نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۱ - شماره ۳- پیاپند ۱۲۰ پائیز ۹۷

بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریخت شناسی و فیتوشیمیایی اکوتیپ های زیره سبز در شرایط آب و هوایی مشهد

Study of phenological, morphological and phytochemical characteristics of cumin ecotypes under Mashhad climatic conditions

مهدی فراوانی[1*]، علی اشرف جعفری[2]، مجید رنجبر[3]، عبدالکریم نگاری[3]، نرجس عزیزی[1]

۱. استادیار بخش تحقیقات جنگل و مرتع ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. استاد مؤسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳. محقق بخش تحقیقات جنگل و مرتع ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۷

چکیده

فراوانی، م.، جعفری، ع. ا.، رنجبر، م.، نگاری، ع.، عزیزی، ن.، بررسی‌خصوصیات فنولوژیکی، ریخت شناسی و فیتوشیمیایی اکوتیپ های زیره سبز در شرایط آب و هوایی مشهد
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۱ - شماره ۳- پیاپند ۱۲۰ پائیز ۹۷: ۱۱۳-۹۵

به منظور بررسی خصوصیات فنولوژیک، ریختی و فیتوشیمی اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum*)، آزمایشی با تعداد ۲٤ اکوتیپ زیره سبز از نقاط مختلف کشور در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی طرق مشهد در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ به اجرا درآمد. نمونه‌های بذرو تمام اکوتیپ ها ابتدا در گلخانه کشت و سپس به مزرعه منتقل و در شرایط آبیاری قطره‌ای و در قالب بلکوهای کامل تصادفی با سه تکرارکشت شدند. خصوصیات فنولوژیکی از مرحله ساقه رفتن، ۵۰٪ گلدهی و رسیدگی فیزولوژیکی ثبت و نیز صفات ریخت شناسی شامل ارتفاع بوته، تعداد انشعابات و همچنین عملکرد و اجزاء عملکرد اندازه گیری شد.نتایج نشان داد تعداد چتر در بوته ۱۵/۵-۸/۷ عدد، تعداد چترک در چتر ٤-۳ عدد، دانه در چترک ۲۳-۱۳عدد، وزن هزار دانه ٤/۲-۲/۸ گرم، زیست توده هر گیاه ۲۲-٦ گرم، عملکرد دانه هرگیاه ۸-۲ گرم، درصد اسانس ۳/۱۱-۰/۹۹ و عملکرد اسانس ۰/۲-۰/۰۲ گرم در بین اکوتیپ ها دارای تفاوت معنی داری($p\leq$۰/۰۱) می باشد. تجزیه رگرسیون چندگانه خطی به روش گام به گام نشان داد وزن بوته اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به تنهایی ۵۱ ٪ از تغییرات مربوط به عملکرد اسانس را توجیه نمود و به همراه صفات تعداد چترک، وزن هزار دانه و مساحت تاج و پوشش در مجموع ٦۰٪ از تغییرات عملکرد اسانس در مدل نهایی توجیه نمودند. تجزیه علیت نشان داد که صفت وزن بوته در درجه اول و سایر صفات تعداد چترک، تاج و پوشش و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد اسانس گیاه داشت و معیاری مناسب برای انتخاب توان تولید اکوتیپ هـای زیره سبز است. برای دوری و یا نزدیکی اکسشن ها از تجزیه خوشه ای و تجزیه به مولفه های اصلی استفاده شد. دو مولفه اول در زیره سبز ۷۱٪ از کل تغییرات متغییرها را توجیه نمود. صفات سطح پوشش، ارتفاع بوته، وزن کل بوته، وزن دانه بوته و درصد اسانس از مهمترین صفات در زیره سبز بوده و نیز اکسشن های قرار گرفته در کلاستر یک عمدتا مربوط به استان مرکزی بوده که از عملکرد اسانس کمتری برخوردارند.

واژه های کلیدی: تجزیه علیت، اسانس،تنوع

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: mfaravani@gmail.com

مقدمه

زیره سبز (*Cuminum cyminum*) یکی از مهمترین و اقتصادی ترین گیاهان دارویی است که می تواند در مناطق خشک و نیمه خشک ایران برای الگوهای کشت به ویژه در شرایط کمبود آب حائز اهمیت فراوان باشد. این گونه گیاهی علفی و یکساله به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر با ساقه باریک، صاف، منشعب و بلند است. هر شاخه به شاخه های هم اندازه ای انشعاب پیدا که در انتها به گل آذین ختم پیدا می کند. برگها بلند، پر مانند و مرکب از برگچه های نخ مانند است(Safarnejad, *et al.*, 2011) . گلها کوچک، سفید یا صورتی بوده که در گل‌آذین های چتری ظاهر می شود. میوه از نوع فندقه است که در آن یک بذر قرار دارد بذرها دوکی شکل و به رنگ زرد- قهوه ای هستند (Moghaddam & Pirbalouti, 2017) . میزان اسانس دانه میوه های زیره سبز در اکوتیپ های تونسی ۱/۲۲،هندی۲/۳۳ ، ایرانی ۱/۴۵، چینی ۳/۸ و بلغاری ۵/۳ ٪ گزارش شده که بر حسب تنوع ژنتیکی، جغرافیای و اقلیمی متفاوت است (Gohari & Saeidnia, 2011, Hajlaoui, *et al.*,) 2010, Jirovetz, *et al.*, 2005, Sowbhagya, *et al.*, 2008

ترکیبات شیمیایی اسانس زیره سبز شامل ۳۷ جزء مختلف است که مهمترین آنها آلدئید، پینین، او سیمین و مشتقات متان مهمترین اجزاء اسانس می باشد که نقش زیادی در عطر و فعالیت های بیولوژیکی دارد. لیمونین، اگنول، و پینن است (Li & Jiang, 2004) . مقایسه میزان اسانس، فلاونوئید ها، تانن ها، ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی قسمت های مختلف گیاه همانند: ریشه، ساقه، برگ و گل با استفاده از روش گاز کروماتو گرافی GS و روش GC-MS و جهت ترکیبات فنلی از روش RP-HPLC نشان داد که میزان اسانس در ریشه ۰/۰۳٪، ساقه ۰/۱ ٪، برگ ها ۱/۷٪ بوده و ترکیبات اصلی اسانس عبارت از برنیل استات ۲۳ ٪ (ریشه)، آلفا ترپین ۳۴٪ (ساقه و برگ) و گاما ترپین ۵۱٪(گلها) . بود محتوای کل فنولیک بین ۱۱/۸ تا ۱۹/۲ میلی گرم اسید گالیک در هر گرم وزن خشک(mgGAE/gDW) متغیر بود. در میان پلی فنولهای مورد مطالعه، ۱۳ مورد در ریشه ها، ۱۷ مورد در ساقه و برگ و ۱۵ مورد در گل شناسایی شدند. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در گلها و ساقه و برگ بیشتر از ریشه بود(Bettaieb, *et al.*, 2010) .

زیره سبز دارای ویژگیهایی از قبیل فصل رشد کوتاه ۱۲۰-۱۰۰ روز در کشت بهاره در اسفند، نیاز آبی کم، عدم تداخل فصل رشد آن با سایر محصولات کشاورزی، توجیه اقتصادی بالا نسبت به محصولات زراعی دیگر و صادراتی بودن میباشد که جایگاه آن را در الگوی کشت مناطق خشک و نیمه خشک ازجمله در استان خراسان تثبیت کرده است(Kafi, 2006). سطح زیر کشت در استان خراسان رضوی ۸۱۰۰ هکتار زراعت آبی زیره با تولید ۵۵۰۰ تن زیره و ۴۰۰۰ هکتار دیم با تولید ۱۰۰۰ تن درسال ۹۴ بوده است(Razavi, 2015).

