

تولید ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی رازیانه و ارزیابی آن‌ها در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در مرحله پس از گلدهی

کیوان بهمنی^۱، علی ایزدی دربندی^{۲*} و اعظم اکبری^۳

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

۲-نویسنده مسئول مکاتبات، دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران،

پست الکترونیک: aizady@ut.ac.ir

۳-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰

چکیده

رازیانه از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که دانه و اسانس آن در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی کاربرد فراوان دارد. در این پژوهش نحوه تولید دو رقم سنتتیک رازیانه زودرس و میان‌رس با ویژگی تحمل به خشکی بررسی و همچنین نتایج نسل اول آن‌ها به همراه چهار اکوتیپ والدی در دو آزمایش جداگانه در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی وجود داشت. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که در شرایط آبیاری معمول بیشترین عملکرد دانه متعلق به اکوتیپ‌های والدی فزوه و مشکین شهر و در شرایط تنش بیشترین عملکرد دانه متعلق به ارقام سنتتیک میان‌رس و زودرس بود. بررسی مقایسات مستقل بین ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های والدی در هر تیپ رشدی نشان داد در شرایط تنش خشکی ارقام سنتتیک نسبت به ژنوتیپ‌های والدی دارای میانگین عملکرد دانه و عملکرد اسانس بیشتری بودند. در نهایت می‌توان گفت ایجاد ارقام سنتتیک به‌عنوان یک روش اصلاحی برای ایجاد تحمل به خشکی در رازیانه قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ارقام سنتتیک، تنش خشکی، رازیانه، عملکرد.

مقدمه

آلفانین می‌باشند. تمامی پیکر رویشی گیاه حاوی اسانس است که در صنایع داروسازی از مواد مؤثره آن به‌عنوان ضد سرفه، ضد نفخ و شیرافزا استفاده می‌شود (Lozano, 1998). اسانس رازیانه به‌دلیل داشتن ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی که به‌علت حضور فلاونوئیدها، ترپنوئیدها، کاروتنوئیدها، و کومارین‌هاست، در انواع مواد غذایی و نوشیدنی‌ها

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی خانواده چتریان (Apiaceae) است گیاهی علفی معطر و چندساله است. مهم‌ترین ترکیب اسانس رازیانه را آنتول تشکیل می‌دهد که اهمیت فراوانی در صنایع داروسازی و عطرسازی دارد. ترکیبات مهم دیگر شامل فنچون، لیمونن، استراگول و

نیاز به کنترل دقیق گرده‌افشانی، عملکرد بهتر ارقام سنتتیک در شرایط محیطی متغیر، هزینه پایین تولید بذر سنتتیک و اینکه ارقام سنتتیک به‌عنوان مخزن غنی ژنتیکی هستند (Singh, 1990). با توجه به این که گل آذین رازیانه به‌صورت چتر است و گل‌های کوچک آن بدون طبق، هم‌افرویدیت دارای ۵ کاسبرگ کوچک، ۵ گلبرگ، ۵ پرچم و ۲ تخمدان تحتانی با دو برچه هستند (Omidbeigi, 2007). کنترل گرده‌افشانی در گل‌های رازیانه بسیار دشوار است و نتیجه هر تلاقی نیز نهایتاً به‌تولید دو بذر می‌انجامد پس روش اصلاحی ارقام سنتتیک در مورد رازیانه منطقی و مناسب به‌نظر می‌رسد.

اولین مرحله اساسی در تولید ارقام سنتتیک، انتخاب والدین مناسب از بین جمعیت‌های اولیه است. این ارزیابی می‌تواند از طریق ارزیابی خود والدین، نتایج حاصل از خودباروری آن‌ها و یا برآورد ترکیب‌پذیری عمومی حاصل از آزمون پلی‌کراس یا تاپ کراس صورت گیرد که متداول‌ترین آن‌ها روش پلی‌کراس است (Aastveit & Aastveit, 1990). پس از انتخاب والدین، کلیه تلاقی‌های ممکن بین لاین‌های انتخابی در یک محیط ایزوله صورت می‌گیرد (لاین‌های والدینی تشکیل Syn0 را می‌دهند) مقادیر مساوی از بذرهای هر تلاقی باهم مخلوط شده و تشکیل یک رقم سنتتیک را می‌دهند. جامعه‌ای که از این بذرهای مخلوط به‌دست می‌آید را Syn1 نامند. نتایج حاصل از آزاد گرده‌افشانی Syn1 را اصطلاحاً Syn2 نامند. همچنین از Syn2 نسل Syn3 به‌دست می‌آید. باید توجه داشت که عملکرد Syn2 از Syn1 کمتر و نیز عملکرد Syn3 از Syn2 کمتر خواهد بود (Nemat Zadeh & Kiani, 2005). نسل اول رقم به‌دست آمده (Syn1) دارای بیشترین هتروزیس است و نسل‌های بعدی به‌علت پسروی ناشی از خویش‌آمیزی، هتروزیس کمتری دارند البته شدت این پسروی به اندازه ارقام هیبرید نیست و از سویی دیگر تولید مجدد ارقام سنتتیک هزینه‌بر نیست. روش تولید

به‌عنوان طعم‌دهنده نیز استفاده می‌شود (Singh et al., 2006). قسمت تجاری گیاه رازیانه دانه آن است که مستقیماً و یا برای استخراج اسانس مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان تولید جهانی دانه رازیانه ۸۳۰ هزار تن در سال است که ایران با تولید حدود ۵٪ این مقدار چهارمین تولیدکننده بزرگ آن است (FAO, 2012). با توجه به رشد روزافزون تقاضا در بازارهای جهانی برای دانه رازیانه، اصلاحگران باید بیش از پیش به این گیاه توجه کنند (Dashora et al., 2003).

