^{tg}	۲/۰۱$^{e-g}$	۱/۰۰$^{d-t}$	۳۸/۹۱$^{c-g}$	۲۵/۴۸$^{b-e}$
کرمان	۹۹/۸۴$^{d-h}$	۵۶/۵۷e^{t}	۲/۷^{e}	۲/۸^{tg}	۲/۷۰^{et}	۱/۵۸$^{d-t}$	۳۶/۶۷$^{e-g}$	۳۴/۲۵^{bc}
لرستان	۶۲/۷۷$^{h-j}$	۵۵/۴۷^{et}	۳/۳^{cd}	۳/۳^{e}	۲/۰۷$^{e-g}$	۱/۸۴$^{c-e}$	۴۰/۳۲$^{c-g}$	۳۶/۰۵^{b}
گرینه	۸۴/۸۷$^{f-i}$	۸۴/۳۹^{b}	۳/۲۵^{cd}	۴^{c}	۲/۷۶^{et}	۳/۳۸b^{c}	۳۸/۱۲$^{d-g}$	۲۳/۰۹$^{c-e}$
ورامین	۱۰۹/۲$^{d-g}$	۴۲/۴۶^{tg}	۲/۷^{e}	۲/۸^{tg}	۳/۰۲^{et}	۱/۲۱$^{d-t}$	۴۲/۷۸$^{b-t}$	۳۰/۴۷$^{b-d}$
همدان	۱۳۸^{d}	۱۲۷^{a}	۳/۳^{cd}	۳/۴۳^{de}	۳/۲۱^{e}	۶/۳۱^{a}	۴۹/۵۵^{bc}	۳۱/۷$^{b-d}$

حروف غیر مشترک بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

جدول ۳ مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش خشکی را از دو نکته نظر عملکرد دانه و عملکرد اسانس نشان می‌دهد. از نظر عملکرد دانه جمعیت‌های گرینه، همدان، لرستان، شیروان و زیار از نظر شاخص SSI به ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی بودند. بر اساس همین شاخص جمعیت‌های ازمیر، قاضی‌آنتپ، بناب، بیرجند، تتماج و خورشیدآباد به ترتیب حساس‌ترین جمعیت‌ها در برابر تنش کم‌آبی بودند. از نظر شاخص TOL جمعیت گرینه با داشتن کمترین مقدار این شاخص متحمل به تنش کم‌آبی بود. بنابراین جمعیت گرینه طبق نظریه فیشر و موور (۴) به عنوان جمعیت با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش معرفی شد. بر اساس این شاخص جمعیت‌های بناب و بیرجند با مقادیر بالای TOL به عنوان جمعیت‌های حساس به تنش کم‌آبی شناسایی شدند. جمعیت‌های بناب، همدان، بیرجند و آلمان (۱۱۴۸۶) با مقادیر بالای شاخص STI به ترتیب جمعیت‌هایی با عملکرد بالا و متحمل در برابر تنش خشکی بودند. بر اساس این شاخص جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر، خورشیدآباد و تتماج به ترتیب حساس در برابر تنش کم‌آبی بودند. از آنجا که مقادیر پایین شاخص MP بیانگر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد (۱۹) بنابراین دو جمعیت قاضی‌آنتپ و خورشیدآباد بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی داشتند. بر اساس همین شاخص جمعیت‌های بناب، بیرجند، آلمان (۱۱۴۸۶) و همدان به‌ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی بودند. بر اساس شاخص GMP جمعیت‌های بناب، بیرجند، همدان و آلمان (۱۱۴۸۶) به ترتیب با مقادیر بالای این شاخص متحمل به تنش کم‌آبی بودند. درحالی که جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر و خورشیدآباد به ترتیب کمترین مقدار این شاخص را دارا هستند و حساس به تنش کم‌آبی بودند. جمعیت‌های همدان، بناب، بیرجند و آلمان (۱۱۴۸۶) با مقادیر بالای شاخص HARM به ترتیب بیشترین تحمل را به تنش کم‌آبی داشتند. بر اساس همین شاخص جمعیت‌های ازمیر، قاضی‌آنتپ، خورشیدآباد و تتماج به ترتیب بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی داشتند. به طور کلی از نظر عملکرد دانه اکثر شاخص‌های تحمل به خشکی نشان‌دهنده تحمل بالای جمعیت‌های همدان، بناب، بیرجند و آلمان (۱۱۴۸۶) به تنش کم‌آبی بودند. همچنین جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر و خورشیدآباد از نظر اکثر شاخص‌های تحمل به خشکی حساس به تنش کم‌آبی بودند.