از نظر اکولوژیکی زیره سبز به خشکی، نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری مقاوم است(Kafi, 2006). زیره سبز بومی مناطق مرکزی

و جنوبی آسیا بوده و در چند کشور از جمله هند ، پاکستان ، ترکیه ، ایران و اسپانیا کشت می شود. کاشت این گیاه در ایران در استانهای خراسان جنوبی، رضوی و شمالی، سمنان ، یزد ، کرمان ، مرکزی ، آذربایجان شرقی و سیستان وبلوچستان به صورت دیم و آبی صورت می گیرد. با توجه به دروره رشد کوتاه زیره سبز، در طول دوره رشد به حرارت مناسب و نور کافی نیاز دارد و مقدار اسانس گیاهان که در مناطق گرم با نور فراوان می رویند بیش از مناطق دیگر است. این گیاه در مرحله گل دهی و تشکیل میوه به رطوبت کمتری نیاز دارد. خاکهای با بافت متوسط و خاکهای لوم شنی، خاکهای مناسبی برای تولید زیره سبز هستند. کشت در خاکهای سبک شنی و تهی از مواد و عناصر غذایی مناسب نیست چون این خاکها شرایط را برای ابتلای گیاهان به بیماریهای قارچی آماده می کنند pH خاک برای کشت زیره سبز ۴/۵ تا ۸/۲ مناسب است(Qureshi & Eswar, 2010).

در دماهای پایین رنگ برگها زیره سبز به بنفش تغییر می کند. دماها بالا نیز می تواند دوره رشد را کوتاه و سبب زود رسیدن محصول شود که در اینصورت میزان و کیفیت اسانس کم می شود. در مرحله جوانه زنی اکوتیپ های مختلف زیره سبز تحمل بالایی به شوری نشان می دهند. طبق تحقیقات، اکوتیپ زیره سبز سرایان از نظر تحمل به شوری نسبت به رقم هندی و سایر اکوتیپ های مورد مطالعه، برتری نشان داد(Niazian, *et al.*, 2017).

زیره سبز گیاهی نیازمند به آب و هوایی خشک و معتدل می باشد. به طور کلی تنش شوری بر تمام صفات مورد مطالعه از قبیل عملکرد دانه و بیولوژیک، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، و وزن هزار دانه چه در توده های هندی و چه در توده سرایان اثر کاهشی معنی داری را نشان داده است(Ghorbanzadeh & Mehrjerdi, 2017).

در تحقیقی دیگر توده‌های بومی سبزوار، تبریز و سروستان فارس مقاومت به تنش را نشان دادند .با انجام تجزیه کلاستر به روش سینگل لینکاژ، توده‌های بومی سبزوار، سروستان فارس، تبریز و خراسان در یک گروه و توده‌های بومی زیرکوه قائن، گناباد و فردوس در یک گروه دیگر و توده بومی کرمان به تنهایی در گروهی مجزا قرار گرفتند (Zarezadeh, *et al.*, 2007). بر اساس ۱۳ ویژگی مورفولوژیکی، تفرق با استفاده از تکنیک D2 در میان ۳۰ اکوتیپ زیره سبز تعیین گردید بطوریکه تمامی اکوتیپ ها به پنج دسته تقسیم شدند. خوشه های I و II نزدیک تر بودند. شواهد ضد و نقیضی در خصوص فرض ریشه جغرافیایی بودن تنوع ژنتیکی زیره سبز پیدا شده است. عملکرد دانه از صفاتی بود که حداکثرسهم را در تنوع ژنتیکی داشته است(Avatar, *et al.*, 1991).

نتایج ارزیابی ویژگی های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی تنوع ژنتیکی زیره سبز و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و میزان آلدئید ۴۵ گونه از اکوتیپ های زیره سبز که زیر جمعیت آن ها از ۹ جمعیت از استان های مختلف ایران جمع آوری شده بود بر اساس نشان داد که تغییرات قابل توجهی در تمام صفات اندازه گیری شده در میان جمعیت و درون جمعیت از

استان های مختلف مشاهده شد. جمعیت کرمان و اصفهان بهترین عملکرد را بر اساس داده های فنوتیپی نشان داد، در حالی که اکوتیپ یزد تقریبا پایین ترین میزان صفات را دارا بود .تجزیه همبستگی نشان داد که تعداد دانه در هر چتر و چتر در بوته بیشترین ارتباط را با عملکرد دانه دارد. تجزیه و تحلیل علیت، همچنین نشان داد که تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه نشان داده و به عنوان عامل موثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند(Bahraminejad, *et al.*, 2011).

صفت تعداد چتر در بوته-که مهمترین جزء عملکرد دانه به شمار می رود به دلیل اثر مستقیم و همبستگی بالا بر عملکرد، معیاری مناسب برای بررسی توان تولید دانه زیره سبز می باشد(Afshar, *et al.*, 2016).

از آنجا که عملکرد صفتی پیچیده و کمی است اصلاح گران نبات ترجیح می دهند که انتخاب برای عملکرد به صورت غیرمستقیم صورت گیرد. چرا که انتخاب مستقیم تحت شرایط استرس خشکی به دلیل وجود وراثت پذیری پایین، کنترل پلی ژنیک ، اپیستازی و اثر متقابل اکوتیپ در محیط و اثر متقابل مکان های کنترل کننده صفات کمی در محیط بی نتیجه است(Fischer & Maurer, 1978, Mohammadi, *et al.*, 2003, Piepho, 2000).

با تعیین مراحل فنولوژی در هر منطقه و دانستن نیاز حرارتی هر مرحله‌ی فنولوژی و کل دوره رشد گیاه، می‌توان بسیاری از مسائل زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب، آبیاری به موقع، زمان مناسب برداشت و زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌ها را در بهترین زمان ممکن انجام و بیشترین تولید را از محصول زراعی به‌دست آورد (Mirhaji, *et al.*, 2010).

داشتن تنوع درنمونه های گیاهان داروئی، از اهمیت خاصی برخوردار است. با اتخاذ روش های ویژه و شناخته شده می توان از این تنوع استفاده نمود . لذا ارزیابی تنوع گونه‌های گیاهی برای نگهداری منابع ژنتیکی و کاربرد علمی و عملی این مواد در برنامه های به نژادی برای اصلاح گران امری حیاتی است. در پژوهش حاضر سعی شده تا با بررسی مختلف صفات مرفولوژیکی، فنولوژیکی، اجزاء عملکرد و اسانس و روابط میان عملکرد و اجزای آن و همچنین اطلاع ارتباط صفات موثر بر عملکرد دانه و اسانس را شناسایی کرده تا بتوان از آنها در انتخاب غیرمستقیم در مزرعه، بهره برد.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه طرق، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در شهر مشهد انجام شد. در این بررسی بذر ۲۴ اکوتیپ زیره سبز دریافتی از بانک ژن منابع طبیعی ایران در قالب آزمون بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. به دلیل اینکه بذور دریافتی از بانک ژن محدود بوده به منظور دستیابی به تعدادگیاهچه لازم، بذور اکوتیپها در بهمن ماه در سینی های کشت و در بستر پیتموس نشاء شده و آبیاری در گلخانه شاسی سرد به صورت هفتگی صورت گرفته و

در اسفند ماه پس از آماده سازی زمین و کود پاشی ۵۰کیلوگرم کود اوره + ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتاردر ردیف های ۵۰ سانتی متری به فاصله ۵۰ سانتیمتری روی ردیف در کرتهایی شامل سه ردیف برای هر اکوتیپ به طول ۶ متر کاشت و آبیاری به فاصله ده روز با سیستم قطره ای و وجین علف های سه بار و به صورت دستی انجام گردید. مراحل فنولوژیک گیاه برای هر اکوتیپ بر اساس زمان ۵۰ درصد سبز شدن، به ساقه رفتن، ۵۰٪ گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی ثبت گردید. در پایان فصل رشد (خرداد ماه ۹۵)، تعداد پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه ، خصوصیات ریخت شناسی گیاه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه ها ، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، وزن هزار دانه و وزن دانه هر بوته، اندازه گیری شد. همچنین میزان عملکرد دانه ، وزن زیست توده هر بوته ، درصد اسانس و عملکرد اسانس محصول حاصل از هر کرت اندازه گیری گردید. اسانس نمونه های زیره سبز با استفاده از دستگاه کلونجر مدل G-CJ از ۳۰

جدول (۱)- مناطق جمع آوری شده اکوتیپ‌های زیره سبز

Table 1.Collecting areas of cumin ecotypes

ردیف Row	شهرستان City	کد بانک ژن Genetic bank code	ردیف Row	شهرستان City	کد بانک ژن Genetic bank code
1	اراک ۵ Arak 5	14524	13	خاش Khash	22074
2	اراک ۳ Arak 3	14589	14	کرمان ۱ Kerman 1	31672
3	اراک ۱ Arak 1	14598	15	بیرجند ۱ Birjand 1	37473
4	مرکزی ۵ Markazi 5	14654	16	بیرجند ۳ Birjand 3	37503
5	مرکزی ۴ Markazi 4	14656	17	سربیشه Sarbisheh	37561
6	مرکزی ۳ Markazi 3	14665	18	بشرویه Boshruyeh	38904
7	اراک ۴ Arak 4	14991	19	بشرویه ۱ Boshruyeh 1	38911
8	اراک ۲ Arak 2	15151	20	بجنورد Bojnord	40766
9	کرمانشاه Kermanshah	15154	21	مرکزی ۱ Markazi 1	14663a
10	تهران Tehran	15310	22	مرکزی ۲ Markazi 2	14663b
11	اراک ۶ Arak 6	15316	23	بیرجند Birjand	37488a
12	کرمان ۲ Kerman 2	18307	24	بیرجند ۲ Birjand 2	37488b

گرم دانه به روش تقطیر با بخار آب استخراج و اندازه گیری شد(Kafi and Keshmiri, 2011).