در محیط‌های طبیعی گیاهان دستخوش انواع تنش‌ها می‌شوند که آثار منفی بر رشد آنها دارد. دما، نور و آب در دسترس از جمله عوامل غیرزنده‌ای است که به‌طور مؤثر بر رشد گیاهان اثر می‌گذارد. از میان این عوامل، خشکی بزرگترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی است (Saneoka et al., 2004). در همین رابطه Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) 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 تأیید کردند. در ضمن Pouryousef و همکاران (۲۰۱۲) نیز طی آزمایشی بر روی رازیانه گزارش کردند که عملکرد دانه و اسانس رازیانه تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

تاکنون کار اصلاحی خاصی بر روی رازیانه‌های ایرانی انجام نشده ولی به‌نظر می‌رسد که روش‌های اصلاح کلاسیک به‌عنوان عملی‌ترین راه برای ایجاد ارقام گیاهی رازیانه است (Farsi & Baqheri, 2006). رازیانه حالت پروتاندری دارد و دارای گرده‌افشانی آزاد است بنابراین ماهیت ژنتیکی آن به‌صورت هتروزیگوس-هتروژن است و تکامل این گونه گیاهان به‌نحوی است که خودگشنی در آن اثر منفی می‌گذارد. روش‌های اصلاحی این گونه گیاهان باید به‌نحوی باشد که خودگشنی و خلوص در آن‌ها به‌حداقل برسد و در این راستا می‌توان اقدام به تولید ارقام هیبرید یا سنتتیک کرد (Nemat Zadeh & Kiani, 2005). استفاده از رقم سنتتیک نسبت به روش هیبرید دارای چندین مزیت است مانند عدم

انتخاب والدین ارقام سنتتیک

بذرهای ۵۰ اکوتیپ رازیانه (*Foeniculum vulgare*) Mill که بذرهای ۲۵ اکوتیپ آنها از مؤسسه تحقیقاتی جنگل‌ها و مراتع کشور دریافت شد و سایر اکوتیپ‌ها به صورت پیمایش استانی از مناطق اقلیمی مختلف ایران جمع‌آوری شدند (جدول ۱) به طور کامل مورد بررسی قرار گرفتند (Bahmani et al., 2012a, 2012b, 2013, 2014) and 2015). این خزانه ژنتیکی در حال حاضر در بانک ژن پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود. با توجه به هدف این پژوهش که تولید ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی بود، برای تولید ارقام سنتتیک رازیانه با خصوصیت عملکرد دانه و عملکرد اسانس بالا در شرایط تنش ابتدا انتخاب بهترین والدین از بین این ۵۰ اکوتیپ رازیانه در سطح جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در سال ۹۰-۸۹ انجام شد و اکوتیپ‌هایی که دارای خصوصیت‌هایی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی بالا، وزن تر و خشک گیاهچه، طول ریشه و هیپوکوتیل بیشتری بودند انتخاب شدند (Moradi, 2012). سپس این اکوتیپ‌ها در آزمایش مزرعه‌ای در شرایط تنش خشکی در سال ۹۱-۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند و بهترین اکوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت انتخاب شدند (Baghchghi, 2014) و برای تأیید این انتخاب از آزمون ترکیب‌پذیری عمومی استفاده شد به این صورت که نتایج والدین مزرعه مادری در محل جداگانه‌ای کشت شد و بر اساس اطلاعات حاصله از عملکرد دانه آنها مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی محاسبه شد. اثرات قابلیت ترکیب عمومی (GCA) از اختلاف بین میانگین هر اکوتیپ با میانگین کل اکوتیپ‌ها برآورد شد (Hallauer et al., 1981). پس از بررسی اکوتیپ‌ها، ۷ اکوتیپ والدی برتر زودرس و ۷ اکوتیپ والدی برتر میان‌رس انتخاب شدند. بعضی از این اکوتیپ‌ها گاهی فاقد ترکیب‌پذیری عمومی بالایی بودند که به علت برخی از ویژگی‌های مطلوب نسبت به سایرین انتخاب شدند و والدین ارقام سنتتیک را تشکیل دادند (جدول ۲).

رقم سنتتیک در گیاهان مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشتر ارقام معرفی شده یونجه در ۳۰ سال گذشته سنتتیک بوده به طوری که می‌توانند به عنوان جمعیتی هتروژن از افراد هتروزیگوت در نظر گرفته شوند این ناهمگنی موجب بهبود عملکرد و پایداری این جمعیت‌ها می‌شود (Fehr, 1987). ارقام آپکس و واشو یونجه ارقامی هستند که به روش پلی‌کراس تولید شده‌اند (Hanson, 1988). آماتو و همکاران (Amato et al., 1997) از روش پلی‌کراس برای ایجاد ارقام سنتتیک در ماش (*Hedysarum coronarium* L.) استفاده کردند.

رازیانه‌های ایرانی از لحاظ صفات آگرومورفولوژی (Bahmani et al., 2012b & 2015)، ژنتیکی (Bahmani et al., 2012a and 2013) و فیتوشیمیایی (Bahmani et al., 2014) تنوع قابل ملاحظه‌ای دارند و در این میان ژنوتیپ‌های با ارزشی جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی شناسایی شده است. متوسط عملکرد دانه اکوتیپ‌های زودرس، میان‌رس و دیررس رازیانه‌های ایرانی در شرایط آبیاری معمول به ترتیب برابر با ۱۴۶، ۲۵۴ و ۱۹۰ گرم در متر مربع است (Bahmani et al., 2015) که در شرایط متغیر آب و هوایی مخصوصاً تنش خشکی این مقادیر به شدت افت می‌کند (Pouryousef et al., 2012).

هدف از این مطالعه معرفی نحوه ایجاد دو رقم سنتتیک مقاوم به خشکی زودرس و میان‌رس رازیانه و ارزیابی موفقیت این روش از طریق مقایسه عملکرد این ارقام با بهترین اکوتیپ‌های والدی در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش 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.