از نظر عملکرد اسانس جمعیت‌های همدان، زیار و گرینه از نظر شاخص SSI به ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر، بناب، بیرجند، تتماج، خورشیدآباد و ورامین به ترتیب حساس به تنش کم‌آبی بودند. از نظر شاخص TOL جمعیت‌های همدان، زیار و گرینه با داشتن کمترین مقدار این شاخص، به ترتیب متحمل به تنش خشکی و جمعیت‌های بناب و بیرجند با مقایر بالای این شاخص حساس به تنش خشکی بودند. از نظر شاخص STI جمعیت‌های آلمان (۱۱۴۸۶)، بناب، بیرجند، همدان و آلمان (۱۱۸۲) به ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های خورشیدآباد، قاضی‌آنتپ، ازمیر، تتماج و تربت‌جام از نظر همین شاخص به ترتیب حساس به تنش کم‌آبی بودند. از نظر شاخص MP جمعیت‌های بناب، بیرجند، آلمان (۱۱۴۸۶)، همدان و آلمان (۱۱۸۲) متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های خورشیدآباد و قاضی‌آنتپ به ترتیب حساس به تنش کم‌آبی بودند. جمعیت‌های بیرجند، آلمان (۱۱۴۸۶)، بناب، آلمان (۱۱۸۲) و همدان از نظر شاخص GMP به ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های خورشیدآباد، قاضی‌آنتپ و ازمیر به ترتیب حساس به تنش کم‌آبی بودند. با توجه به