به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، کاهش حجم داده ها و تفسیر بهتر روابط، از تجزیه به مولفه های اصلی با استفاده از صفات اندازه گیری شده برروی اکوتیپ های زیره سبز استفاده شد و دیاگرام پراکنش بر روی مولفه های اصلی رسم گردید. به منظور گروه بندی جمعیت های مورد مطالعه، تجزیه کلاستر به روش وارد و با استفاده از متغییر های استاندارد شده انجام و دندروگرام مربوط به آن رسم گردید. تجزیه آماری همانند رگرسیون به روش stepwise، کلاستر، PCA و تجزیه علیت توسط نرم افزارهایMSTATC SPSS24 و AMOS24 صورت گرفت.

نتایج و بحث

کد های شناسایی و احیاء شده زیره سبز مطابق جدول (۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد در سطح آماری یک درصد تعداد انشعابات ژرم پلاسم های مختلف تنوع زیادی نداشته و مشابه یکدیگر می باشند ولی از نظر تعداد روز تا ساقه رفتن، زمان گلدهی، ارتفاع بوته، مساحت تاج و پوشش و اجزاء عملکرد همانند تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چترک، وزن دانه تک بوته، وزن زیست توده هر بوته، وزن هزار دانه و درصد اسانس در سطح ۱٪ از نظر آماری اختلاف معنی داری در بین ژرم پلاسم های زیره سبز وجود دارد.

بر اساس نتایج حاصل از اندازه گیری صفات در اکوتیپ ها و پس از تجزیه و تحلیل آماری، وجود تفاوت آماری معنی دار ($p<۰/۰۱$) به غیر از تعداد انشعابات ساقه در میان اکوتیپ های زیره سبز مشاهده گردید و می توان نتیجه گرفت که بین اکوتیپ ها تنوع فنوتیپی لازم برای مطالعه و درک روابط بین عملکرد و اجزای آن وجود دارد. بر این اساس، اکوتیپ های برترهمانند تهران و بشرویه به منظور ادامهٔ آزمایشات از نقطه نظر عملکرد دانه و اسانس، زمان گلدهی و رسیدگی در شرایط آب و هوایی مشهد مشخص گردید.

خصوصیات فنولوژیکی زیره سبز

نتایج مقایسه میانگین مربعات چند دامنه ای دانکن در خصوص صفات فنولوژیکی ژرم پلاسم های زیره سبز در سطح ۵٪ تفاوت های معنی داری از نظر ساقه رفتن (۱۶-۳روز)، مرحله گلدهی(۶۳-۳۹روز) و رسیدگی (۹۴-۸۵ روز) دارا می باشند. با گذشت زمان، اکوتیپ های مختلف این اختلافات را از نظر زمان رسیدگی جبران و مراحل انتهایی رشد تفاوت کمتری بین اکوتیپ ها از نظر زمان رسیدگی فیزیولوژیکی مشاهده شد و تنها دو اکوتیپ جمع آوری شده از اراک با حدود ۹۴روز طولانی ترین و توده بشرویه با ۸۵ روز کوتاهترین دوره را برای رسیدگی کامل در بین ژرم پلاسم های زیره سبز به خود اختصاص داده است. ارتفاع بوته نیز در بین اکوتیپ ها متفاوت ($p<۰/۰۱$) و بین میانگین ۵۴-۲۰ سانتیمتر متغییر می باشند. نتایج مقایسات چند دامنه ای میانگین مربعات آزمون دانکن نشان داد($p<۰/۰۵$) بیشترین مساحت تاج و پوشش مربوط به اکوتیپ های خراسان

جنوبی شامل بیرجند، بشرویه و نیز اکوتیپی از استان کرمان می باشد(جدول۳). تعداد انشعابات ساقه بین ۳/۵ تا ۵/۷ متغییر بوده و تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بین اکوتیپ ها پیدا نشد(جدول ۲).با استفاده از تنوع موجود در مراحل فنولوژیکی امکان انتخاب اکوتیپ های مورد نظر در اهداف اصلاحی فراهم می گردد.

عملکرد و اجزء عملکرد زیره سبز

در عملکرد، اجزء عملکرد و اسانس اکوتیپ های مختلف زیره سبز دارای تفاوت های معنی داری ($p<۰/۰۱$) مشاهده شد(جدول۲). تفاوت بین اکوتیپ ها برای عملکرد، اجزء عملکرد و اسانس از لحاظ آماری معنی دار بود ($p<۰/۰۱$) (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه هر بوته در اکوتیپ بشرویه با وزن ۸/۲۱ گرم در بوته، بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس در اکوتیپ تهران، مشاهده گردید. دامنه تغییرات صفات تعداد چتر بین ۱۵/۵۳ -۸/۷ عدد، تعداد چترک ۴/۳۷ -۳/۱۴ ، تعداد دانه در چترک ۲۲/۲۳ - ۴/۷۶ عدد و وزن هزار دانه ۳/۵-۲/۸گرم بود(جداول۱و۳).

وزن زیست توده

وزن کل بوته جمع آوری شده از اکوتیپ تهران با ۲۱/۷۸ گرم در هر بوته بیشترین وزن زیست توده را به خود اختصاص داده و کمترین آن با ۶/۲۲ گرم در هر بوته مربوط به اکوتیپ های استان مرکزی بوده و از این نظر با یکدیگر دارای اختلاف معنی داری ($p<۰/۰۱$) می باشند جدول(۲) . با توجه به وجود اسانس در پیکره گیاه و استفاده از آن در بخش صنعت جهت استخراج اسانس، این صفت از نظر اقتصادی نیز دارای اهمیت می باشد.

عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) نشان داد عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس دارای تفاوت معنی داری($p<۰/۰۱$) در بین ژرم پلاسم ها بوده بطوریکه عملکرد دانه در بوته بین ۸/۲۱- ۱/۹۸ گرم در بوته، درصد اسانس ۳-۱ و عملکرد اسانس ۰/۲-۰/۰۲ گرم در بوته متغییر می باشد(جدول۳).

نتایج همبستگی بین صفات بر اساس ضریب همبستگی پیرسون در جدول (۴) نشان داده شده است. عملکرد اسانس دارای همبستگی مثبت و معنی داری ($p<۰/۰۱$) با صفات درصد اسانس، وزن بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در بوته می باشد. عملکرد دانه نیز همبستگی معنی داری ($p<۰/۰۱$) با صفات وزن کل خشک هر بوته و عملکرد اسانس نشان داد. درصد اسانس نیز با عملکرد اسانس و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی داری ($p<۰/۰۱$) داشت (جدول۳). این نتیجه با نتایج سایر محققین مطابقت دارد بطوریکه در خصوص رازیانه مشخص شده عملکرد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه، درصد اسانس و درصد ترکیب‌های آلفا-پینن، کامفن، میرسن، فلاندرن، فنکون و کامفور داراست(Safaei, *et al.*, 2011). در تحقیق دیگر بر روی زیره سبز، همبستگی بین صفات مربوط به زمان از کاشت تا برداشت با وزن هزاردانه، ارتفاع ساقه در مرحله گل دهی با وزن هزاردانه، وزن هزار دانه با درصد اسانس دانه و عمکرد دانه با درصد اسانس دانه مثبت و معنی دار بود(Dalkani, *et al.*, 2012).