جدول ۱- مشخصات اقلیمی و جغرافیایی اکوتیپ‌های جمع‌آوری شده از رازیانه ایران

اکوتیپ	ارتفاع محل (متر)	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	اکوتیپ	ارتفاع محل (متر)	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)
				اکوتیپ‌های زودرس			
اردکان	۱۶۲۰	۵۲° ۲۶	۳۰° ۱۳	شبستر	۱۳۵۰	۴۶° ۱۱	۳۸° ۰
رزن	۱۸۷۰	۴۹° ۴	۳۵° ۲۱	شیراز	۱۴۸۸	۵۲° ۳۲	۲۹° ۳۶
اصفهان	۱۵۵۰	۵۱° ۴۰	۳۲° ۳۷	قم	۸۷۷	۵۰° ۵۱	۳۴° ۴۲
محلالت	۱۷۷۵	۵۰° ۴۵	۳۳° ۹۱	بجستان	۱۲۵۶	۵۸° ۱۷	۳۴° ۵۱
نیریز	۱۶۳۲	۵۴° ۲۰	۲۹° ۱۲	آباده	۲۰۳۰	۵۲° ۴۰	۳۱° ۱۱
اراک	۱۷۰۸	۴۹° ۴۶	۳۴° ۶	سرپل ذهاب	۵۴۸	۴۵° ۵۴	۳۴° ۲۷
سندج	۱۳۷۳	۴۷° ۰	۳۵° ۲۰	دیواندره	۲۱۴۲	۴۶° ۵۵	۳۶° ۴۰
فسا	۱۲۸۸	۵۳° ۴۱	۲۸° ۵۸	اکوتیپ‌های میانرس			
هشتگرد	۱۴۲۶	۵۰° ۴۳	۳۵° ۶۵	گیوی	۱۶۸۲	۴۸° ۲۸	۳۷° ۴۱
آران بیدگل	۸۵۰	۵۲° ۳۰	۳۴° ۷۰	خلخال	۱۷۶۹	۴۸° ۳۱	۳۷° ۳۸
سبزوار	۹۷۷	۵۷° ۴۳	۳۶° ۱۲	مرودشت	۱۵۰۲	۵۲° ۵۳	۲۹° ۸۰
اینچه برون	۴۶۰	۵۵° ۵۵۷	۳۷° ۵۳	کاشان	۹۸۲	۵۱° ۲۷	۳۳° ۵۹
همدان	۱۷۴۹	۴۸° ۳۲	۳۴° ۵۱	کوهین	۱۵۲۷	۴۹° ۶۷	۳۶° ۳۶
یزد	۱۲۳۰	۵۴° ۲۴	۳۱° ۵۴	دماوند	۲۰۰۰	۵۲° ۱۵	۳۵° ۴۳
کرمان	۱۷۵۳	۵۶° ۵۸	۳۰° ۱۵	مغان	۳۱	۴۷° ۵۵	۳۹° ۳۹
ارومیه	۱۳۱۳	۴۵° ۵	۳۷° ۳۲	خاش	۱۳۹۴	۶۱° ۱۲	۲۸° ۱۳
تفرش	۱۹۷۸	۵۰° ۱	۳۴° ۴۱	الموت	۱۵۰۰	۵۰° ۴۷	۳۶° ۴۵
تبریز	۱۳۶۱	۴۶° ۱۷	۳۸° ۵	مشکین شهر	۱۵۶۸	۴۷° ۴۰	۳۸° ۲۳
رفسنجان	۱۵۸۰	۵۵° ۵۴	۳۰° ۲۵	اردبیل	۱۳۳۲	۴۸° ۱۷	۳۸° ۱۵
کامیاران	۱۴۶۴	۴۶° ۵۶	۳۴° ۴۷	فروه	۱۶۱۲	۵۱° ۲۶	۳۲° ۳۶
برازجان	۸۰	۵۱° ۲۰	۲۹° ۲۶	اکوتیپ‌های دیررس			
دهگلان	۱۹۷۰	۴۷° ۳۰	۳۵° ۱۰	ساری	۲۳	۵۳° ۰	۳۶° ۳۳
سردشت	۱۶۷۰	۴۵° ۳۰	۳۶° ۹	چاهستان	۲۷	۵۶° ۲۲	۲۷° ۱۳
سقز	۱۵۲۲	۴۶° ۱۶	۳۶° ۱۵	قزوین	۱۲۷۸	۵۰° ۰	۳۶° ۱۵
تهران	۱۱۹۰	۵۱° ۱۹	۳۵° ۴۱	حاجی آباد	۹۳۱	۵۵° ۵۵	۲۸° ۱۹
اهواز	۲۲	۴۸° ۴۰	۳۱° ۲۰	کلیبر	۱۱۸۰	۴۷° ۱	۳۸° ۵۲

جدول ۲- قابلیت ترکیب پذیری عمومی در والدین ارقام سنتتیک برای صفت عملکرد دانه

قابلیت ترکیب	اکوتیپ‌های برتر میان‌رس	قابلیت ترکیب	اکوتیپ‌های برتر زودرس
-۳۲/۶۰	الموت	۳۲/۳۲	اراک
-۴/۲۰	خاش	۱۳/۴۱	فسا
۱۸۰/۲۰	مشکین شهر	۱۲/۳۰	هشتگرد
۵۵/۵۰	فزوه	۵۵/۰۷	یزد
۲۵/۲۰	مروذشت	۲۲/۳۰	سربل ذهاب
۲۰/۸۵	مغان	۷/۳۲	ارومیه
-۸۲/۰	کاشان	-۵۴/۹۲	رزن
۶/۶۳**		۶/۲۳**	مقدار F

شدند و بذره‌های نسل اول ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی رازیانه (Syn1) تشکیل شد.

ارزیابی و مقایسه ارقام سنتتیک با والدین برتر تحت شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی

جهت ارزیابی موفقیت روش رقم سنتتیک برای ایجاد تحمل به خشکی در رازیانه، نتاج نسل اول (syn1) دو رقم سنتتیک و چهار اکوتیپ والدی شامل یک رقم سنتتیک زودرس مقاوم به خشکی و دو اکوتیپ والدی آن (فسا و هشتگرد) که از ترکیب‌پذیری خوبی برخوردار بودند، یک رقم سنتتیک میان‌رس مقاوم به خشکی و دو اکوتیپ برتر والدی آن (مشکین شهر و فزوه) که نسبت به سایر والدین ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری داشتند در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفتند.

