تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳، ص ۲۷۵-۲۵۷

مقاله پژوهشی

ارزیابی و انتخاب اکوتیپ‌های برتر زیره سبز با استفاده از صفات کمی و کیفی از طریق روش‌های آماری چندمتغیره در شرایط اقلیمی جیرفت

سید محمد علوی سینی[۱*]، حمیدرضا فنائی[۲]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: m.alavis@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۴ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430131.1387**

چکیده

زیره سبز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی اهلی متحمل به خشکی در الگوی کاشت مناطق خشک و نیمه خشک کشور مورد توجه و استفاده کشاورزان می‌باشد. پایداری و افزایش تولید در زراعت این گیاه نیازمند شناسایی و معرفی اکوتیپ یا رقم اصلاح شده می‌باشد. از این رو تعداد ۶۴ اکوتیپ زیره سبز دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران طی آزمایشی در قالب طرح آماری لاتیس ساده ۸×۸ در دو تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان کشت شد. در این آزمایش صفات تاریخ ظهور چتر، تاریخ گلدهی، تاریخ پایان گلدهی، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد چتر در بوته، چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، زیست‌توده، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس یادداشت‌برداری شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه برای اکوتیپ‌های زیره‌سبز وجود داشت. بطوری‌که در آماره‌های توصیفی نیز تنوع بالا در صفات تعداد دانه در بوته، زیست‌توده، عملکرد دانه و عملکرد اسانس مشاهده شد. بنابراین این صفات پتانسیل بالایی در برنامه‌های به‌نژادی زیره سبز خواهند داشت. باتوجه به نتایج تجزیه‌های انجام شده اکوتیپ‌های TN-178، TN-180، TN-16، TN-150، TN-15 و TN-141 با توجه به بررسی تمام صفات و با در نظر گرفتن مطلوبیت و عدم مطلوبیت صفات، به‌عنوان اکوتیپ‌های برتر و پرپتانسیل گزینش و برای برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، درصد اسانس، عملکرداسانس، عملکرددانه، SIIG

مقدمه

زیره سبز گیاهی معطر، یکساله و علفی از خانواده Apiaceae با نام علمی *Cuminum cyminum* L.، منشأ آن نواحی مدیترانه‌ای می‌باشد که به نواحی خشک و نیمه خشک جهان از قبیل خاورمیانه، هند و ترکیه گسترش یافته است. زیره سبز به‌خاطر تحمل بالا به خشکی در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای یکی از قدیمی‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهانی است که کشت و کار می‌شود (Hajlaoui *et al*., 2010; Moghaddam *et al*., 2017). زیره دارای مصارف مختلف آشپزی و دارویی است و در سرتاسر جهان یک گیاه معطر چند منظوره بحساب می‌آید. این گیاه عموماً به‌عنوان چاشنی در غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان طعم‌دهنده در پنیر، ترشی و سوپ یک ادویه پرکاربرد است (Thippeswamy and Gohari and Saeidnia, 2011; Akhilender Naidu, 2005). با توجه به اینکه در حال حاضر دومین ادویه پرمصرف جهان بعد از فلفل (*Pepper nigrum*) می‌باشد کشت آن از اهمیت بالایی برخوردار است (Mnif and Aifa, 2015; Kanani *et al*., 2019). دانه این گیاه همچنین در طب سنتی برای درمان بسیاری از اختلالات و بیماری‌های بهداشتی مانند دندان درد، سوءهاضمه، اسهال، صرع و یرقان کاربرد فراوانی داشته است. این فواید دارویی عموماً به محتوای غنی و عملکرد قوی آن از ترکیبات فعال مانند ترپن‌ها، فنل‌ها و فلاونوئیدها نسبت داده شده است (Nostro *et al*., 2005; Gondaliya *et al*., 2018). زیره سبز علاوه بر مصارف دارویی و غذایی در صنایع بهداشتی و آرایشی نیز کاربرد دارد. طعم متمایز و عطر قوی و گرم زیره به دلیل محتوای اسانس آن است (Moghaddam *et al*., 2017). اخیراً چندین مطالعه نشان داده‌است که اسانس زیره دارای فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد درد با ارزشی

است (Derakhshan *et al*., 2008; Einafshar *et al*., 2012; Hashemian *et al*., 2013; Moghaddam *et al*., 2015).