جدول (۲) تجزیه واریانس برخی از صفات زیره سبز

Table. 2 Analysis of variance for some of the investigated traits in cumin

تاج پوشش گیاهی	Crown and canopy area	4604916/28	1324966.12**	534430.19	28.7
تعداد انشعابات ساقه	No. of stem branches	0.326	1.16ns	0.725	18.70
ارتفاع بوته (سانتیمتر)	Plant height(cm)	1.26	24.12**	5.35	9.12
تعداد چتر در بوته	No. of umbel/plant	0.596	7.42**	0.379	4.77
چترک در چتر	No. of umbellate/umbel	0.129	0.332**	0.107	8.75
تعداد دانه در چترک	No. of seed/ umbellate	8.97	14.89**	4.97	12.18
وزن کل بوته (گرم در بوته)	Total plant biomass(g/p)	4.99	62.86**	12.36	26.62
وزن دانه هر بوته(گرم)	Seed yield(g/p)	1.03	7.75**	1.89	29.5
وزن هزار دانه(گرم)	1000-grain weight	0.396	0.489**	0.093	8.62
درصد اسانس	Essential oil percentage	0.041	0.797**	0.136	16.30
بوته(گرم در بوته) عملکرد اسانس	Essential oil yield(g/p)	0.007	0.001**	0.003	2.79
درجه آزادی	DF	2	23	46	ضریب تغییرات CV (%)
منابع تغییر	S.O.V.	بلوک Block	اکسشن Accession	خطا Error	

ns و ** به ترتیب به معنی عدم معنی دار شدن ومعنی دارشدن در سطح ۱٪ می باشد

ns and ** are non-significant and significant at 1 % probability level, respectively.

ضرایب همبستگی

عملکرد اسانس که اندام اقتصادی گیاه دارویی زیره سبز می باشد همبستگی بالا و مثبت معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) عملکرد بیولوژیک گیاه (۰/۷۲) و عملکرد دانه بوته(۰/۸۶) داشته و با مقدار کمتری با ارتفاع بوته(۰/۴۹)، مساحت تاج پوشش گیاهی (۰/۴۹)، ارتفاع بوته (۰/۳۷) و تعداد چترک در هرچتر در داشته است(جدول ۴). از طرفی ارتفاع بوته نیز همانند عملکرد اسانس رابطه همبستگی با عملکرد بیولوژیکی (۰/۴۱)، درصد اسانس(۰/۴۴)، تاج و پوشش(۰/۴۳) و عملکرد دانه هر بوته (۰/۳۳) داشته است. مساحت تاج و برای تعداد چتر در بوته نیز با درصد اسانس (۰/۳۳) و وزن هزار دانه

با درصد اسانس (۰/۵۳) همبستگی مثبت و معنی داری ($p\leq ۰/۰۱$) مشاهده شد. لذا با توجه به همبستگی ها مشاهده شده(جدول ۴) می تـوان نتیجـه گرفت که برای داشتن عملکرد بالا به گیاهان با رشد رویشـی خوب و درشت جثه نیاز است. در مطالعه ای مشاهده شد عملکرد دانه زیره سبز دارای همبستگی مثبت و معنی داری با همه صفات بجز وزن هزار دانه و از طرفی تعداد دانه در چتر هم بستگی منفی و معنی داری با وزن هزار دانه و رابطه مثبت با عملکرد دانه دارا می باشد. همچنین و تعداد شاخه فرعی بارور همبستگی بالایی با عملکرد دانه نشان دادند. در این تحقیق رابطه معنی داری بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده نگردید(Afshar, *et al.*, 2016). همبستگی بالا و مثبت بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و هردو صفت با عملکرد اسانس وجود دارد میتوان نتیجه گرفت که برای داشتن عملکرد اسانس بالا به گیاهان با رشد رویشی خوب نیاز است(جدول ۴). تنظیم تراکم گیاهی، تغذیه ، رطوبت خاک و بطور کلی مدیریت مناسب مزرعه جهت دستیابی به حداکثر عملکرد بیولویکی و افزایش حجم بوته گیاه می تواند با تاثیر مثبت خویش سایر صفات را افزایش و در نهایت عملکرد اسانس بیشتر حاصل گردد.

رگرسیون گام به گام

در تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد اسانس به عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات قرار گرفت. صفت عملکرد دانه در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به تنهایی ۵۱ ٪ از تغییرات مربوط به عملکرد اسانس را توجیه نمود. صفت وزن هزاردانه، مساحت تاج و پوشش و تعداد چترک از جمله صفاتی بودند که وارد مدل شده و در مجموع ۶۰٪ از تغییرات صفت وابسته (عملکرد اسانس) را توجیه کرد(جدول ۵). در سایر تحقیقات مشابه بر روی زیره سبز صفات وزن هزار دانه، تعداد چتر، دانه در چتر و تعداد انشعابات ساقه از جمله صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند و در مقابل صفت وابسته عملکرد دانه قرار گرفتند(Afshar, *et al.*, 2016). با دستیابی به نتایج فوق و تعیین صفاتی که بیشترین تاثیر گذاری را بر عملکرد اقتصادی دارند امکان انتخاب و بهره برداری از اکوتیپ های برتر فراهم می آید تا در برنامه های اصلاح نباتات مد نظر قرار گیرند. لذا به منظور تفسیر دقیقتر نتایج حاصل از هـم بسـتگی هـا و همچنین ارزیابی اهمیت صفات موثر بر عملکرد و تعیین سهم اجزای عملکرد، متغیرهـای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون، مورد تجزیه و تحلیل علیت قرار گرفتند.

تجزیه علیت

نتایج همبستگی ساده صفات به تنهایی نمی تواند در توجیه روابط صفات با عملکرد اسانس کارایی لازم را داشته باشد و لازم است، علت این تفاوت در تجزیه علیت با استفاده از اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد اسانس مورد بررسی قرار گیرد. روش تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر روشی است که روابط بین ویژگیها و اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها را بر عملکرد روشن می‌سازد .در این روش ضریب همبستگی بین دو ویژگی به اجزائی که اثرات مستقیم و غیرمستقیم را اندازه گیری می‌کنند،

جدول(۳) مقایسه میانکین صفات مروفولوژیکی زراعی و عملکرد زیره سبز

Table. 3 The comparison of agro-morphological and yield characters of 24 accessions of cumin