طرح مورد استفاده در این مطالعه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی بود. کاشت ژنوتیپ‌ها (شامل ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های برتر والدینی) در هر تکرار در یک کرت ۱/۵ در ۱/۵ متری صورت گرفت که فاصله ردیف‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر منظور شد و بذرها با عمق کاشت ۲-۳

ایجاد خزانه پلی‌کراس

پس از انتخاب والدین مقاوم به خشکی با قابلیت ترکیب‌پذیری بالا، با استفاده از بذره‌های مادری موجود در خزانه ژنتیکی بلوک‌های تلاقی ایزوله برای اکوتیپ‌های والدی (Syn0) هر تیپ رشدی به صورت جداگانه در قالب طرح مربع لاتین ۷ در ۷ ایجاد شد به این‌منظور کاشت اکوتیپ‌ها پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح) هر تکرار در یک کرت ۱ در ۱ متری صورت گرفت که فاصله ردیف‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر منظور شد و بذرها با عمق کاشت ۲-۳ سانتی‌متر در اردیبهشت ۱۳۹۲ کشت شدند. تراکم بوته‌ها از طریق تنک کردن به‌صورتی که تراکم نهایی ۱۰ بوته در یک متر مربع باشد انجام شد (Khorshidi et al., 2010). جنس خاک رسی-شنی و از لحاظ میزان مواد غذایی در حد نرمال و قابل قبول برای گیاهان زراعی بود و از هیچ نوع کودی استفاده نشد. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی صورت گرفت. پلی‌کراس بین اکوتیپ‌های والدی صورت گرفت، زمان برداشت بذر در اواسط مهرماه پس از رسیدگی کامل اکوتیپ‌ها انجام شد و در هر دو تیپ رشدی مقدار مساوی از بذر هر اکوتیپ والدی به صورت جداگانه با هم مخلوط

اکوتیپ‌های والدی استفاده شد. برای بررسی میزان اثر تنش و تغییر در هر صفت، مقدار درصد تغییرات (C) با فرمول زیر محاسبه شد (Choukan *et al.*, 2006).

$$C = \frac{\bar{Y}_p - \bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}$$

در این فرمول \bar{Y}_s و \bar{Y}_p به ترتیب میانگین صفت در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی است.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد اندازه‌گیری اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳ و ۴). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری معمول بیشترین عملکرد دانه متعلق به اکوتیپ‌های میان‌زس والدی فزوه و مشکین-شهر به ترتیب با ۱۱۲۵/۹۳ و ۱۰۲۲/۲۲ کیلوگرم در هکتار و در محیط تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه متعلق به ارقام سنتتیک میان‌زس، سنتتیک زودرس و مشکین شهر به مقدار ۶۲۹/۶۳، ۵۶۲/۹۶ و ۵۴۵/۹۳ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد دانه در محیط آبیاری معمول و تنش متعلق به اکوتیپ زودرس والدی فسا به مقدار ۶۴۴/۴۴ و ۴۳۴/۰۷ کیلوگرم در هکتار بود. بالا یا پایین بودن عملکرد در این ژنوتیپ‌ها را می‌توان با متغیر بودن اجزاء عملکرد در آنها و همچنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط محیطی مرتبط دانست. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای هر دو محیط آبیاری معمول و تنش خشکی در جدول ۳ ارائه شده است. تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در دو محیط در سطح آماری یک درصد وجود داشت.

اثر متقابل ژنوتیپ در تنش هم برای صفت عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۳)، ارقامی که بیشترین اختلاف عملکرد بین محیط آبیاری معمول و تنش را داشتند، پایداری پایین داشته و عموماً حساس به تنش خشکی بودند و ارقام با

سانتی‌متر در فروردین ۱۳۹۳ کشت شدند. مبارزه با علف‌های هرز با وجین دستی صورت گرفت. در طول دوره رشد و نمو هیچ گونه آفت و بیماری مشاهده نشد. تراکم بوته‌ها از طریق تنک کردن به صورتی که تراکم نهایی ۱۰ بوته در یک متر مربع باشد انجام شد (Khorshidi *et al.*, 2010). آبیاری مزرعه در هر دو محیط تنش و آبیاری معمول، تا مرحله ۵۰٪ گلدهی ژنوتیپ‌ها به طور یکسان و در زمان ۵۰٪ ظرفیت مزرعه انجام شد و از مرحله ۵۰٪ گلدهی به بعد در شرایط آبیاری معمول بعد از ۶۰ میلی‌متر و در شرایط تنش خشکی بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد، به نحوی که دور آبیاری برای شرایط آبیاری معمول تقریباً هر ۷ روز و برای شرایط تنش هر ۱۴ روز یک بار اعمال شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، در زمان رسیدگی کامل با رعایت اثر حاشیه عملکرد کل بوته‌های هر کرت برداشت و برحسب کیلوگرم در هکتار بیان شد. عملکرد بیولوژیک از مقدار کل ماده خشک در یک کرت به دست آمد و مقدار ماده خشک در واحد سطح محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. به منظور استخراج اسانس از دستگاه کلونجر به روش تقطیر آبی بذرهای آسیاب شده استفاده شد (Boyadzhieva & Angelov, 2014). پس از تعیین محتوی اسانس، عملکرد اسانس از حاصل ضرب عملکرد دانه و محتوی اسانس محاسبه شد.

به منظور بررسی اثر محیط و ژنوتیپ بر صفات بررسی شده، برای هر یک از شرایط موجود در آزمایش (شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی) تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب (شرایط آبیاری معمول تنش خشکی) انجام شد.

از نرم‌افزار آماری SAS برای تجزیه واریانس، مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و بررسی مقایسات مستقل بین ارقام سنتتیک و

بود به این ترتیب در شرایط تنش خشکی عملکرد بیولوژیک حدود ۳۲ درصد کاهش نشان داد.

