"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هفدهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٤

ارزیابی روابط بین عملکرد دانه و صفات گیاهی در ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های برتر رازیانه (*Foeniculum vulgare*. Mill) در شرایط تنش خشکی

Relationships between seed yield and plant characteristics in synthetic cultivars and elite ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress conditions

اعظم اکبری[1]، علی ایزدی دربندی[2]، کیوان بهمنی[3] و حسینعلی رامشینی[4]

چکیده

اکبری، ا.، ع. ایزدی دربندی، ک. بهمنی و ح.ع. رامشینی. ١٣٩٤ . ارزیابی روابط بین عملکرد دانه و صفات گیاهی در ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های برتر رازیانه (*Foeniculum vulgare*. Mill) در شرایط تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ١٧(٤):٣١٤-٣٠١.**

در این پژوهش، روابط بین صفات زراعی و عملکرد دانه در بین نتاج نسل اول سه رقم سنتتیک و هفت اکوتیپ والدینی رازیانه در دو آزمایش جداگانه بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در بهار سال ١٣٩٢ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر کلیه صفات مورد بررسی وجود داشت. در شرایط بدون تنش ارقام سنتتیک میان‌رس و مشکین شهر با ٢٣٥٧ و ٢٢٠٨ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی نیز مشکین شهر و سنتتیک میان‌رس با ١٠٩١ و ١٠٨١/٥کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند. نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی بین صفات در شرایط بدون تنش نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد چتر (r= ٠/٩٤**)، تعداد چترک (r= ٠/٨٩**)، تعداد دانه در چتر (r= ٠/٨٩**) و قطر گل (r= ٠/٧٩**)، و در شرایط تنش با صفات تعداد چتر (r= ٠/٧٧**)، تعداد چترک (r= ٠/٨٦**)، قطر ساقه (r= ٠/٨٥**) و قطر گل (r= ٠/٩٦**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نیز مشخص نمود که صفات مستقل موثر و معنی‌دار در عملکرد دانه در شرایط بدون تنش شامل قطر ساقه، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در چتر و در شرایط تنش شامل قطر ساقه، تعداد چتر و تعداد گره بودند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش تعداد چتر بیشترین اثر مستقیم و مثبت را در ایجاد تغییرات عملکرد دانه داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که صفت تعداد چتر یکی از مهم‌ترین صفات زراعی برای انتخاب ارقام رازیانه با عملکرد دانه بالا در شرایط بدون تنش و تنش خشکی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، تنش خشکی، رازیانه، رقم سنتتیک و رگرسیون گام به گام.

تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٦/٠٧ تاریخ پذیرش: ١٣٩٤/١١/٢٦ این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می باشد.

١- دانش آموخته کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
٢-دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: aizady@ut.ac.ir)
٣- دانشجوی دکتری پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۴- استاد یار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) یکی از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین گیاهان دارویی محسوب می‌شود(Omidbeigi, 2007). اجزای اصلی اسانس رازیانه شامل ترانس آنتول، متیل چاویکول، فنچون و لیمونن است (Bahmani *et al.*, 2012) که در صنایع داروسازی به منظور درمان سرفه، دل درد، نفخ، سوء هاضمه کودکان و تحریک تولید شیر در مادران شیرده استفاده می‌شود (Abdul Ghani and Amin, 1988). میزان تولید جهانی دانه رازیانه ۸۳۰ هزار تن در سال است که ایران با تولید حدود ۵ درصد این مقدار، چهارمین تولید کننده بزرگ رازیانه می‌باشد (FAO, 2012). باتوجه به رشد روزافزون تقاضا در بازارهای جهانی برای دانه و اسانس رازیانه و نیز با اشاره به محدود شدن بارندگی و منابع آبی (از جمله مناطق خشک مانند ایران)، اصلاحگران باید بیش از پیش به این گیاه دارویی و ادویه‌ای مهم توجه کنند (Dashora *et al*., 2003). استفاده از ارقام اصلاح شده با عملکرد بالا و متحمل به خشکی یک راهکار مناسب و عملی جهت مرتفع کردن نیاز بازار و مقابله با کم آبی است (Najafian *et al.*, 2011). رازیانه‌های ایرانی تنوع قابل ملاحظه‌ای از لحاظ صفات اگرومورفولوژیک (Bahmani *et al.*, 2012a)، ژنتیکی (Bahmani *et al.*, 2012b and 2013)، سیتوژنتیکی (Sheidai *et al.*, 2007) و فیتوشیمیایی (Bahmani *et al.*, 2014) داشته و در میان آن‌ها ژنوتیپ‌های با ارزشی وجود دارد که می‌توان از آنها به عنوان خزانه ژنی در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. تولید ارقام سنتتیک رازیانه نیز می‌تواند پتانسیل جدیدی در برنامه‌های اصلاحی این گیاه ایجاد کند. هدف از تولید ارقام سنتتیک تهیه رقمی است که علاوه بر دارا بودن تنوع ژنی (جهت حفظ توان گیاه)، در رابطه با صفت مورد نظر از یکنواختی نسبی نیز برخوردار باشد (Allard, 1960). در ارقام سنتتیک امکان استفاده بخشی از هتروزیس در گیاهانی که کنترل گرده‌افشانی در آنها میسر نیست، فراهم می‌شود و در شرایط متغییر و نامساعد رشدی مانند تنش خشکی، عملکرد آنها به مراتب بهتر از ارقام هیبرید می‌باشد (Nemat Zadeh and Kiani, 2005).