مقادیر شاخص HARM، جمعیت‌های آلمان (۱۱۴۸۶)، آلمان (۱۱۸۲)، همدان، بناب، بیرجند و گرینه به ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های ازمیر، خورشیدآباد، قاضی‌آنتپ و تتماج به ترتیب حساس به تنش کم‌آبی بودند. فرناندز (۳) بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط دارای تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه تقسیم‌بندی کرد: گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد مطلوبی در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش دارند. گروه B: ژنوتیپ‌هایی که تنها در محیط بدون تنش عملکرد مطلوب را دارند. گروه C: ژنوتیپ‌هایی که تنها در محیط دارای تنش عملکرد مطلوب را از خود نشان می‌دهند. گروه D: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند. از نظر فرناندز (۳) مناسب‌ترین معیار گزینش، شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. برای تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی در گیاه دارویی رازیانه ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط نرمال آبیاری و تنش کم آبی و شش شاخص تحمل به تنش مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۴). ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که شاخص‌های HARM، MP، GMP و STI دارای همبستگی معنی‌دار و مثبتی با هم‌دیگر بودند. همبستگی عملکرد دانه و اسانس در شرایط تنش با شاخص‌های MP، GMP، STI و HARM مثبت و معنی‌دار بود. عملکرد دانه و اسانس در شرایط آبیاری نرمال با شاخص‌های MP، GMP، HARM،STI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. طبق نظر فرناندز (۳) شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش باشد به طوری که بر اساس نوع همبستگی باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردد به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شود. اکبری و همکاران (۱) اذعان داشتند که شاخص‌های HARM، GMP، MP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکـرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی دارند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش ارقام پرمحصول رازیانه در هر دو شرایط شناسـایی شـدند. سی و سه مرده و همکاران (۲۰) و کریمی افشار و همکاران (۸) نیز در تحقیق خود شاخص‌های MP، GMP و STI را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی جمعیت‌های مقاوم به خشکی پیشنهاد کردند. همچنین طباطبایی و همکاران (۲۱) شاخص STI و GMP را به‌عنوان بهترین شاخص برای شناسایی اکوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی در زیره سیاه معرفی کردند. بنابراین چهار شاخص MP، GMP، HARM و STI با داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه و اسانس در هر دو محیط تنش و بدون تنش و داشتن قدرت تفکیک جمعیت‌های گروه A به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی جمعیت‌های حساس و متحمل به تنش کم‌آبی در رازیانه شناسایی شدند. بر اساس این چهار شاخص مهم تحمل به خشکی، از نظر عملکرد دانه، جمعیت‌های بناب، همدان، بیرجند و آلمان (۱۱۴۸۶) به‌ترتیب جمعیت‌های با عملکرد دانه بالا و متحمل به تنش کم‌آبی و جمعیت‌های قاضی‌آنتپ، ازمیر و خورشیدآباد به‌ترتیب جمعیت‌های حساس به تنش کم‌آبی بودند. از نظر عملکرد اسانس نیز جمعیت‌های آلمان (۱۱۴۸۶)، بناب، بیرجند، همدان و آلمان (۱۱۸۲) بر اساس چهار شاخص تحمل به خشکی فوق، به‌ترتیب متحمل به تنش کم‌آبی بودند. همچنین جمعیت‌های خورشیدآباد و قاضی‌آنتپ بر اساس همین شاخص‌ها حساس به تنش کم‌آبی از نظر عملکرد اسانس بودند. بنابراین با توجه به مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی، جمعیت‌های بناب، بیرجند، آلمان (۱۱۴۸۶) و همدان از نظر عملکرد دانه و هم از نظر عملکرد اسانس متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند و جمعیت آلمان (۱۱۸۲) از نظر عملکرد اسانس به‌عنوان جمعیت متحمل به خشکی شناسایی شد که توانست عملکرد اسانس مطلوبی در شرایط تنش خشکی داشته باشد. جمعیت‌های فوق به‌عنوان جمعیت‌های متحمل به تنش کم‌آبی برای مناطق گرم و خشک شناسایی شدند. جمعیت‌های قاضی‌آنتپ و خورشیدآباد به جهت حساسیت به تنش خشکی از نظر هر دو عملکرد دانه و عملکرد اسانس مناسب برای مناطق گرم و خشک مثل ایران نمی‌باشند.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی از نظر عملکرد دانه و اسانس در جمعیت‌های مورد ارزیابی رازیانه

Table 3. Indices of tolerance to water deficit stress respect to grain and essential oil yield in the evaluated populati of fennel