برای صفت شاخص برداشت در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی ژنوتیپ‌ها تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند و کلیه ژنوتیپ‌ها به جز فزوه در یک گروه قرار گرفتند که ژنوتیپ میانرس مشکین شهر با ۱۹/۱۸ در شرایط آبیاری معمولی و ژنوتیپ زودرس هشتگرد با ۱۶/۴۱ در شرایط تنش بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

اثر تنش خشکی و اثر ژنوتیپ برای صفت محتوی اسانس معنی‌دار بود. محتوی اسانس در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری معمول ۱۵/۴ درصد افزایش یافت. در شرایط آبیاری معمول اکوتیپ والدی فزوه دارای بالاترین محتوی اسانس بود و در شرایط تنش خشکی اکوتیپ فزوه و ارقام سنتتیک زودرس و میانرس دارای محتوی اسانس بالایی بودند. مقایسات مستقل هم نشان داد هر دو شرایط ارقام سنتتیک زودرس و میانرس نسبت به والدین خود تفاوت معنی‌داری نداشتند.

نتایج تجزیه مرکب همچنین نشان داد که اثر تنش، اثر ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش برای صفت عملکرد اسانس معنی‌دار بود. از نظر عملکرد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب اکوتیپ فزوه با ۳۷/۸۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی ارقام سنتتیک میانرس و سنتتیک زودرس با ۲۴/۴۰ و ۲۲/۰۷ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین عملکرد اسانس بودند. مقایسات مستقل برای عملکرد اسانس در شرایط تنش نشان داد که ارقام سنتتیک زودرس و میانرس با والدین خود دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند که ارقام سنتتیک زودرس و میانرس از عملکرد اسانس بالاتری نسبت به میانگین والدین خود برخوردار بودند (جدول ۷).

اختلاف کم، از پایداری بالایی در تولید عملکرد دانه در شرایط تنش در مقایسه با محیط آبیاری معمول برخوردار بودند. همچنین بررسی مقایسات مستقل برای صفت عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول نشان داد که رقم سنتتیک میانرس در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با والدین خود داشت و رقم سنتتیک زودرس فاقد تفاوت معنی‌داری با والدین خود بود (جدول ۴). این ارقام در شرایط آبیاری معمول میانگین عملکرد بالاتری نسبت به والدین خود نداشتند.

در شرایط تنش خشکی ارقام سنتتیک زودرس و میانرس از لحاظ صفت عملکرد دانه در سطح ۱٪ دارای تفاوت معنی‌داری با والدین خود بودند (جدول ۵) و عملکرد دانه بالاتری نسبت به میانگین عملکرد والدین خود داشتند. اگرچه این ارقام سنتتیک فاقد عملکرد بالاتری نسبت به سایرین در شرایط آبیاری معمول بوده ولی در شرایط تنش دارای عملکرد بالاتر و مطلوبی بودند، به عبارت دیگر می‌توان گفت ارقام سنتتیک زودرس و میانرس رازیانه دارای سازگاری اختصاصی با شرایط تنش خشکی هستند.

در شرایط آبیاری معمول اکوتیپ فزوه با ۱۰۵۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشت و با ژنوتیپ‌های سنتتیک زودرس، سنتتیک میانرس و هشتگرد تفاوت معنی‌داری نداشت. و در شرایط تنش خشکی رقم سنتتیک میانرس با ۵۳۷۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه عملکرد بیولوژیک بیشتری داشتند. اثر تنش، اثر ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش برای صفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار است که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت در دو محیط می‌باشد عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری معمول و تنش به ترتیب ۶۲۲۳/۴۵ و ۴۱۸۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های رازیانه در دو محیط آبیاری معمول و تنش خشکی

منابع تغییر	DF	محتوی اسانس	عملکرد اسانس	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تنش	۱	۱/۶۹**	۴۸۸/۶۹**	۱/۸۹ ^{ns}	۵۷۹۶۲/۴۴**	۱۰۲۷۸۹۵/۵۷**
خطای الف	۴	۰/۱۷	۷/۵۶	۴/۱۹	۸۵۹۶/۳۰	۸۴۱۴/۷۹
ژنوتیپ	۵	۰/۸۳**	۱۰۷/۸۳**	۲۵/۱۳**	۹۷۹۳۱/۸۷**	۵۹۷۷۸/۷۳**
ژنوتیپ * تنش	۵	۰/۰۲ ^{ns}	۸۵/۴۷**	۲۳/۷۶**	۴۶۸۴۱/۶۱*	۶۵۹۹۲/۹۶**
خطای ب	۲۰	۰/۱۲	۱۲/۴۸	۴/۲۸	۱۵۷۴۶/۰۶	۶۱۹۸/۲۸
ضریب تغییرات	-	۱۱/۵۳	۱۷/۲۷	۱۵/۹۰	۲۳/۰۰	۱۱/۵۹

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال یک

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسات مستقل صفات مختلف ژنوتیپ‌های رازیانه تحت شرایط آبیاری معمول

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۱۵ ^{ns}	۶۰۰۸/۲۳ ^{ns}	۳/۳۳ ^{ns}	۱۵۷۹۰/۲۳ ^{ns}	۴/۱۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۵	۰/۴۱**	۱۰۵۲۶۷/۴۸**	۱۵۲/۳۸**	۱۱۳۶۰۰/۴۸*	۲۸/۶۶**
مقایسه مستقل ۱	۱	۰/۲۴ ^{ns}	۲۴۶/۹۱ ^{ns}	۸/۰۱ ^{ns}	۲۱۶/۰۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}
مقایسه مستقل ۲	۱	۰/۰۳ ^{ns}	۱۴۲۲۲۲/۲۲**	۸۶/۷۱ ^{ns}	۶۶۹۶۰/۹۱ ^{ns}	۱/۱۸ ^{ns}
خطا	۱۰	۰/۱۸	۱۲۹۶۰/۹۰	۱۹/۳۱	۱۲۹۶۰/۹۰	۴/۲۱
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۸۵	۱۳/۱۶	۱۸/۲۰	۲۴/۲۱	۱۵/۴۸