اکسشن	تعداد چتر در بوته	چترک هر چتر	تعداد دانه در چترک	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	مساحت تاج پوشش (سانتیمترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه هر بوته (گرم)	وزن کل هر بوته (گرم)	عملکرد اسانس (گرم در بوته)	درصد اسانس
Accession	No. of umbel/plant	No. of umbellate/ umbel	No. of seed/ umbellate	Plant height(cm)	Crown and canopy area(cm^2)	1000 – grain weight	Plant seed yield(g)	Total plant biomass(g/)	Essential oil yield(g/)	Essential oil%
1	12.93 c-f	3.14 g	16.55 c-f	23.45 d-i	2287 a-e	3.18 e-h	4.13 b-h	17.41 a-e	0.081 d-j	2.04 def
2	13.57 b-e	3.17 g	22.00 ab	22.25 ghi	2289 a-e	3.18 e-h	2.07 gh	6.23 i	0.039 ij	1.89 ef
3	13.56 b-e	3.35 fg	17.59 c-f	27.33 a-e	1575 de	4.05 a	4.77 b-g	17.68 a-d	0.126 cde	2.64 a-d
4	12.23 ef	3.41 efg	16.96 c-f	22.81 f-i	1794 cde	3.70 a-e	2.16 gh	7.33 hi	0.056 f-j	2.57 a-e
5	12.83 def	3.44 efg	17.69 c-f	19.92 i	1872 b-e	3.80 a-d	2.93 e-h	13.87 b-h	0.068 e-j	2.36 b-f
6	12.53 def	3.51 d-g	20.88 abc	22.50 f-i	2630 a-e	3.30 d-h	2.69 fgh	8.41 ghi	0.050 g-j	1.94 def
7	13.37 b-e	3.52 d-g	15.80 ef	25.42 b-h	1733 cde	3.35 d-h	2.24 gh	8.24 ghi	0.045 hij	1.99 def
8	14.17 a-d	3.56 c-g	22.07 ab	24.17 c-i	3126 abc	2.88 gh	4.22 b-h	16.39 a-f	0.088 d-i	2.07 c-f
9	13.00 c-f	3.58 c-g	19.89 a-e	23.32 d-i	2203 a-e	3.72 a-e	4.75 b-g	10.74 e-i	0.117 c-f	2.46 a-f
10	15.53 a	3.59 c-g	20.44 a-d	26.19 b-h	2468 a-e	4.03 ab	6.48 abc	21.78 a	0.201 a	3.11 a
11	11.67 f	3.60 c-g	16.80 c-f	25.16 b-h	1760 cde	3.70 a-e	3.00 e-h	7.28 hi	0.067 e-j	2.19 b-f
12	9.53 g	3.67 b-g	22.63 a	26.83 a-f	3403 a	4.20 a	6.05 a-d	13.97 b-h	0.156 abc	2.59 a-e
13	8.70 g	3.67 b-g	18.59 a-e	22.25 ghi	2615 a-e	2.83 h	5.18 b-f	12.13 d-i	0.054 f-j	1.03 g
14	10.07 g	3.82 a-f	16.80 c-f	25.05 b-h	2945 a-d	3.80 a-d	6.71 ab	17.37 a-e	0.127 cde	2.01 def
15	13.43 b-e	3.83 a-f	16.89 c-f	26.50 b-g	3268 ab	3.45 b-g	5.52 b-e	14.55 b-g	0.136 bcd	2.46 a-f
16	13.27 b-f	3.85 a-f	19.41 a-e	28.22 abc	3350 a	3.83 a-d	4.28 b-h	11.97 d-i	0.124 cde	2.91 ab
17	13.48 b-e	3.93 a-f	17.33 c-f	29.33 ab	2792 a-d	3.62 a-f	3.29 e-h	9.76 f-i	0.082 d-j	2.54 a-e
18	12.97 c-f	3.96 a-f	16.19 def	28.39 abc	3515 a	3.03 fgh	8.22 a	19.15 abc	0.193 Ab	2.34 b-f
19	13.63 b-e	4.00 a-f	19.22 a-e	31.22 a	2949 a-d	3.97 abc	3.76 d-h	20.50 ab	0.106 c-h	2.78 abc
20	14.72 ab	4.05 a-e	19.90 a-e	28.24 abc	2971 a-d	4.20 a	4.61 b-h	16.01 a-f	0.119 c-f	2.57 a-e
21	14.53 abc	4.11 a-d	16.50 c-f	22.90 e-i	1170 e	3.10 fgh	1.98 h	6.22 i	0.020 J	1.00 g
22	12.90 c-f	4.20 abc	13.72 f	21.91 hi	2140 a-e	3.33 d-h	3.84 c-h	11.57 d-i	0.067 e-j	1.80 f
23	13.63 b-e	4.26 ab	18.22 c-f	27.43 a-d	2736 a-d	3.38 c-h	5.06 b-f	15.61 a-f	0.112 c-g	2.21 b-f
24	13.48 b-e	4.37 a	17.33 ab	27.77 a-d	3447 a	3.28 d-h	4.77 b-g	12.70 c-i	0.133 cde	2.81 ab

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ از نظر آماری یکسان می باشند.

Values followed by the same letters within a column are not significantly different by Duncan test.

تفکیک می‌گردد (Soltani, *et al.*, 2018). لذا با استفاده از اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد اسانس از طریق تجزیه علیت، این تفاوت ها بهتر تبیین می‌گردند. به عبارتی دیگر با توجه به این که هدف از انجام تجزیه ضرایب علیت، تعیین اجزایی از عملکرد اسانس است که دارای ویژگی‌هایی از قبیل همبستگی و اثر مستقیم بالا با عملکرد اسانس باشند و همچنین این اجزا دارای حداقل اثرات غیرمستقیم منفی از طریق سایر ویژگیها بر عملکرد اسانس بوده

جدول (۴) ضرایب همبستگی بین صفات فنولوژیکی، مورفولوژیک عملکرد و اجزء عملکرد زیره سبز

Table 4. Correlation coefficients between phenological, morphological traits of yield and yield components of cumin

صفات	ساقه دهی	گلدهی (۵۰)	تاج و پوشش	ارتفاع بوته	رسیدگی فیزیولوژیکی	تعداد چتر	تعداد انشعابات ساقه	تعدادچترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن کل بوته	وزن دانه بوته	وزن هزار دانه	درصد اسانس
Traits	Days to stem elongation	Days to 50 % flowering	Crown and canopy area	Plant height	Physiological maturity	No. of umbel/plant	No. of stem branches	No. of umbellate/ umbel	No. of seed/ umbellate	Total plant biomass	Plant seed yield	1000 -grain weight	Essential oil%
گلدهی (50) Days to 50 % flowering	.701**												
تاج و پوشش Crown and canopy area	-.493**	-.323**											
ارتفاع بوته Plant height	.025	-.069	.432**										
رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity	.013	-.030	-.119	-.139									
تعداد چتر No. of umbel/plant	.178	-.025	-.062	.229	-.171								
تعداد انشعابات ساقه No. of stem branches	-.062	.029	.106	-.033	.066	-.074							
تعدادچترک در چتر No. of umbellate/ umbel	.088	.140	.148	.127	.005	.010	.214						
تعداد دانه در چترک No. of seed/ umbellate	.088	.078	.194	.102	.116	-.012	.377**	.767**					
وزن کل بوته Total plant biomass	-.176	-.022	.292*	.407**	-.018	.120	.212	.194	.148				
وزن دانه بوته Total plant biomass	-.263*	-.076	.372**	.331**	-.098	-.185	.252*	.206	.155	.725**			
وزن هزار دانه 1000 -grain weight	-.066	-.228	.040	.273*	.124	.064	.099	.127	.200	.238*	.183		
درصد اسانس Essential oil%	-.127	-.245*	.208	.436**	-.042	.299*	.098	.306**	.156	.325**	.146	.529**	
عملکرد اسانس Essential oil yield	-.205	-.133	.366**	.485**	-.111	.083	0.279*	.324**	.223	.718**	.858**	.401**	.586**

** همبستگی معنی دار در سطح احتمال ۱ درصدو سایرضرایب پیرسون بدون ستاره حاکی از عدم معنی دار شدن در سطح ۵٪می باشد

. ** indicate significant correlation at 1 % probability level and other Pearson coefficients with no asterisk indicate non-significant at 5 % probability level.

و بتوانند به عنوان معیار انتخاب در برنامه های اصلاحی استفاده شوند.

در تجزیه علیت عملکرد اسانس به عنوان متغیر وابسته در مقابل صفات عملکرد بیولوژیکی در بوته، وزن هزار دانه، تعداد چترک در چتر و مساحت تاج و پوشش به عنوان متغیرهای مستقل قرار داده شد. تا اثرات مستقیم و غیر مستقیم هر یک از این متغیرها با متغیر تابع مشخص گردد (جدول۵). درجه آزادی آزمون حداقل میزان مربع خیبا تعداد ۷۲ مشاهده برابر صفر(۰=۲۰-۲۰) بوده و نشاندهنده این است که مدل انتخاب شده منطبق و درست و با حداکثر دقت برآورد می گردد.