جمعیت‌ها	SSI		TOL		MP		GMP		STI		HARM	
	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس
آلمان(۱۱۸۲)	۰/۸۱	۰/۹۰	۵۴/۱۳	۲/۵۵	۹۲/۰۲	۴/۶۵	۸۷/۹۵	۴/۴۸	۰/۵۵	۱/۴۸	۸۴/۰۶	۴/۳۱
آلمان(۱۱۴۸۶)	۱/۰۶	۱/۲۰	۱۱۲/۵۹	۴/۶۷	۱۳۲/۸۳	۵/۸۰	۱۲۰/۳۱	۱/۵۳	۱/۰۳	۲/۰۹	۱۰۸/۹۷	۴/۸۷
قاضی آنتپ	۱/۴۸	۱/۷۳	۳۲/۴۰	۱/۳۶	۲۲/۹۶	۰/۹۷	۱۶/۲۷	۰/۶۹	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۱/۵۳	۰/۴۹
ازمیر	۱/۶۹	۱/۹۷	۸۹/۱۷	۲/۵۳	۴۹/۵۸	۱/۴۴	۲۱/۷۰	۰/۶۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۹/۵۰	۰/۳۲
بناب	۱/۴۵	۱/۶۵	۲۸۴/۶۴	۹/۱۳	۲۰۸/۱۳	۷/۰۰	۱۵۱/۸۷	۵/۳۱	۱/۶۴	۲/۰۸	۱۱۰/۸۱	۴/۰۲
بیرجند	۱/۴۱	۱/۶۷	۲۲۴/۸۶	۸/۷۲	۱۷۳/۲۰	۶/۶۱	۱۳۱/۷۵	۴/۹۷	۱/۲۳	۱/۸۲	۱۰۰/۲۲	۷۳/۳
تتماج	۱/۳۸	۱/۶۴	۶۴/۴۶	۲/۲۳	۵۱/۳۷	۱/۷۳	۴۰/۰۰	۱/۳۲	۰/۱۱	۰/۱۳	۳۱/۱۵	۱/۰۱
تربت جام	۰/۷۵	۰/۶۹	۳۱/۴۹	۰/۵۴	۵۸/۹۱	۱/۳۷	۵۶/۷۶	۱/۳۴	۰/۲۳	۰/۱۳	۵۴/۷۰	۱/۳۲
خوشیدآباد	۱/۳۷	۱/۴۳	۴۱/۱۰	۰/۶۸	۳۲/۹۱	۰/۶۵	۲۵/۷۱	۰/۵۶	۰/۰۵	۰/۰۲	۲۰/۰۸	۰/۴۷
خوروبیابانک	۰/۹۹	۰/۷۰	۷۰/۰۷	۰/۶۹	۹۱/۱۶	۱/۷۳	۸۴/۱۶	۱/۷۰	۰/۵۰	۰/۲۱	۷۷/۷۰	۱/۶۶
خروسلری	۱/۰۷	−۰/۱۳	۵۸/۹۳	−۰/۰۸	۶۸/۴۶	۱/۳۱	۶۱/۷۹	۱/۳۱	۰/۲۷	۰/۱۳	۵۵/۷۷	۱/۳۱
زیار	۰/۲۹	−۱/۹۹	۱۲/۸۸	−۰/۹۱	۷۱/۹۵	۱/۴۱	۷۱/۶۶	۱/۳۴	۰/۳۶	۰/۱۳	۷۱/۳۸	۱/۲۶
شیروان	۰/۲۱	۰/۵۲	۹/۹۹	۰/۸۵	۷۸/۲۳	۳/۰۳	۷۸/۰۷	۳/۰۰	۰/۴۳	۰/۶۶	۷۷/۹۱	۲/۹۷
کرج	۱/۰۰	۱/۰۵	۴۷/۶۱	۱/۰۱	۶۱/۴۰	۱/۵۱	۵۶/۵۹	۱/۴۲	۰/۲۳	۰/۱۵	۵۲/۱۶	۱/۳۴
کرمان	۰/۷۷	۰/۸۶	۴۳/۲۷	۱/۱۱	۷۸/۲۱	۲/۱۴	۷۵/۱۵	۲/۰۷	۰/۴۰	۰/۳۲	۷۲/۲۲	۲/۰۰
لرستان	۰/۲۱	۰/۲۳	۷/۳۰	۰/۲۳	۵۹/۱۲	۱/۹۶	۵۹/۰۱	۱/۹۵	۰/۲۵	۰/۲۸	۵۸/۹۰	۱/۹۵
گرینه	۰/۰۱	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۶۲	۸۴/۶۳	۳/۰۷	۸۴/۶۳	۳/۰۵	۰/۵۱	۰/۶۹	۸۴/۶۳	۳/۰۴
ورامین	۱/۰۹	۱/۲۴	۶۶/۷۵	۱/۷۵	۷۵/۸۳	۲/۰۹	۶۸/۰۹	۱/۹۰	۰/۳۳	۰/۲۷	۶۱/۱۵	۱/۷۲
همدان	۰/۱۴	۲/۰۳	۱۰/۵۰	−۳/۱۰	۱۳۲/۷۴	۴/۷۶	۱۳۲/۶۴	۴/۵۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱۳۲/۵۳	۴/۲۶