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال یک درصد

مقایسه مستقل ۱: رقم سنتتیک زودرس در مقابل والدینش

مقایسه مستقل ۲: رقم سنتتیک میان‌رس در مقابل والدینش

جدول ۵ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسات مستقل صفات مختلف ژنوتیپ‌های رازیانه تحت شرایط تنش

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی اسانس	عملکرد دانه	عملکرد اسانس	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۱۸ ^{ns}	۲۶۴۳/۸۲ ^{ns}	۱۱/۹۳ ^{ns}	۱۶۰۰/۲۳ ^{ns}	۴/۲۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۵	۰/۴۲**	۱۹۷۲۲/۳۱**	۴۰/۹۸**	۳۱۱۷۳/۰۸**	۲۰/۲۶**
مقایسه مستقل ۱	۱	۰/۵۶ ^{ns}	۲۹۲۴۶/۱۵**	۸۸/۵۶**	۲۲۶۹۲/۳۱ ^{ns}	۲/۹۱ ^{ns}
مقایسه مستقل ۲	۱	۰/۱۸ ^{ns}	۳۷۷۴۱/۲۲**	۹۰/۶۸**	۶۶۷۶/۹۱ ^{ns}	۴/۳۸ ^{ns}
خطا	۱۰	۰/۰۷	۱۹۶۲۱/۲۶	۵/۵۰	۴۹۸۳/۹۰	۴/۳۶
ضریب تغییرات (%)		۸/۱۱	۸/۶۸	۱۴/۱۷	۱۶/۸۱	۱۶/۳۳

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال یک درصد

مقایسه مستقل ۱: رقم سنتتیک زودرس در مقابل والدینش

مقایسه مستقل ۲: رقم سنتتیک میان‌رس در مقابل والدینش

جدول ۶- مقایسه میانگین برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های رازیانه در محیط آبیاری معمول و تنش خشکی

صفات	عملکرد دانه (kg/ha)		عملکرد بیولوژیک (kg/ha)		شاخص برداشت (%)		محتوی اسانس (%)		عملکرد اسانس (kg/ha)	
	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش
فسا	۶۴۴/۴۴c	۴۳۴/۰۷c	۵۴۸۱/۰۰b	۴۳۰۳/۹۰c	۱۱/۷۵ ab	۱۳/۶۶ab	۲/۷ab	۳/۰۳b	۱۳/۱۳c	۱۷/۴b
هشتگرد	۷۸۵/۱۹bc	۴۵۰/۰۰c	۶۵۶۳/۰۰ab	۴۰۹۲/۹۲c	۱۲/۳۲ ab	۱۶/۴۱a	۲/۶b	۳/۰۳b	۱۳/۷۳c	۲۰/۵b
مشکین شهر	۱۰۲۲/۲۲a	۵۴۵/۹۳abc	۵۴۰۷/۰۱b	۴۴۴۴/۴۴ab	۱۹/۱۸a	۱۲/۳۴ ab	۲/۷۶b	۲/۰۳b	۱۵/۰۶c	۲۳/۷b
فزه	۱۱۲۵/۹۳a	۴۳۸/۵۹c	۱۰۵۹۳/۱۱a	۵۱۵۵/۶۰a	۱۰/۵۰b	۸/۵۶b	۳/۷۰a	۳/۰۳b	۱۶/۲۳bc	۳۷/۸a
سنتتیک	۷۰۳/۷۰c	۵۶۲/۹۶ab	۶۱۲۶/۱ ab	۴۰۸/۸۹ab	۱۱/۵۳ ab	۱۳/۸۲ab	۳/۰۳b	۳/۵۶a	۲۰/۰۷ ab	۲۱/۰b
زودرس	۸۰۷/۴۱bc	۶۲۹/۶۳a	۶۱۷۰/۰ab	۵۳۷۷/۸۰a	۱۴/۱۱ab	۱۱/۹۳ab	۳/۰۳b	۳/۵۶a	۲۲/۴۰a	۲۴/۲b
سنتتیک	۸۴۸/۱۴	۵۱۰/۱۹	۶۲۲۳/۴۵	۴۱۸۵/۶۷	۱۳/۰۶	۱۲/۷۹	۲/۸۳	۳/۲۷	۱۶/۷۷	۲۴/۱۴
میانگین	۸۴۸/۱۴	۵۱۰/۱۹	۶۲۲۳/۴۵	۴۱۸۵/۶۷	۱۳/۰۶	۱۲/۷۹	۲/۸۳	۳/۲۷	۱۶/۷۷	۲۴/۱۴
کاهش %	-۳۹/۸۴		-۳۲/۷۴		-۱۳/۳۳		۱۵/۵۴		-۳۰/۵۳	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۷- میانگین صفات در ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های والدینی رازیانه در شرایط آبیاری معمول و تنش

صفات	عملکرد دانه (kg/ha)		عملکرد بیولوژیک (kg/ha)		شاخص برداشت (%)		عملکرد اسانس (kg/ha)		محتوی اسانس (%)	
	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش	آبیاری	تنش
سنتتیک زودرس	۷۰۳/۰۷a	۵۶۲/۹a	۶۱۲۶a	۴۰۸/۸۹a	۱۱/۵۳a	۱۳/۸۲a	۲۱/۰a	۳/۰۰a	۲۰/۰۷a	۳/۵۶a
والدین زودرس	۷۱۴/۸۱a	۴۴۲/۰b	۶۰۲۲a	۴۱۹۸/۴۱a	۱۱/۹۴a	۱۵/۰۳a	۱۸/۹a	۲/۵۶a	۱۳/۴۳b	۳/۰۳a
سنتتیک میانرس	۸۰۷/۴۱b	۶۲۹/۶a	۶۱۷۰a	۵۳۷۷/۸۰a	۱۱/۹۳a	۱۰/۴۵a	۲۹/۴a	۳/۰۰a	۲۲/۴۰a	۳/۲۳a
والدین میانرس	۱۰۷۴/۰۷a	۴۹۲/۳b	۸۰۰۰a	۴۸۰۰/۰۲a	۱۰/۴۰a	۱۴/۱۱a	۲۴/۲a	۱۵/۶۴b	۲/۸۶a	۳/۵۶a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