در اصلاح نباتات همبستگی بین صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا میزان و نوع رابطه ژنتیکی و غیرژنتیکی بین دو یا چند صفت را نشان می‌دهد. همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مختلف ممکن است به‌نژادگر را درگزینش غیر مستقیم برای صفات مهم از طریق صفات کم اهمیت که اندازه‌گیری آن‌ها آسان‌تر است، یاری نماید (Singh, 1990). با افزایش متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته، وابستگی صفات به یکدیگر محدود می‌شود. در چنین شرایطی، همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط اساسی متغیرها را توجیه کنند(Ariyo *et al.,* 1986). تجزیهٔ علیت روشی است که روابط بین صفات و اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها بر عملکرد را روشن می‌سازد. در این روش ضریب همبستگی بین دو صفت به اجزایی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه‌گیری می‌کنند، تفکیک می‌شود (Honarnejad, 2002). صفایی و همکاران (Safaei *et al.*, 2014) در ارزیابی دوازده رقم رازیانه گزارش کردند که صفات وزن هزار دانه، تعداد روز تا رسیدگی کامل و تعداد چترک در بوته، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در واحد سطح دارند. بهمنی و همکاران (Bahmani *et al.*, 2012)در ارزیابی تنوع موفولوژیک و فنولوژیک ۵۰ اکوتیپ رازیانه با استفاده از روش رگرسیون گام به گام گزارش کردند که وزن زیست توده و شاخص برداشت بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه داشتند. ژیندال و الله رنگ (Jindal and Allah-Rang, 1986)در آزمایشی گزارش کردند که تعداد دانه در چترک بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه رازیانه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

داشت.

هدف از این تحقیق تعیین همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفت عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن، برآورد اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه در ارقام سنتتیک رازیانه و والدین برتر آنها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۲در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت، جنوب شرقی استان تهران اجرا شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۲۷ متر بود. منطقه پاکدشت جزء مناطق خشک محسوب شده و بارندگی‌ها عمدتاً در دو فصل پاییز و زمستان (با میانگین حدود ۱۴۰ میلی‌متر) صورت می‌گیرد. درجه حرارت متوسط سالیانه هوا ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر و تعرق سالیانه آن بیشتر از میانگین بارندگی سالیانه است.

مواد گیاهی استفاده شده در این تحقیق نتاج نسل اول (syn1) سه رقم سنتتیک و هفت اکوتیپ والدی شامل رقم سنتتیک زودرس و دو اکوتیپ والدی آن (فسا و رفسنجان)، رقم سنتتیک میان‌رس و سه اکوتیپ والدی آن (مشکین شهر، مغان و خاش) و رقم سنتتیک دیررس و دو اکوتیپ والدی آن (حاجی آباد و قزوین) بودند (جدول ۱).

جدول ۱- ارقام رازیانه مورد ارزیابی در این آزمایش

Table 1. Fennel cultivars used in the experiment

Origin	منشاء	شماره رقم No.	Synthetic cultivars	ارقام سنتتیک
Fasa	فسا	12674	Synthetic early maturity	سنتتیک زودرس
Moqhan	مغان	13297	Synthetic medium maturity	سنتتیک میان‌رس
Meshkin shahr	مشکین شهر	10580	Synthetic late maturity	سنتتیک دیررس
Khash	خاش	22084		
Rafsanjan	رفسنجان	23038		
Hajiabad	حاجی آباد	26867		
Qazvin	قزوین	23793		

برای تولید ارقام سنتتیک پر محصول ابتدا غربال ۵۰ اکوتیپ رازیانه که از مناطق مختلف کشور جمع آوری شده بودند در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت و اکوتیپ‌های برتر از لحاظ عملکرد دانه و محتوای اسانس در سه تیپ رشدی زودرس، میان‌رس و دیررس انتخاب شدند. پس از برآورد مقدار ترکیب‌پذیری عمومی، بلوک‌های تلاقی ایزوله برای اکوتیپ‌های منتخب هر تیپ رشدی شامل ۱۰ اکوتیپ منتخب زودرس، ۱۰ اکوتیپ منتخب میان‌رس و پنج اکوتیپ منتخب دیررس ایجاد گردید و پلی‌کراس بین اکوتیپ‌های والدی صورت گرفت. در هر سه تیپ رشدی مقدار مساوی بذر از هر اکوتیپ والدی به صورت جداگانه نمونه‌برداری شده و با هم مخلوط شدند و بذور نسل اول ارقام سنتتیک (syn1) تشکیل داده شد (داده‌های منتشر نشده نگارندگان).

طرح آزمایشی مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بود. کاشت ارقام (شامل ارقام سنتتیک و اکوتیپ‌های برتر والدینی آن‌ها) در هر تکرار در یک کرت ۱/۵×۱/۵ متری صورت گرفت که فاصله

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

ردیف‌ها از هم ۳۰ سانتی‌متر بود و بذرها در عمق ۳-۲ سانتی‌متر در ۲۴ فروردین کشت شدند. تهیه زمین براساس روش معمول اجرای آزمایشات انجام شد. جنس خاک رسی- شنی و از لحاظ میزان مواد غذایی در حد قابل قبول برای گیاهان زراعی بود و بنابراین هیچ نوع کودی استفاده نشد. برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت استفاده شد. آبیاری کل مزرعه در هر دو رژیم آبیاری تا مرحله ۵۰ درصد گلدهی ارقام، بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. برای شرایط بدون تنش، این شیوه آبیاری تا انتهای دوره رشد ارقام ادامه یافت. برای شرایط تنش خشکی،آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. دور آبیاری برای شرایط بدون تنش تقریبا هر هفت روز و برای شرایط تنش هر ۱۴ روز یک بار در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، در زمان رسیدگی کامل با رعایت اثر حاشیه عملکرد کل بوته‌های هر کرت برداشت و بر حسب کیلوگرم در هکتار ثبت گردید. عملکرد بیولوژیک از مقدار کل ماده خشک در هر کرت و محاسبه مقدار ماده خشک در واحد سطح بدست آمد. به منظور استخراج اسانس از روش تقطیر با آب استفاده شد (Boyadzhieva and Angelov, 2014). عملکرد اسانس از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه شد.صفات گیاهی مورد ارزیابی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- صفات گیاهی اندازه‌گیری شده در ارقام رازیانه