همانطور که در نتایج جدول(۶) مشاهده میشود صفت وزن دانه در بوته بیشترین تاثیر مثبت مستقیم را بر عملکرد اسانس داشته و انتخاب اکوتیپ ها با بیوماس بیشتر می تواند موجب افزایش عملکرد اسانس دانه گردد. این صفت از طریق غیر مستقیم با اثر در افزایش وزن هزار دانه، تعداد چترک و مساحت تاج پوشش بر افزایش عملکرد اسانس تاثیر گذاشته است. سایر صفات وارد شده در مدل همانند وزن هزار دانه، مساحت تاج و پوشش و وزن هزار دانه با اثر مستقیم و مثبت خویش بر عملکرد اثر گذار بوده و چون جهت اثر مستقیم با اثر کل (ضریب همبستگی) یکسان بود، می توان نتیجه گرفت که گزینش این چهار صفت تاثیر معنی داری بر افزایش عملکرد اسانس دارد.وزن هزار دانه، مساحت تاج و پوشش بیشترین تاثیر غیر مستقیم را از طریق اثر بر وزن بوته بر عملکرد اسانس داشته است. سایر صفات قید شده در جدول ۶ علاوه بر تاثیر مستقیم و مثبت بر عملکرد اسانس از طریق غیر مستقیم و مثبت بر یکدیگر موجب افزایش عملکرد اسانس شده است. تعیین روابط میان عملکرد و اجزای آن از اهمیت ویژهای برخوردار میباشد. تحقیقات بر روی گیاهان خانواده چتریان نشان میدهد که تعدادی از اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اهمیت به سزایی در تعیین عملکرد دارند(Ehsanipour, *et al.*, 2013). سایر تحقیقات گزارش داده اند که تعداد انشعابات ساقهٔ وزن هزار دانه، تعداد چتر، تعداد دانه در چتر جزء صفاتی بود که وارد مدل رگرسیونی شده و در تجزیه علیت مورد بررسی قرار گرفتند و گزار شد بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد چتر در بوته (۰/۷) و وزن هزار دانه دارای اثر مستقیمی معادل ۰/۱۹ و اثر غیرمستقیم و ترتیب معادل ۰/۰۹ و ۰/۰۳ بر عملکرد دانه است(Afshar, *et al.*, 2016). نتایج حاصل از تجزیه علیت مشخص کرد که بهره گیری از روش آماری تجزیه علیت میتواند در درک روابط اساسی میان متغیرها کارساز باشد و تنها تکیه بر روابط همبستگی در تبیین اثر اجزا عملکرد کافی نیست.

تحقیقات بر روی گیاهان خانواده چتریان نشان میدهد که تعدادی از اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اهمیت بالایی در تعیین عملکرد دانه دارند (Shoorideh, 2008).

جدول (۵) نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در ژرم پلاسم های زیره سبزبا متغییر وابسته عملکرد اسانس(گرم در بوته)

Table 5. Results of stepwise regression analysis for cumin germplasms with essential oil yield as dependent variable (g / plant)

صفات Traits	ضرایب تعیین Determining coefficients		F
	R^2	$R^2_{partial}$	
وزن بوته Total plant biomass	0.509	0.509	74.67**
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.560	0.051	46.18**
تاج و پوشش Crown and canopy cover	0.584	0.024	34.24**
تعدادچترک در چتر No. of umbellate/umbel	0.602	0.018	27.88**

جدول (۶) تجزیه علیت همبستگی عملکرد اسانس با باقی مانده صفات در مدل رگرسیونی گام به گام

Table 6. Pathway correlation analysis of essential oil yield and the other remaining traits using stepwise regression model

نام صفت Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم Indirect effect				اثر کل Total effect
		وزن بوته Total plant biomass	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تاج و پوشش Crown and canopy area	تعدادچترک No. of umbellate/umbel	
وزن بوته Total plant biomass	0.583		0.056	0.047	0.03	0.717
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.235	0.138		0.006	0.019	0.4
تاج و پوشش Crown and canopy area	0.162	0.162	0.009		0.023	0.365
تعدادچترک در چتر No. of umbellate/umbel	0.156	0.113	0.029	0.024		0.324

اثر باقیمانده

Residual effect =0.613

تجزیه به مولفه های اصلی (Principal Components Analysis) **در اکسشن های زیره سبز**

به منظور خلاصه کردن تعداد متغییرها و کاهش حجم داده ها و تعیین صفاتی که بیشترین تنوع و اهمیت همراه با وظیفه خاصی دارند تجزیه *PCA* انجام گردید. با توجه به همبستگی موجود مشاهده شده بین داده ها(جدول۴) انتظار می رود هرچه میزان همبستگی بین متغییر ها بیشتر باشد مولف های اول، دوم و سوم با واریانس بیشتری که دارد، اهم تغییرات را توجیه نمایید (Jafari & Goudarzi, 2007). در تجزیه به مولفه های اصلی اکسشن های زیره سبز از ۱۵ صفت بر روی ۲۴ اکسشن زیره سبزاستفاده شده و پارامترهای حاص از تجزیه شامل مقادیر ویژه، درصد واریانس توجیه شده و ضرایب بردارهای ویژه برای مولفه های اصلی زیره سبز در جدول ۷ درج گردید. در اکسشن های زیره سبز، مقادیر ویژه حاصل از مولفه های ۱ تا ۴ به ترتیب ۳۳٪،۱۴٪،۱۴٪و ۱۱٪ که در مجموع ۷۱٪ از کل واریانس متغییرها را توجیه می نمایید.

مقادیر نسبی ضرایب بردارهای ویژه در مولفه اول نشان داد که صفات تاج وپوشش، ارتفاع بوته،وزن دانه گیاه، وزن خشک بوته، درصد اسانس و عملکرد اسانس با ضریب مثبت مهمترین صفات بودند. این مولفه نشاندهنده متغییرهای مسئول در افزایش عملکرد اسانس را نشان می دهد. قبلا نیز طبق جدول ۸ همبستگی صفات مشخص گردید که صفات تاج وپوشش، ارتفاع بوته،وزن دانه گیاه، وزن خشک بوته و درصد اسانس همبستکی بالا و مثبتی با عملکرد اسانس دارند. در مولفه دوم صفات تعداد چتر در بوته با صریب مثبت و صفات شروع مرحله ساقه رفتن و شاخص برداشت با ضریب منفی مسئول تغییرات این مولفه بوده و روند مشابهی همانند نتایج همبستگی داشته تغییرات ژنتیکی شاخص برداشت موجود در بین ۲۴ اکسشن زیره سبز و آگاهی از تنوع ژنتیکی در استفرار، سرعت رشد رویشی، زایشی، تعداد چتر و دانه برای ذخیره سازی، تخصیص و یا و انتقال مجدد کربن در برنامه های اصلاحی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. مولفه سوم شامل صفات تعداذ چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و مرحله گلدهی می باشد این صفات مسئول تغییرات تعداد دانه در چترک می باشند. صفات تاریخ گلدهی، تعداد چترک با ضریب مثبت و وزن هزار دانه با ضریب منفی موثر بر مولفه چهارم بودند و مسئول تعییرات آن می باشند. صفات ذکر شده در مولفه های فوق بیشترین تغییرات را داشتند و گویاست مولفه اول دارای بیشترین اهمیت را می باشد. در جدول شماره ۷ صفاتی که در هر درون هر مولفه دارای بیشترین اهمیت می باشد،زیر ضریبش خط کشیده شده است.

تجزیه خوشه ای (کلاستر) اکسشن های زیره سبز

موفقیت در گزینش بستگی به تنوع یا ایجاد نو ترکیبی ژنتیکی و هتروزیس دارد که از عوامل اصلاح گیاهان می باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، ژنوتیپهای مختلف از نظر صفات مورد نظر تنوع قابل ملاحظه ای داشته بدین جهت برای ارزیابی و شناخت بهتر از منابع ژنتیکی زیره سبز از روش آماری چند متغیره تجزیه

جدول (۷) مقادیر ویژه، درصد واریانس وضرایب بردارهای ویژه در تجزیه به مولفه های اصلی در ۲۴ اکسشن زیره سبز