از عملکرد بالاو پایداری عملکرد در پاسخ به تغییرات شرایط محیطی برخوردار باشد

یکی از اهداف راهبردی در برنامه‌های به‌نژادی در مناطق دارای تنش، معرفی ژنوتیپ‌هایی است که

اما به دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی عملکرد اسانس به شدت کاهش یافت که این یافته با نتایج جمشیدی و همکاران (Jamshidi *et al.*, 2012) در گیاه رازیانه و حیدری و همکاران (Heidari *et al.*, 2010) در گیاه انیسون مطابقت دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که صفات مطلوب و مفیدی در شرایط تنش از طریق تولید ارقام سنتتیک رازیانه قابل بهره‌برداری است. از سوی دیگر، گسترش پایه ژنتیکی منابع به منظور به حداقل رساندن خطر فرسایش ژنتیکی ضروری است، همچنین اعتقاد بر این است که استفاده از مواد متنوع ژنتیکی متضمن افزایش توان تولید و پایداری عملکرد است (Rajaram, 2000).

نتایج حاکی نشان داد که ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی ایجاد شده، نسبت به ژنوتیپ‌های والدی خود از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد اسانس در شرایط تنش خشکی برتری داشتند. تنوع زیادی که در اثر تلاقی چندین جزء با قابلیت ترکیبی بالا در ارقام سنتتیک به وجود می‌آیند به آنها در مقایسه با رقم‌های معمولی انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق زیادی را می‌دهند (Honarnejad, 1993) که باعث عملکرد بهتر این ارقام نسبت به والدینشان در شرایط تنش خشکی می‌شود. به عنوان نتیجه باید گفت که روش اصلاحی ایجاد ارقام سنتتیک مقاوم به خشکی در گیاه رازیانه موفقیت‌آمیز می‌باشد، طوری که در شرایط تنش خشکی ارقام سنتتیک دارای عملکرد دانه و عملکرد اسانس بالاتری نسبت به اکوتیپ‌های والدی هستند تظاهر موفقیه ارقام سنتتیک رازیانه در شرایط محیطی نسبتاً سخت تنش خشکی امکان استفاده از این ارقام در شرایط گرم و خشک را نوید می‌دهد. در حال حاضر رازیانه در کردستان، کرمانشاه و همدان با بارندگی سالانه ۴۵۰ میلی‌متر به صورت دیم کشت می‌شود. در صورت داشتن ارقام مقاوم به خشکی می‌توان در همین مناطق عملکرد بیشتری داشت و حتی کشت دیم را در مناطق با بارندگی‌های کمتر نیز گسترش داد.

میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی به ترتیب ۸۴۸ و ۵۱۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶) بدین ترتیب در شرایط تنش عملکرد دانه حدود ۴۰ درصد در مقایسه با شرایط آبیاری معمول کاهش یافت، برای عملکرد دانه آب مهم‌ترین عامل محدودکننده می‌باشد، با کاهش میزان آب عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. بروز تنش خشکی طی مراحل مختلف نمو مخصوصاً مرحله زایشی سبب کاهش طول دوره فتوسنتزی، انتقال مواد حاصل از فتوسنتز جاری به دانه، سهم انتقال مجدد مواد ذخیره شده ساقه به دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Pouryousef *et al.*, 2012). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در گیاه رازیانه با نتایج (Mohamed & Abdu, 2004; Osman, 2009; Pouryousef *et al.*, 2012) مطابقت داشت.

عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری معمول و تنش به ترتیب ۶۲۲۳/۴۵ و ۴۱۸۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار بود در شرایط تنش خشکی عملکرد بیولوژیک حدود ۳۲ درصد کاهش نشان داد. تنش خشکی سبب کاهش فشار تورژسانس سلولی و به دنبال آن کاهش نمو سلولی و رشد اندام‌های گیاه می‌شود. از طرف دیگر، تنش خشکی میزان جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت و طول دوره رشد گیاه و همچنین سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد و همه این عوامل نهایتاً منجر به کاهش تولید ماده خشک بیولوژیک می‌گردد (Goldani & Rezvanimoghdam, 2005). قابل ذکر است که در شرایط تنش کاهش، بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با کاهش عملکرد بیولوژیک (به ترتیب ۴۰٪ و ۳۲٪ کاهش برای عملکرد دانه و بیولوژیک) موجب شد که شاخص برداشت در شرایط خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری معمول کاهش یابد. در تحقیق Esfandiari و همکاران (۲۰۱۰) در زیره سبز نتیجه مشابه‌ای به دست آمده است.

در شرایط تنش خشکی عملکرد اسانس حدود ۳۵/۵۸ درصد نسبت به شرایط آبیاری معمول کاهش نشان داد. اگرچه تنش خشکی باعث افزایش محتوی اسانس می‌شود،