Table 2. Plant characteristics of fennel cultivars

No	Plant characteristics	صفات گیاهی	No.	Plant characteristics	صفات گیاهی
1	Plant height (cm)	ارتفاع بوته	11	Number of seeds.umbel^{-1}	تعداد دانه در چتر
2	Seed viability (%)	قوه نامیه	12	1000 seed weight (g)	وزن هزار دانه
3	Number of nodes	تعداد گره	13	Middle internodes length (cm)	طول میانگره وسط
4	Pedicil length (cm)	طول دمگل	14	Terminal internodes length (cm)	طول میانگره نهایی
5	Number of branch	تعداد شاخه	15	Essential oil content (%)	میزان اسانس
6	Number of leaves	تعداد برگ	16	Essential oil yield (kg.ha^{-1})	عملکرد اسانس
7	Stem diameter (cm)	قطر ساقه	17	Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک
8	Umbel diameter (cm)	قطر گل	18	Harvest index (%)	شاخص برداشت
9	Number of umbels	تعداد چتر	19	Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه
10	Number of umbellate	تعداد چترک	20	Harvest index of essential oil (%)	شاخص برداشت اسانس

پس از اندازه‌گیری صفات، تجزیه واریانس داده‌ها انجام شد.ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی با استفاده ازواریانس‌ها و کوواریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی با استفاده از روابط ارائه شده توسط میلر و همکاران (Miller *et al.*, 1957) به شرح زیر محاسبه شدند.

رابطه (۱)
$$r_{ph} = \frac{\sigma_{ph\,1,2}}{\sqrt{(\sigma^2_{ph1})(\sigma^2_{ph2})}}$$

رابطه (۲)
$$r_g = \frac{\sigma_{g\,1,2}}{\sqrt{(\sigma^2_{g1})(\sigma^2_{g2})}}$$

r ضریب همبستگی، σ و σ^2به ترتیب کوواریانس و واریانس، g و ph علائم ژنوتیپی و فنوتیپی و 1 و 2 صفات اول و دوم هستند.

تجزیه رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار SAS محاسبه گردید. اثرات مستقیم و غیرمستقیم با استفاده از ضرایب همبستگی ژنوتیپی و حل معادلات مربوطه برآورد شد (Farshadfar, 1998). تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام رازیانه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی برای کلیه صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشان دهنده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در محیط بدون تنش مربوط به ارقام سنتتیک میان‌رس و مشکین شهر (به ترتیب ۲۳۵۷ و ۲۲۰۸ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط تنش خشکی نیز ارقام مشکین شهر و سنتتیک میان‌رس (به ترتیب ۱۰۹۱ و ۱۰۸۱/۵ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۳). کمترین عملکرد دانه در محیط بدون تنش و تنش خشکی متعلق به رقم دیررس قزوین (به ترتیب ۴۸۴/۴ و ۴۵۲/۷ کیلوگرم در هکتار) بود. ارقامی که بیشترین تفاوت عملکرد بین محیط بدون تنش و تنش را دارا بودند، دارای پایداری پایین و عموماً حساس به تنش خشکی هستند و ارقام با تفاوت کم، از پایداری بالایی در تولید عملکرد دانه در شرایط تنش در مقایسه با محیط بدون تنش برخوردار هستند. کاهش عملکرد دانه به دلیل تنش خشکی در برخی ارقام کمتر و در برخی بسیار زیاد بود. برای مثال رقم والدی دیررس حاجی‌آباد با ۶۴ درصد، بیشترین کاهش عملکرد را داشت. این رقم با اینکه در شرایط بدون تنش از عملکرد بالایی برخوردار بود، در شرایط تنش افت عملکرد زیادی داشت و رقم والدی دیررس قزوین با ۷ درصد کاهش، کمترین افت عملکرد را داشت، هرچند که مقدار عملکرد آن در هر دو محیط پایین بود.

جدول ۳- میانگین عملکرد دانه و میزان کاهش آن در ارقام رازیانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Seed yield and yield reduction rate in fennel cultivars under normal and drought stress conditions

Fennl cultivars	ارقام رازیانه	Seed yield ($kg.ha^{-1}$) عملکرد دانه: بدون تنش Yp	تنش Ys	میزان کاهش Reduction (%)
Fasa	فسا	1075.1	755.7	-30
Rafsanjan	رفسنجان	830.1	618.8	-25
Synthetic early maturity	سنتتیک زودرس	1181.6	848.8	-28
Khash	خاش	2107.3	1037.0	-50
Moghan	مغان	1719.1	906.1	-47
Meshkinshahr	مشکین‌شهر	2208.1	1091.9	-50
Synthetic medium maturity	سنتتیک میان‌رس	2357.1	1081.5	-54
Ghazvin	قزوین	484.4	452.7	-7
Hajiabad	حاجی‌آباد	1576.3	571.8	-64
Synthetic late maturity	سنتتیک دیررس	908.7	577.8	-36