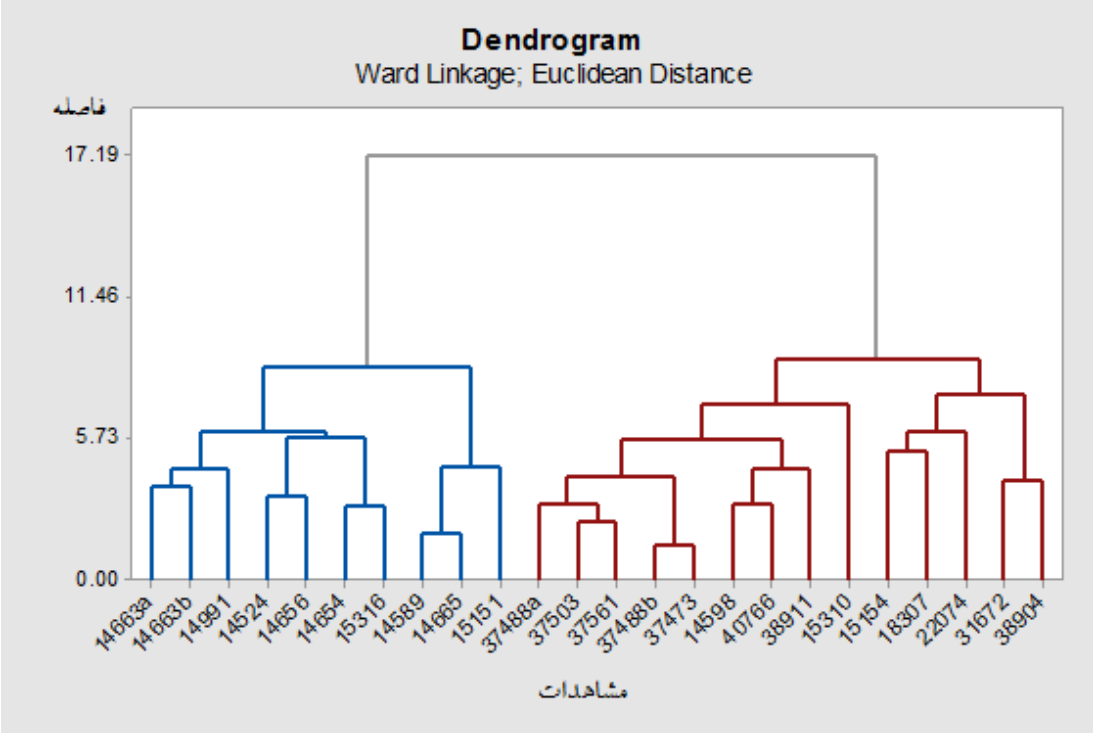
Table 7. Eigenvalues, variance rate and specific vectors coefficients in PCA for 24 cumin cultivars

Variables متغییرها	PC1	PC2	PC3	PC4
سطح پوشش Crown and canopy cover	0.31	-0.17	-0.14	0.04
ارتفاع بوته Plant height	0.32	0.26	-0.03	-0.09
وزن کل بوته Total plant biomass	0.34	0.17	-0.09	0.19
وزن دانه Seed weight	0.36	-0.11	-0.35	0.03
درصد اسانس Essential oil(%)	0.34	0.22	0.25	-0.23
عملکرد اسانس Essential oil yield	0.42	0.03	-0.14	-0.04
تعداد چتر گیاه No. of umbel/plant	0.05	0.43	0.28	0.27
مرحله ساقه دهی Days to stem elongation	0.15	-0.41	0.12	0.02
شاخص برداشت Harvest index	0.09	-0.41	-0.35	-0.25
مرحله رسیدگی Physiological maturity stage	-0.07	-0.28	0.35	-0.24
تعداد چترک در چتر No. of umbellate/umbel	0.24	-0.28	0.35	0.27
تعداد دانه در چترک No. of seed/umbellate	0.15	-0.32	0.45	0.21
مرحله گلدهی Days to 50 % flowering	-0.12	-0.03	-0.12	0.61
تعداد چترک در بوته No. of umbellate/plant	0.28	0.00	-0.05	0.30
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.23	0.16	0.27	-0.37
مقادیر ویژه				
Eigenvalue	4.97	2.06	2.02	1.62
واریانس نسبی Relative variance	0.33	0.14	0.14	0.11
واریانس تجمعی Cumulative variance	0.33	0.47	0.60	0.71

اعدادی که زیر آن خط کشیده شده است دارای ارزش بیشتری در مولفه‌های اصلی هستند

The underlined numbers exhibit the highest value in the main components.

کلاستر استفاده شد. از آنجایی که گروه بندی فاصله ژنتیکی انجام شده به طور همزمان بر روی چندین صفت مورد بررسی قرار گرفته می تواند در برنامه های اصلاحی استفاده شود. تجزیه خوشه ای از ۱۵ صفت با ۲۴ اکسشن و با برش دندروگرام در فاصله اقلیدسی ۸/۶ اکسشن ها در دو گروه قرار می گیرند بطوریکه کلاستر ۱ با ۱۰ اکوتیپ و کلاستر ۲ با ۱۴ اکوتیپ از یکدیگر متمایز شدند(شکل ۱). تقریبا اکثر اکسشن های استان مرکزی اراک در یک کلاستر قرار کرفتند و نشان دهنده این است که گروه بندی بر اساس داده های مروفولوژیکی تا حدودی با الگوی جغرافیایی محل رویش اکسشن ها مطابق داشته است(جدول ۱).



شکل (۱) -دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر به روش وارد روی ۲۴ اکسشن زیره سبز برای کلیه صفات

Fig 1. Dendrogram obtained from cluster analysis on all the evaluated traits of 24 cumin ecotypes by Ward linkage input method.

اکسشن های موجود در کلاستر دو (جدول۷) همانند اکسشن ۱۵۳۱۰ استان تهران، از عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس بالاتری برخوردار می باشند. همچنین روابط بین صفات با مولفه های اول و دوم نشان داد که صفات ارتفاع بوته، وزن خشک کل بوته و درصد اسانس دارای تاثیر مثبت وزیادتری در مولفه اول و دوم داشته است.

نتیجه گیری

به طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از تجزیه علیت، صفت وزن بوته، تعداد چترک در چتر، مساحت تاج و پوشش و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه و اسانس موثر می باشد می باشد. تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که صفات ارتفاع بوته، وزن خشک کل بوته و درصد اسانس دارای تاثیر مثبت وزیادتری در مولفه اول و دوم داشته است در نتیجه برای مطالعه توده های بومی زیره سبز و همچنین انتخاب صفات وزن بوته، وزن هزار دانه، تاج و پوشش و تعداد چترک در چتر باید با دقت نظر و تاکید بیشتری در برنامه های اصلاحی مد نظر قرار گیرند.

References

Afshar, A.K., Baghizadeh, A. and Mohammadi-Nejad, G. 2016. Evaluation of Relationships between Morphological Traits and Grain Yield in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under Normal and Drought Conditions. *Journal of Crop Breeding,* 18: 160-165.

Avatar R., Dashora S. L., Sharma R K. and M., S.M. 1991. Analysis of genetic divergence in cumin (*Cuminum cyminum* L.). *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding,* 51: 289-291.

Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, G. and Abdul Khadir, M. 2011. Genetic Diversity Evaluation of Cumin (*'Cumin cyminum*'L.) Based on Phenotypic Characteristics. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 304.

Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, G. and Mihdzar, A.K. 2011. Genetic Diversity Evaluation of Cumin ('*Cumin cyminum*' L.) Based on Phenotypic Characteristics. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 304-310.

Bettaieb, I., Bourgou, S., Wannes, W.A., Hamrouni, I., Limam, F. and Marzouk, B. 2010. Essential oils, phenolics, and antioxidant activities of different parts of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 10410-10418.

Dalkani, M., Hassani, A. and Darvishzadeh, R. 2012. Determination of the genetic variation in Ajowan (*Carum Copticum* L.) populations using multivariate statistical techniques. *Revista Ciência Agronômica*, 43: 698-705.

Ehsanipour, A., Razmjoo, K. and Zeinali, H. 2013. Effect of nitrogen rates on yield, yield components and essential oil content of several fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) populatios. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(4): 579 - 593.

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

S. Astani. 2017. A study on correlation between morphological traits and path analysis of yield on some ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). The first international and the third national Conference of Medical Herbs, Conventional Medicine and Organic Agriculture Hamadan Bonyad Hamayesh.

Gohari, A.R. and Saeidnia, S. 2011. A review on phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its standards from field to market. *Pharmacognosy Journal,* 3: 1-5.

Hajlaoui, H., Mighri, H., Noumi, E., Snoussi, M., Trabelsi, N., Ksouri, R., et al. 2010. Chemical composition and biological activities of Tunisian *Cuminum cyminum* L. essential oil: A high effectiveness against Vibrio spp. strains.

Food and Chemical Toxicology, 48: 2186-2192.

Jafari, A.A. and Goudarzi, A. 2007. Genetic variation for yield and its relationships with quality and agronomic traits in 72 accessions of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Iranian Journal of Rangeland and Forest Plant Breeding Genetic Research,* 14 : 229 – 239

Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoyanova, A.S., Georgiev, E.V. and Damianova, S.T. 2005. Composition, quality control and antimicrobial activity of the essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds from Bulgaria that had been stored for up to 36 years. *International Journal of Food Science & Technology*, 40: 305-310.