منابع مورد استفاده

- (*Cuminum cyminum* L.). Acta Horticulturae, 853: 47-52.
- FAO, 2012. stat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/P/PM/E.
 - Farsi, M. and Baqheri. A., 2006. Principles of Plant Breeding. Publication of Jahad Daneshgahi of Mashhad. Third edition: 116 p. (in Persian).
 - Fehr, W. R., 1987. Principles of Cultivar Development. Vol II, MacMillan Pub. Co., New York
 - Goldani, M. and Rezvanimoghadam, P., 2005. The effects of drought and planting date on yield and yield components of rainfed and irrigated varieties of chickpea in Mashhad. Journal of Iranian Field Crop Research, 2: 1-12.
 - Hallauer, A.R. and Miranda, J., 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
 - Hanson, A.A., 1988. Alfalfa and Alfalfa Improvement. Madison, Wisconsin, US
 - Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakoli, A. and Saba, J., 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: 121-130 (In Persian).
 - Honarnejad, R., 1993. Principles of Plant Breeding. Publication of University of Gilan, 275 p. (in Persian).
 - Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Goltaph, E.M., 2012. Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28: 309-323.
 - Khorshidi, J., Fazel Mirahmadi, S. and Fakhr Tabatabaei, M., 2010. Oil content and yield of *Foeniculum vulgare* Mill. cv. Soroksary seeds as affected by different plant cultivation densities. Journal of American Science, 6 : 1098-1100.
 - Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Azizi, G., 2006. The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foeniculum vulgare*) landraces. Journal of Iranian Field Crop Research, 4: 131-140 (in Persian).
 - Lozano, G. A., 1998. Parasitic stress and self-medication in wild animals. p. 291-317. In A. L. Page et al. (ed.) Advances in the Study of Behavior. Part 27. 1st. London.
 - Mohamed, M.A.H. and Abdu, M., 2004. Effect of irrigation and organic fertilization on growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Biological Agriculture and Horticulture, 22: 31-39.
 - Aastveit, A. H. and Aastveit. K., 1990. Theory and application of open-pollination and polycross in forage grass breeding. Theoretical and Applied Genetics, 79: 618-624.
 - Amato, G., Stringia, L. and Glamal, D., 1997. Evaluation of progenies of sulla (*Hedysarum Coronarium* L.) derive from Sicilian landraces. Rivista di Agronomia, 31: 166-769.
 - Baghchghi, R., 2014. Evolution of morphological variation and yield components for fennel ecotypes after plantlet stabilization under drought stress conditions, M.Sc. thesis. College of Aburairhan, University of Tehan, Iran, (in Persian).
 - Bahmani, K., Izadi Darbandi, A. and Sadat Noori, S.A., 2014. Evaluation of essential oil content and components in some iranian fennel ecotypes. Journal of Crop Improvement, 15: 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: 424 - 444.
 - Bahmani, K., Izadi-Darbandi, A., Jafari, A.A., Sadat Noori, S.A. and Farajpour, M., 2012b. Assessment of genetic diversity in iranian fennels using ISSR markers. Journal of Agricultural Science, 4: 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.
 - Bahmani. K., Izadi Darbandi, A., Ramshini, H.A., Moradi, N. and Akbari, A., 2015. Agromorphological and phytochemical diversity of various Iranian fennel landraces. Industrial Crops and Products, 77; 282-294.
 - Boyadzhieva, S. and Angelov, G., 2014. Optimization of water extraction of fennel seeds. The Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49: 447-450.
 - 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).
 - Dashora, A., Sastry, E.V.D., Singh. D. and Nagda. A.K., 2003. Combining ability analysis in varietal crosses of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 63: 89-90.
 - Esfandiari, T., Saberi, M. and Mollafilabi, A., 2010. Effects of planting date and irrigation date on qualitative and quantitative characteristics of cumin

- harvesting time on grain yield and its components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, 16-17 May: 315.
- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S. and Fujita, K., 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. *Environmental and Experimental Botany*, 52: 131-138.
 - Sheidai, M., Kalhor Home, N. and Poorneydanei, A., 2007. Cytogenetic study of some populations of *Foeniculum vulgare* (Umbelliferae) in Iran. *Caryologia*, 60: 257-261.
 - Singh, G., Maurya, S., Lampasona, M.P. and Catalan, C., 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control*, 17: 745-752.
 - Moradi, N., 2012. Effect of salinity and drought stresses on germination and plantlet growth in Iranian Fennels (*Foeniculum vulgare* Mill). M.Sc. thesis. College of Aburaihan, University of Tehan, Iran, (in Persian).
 - Nematzadeh, G. and Kiani. G., 2005. Plant Breeding. Publication of University of Mazandaran.1, Sari, Iran, 456p. (in Persian).
 - Omid-beigi, R., 2007. Production and processing of medicinal plants.Vol. 1. Astan-Quds pub. 347p, (In Persian).
 - Rajaram, S., 2000. International wheat breeding: past and present achievements and future directions. Special Report of CIMMYT, Mexico, DF. Mexico.
 - 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. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5: 541-554.
 - Pouryousef, M., Tavakoli, A., Maleki, M. and Barkhordari, K., 2012. Effects of drought stress and

Development of drought tolerant synthetic cultivars of fennel and their assessment under normal and drought conditions at stage after flowering

K. Bahmani¹, A. Izadi Darbandi^{2*} and A. Akbari³

1- Ph.D student, Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Abureihan, University of Tehran, I.R.Iran.

2*- Corresponding author, Assoc. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Abureihan, University of Tehran, I.R.Iran, Email: aizady@ut.ac.ir

3- M.Sc., Department of Agronomy and Plant Breeding Science, College of Abureihan, University of Tehran, I.R.Iran.

Received: 01.11.2015

Accepted: 24.01.2016

Abstract

Fennel (*Foeniculum vulgare*) is one of the most important medicinal plants with many usages in medical, food and cosmetic industries. Development method of two early and medium maturity synthetic cultivars of fennel with the aim of drought tolerance is discussed. The synthetic cultivars were assessed along with their elite parents at two separate environments, with normal irrigation and drought stress conditions. Results showed on the two environmental conditions, there were significant differences among the genotypes. Mean comparison of genotypes showed that in non-stress conditions, the most seed yield belonged to parental medium maturity genotypes of Meshkinshahr and Fozveh; and in drought stress conditions belonged to early and medium maturity synthetic cultivars. Independent mean comparison among the synthetic cultivars and the parents in each growth conditions showed that; in stress conditions according to the elite parents the synthetic cultivars had higher seed and essential oil yields. Finally, for enhancement of drought tolerance of fennel species, breeding method of synthetic cultivar is recommended, so that in environments with variable climate, especially water shortage, the mentioned cultivars can produce satisfactory yield.

Keywords: Drought stress, fennel, synthetic cultivar, yield.