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی برای صفات در شرایط بدون تنش نشان داد که در اکثر موارد علامت ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی با هم یکسان بودند (جدول ۴). در موارد زیادی ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی از نظر مقدار بسیار به هم نزدیک بودند که نشان دهنده کاهش واریانس و کوواریانس محیطی تا یک سطح قابل اغماض می‌باشد. در بعضی موارد میزان همبستگی‌ها تفاوت داشته و همبستگی فنوتیپی مقدار بیشتری داشت، دراین حالت اثر محیط را می‌توان موثر دانست. بررسی همبستگی ژنوتیپی صفات نشان داد که همبستگی ژنوتیپی مثبت و قوی بین عملکرد دانه با تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در چتر و قطر گل در سطح یک درصد وجود داشت، در نتیجه این صفات، از صفات گیاهی مهم و تاثیرگذار در عملکرد نهایی دانه در ارقام رازیانه محسوب می‌شوند. به طور کلی صفت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

جدول ۴- ضرایب همبستگی ژنوتیپی (زیر قطر) و فنوتیپی (بالای قطر) صفات گیاهی ارقام رازیانه در شرایط بدون تنش

Table 4. Genotypic correlation coefficients (below diameter) and phenotypic correlation coefficients (above diameter) of plant characteristics of fennel cultivars in non-stress conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	-0.92**	0.78**	0.01	0.20	0.78**	0.12	-0.25	0.24	-0.48	0.34	-0.11	-0.73**	0.67*	0.46	0.06	0.65*	-0.71*	0.00	-0.70*
2	-1.00	1	-0.66**	-0.10	-0.21	-0.62*	-0.03	0.37	0.01	0.57	-0.11	0.21	0.63*	-0.73**	-0.55	0.17	-0.36	0.81**	0.24	0.78**
3	0.85**	-0.95**	1	-0.40	0.55	0.86**	0.54	0.21	0.64*	-0.10	0.53	-0.28	-0.91**	0.22	0.64*	0.39	0.75**	-0.47	0.29	-0.44
4	-0.06	-0.26	-0.52	1	-0.60*	-0.26	-0.64*	-0.46	-0.75**	-0.67*	-0.49	0.55	0.57	0.70*	0.02	-0.73**	-0.54	-0.39	-0.71**	-0.38
5	0.21	-0.43	0.67*	-0.80**	1	0.50	0.59	0.71**	0.63*	0.50	0.50	-0.07	-0.49	-0.18	0.19	0.54	0.43	0.14	0.52	0.21
6	0.85**	-0.80**	0.94**	-0.29	0.54	1	0.28	0.17	0.52	-0.20	0.34	-0.04	-0.81**	0.37	0.33	0.23	0.70*	-0.47	0.21	-0.51
7	-0.05	-0.48	0.59	-1.00**	0.69*	0.33	1	0.60*	0.81**	0.57	0.76**	-0.29	-0.50	-0.42	0.37	0.72*	0.52	0.25	0.61*	0.38
8	-0.33	0.43	0.24	-0.52	0.77**	0.16	0.72*	1	0.70*	0.81**	0.59	0.20	-0.17	-0.43	-0.16	0.72*	0.33	0.65*	0.75**	0.63*
9	0.27	0.03	0.69*	-0.80**	0.72*	0.54	0.88**	0.72*	1	0.70*	0.87**	-0.16	-0.64*	-0.41	0.09	0.92**	0.84**	0.34	0.88**	0.36
10	-0.77**	0.93**	-0.21	-1.00**	0.86**	-0.21	0.73**	1.00**	0.88**	1	0.56	-0.06	-0.02	-0.76**	-0.41	0.79**	0.25	0.90**	0.83**	0.88**
11	0.38	-0.10	0.55	-0.58	0.59	0.35	0.79**	0.63**	0.92**	0.76**	1	-0.03	-0.49	-0.18	0.07	0.89**	0.82**	0.31	0.83**	0.36
12	-0.19	0.20	-0.32	0.66	-0.11	-0.06	-0.53	0.18	-0.23	0.03	-0.05	1	0.46	0.34	-0.25	-0.05	-0.10	0.15	-0.02	0.21
13	-0.85**	0.77**	-1.00**	0.58	-0.63*	-0.87**	-0.76**	-0.16	-0.69**	0.00	-0.53	0.60*	1	-0.11	-0.41	-0.45	-0.77**	0.32	-0.40	0.39
14	0.69*	-1.00**	0.17	0.76	-0.35	0.43	-0.95**	-0.58	-0.46	-1.00	-0.20	0.49	-0.18	1	0.25	-0.50	0.00	-0.73**	-0.51	-0.75**
15	0.49	-0.82**	0.73**	0.04	0.24	0.38	0.44	-0.23	0.06	-0.55	0.09	-0.41	-0.47	0.32	1	-0.11	0.10	-0.66*	-0.30	-0.47
16	0.03	0.19	0.44	-0.77**	0.69*	0.26	0.94**	0.76**	0.97**	1.00**	0.99**	-0.10	-0.48	-0.64**	-0.18	1	0.76**	0.58	0.98**	0.58
17	0.65*	-0.53	0.82**	-0.63*	0.54	0.74**	0.61*	0.35	0.91**	0.20	0.89**	-0.15	-0.85**	-0.07	0.10	0.82**	1	-0.01	0.72*	-0.03
18	-0.77**	1.00**	-0.49	-0.38	0.22	-0.50	0.39	0.72**	0.37	1.00**	0.40	0.18	0.34	-0.89**	-0.78**	0.59	0.03	1	0.67**	0.93**
19	-0.03	0.29	0.32	-0.75	0.65*	0.23	0.74**	0.79**	0.94**	0.89**	0.89**	-0.04	-0.42	-0.64*	-0.36	0.98**	0.77**	0.68*	1.00	0.61*
20	-0.94**	1.00**	-0.59	-0.52	0.27	-0.61*	0.77**	0.82**	0.50	1.00**	0.57	0.30	0.53	-1.00**	-0.68**	0.71*	0.17	1.00**	0.74**	1.00

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

**و *: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Names of plant characteristics related to each number, have been presented in table 2