Kafi, M. 2006. Cumin (*Cuminum cyminum*): Production and ProcessingBoca Raton: CRC Press.

Kafi, M. and Keshmiri, E. 2011. stress Study of yield and yield components of *Cuminium cyminum* indigenous under conditions of salinity and drough. Journal of Horticultural Science 25: 327-334

Li, R. and Jiang, Z.T. 2004. Chemical composition of the essential oil of *Cuminum cyminum* L. from China. *Flavour and Fragrance Journal,* 19: 311-313.

Mirhaji, T., Sanadgol, A., Ghasemi, M. and Nouri, S. 2010. Application of Growth Degree-Days in determining phenological stages of four grass species in Homand Absard Research Station. *Iranian Journal of Range and Desert Research,* 17 (3):362-376.

Moghaddam, M. and Pirbalouti, A.G. 2017. Agro-morphological and phytochemical diversity of Iranian *Cuminum cyminum* accessions. Industrial Crops and Products 99: 205-213. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.003.

Mohammadi, S., Prasanna, B. and Singh, N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Science*, 43: 1690-1697.

Niazian, M., Sadat Noori, S.A., Tohidfar, M. and Mortazavian, S.M.M. 2017. Essential Oil Yield and Agro-morphological Traits in Some Iranian Ecotypes of Ajowan (*Carum copticum* L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants 20: 1151-1156. doi:10.1080/0972060X.2017.1326849.

Piepho, H.-P. 2000. A mixed-model approach to mapping quantitative trait loci in barley on the basis of multiple environment data. *Genetics,* 156: 2043-2050.

Qureshi, A.A. and Eswar, K.K. 2010. Phytochemical constituents and pharmacological activities of Trachyspermum ammi. *Plant Archives,* 10: 955-959.

Razavi, J.A.O.o.K. 2015. Statistical Pocketbook of Agricultural Region of Khorasan Razavi Province. *Agriculture Organization of Khorasan*

Razavi,Mashhad. p. 159.

Rebey, I.B., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 36: 238-245.

Safaei, L., Zeinali, H. and Afiuni, D. 2011. Study of genetic variation of agronomic characteristics in Foeniculum vulgare Mill. genotypes. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16 (31): 117 - 125.

Safarnejad, A., Abbasi, M. and Tabatabaei, S.M. 2011. Agronomical and Botanical Characteristics of *Cuminum setifolium* (Boiss.) Kos.-Pol. a Plant with Potentially Medicinal Applications. *Notulae Scientia* Biologicae, 3(1):*30*-35.

Shoorideh, H. 2008. Evaluation of some drought resistance criteria in cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces. *Journal of the Korean Society of Crop Science,* 33-33.

Soltani Howyzeh, M., Sadat Noori, S.A., Shariati J, V. and Niazian, M. 2018. Essential Oil Chemotype of Iranian Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21: 273-276.

Sowbhagya, H., Rao, B.S. and Krishnamurthy, N. 2008. Evaluation of size reduction and expansion on yield and quality of cumin (*Cuminum cyminum*) seed oil. Journal of food engineering 84: 595-600.

Zarezadeh, A., Mirvakili, S. and Arabzadeh, M .2007 .Survey on phenology and aeclimitization of medicinal plants species in Yazd province collection. *Plant and Ecosystem,* 9: 11-93.

Study of phenological, morphological and phytochemical characteristics of cumin ecotypes under Mashhad climatic conditions

M. Faravani[1], A. A. Jafari [2], M. Ranjbar [3], A. Negari [3], N. Azizi [1]

1. Assistant Professor of Forests and Rangelands Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran . (Corresponding author)
2. Researcher of Forests and Rangelands Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
3. Professor of Forest and Rangeland Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Tehran, Iran

Received: April 2018 Accepted: November 2018

Extended Abstract

Faravani, M., Jafari, A. A., Ranjbar, M., Negari, A., Azizi, N., Study of phenological, morphological and phytochemical characteristics of cumin ecotypes under Mashhad climatic conditions
Applied Research in Field Crops Vol 31, No. 3, Page:2018 16-18: 95-113(in Persian)

Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum*) is an economically important plant from the Apiaceae family. It has medicinal properties and exhibits tolerance to drought stress. Cumin is mainly cultivated in Iran, India, Syria, Pakistan and Turkey and is widely used in foods, beverages and perfume and pharmaceutical industries. The mature dried fruit of cumin contains 2-5% essential oil (Gohari and Saeidnia, 2011, Li & Jiang, 2004). It is a monotypic species with low phenotypic and genetic variability (Bahraminejad*, et al.*, 2011). Evaluation of variability in plant species for genetic resources preservation and practical and scientific application of these plant germplasm resources are crucial for plant breeders. Attempts were made in this research to investigate various morphological and phenological traits as well as yield components and essential oil yield of cumin and also to explore relationship between cumin yield and its components. This will help identify traits that have impact on seed and essential oil yields of cumin so that they can be used for indirect selection on farm level.

Materials and Methods

This study was carried out at research station of agricultural research and education center of Khorasan Razavi, Iran during 2012-2013 cropping season. In this experiment, 24 cumin ecotypes obtained from plant genetic bank were tested

Email address of the corresponding author: mfaravani@gmail.com

in a completely randomized block design with three replications. Seed samples were first cultivated in the greenhouse and then transferred to the field and were grown under drip irrigation conditions. Phenological stages for each ecotype were recorded as follows; days to 50 % of seedling emergence and stem elongation, days to 50 % flowering and at physiological maturity. At the end of growing season, five plants were collected from each plot and were transferred to laboratory to measure the morphological traits. To determine the contribution of each trait to total variability and to decrease the volume of data that needs to be processed and to better interpret the relationships between the traits, analysis into main components was performed for the measured traits of cumin ecotypes and dispersion diagram was constructed on the main components.

Results and Discussion

According to the results, there was a significant variation ($p \leq 0.05$) among the genotypes for the phenological characteristics (days from sowing to stem elongation (16-3 days), to 50% flowering (39- 63 days) and to physiological maturity (85-94 days)) and also for the morphological traits. The number of stem branches in the genotypes was significantly ($p \leq 0.05$) different (3.5-5.7). The observed differences in the yield components were: number of umbels per plant)8.5-8.7(, number of umbellate per umbel (3-4), number of seeds in umbellate (23-13), 1000-seed weight (2.8-4.2 g), total plant biomass (6-22 g), seed yield per plant (2-8 g), essential oil percentage (0.99-3.11) and essential oil yield (0.02-0.2 g/plant), which were significantly different at $p \leq 0.05$. The results of stepwise linear regression analysis showed that the total plant biomass was the first trait that entered to the regression model and alone accounted for 51% of the variations in essential oil yield. The three more characters entered to the regression model included 1000-seed weight, crown and canopy area and number of umbellate per umbel, which explained 60% of variation in the dependent variable (essential oil yield). In order to identify the direct and indirect effects of traits on seed yield, path-way analysis was performed based on the variables entered into the final regression stage. The number of stem branches and number of umbels per plant had the most direct effect on seed yield and essential oil. PCA and cluster analysis were used to identify the genetic distance among accessions. The first and second component in cumin explained 71% of variation in the variables. Crown and canopy cover, plant height, plant weight and essential oil percentage were found to be the most important traits in cumin. The accessions located in cluster 1 were mainly originated from Markazi province, which had lower essential oil yield.

Conclusion

The traits including total plant biomass, number of umbellate per umbel, crown

and canopy cover and 1000-seed weight had the most direct effect on the essential oil yield of cumin. These traits were identified as a suitable criterion for determining the production ability of cumin ecotypes.

Keywords: Pathway analysis, essential oils, diversity

References:

Gohari, A.R. andSaeidnia, S.2011 .A review on phytochemistry of Cuminum cyminum seeds and its standards from field to market. *Pharmacognosy Journal*,(3): 1-5.

Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, G. and Abdul Khadir, M. 2011. Genetic Diversity Evaluation of Cumin (*Cuminum cyminu*n L.) Based on Phenotypic Characteristics. Australian Journal of Crop Science 5: 304.

Li, R. and Jiang, Z.T.2004. Chemical composition of the essential oil of Cuminum cyminum L. from China .*Flavour and fragrance journal*,(19): 311-313.