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی و عملکرد دانه اسانس در هر دو شرایط آبیاری مطلوب وتنش کم‌آبی

Table 4. Correlation coefficients between indices of drought resistance and grain and essential oil yield under normal irrigation and water deficit stress conditions

	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM	Yp (عملکرد دانه)	Ys (عملکرد دانه)	Yp (عملکرد اسانس)
TOL	./۶۱**	۱							
MP	./۰۲	./۷۷**	۱						
GMP	-./۲۳	./۵۶*	./۹۶**	۱					
STI	-./۰۷	./۶۷**	./۹۸**	./۹۷**	۱				
HARM	−۰/۴۶*	۰/۳۱	۰/۸۴**	۰/۹۶**	۰/۸۸**	۱			
Yp (عملکرد دانه)	./۲۹	./۹۳**	./۹۵**	./۸۳**	./۹۰**	۰/۶۵**	۱		
Ys (عملکرد دانه)	−./۷۲**	-./۰۳	./۶۲**	./۸۱**	./۷۰**	۰/۹۳**	./۳۶	۱	
Yp (عملکرد اسانس)	۰/۳۴	۰/۸۹**	۰/۹۴**	۰/۸۶**	۰/۹۰**	۰/۷۴**	۰/۳۲	۰/۹۵**	۱
Ys (عملکرد اسانس)	−۰/۶۰	−۰/۱۲	۰/۶۶**	۰/۷۷**	۰/۷۰**	۰/۸۵**	۰/۹۴**	۰/۳۴	۰/۳۶

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

منابع

1. Akbari, A., A. Izadi Darbandi, K. Bahmani and H.A. Rameshini. 2015. Evaluation of drought tolerance in synthetic varieties and superior ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences, 17 (3): 193-204 (In Persian).
2. Amiri Deh Ahmadi, S.R., P. Rezvani Moghaddam and H.P. Ehyaee. 2012. The effects of drought stress on morphological traits and yield of three medicinal plants (*Coriandrum sativum, Foeniculum vulgare and Anethum graveolens*) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 10 (1): 116-124 (In Persian).
3. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G (edn.) Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Shanhua, Taiwan, 257-270 pp.
4. Fisher, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
5. Heidari, N., M. Pouryousef, A. Tavakkoli and J. Saba. 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28(1): 121-130 (In Persian).