نام صفت مربوط به هر شماره در جدول ۲ ارائه شده است

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

جدول ۵– ضرایب همبستگی ژنوتیپی (زیر قطر) و فنوتیپی (بالای قطر) صفات گیاهی ارقام رازیانه در شرایط تنش خشکی

Table 5. Genotypic correlation coefficients (below diameter) and phenotypic correlation coefficients (above diameter) of plant characteristics of fennel cultivars in drought stress conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	-0.49	0.88**	-0.64*	0.78**	0.91**	0.09	-0.21	0.56	-0.19	0.16	-0.55	-0.70*	-0.44	0.7*1	0.24	0.76**	-0.54	0.09	-0.53
2	-0.80**	1	-0.44	0.52	-0.18	-0.48	0.35	0.46	-0.07	0.49	-0.10	0.51	0.52	0.44	-0.26	0.26	-0.56	0.79**	0.33	0.80**
3	1.00**	-0.52	1	-0.73**	0.70**	0.92	0.06	-0.17	0.67	-0.36	-0.08	-0.72**	-0.79**	-0.54	0.77**	0.23	0.82**	-0.62*	0.08	-0.65*
4	-1.00**	0.68*	-0.82**	1	-0.34	-0.50	0.29	0.45	-0.57	0.56	0.30	0.47	0.93**	0.87**	-0.27	-0.09	-0.67*	0.54	-0.05	0.64*
5	0.89**	-0.25	0.77**	-0.49	1	0.82**	0.59	0.22	0.65*	0.20	0.20	-0.34	-0.54	-0.16	0.51	0.54	0.74**	-0.26	0.42	-0.25
6	1.00**	-0.59	1.00**	-0.61*	0.88**	1	0.30	0.03	0.66**	-0.07	0.25	-0.65*	-0.63*	-0.28	0.76**	0.37	0.86**	-0.53	0.20	-0.51
7	-0.08	0.34	0.01	0.39	0.66**	0.24	1	0.87**	0.55	0.85**	0.53	0.18	0.08	0.49	-0.07	0.86**	0.34	0.46	0.83**	0.47
8	-0.58	0.60*	-0.25	0.48	0.16	-0.07	1.00**	1.	0.34	0.88**	0.49	0.31	0.31	0.6**	-0.23	0.70*	0.06	0.62	0.72	0.59
9	0.67*	-0.10	0.73	-0.69*	0.68*	0.71*	0.66*	0.36	1	0.22	0.18	-0.32	-0.69	-0.27	0.18	0.81	0.84	-0.05	0.75	-0.12
10	-0.48	0.55	-0.43	0.54	0.20	-0.05	1.18	1.16	0.26	1	0.68	0.51	0.44	0.71	-0.35	0.71	-0.06	0.75	0.74	0.77
11	0.05	-0.26	-0.11	0.32	0.12	0.22	0.69*	0.54	0.15	0.90**	1	0.36	0.31	0.56	-0.09	0.48	0.15	0.39	0.45	0.42
12	-0.95**	0.64*	-0.84**	0.53	-0.43	-0.86**	0.17	0.32	-0.32	0.57	0.42	1	0.65	0.53	-0.71	0.07	-0.62	0.82	0.21	0.76**
13	-0.95**	0.6*0	-0.84**	1.00**	-0.62*	-0.73**	0.04	0.32	-0.74**	0.47	0.37	0.72*	1	0.83**	-0.34	-0.24	-0.83**	0.62*	-0.17	0.69*
14	-0.71*	0.52	-0.64*	1.02	-0.23	-0.36	0.57	0.77**	-0.39	0.80**	0.73**	0.63*	0.96**	1	-0.27	0.13	-0.43	0.58	0.15	0.62
15	0.93**	-0.30	0.94**	-0.47	0.55	1.00**	-0.07	-0.28	0.19	-0.58	-0.09	-0.82**	-0.42	-0.36	1	-0.10	0.40	-0.57	-0.28	-0.49
16	0.28	0.27	0.29	-0.13	0.62	0.45	1.00**	1.00**	0.97**	0.82**	0.57	0.05	-0.25	0.19	-0.26	1	0.53	0.43	0.98**	0.41
17	0.85**	-0.78**	0.89**	-0.81**	0.79**	0.92**	0.24	-0.02	0.91**	-0.11	0.07	-0.87**	-0.95**	-0.59	0.56	0.61	1	-0.52	0.41	-0.55
18	-0.68*	0.95**	-0.66*	0.65*	-0.25	-0.56	0.72*	0.82**	-0.01	0.89**	0.48	0.96**	0.72*	0.72*	-0.72*	0.42	-0.54	1	0.54	0.98**
19	0.07	0.38	0.10	-0.07	0.48	0.21	0.85**	0.96**	0.77**	0.86**	0.52	0.17	-0.16	0.21	-0.38	1.00	0.46	0.53	1	0.52
20	-0.72**	1.14	-0.75	0.83**	-0.29	-0.61	0.98**	0.96	-0.12	0.99**	0.53	1.05	0.91**	0.91**	-0.83	0.29	-0.59	1.00**	0.44	1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

Names of plant characteristics related to each number, have been presented in table 2

**و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

نام صفت مربوط به هر شماره در جدول ۲ ارائه شده است

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

عملکرد دانه با کلیه اجزای عملکرد، همبستگی بسیار معنی‌داری در هر دو سطح فنوتیپی و ژنوتیپی داشت که نشان دهنده اثر تعیین کننده هر یک از این اجزاء در تغییرات عملکرد دانه است. ژیندال و الله رنگ (Jindal and Allah-Rang, 1986) نیز گزارش کردند که تعداد چتر در بوته، چترک در چتر، دانه در چترک‌ها و عملکرد دانه به طور مثبتی با یکدیگر همبستگی دارند.

بین صفات میزان اسانس و تعداد گره همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین به نظر می‌رسد که هرچه تعداد گره در ارقام رازیانه بیشتر باشد، میزان اسانس نیز بالاتر خواهد بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد بالا، به رشد سبزینه‌ای خوب گیاه و قدرت رویشی مناسب نیاز است. رشد رویشی مناسب برای صفات مربوط به رشد زایشی مانند قطر گل، باعث افزایش تعداد چتر و تعداد دانه در چتر شد که این موضوع باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود. در صورت کافی بودن اندام‌های فتوسنتزکننده گیاهی، ذخایر غذایی در پایان دوره رشد گیاه در صورت انتقال مناسب به دانه‌ها، باعث افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌شوند.

نتایج تجزیه همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات در شرایط تنش خشکی نشان داد که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه دارای همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری با صفات قطر گل، تعداد چتر، تعداد چترک و قطر ساقه بود (جدول ۵). در شرایط تنش برخلاف شرایط بدون تنش، عملکرد دانه با تعداد دانه در چتر همبستگی مثبتی نداشت که این موضوع می‌تواند ناشی از کاهش تعداد دانه در چتر در شرایط تنش باشد. میزان اسانس نیز دارای همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، تعداد گره و تعداد برگ بود. نتایج حاصل از این همبستگی نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های دیررس به دلیل دوره رشد طولانی‌تر، رشد رویشی بیشتری داشته و از میزان اسانس بالاتری هم برخوردار هستند. صفائی و همکاران (Safaei *et al.*, 2010) گزارش کردند که میزان اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات رویشی رازیانه دارد.

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای شرایط بدون تنش (جدول ۶) نشان داد که صفات کم تاثیر و یا بی‌تاثیر از مدل به تدریج حذف می‌شوند. برای این منظورعملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته وسایر صفات به عنوان متغییر مستقل انتخاب شدند. با توجه به اینکه صفات شاخص برداشت و عملکرد اسانس وعملکرد بیولوژیک در برگیرندهٔ عملکرد دانه هستند، به منظور شناسایی سایر صفات مؤثر بر عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام به گام بعد از حذف این صفات انجام گرفت و در نهایت چهار صفت تعداد چتر، تعداد چترک، قطر ساقه و تعداد دانه در چتر به عنوان صفات تاثیر گذار وارد مدل شدند. سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی داری بر مدل نداشتند، به همین دلیل اختلاف ارقام از نظر صفت عملکرد دانه را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. ضریب تبیین مدل برازش شده نشان داد که ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد توسط متغیرهای مستقل موجود در مدل توجیه می‌گردد و در نتیجه رابطه رگرسیونی زیر به دست آمد:

$$Y=952.44 - 99.04\ x1+130.28\ x2 - 2737.23\ x3 + 2.22\ x4$$ رابطه (۳)

Y عملکرد دانه و X1, X2, X3 و X4 به ترتیب تعداد چتر، تعداد چترک، قطر ساقه و تعداد دانه در چتر می‌باشند. بر این اساس به نظرمی‌رسد که از این صفات می‌توان در جهت بهبود عملکرد دانه رازیانه و انجام گزینش برای این هدف استفاده کرد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه و سایر صفات گیاهی در ارقام رازیانه در شرایط بدون تنش

Table 6. Stepwise regression analysis for seed yield and other plant characteristics in fennel cultivars in non-stress conditions

Step	Plant characteristics	صفات گیاهی	a	B1	B2	B3	B4	R^2
1	Number of umbels	تعداد چتر	-697.15	138.61				0.76
2	Number of umbelets	تعداد چترک	-2421.05	91.89	121.48			0.90
3	Stem diameter	قطر ساقه	-998.26	138.97	131.20	-2533.62		0.95
4	Number of seeds.umbels^{-1}	تعداد دانه در چتر	-952.44	99.04-	130.28	2837.23-	2.22	0.98

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش خشکی (جدول ۷) نشان داد که صفت قطر ساقه اولین صفتی بود که وارد معادله رگرسیونی شد و به تنهایی ۶۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد و بعد از آن صفات تعداد چتر و تعداد گره وارد معادله شدند که در مجموع ۹۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. با توجه به این نتایج می‌توان رابطه قوی بین عملکرد دانه و قطر ساقه، تعداد چتر و تعداد گره را به صورت معادله زیر نشان داد:

رابطه (۴) Y= 275.55 +674.47x1+ 84.40x2 -96.20 x3

Y عملکرد دانه و X1, X2 و X3 به ترتیب قطر ساقه، تعداد چتر وتعداد گره می‌باشند.

جدول ۷- تجزیه رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه و سایر صفات در ارقام رازیانه در شرایط تنش خشکی

Table 7. Stepwise regression analysis for seed yield and other plant characteristics in fennel cultivars in drought stress conditions

Step	Plant characteristics	صفات گیاهی	a	B1	B2	B3	R^2
1	Stemdiameter	قطر ساقه	-444.74	1678.75			0.69
2	Number of umbels	تعداد چتر	-500.36	1212.65	36.58		0.80
3	Number of nodes	تعداد گره	274.55	674.47	84.40	-96.20	0.95

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه رگرسیون چندگانه در شرایط بدون تنش، چهار صفت تعداد دانه در چتر، تعداد چتر، تعداد چترک و قطر ساقه بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه داشتند. از این رو تجزیه علیت این صفات بر عملکرد دانه در شرایط بدون تنش انجام شد. با استفاده نتایج از تجزیه علیت مشخص شد که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آنها بر عملکرد ویا در نتیجه اثر غیرمستقیم از طریق سایر صفات است. اگرهمبستگی بین عملکرد و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، نشان دهنده یک رابطه واقعی بین آنها است و بنابراین می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی اصولاً به علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفت دیگری باشد، در این صورت گزینش را باید برای صفتی انجام داد که باعث اثر غیرمستقیم شده است (Nasri *et al.*, 2012).