6. Heidarisharifabad, H. 2001. Plant, dryness and drought. Publications Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
7. Jahanara, F. and B. Haerizadeh. 2001. Information and Application of Iranian Official Hherbal Drugs. Razi Darou Gostar Pub (In Persian).
8. Karimi Afshar, A., A. Baghizade, Gh. Mohammadinezhad and J. Abedi. 2014. Evaluate genotypes cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress based on tolerance indicators. First International Congress and Thirteenth Congress of Genetics in Iran, Tehran, Iranian Genetics Society (In Persian).
9. Kuchaki, A., H. Hoseyni and M. Nasiri Mahallati. 1995. The relationship between water and land in crops. Iranian Academic Center of Education, Culture and Resaerch, Mashhad (In Persian).
10. Mir Shekari, B. and F. Farahvash. 2012. Management of irrigation and nitrogen fertilizing in fennel (*foeniculum vulgare* Mill.) as a medicinal plant under semi-arid conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27(4): 541-555 (In Persian).
11. Mozaffarian, V. 1982. An identification key and distribution unbelliferae of Iran. Publicatin Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran (In Persian).
12. Musavi, S.M., S.G.R. Musavi and M.J. Seghatoleslami. 2014. Effect of drought stress and nitrogen levels on growth, fruit and essential oil yield of fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 30(3): 453-462 (In Persian).
13. Noroozi Shahri, F., M. Pouryousef, A. Tavakoli, J. Saba and A. Yazdinezhad. 2015. Evaluation the performance of some of Iran's native fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions under drought stress condition. Iranian Journal of Field Crop Science, 46(1): 49-56 (In Persian).
14. Omid Beygi, R. 1997. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants 2th edn. Nashre Tarrah, Tehran. (In Persian)
15. Omid Beygi, R. 2007 .Processing of Medicinal Plants .3th edn. Press Astan Qods Razavi. (In Persian).
16. Pouryousef, M. 2015. Effects of terminal drought stress and harvesting time on seed yield and essential oil content of fennel (*foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(6): 889-897 (In Persian).
17. Rezaei Chiyaneh, E., S. Zehtab Salmasi, K. Ghasemi Golezani and A. Delazar. 2012. Physiological responses fennel (*Foeniculum vulgare* L.) to water limitation. Agroecology Journal, 4(4): 347-355 (In Persian).
18. Rizopoulous, S. and S. Diamantoglon. 1991. Water stress, induced diumal variation in leaf water relation stomatal conductance, soluble sugar, lipids and essential oil content of *origanum majorana* L. Journal of Horticultural Science, 66: 119-250.
19. Rosielle, A.A. and J. Hambelin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-946.
20. SioSe Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. Field Crop Research, 98: 222-229.
21. Tabatabaii, S.M., Gh. Mohammadinezhad and Kh. Yusefi. 2014. Evaluation of yield and drought tolerance indices in ecotypes of cumin. Iranian Iournal of Water Research in Agriculture (formerly soil and water sciences), 28 (1): 163-170 (In Persian).
22. Telci, I., I. Demirtas and A. Sahin. 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* M.) fruites during stage of maturity. Industrial Crops and Products, 30: 126-130.
23. Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. 1th edn. University of Tehran Press, (In Persian).
24. Zhua, Z., Z. Lianga, R. Hana and X. Wang. 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. Growth and saikosaponin production. Industrial Crops and Products, 29: 629-633.

Evaluation of Water Deficit Stress Tolerance in Populations of Fennel (*Foeniculum vulgare* M.) Using Drought Tolerance Indices

Milad Ghasemi[1], Saeid Aharizad[2], Ali Bandehagh[3], Majid Norouzi[3] and Roghayeh Azhdari[1]

1 and 3- M.Sc. Student in Plant Breedingand and Associate Professor Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, (Corresponding Author: s.aharizad@yahoo.com)
Received: May 25, 2017 Accepted: April 3, 2018

Abstract

Drought stress is one of the most important non-polluting environmental stresses affecting crop production. In order to identify tolerant fennel populations to water deficit stress and determine the most effective drought tolerance indices, an experiment was conducted in randomized complete block design with three separate replications under limited and normal condition of irrigation with 19 fennel populations at the Agricultural Research Station, University of Tabriz in 2016. Water deficit stress applied during the beginning of flowering by disruption irrigation. Routine irrigation performed for normal condition. Combined analysis of variance showed that there is significant difference ($p \leq 0.01$) between two irrigation condition and also populations for most traits. Population × condition interaction of most traits was significant ($p \leq 0.01$). The results showed that the number of umbels per plant, number of grain per umbel, grain weight, grain yield and essential oil yield in all evaluated populations are reduced under water deficit stress conditions. While the essential oil of the whole population increased in the water deficit stress conditions. Evaluation of population from the drought tolerance was performed by six different index SSI, TOL, MP, STI, GMP and HARM. According to positive correlation indices MP, GMP, HARM and STI with grain yield and essential oil yeild, under normal and water deficit stress condition of irrigatin this four indicators were identified as the most effective index for determining drought tolerant populations. According to the four major indices, Bonab, Birjand, Germany (11486) and Hamedan populations were identified as water deficit stress tolerant and Qazyantp and Khorshidabad populations were identified as sensitive to water deficit stress. The comparison results showed that Bonab population was the best a population from the important characteristics such as grain yield, essential oil yield, umbels per plant, grain weight and biomass under normal irrigation conditions and from the umbel per plant under stress conditions.

Keywords: Correlation, Essential Oil, Fennel, Grain Yield, Water Deficit Stress