از ضرایب همبستگی ژنوتیپی برای ارزیابی نتایج تجزیه علیت به دلیل اهمیت بیشتر آن در مقایسه با ضرایب فنوتیپی استفاده شد. با توجه به نتایج رگرسیون، صفات وارد شده به مدل رگرسیونی مورد تجزیهٔ علیت قرار گرفتند. در تجزیهٔ علیت در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در مقابل صفات تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد دانه در چتر و قطر ساقه به عنوان متغیرهای مستقل قرار داده شد تا

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

جدول ۸- اثرات مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم (خارج از قطر) حاصل از تجزیه علیت برای عملکرد دانه در ارقام رازیانه در شرایط بدون تنش

Table 8. Direct (on diameter) and indirect (out of diameter) effects from path analysis for seed yield in fennel cultivars in non-stress conditions

Step	Plant characteristics	صفات گیاهی	تعداد چتر Number of umbels	تعداد چترک Number of umbellate	قطر ساقه Stem diameter	تعداد دانه در چتر Number of seeds. Umbels^{-1}	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with seed yield
1	Stem diameter	قطر ساقه	-0.15	0.59	0.15	0.08	0.74
2	Number of umbels	تعداد چتر	-0.12	0.83	0.18	0.09	0.94
3	Number of umbellate	تعداد چترک	-0.11	0.73	0.20	0.20	0.89
4	Number of seeds.umbels^{-1}	تعداد دانه در چتر	-0.12	0.76	0.15	0.10	0.89

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از این متغیرها با متغیر تابع مشخص شود. نتایج نشان داد که صفت تعداد چتر دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود (جدول ۸) و در ضمن با عملکرد همبستگی بالا و معنی‌داری داشت و اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد. همچنین صفت تعداد چترک از طریق تعداد چتر، بیشترین اثر غیر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت.

بر اساس نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش (جدول ۹) تعداد چتر بیشترین اثرمستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت و بعد از آن صفت قطر ساقه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را دارا بود، در حالیکه صفت تعداد گره اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه داشت. بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت را تعدادگره از طریق تعداد چتر و پس از آن قطر ساقه از طریق تعداد چتر بر عملکرد دانه داشتند.

جدول ۹- اثرات مستقیم (روی قطر) و غیر مستقیم (خارج از قطر) حاصل از تجزیه علیت برای عملکرد دانه در ارقام رازیانه در شرایط تنش خشکی

Table 9. Direct (on diameter) and indirect (out of diameter) effects from path analysis for seed yield in fennel cultivars in drought stress conditions

Plant characteristics	صفات گیاهی	قطر ساقه Stem diameter	تعداد گره Number of nodes	تعداد چتر Number of umbels	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with seed yield
Number of nodes	تعداد گره	-0.57	0.03	0.65	0.1
Stemdiameter	قطر ساقه	-0.05	0.35	0.55	0.85
Number of umbels	تعداد چتر	-0.38	0.20	0.96	0.77

بر اساس نتایج حاصل به نظر می‌رسد که گزینش مستقیم برای عملکرد دانه مؤثر نخواهد بود، اما از طریق بهبود اجزای عملکرد و صفاتی که دارای همبستگی مثبت با عملکرد دانه می‌باشند، می‌توان به افزایش عملکرد دانه امیدوار بود. بر اساس گزارش ایزدی دربندی و همکاران (Izadi-Darbandi *et al.,* 2013) در ژنوتیپ‌های رازیانه ایرانی میزان وراثت پذیری برای صفات عملکرد دانه و میزان اسانس به اندازه کافی بالا نمی‌باشد که اقدام به گزینش مستقیم ژنوتیپ‌هایی باعملکرد بالا کرد، در حالی که این مقدار برای صفات اجزای عملکرد، بالا و قابل قبول می‌باشد. در شرایط بدون تنش صفات تعداد دانه در چتر، تعداد چترک، تعداد چتر و قطر ساقه به طور مستقیم اثرات مثبتی بر عملکرد دانه داشتند و چهار جزء اولیه مؤلفه اصلی عملکرد هستند. از بین آنها صفت تعداد چتر مهم‌ترین جزء بوده و باید در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد. در شرایط تنش نیز صفات تعداد چتر، تعداد گره و قطر ساقه اثرات مثبتی بر عملکرد دانه داشتند. باتوجه به این که صفت تعداد چتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد، می‌تواند به عنوان مهم‌ترین صفت جهت رسیدن به ارقام پرمحصول رازیانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرد.

سپاسگزاری

اعتبار اجرای این آزمایش از محل حمایت های ستاد گیاهان دارویی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری تامین شده است و بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

References

منابع مورد استفاده

Abdul Ghani, A. S. and R. Amin. 1988. Vescolar action of aqueous extracts of *Foeniculum vulgare* leaves. J. Ethonopharmacol. 24: 213-218.

Allard, R. W. 1960. Principles of Plant Breeding. Inc., John Wiley and Sons, New York. USA.

Ariyo, O. J., M. E. Pkenova and C. A. Fatokun. 1986. Plant character correlations and path analysis of pod yield. Euphytica, 36: 677-686.

Bahmani, K., A. Izadi-Darbandi, A. A. Jafari, S. A. Sadat Noori and M. Farajpour. 2012a. Assessment of genetic diversity in Iranian fennels using ISSR markers. J. Agric. Sci. 4 (9): 79-84.

Bahmani, K., A. Izadi-Darbandi and S. A. Sadat Noori. 2014. Evaluation of essential oil content and components in some Iranian fennel ecotypes. J. Crop Improv. 15 (4): 13-24. (In Persian).

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

Bahmani, K., A. Izadi -Darbandi, S. A. Sadat Noori, A. A. Jafari and N. Moradi. 2012b. Determination of interrelationships among phenotypic traits of Iranian fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.) using correlation, stepwise regression and path analyses. J. Essential Oil Bearing Plant. 15 (3): 424 - 444.

Boyadzhieva, S. and G. Angelov. 2014. Optimization of water extraction of fennel seeds. J. Chem. Technol. Metal. 49 (5): 447-450.

Dashora, A., E. V. D. Sastry, D. Singh and A. K. Nagda. 2003. Combining ability analysis in varietal crosses of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Indian J. Genet. Plant Breed. 63: 89–90.

FAO, 2012. www.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/P/PM/E.

Farshadfar, A. A. 1998. Application of Quantitative Genetic in Plant Breeding. Razi University of Kermanshah Press. (In Persian).

Honarnejad, R. 2002. Study of correlation between some quantitative traits and grain yield in rice using path analysis. Iran. J. Crop Sci. 4(1): 25-35. (In Persian with English abstract).

Izadi-Darbandi, A., K. Bahmani, H. A. Ramshini and N. Moradi. 2013. Heritability estimates of agronomic traits and essential oil content in Iranian fennels. J. Agric. Science Technol. 15: 1275-1283.

Jindal. L. N. and M. Allah-Rang, 1986. Variability and association analysis in fennel. Res. Dev. Rep. 3 (1): 50–54.

Miller, P. A., J. C. Williams, Jr. H. F. Robinson and R. E. Comstock. 1957. Estimates of genotypic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implication in selection. Agron. J. 29: 126-131.

Najafian. G., A. Jafarnejad, A. Ghandi and R. Nikooseresht. 2011. Adaptive traits related to terminal drought tolerance in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) Ecotypes under field conditions. Crop Breed. 1(1): 5773.

Nasri, R., F. Paknejad, M. Sadeghi-Shaae, S. Ghorbani and Z. Fatemi. 2012. Correlation and path analysis

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

of drought stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) in Karaj region. Iranian. J. Agron. Plant Breed. 8(4): 155-156. (In Persian with English abstract)

Nemat Zadeh, G. and G. Kiani. 2005. Plant Breeding. University of Mazandaran Press. (In Persian).

Omidbeigi, R. 2007. Production and Processing of Medicinal Plants. Vol. 1. Astan–Quds Press. (In Persian).

Safaei, L., H. Zeinali and D. Ephiuni, 2014. Comparison of seed yield and its related components in genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Seed Plant Improv. J. 30: 289-303 (In Persian with English abstract).

Safaei, L., H. Zeinali and D. Ephiuni. 2010. Evaluation of genetic diversity of agronomic traits in different genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iran. J. Medic. Aroma. Plants. 19: 167-180. (In Persian with English abstract).

Singh, M. 1990. Standard errors of the estimates of genotypic and phenotypic correlation. Biometircs Report1/90. Computer Service. ICARDA. Aleppo, Syria.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]

Relationships between seed yield and plant characteristics in synthetic cultivars and elite ecotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress conditions

Akbari, A.[1], A. Izadi-Darband[2], K. Bahmani[3] and H.A. Ramshini[4]

ABSTRACT

Akbari, A., A. Izadi-Darband, K. Bahmani and H.A. Ramshini. 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).**

This experiment was conducted using three synthetic cultivars and their seven parental populations at two different conditions including: non-stress and drought stress. The experiment was carried out using randomized complete block design with three replications at the Research Field of Aboureyhan Campus, University of Tehran, Iran, in 2013. Analysis of variance showed that there were significant differences between genotypes for all traits in two experiments. The highest seed yield in normal irrigation belonged to medium-maturity synthetic cultivar and Meshkinshahr with 2357 and 2208 kg.ha^{-1}, respectively. However, in drought stress condition the highest seed yield obtained from Meshkinshahr and medium-maturity synthetic cultivar with 1091 and 1081.5 kg.ha^{-1}, respectively. Genotypic correlations in non-stress condition between seed yield with umbel diameter (r=0.79**), number of umbels (r=0.94**), number of umbellate (r=0.89**) and number of seed umbel^{-1} (r=0.89**) were positive and highly significant. In drought stress condition condition also the genotypic correlation between seed yield with umbel diameter (r=0.96**), number of umbels (r=0.77**), number of umbellate (r=0.86**) and stem diameter (r=0.85**) were positive and highly significant. Results of stepwise regression analysis revealed that in non-stress conditions number of umbels, number of umbellate, number of seed umbel^{-1} and stem diameter, and in drought stress conditions number of umbels, stem diameter and number of nodes were identified as independent variables that explained variations in seed yield. Path analysis for seed yield also indicated that in both non-stress and drought stress conditions number of umbels had the highest direct positive effect. It is concluded that in normal and drought stress conditions, number of umbels is the most important trait for selection of fennel genotypes with high seed yield.

Keywords: Drought stress, Fennel, Path analysis, Stepwise regression and Synthetic cultivar.

Received: August, 2015 **Accepted: Feberuary, 2016**

1- Graduted MSc Student, Aboureyhan Campus, University of Tehran, Iran
2- Associate Prof., Aboureyhan Campus, University of Tehran, Iran. (Corresponding author) (Email: aizady@ut.ac.ir)
3- PhD Student, Aboureyhan Campus, University of Tehran, Iran
4- Assistant Prof., Aboureyhan Campus, University of Tehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1394.17.4.4.2]