نتایج یک پژوهش نشان داد در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره سبز، اکوتیپ سبزوار بیشترین تعداد چتر در بوته، ارتفاع بوته، تعداد دانه در هر چتر، عملکرد دانه، عملکرد اسانس، زیست‌توده و درصد اسانس را دارا بود. همچنین در این پژوهش گزارش شد، با توجه به پاسخ بهتر اکوتیپ سبزوار، مطالعات بیشتر برای معرفی این اکوتیپ به کشاورزان منطقه توصیه می‌شود (Rivandi *et al*., 2020). گزارش شده است که کشت زیره سبز در شرایط آبی منجر به افزایش ارتفاع، شاخه‌های جانبی بیشتر، تعداد چتر و دانه بیشتر در هر گیاه، وزن هزار دانه بیشتر، عملکرد اسانس بیشتر و درصد اسانس کمتر در مقایسه با شرایط دیم می‌شود (Timachi *et al*., 2021). نتایج مطالعه‌ای نشان داد، برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه زیره سبز، کاشت اکوتیپ کرمان در اسفندماه و جهت حصول حداکثر عملکرد اسانس اکوتیپ‌های سمنان و کرمان باتوجه به برتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، در منطقه کرمان توصیه می‌شود (Ghanbari *et al*., 2014). پژوهش‌گران گزارش کردند که یک رابطه خطی و مثبت بین عملکرد دانه و درصد اسانس با عملکرد اسانس وجود دارد. این محققین عنوان کردند که درصد تأثیرپذیری عملکرد اسانس از عملکرد دانه به مراتب بیشتر از درصد اسانس است. بنابراین هر عاملی که عملکرد دانه یا درصد اسانس را کاهش یا افزایش دهد، عملکرد اسانس تولیدی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Ghane *et al*., 2017; Rivandi *et al*., 2020). عملکرد اسانس و درصد اسانس اکوتیپ‌ها در این آزمایش متفاوت بود که محققین دلیل آن را بیش از هر عاملی تحت تاثیر ژنتیک زیره سبز می‌دانند (Hashemian *et al*., 2013). مطالعه ویژگی‌های فنولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان دارویی منجر به درک بهتر از مراحل رشد و نمو گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود. حداکثر میزان رشد در هر مرحله خاص مانند رشد میوه یا متابولیت‌های ثانویه در اکوتیپ‌ها و ارقام مشابه نیست (Niazian *et al*., 2017). گونه‌های بومی منبع مهمی از تنوع ژنتیکی برای اصلاح زیره‌های سبز کشت شده هستند. تنوع در صفات فنولوژیکی و زراعی در ۲۴ نمونه زیره سبز گزارش شده‌است (Faravani *et al*., 2018). این گیاه در حال حاضر در ایران، در استان‌های خراسان، آذربایجان شرقی، یزد، سمنان، اصفهان، گلستان، فارس و کرمان کشت می‌شود (Ghanbari *et al*., 2017). با توجه به این که در ایران رقم اصلاح شده و ثبت شده‌ای برای زیره سبز وجود ندارد و کشاورزان در هر منطقه از اکوتیپ‌های محلی همان منطقه برای کشت استفاده می‌کنند تنوع بسیار بالایی از نظر کمی و کیفی بین این اکوتیپ‌ها وجود دارد این پژوهش با هدف بررسی پتانسیل اکوتیپ‌های زیره سبز و تعیین اکوتیپ‌های برتر از لحاظ زودرسی، ویژگی‌های کیفی و عملکرد در منطقه جنوب کرمان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و انتخاب اکوتیپ‌های برتر زیره سبز با استفاده از عملکرد، صفات زراعی، فنولوژی و کیفی تعداد ۶۴ اکوتیپ زیره سبز دریافتی از بانک ژن گیاهی ملی ایران طی آزمایشی در قالب طرح آماری لاتیس ساده ۸×۸ در دو تکرار (Ghaedrahmati *et al*., 2017) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان واقع در جیرفت با مختصات جغرافیایی ۲۸ درجه، ۳۲ دقیقه و ۵۷ ثانیه شمالی و ۵۷ درجه، ۵۱ دقیقه و ۳۲ ثانیه با ارتفاع ۶۱۳ متری از سطح دریا کشت گردیدند (جدول ۱). میانگین بارندگی سالیانه این منطقه حدود ۱۷۰ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت حداکثر مطلق و حداقل مطلق ۵۰ و ۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش بشرح ذیل می‌باشد:

بافت خاک (شنی لومی)، اسیدیته (۸/۳)، هدایت الکتریکی (۲/۵)، میزان مواد آلی خاک (۰/۱ درصد)، محتوی عناصر غذایی فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۶ و ۲۰۵ قسمت در میلیون.

هر کرت آزمایشی شامل دو پشته و در هر پشته دوخط به طول دو متر بود. فاصله بین دو ردیف روی پشته ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج تا هفت سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها یک پشته نکاشت و فاصله تکرارها از هم دو متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد کلیه عملیات زراعی شامل آماده سازی زمین، شخم پاییزه، دیسک، ماله و پخش کود قبل از کشت، وجین علف های هرز، آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفت و بیماری در زمان مناسب بر اساس شرایط منطقه جیرفت انجام

گرفت. مراحل فنولوژیکی شامل تاریخ ظهور چتر، تاریخ گلدهی، تاریخ پایان گلدهی و تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک بوده و وقتی که ۵۰ درصد بوته‌های هر نمونه به آن مرحله رسیدند، ثبت گردید. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات مرفولوژیکی مانند ارتفاع گیاه و اجزای عملکرد شامل تعداد چتر در بوته، چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در چتر، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری گردید.

پس از حذف دو ردیف کناری و نیم‌متر از ابتدا و انتهای خطوط هرکرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌ها در مرحله رسیدگی (۸۰ درصد زرد شدن بوته) به‌صورت دستی برداشت و پس از توزین به‌عنوان زیست‌توده در هر کرت ثبت شد. پس از جداسازی دانه‌ها و بوجاری بذور، وزن بدست آمده به‌عنوان عملکرد دانه در هر کرت منظور شد. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه ۲۵۰ تایی با ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم مشخص گردید.

اسانس زیره سبز به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. سپس درصد اسانس به روش وزنی و عملکرد اسانس براساس حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد اسانس محاسبه گردید (Eikani *et al*., 2007).

جدول ۱- اطلاعات اکوتیپ‌های زیره‌سبز تهیه‌شده از بانک ژن گیاهی ملی ایران

Table 1- Information of prepared cumin ecotypes of the national plant gene-bank of Iran

شماره Number	کد Code	منشأ Source	شماره Number	کد Code	منشأ Source	شماره Number	کد Code	منشأ Source
1	TN-2	Yazd -Bafgh	23	TN-92	Khorasan-Birjand	45	TN-173	Khorasan-Birjand
2	TN-4	Yazd -Taft	24	TN-103	Khorasan-Kashmar	46	TN-166	IPK1
3	TN-6	Yazd -Ardakan	25	TN-107	Boshehr-Kangan	47	TN-172	IPK2
4	TN-8	Yazd -Mehriz	26	TN-108	Yazd -Ardakan	48	TN-22	Khorasan-Ferdos
5	TN-11	Khorasan	27	TN-115	Isfahan	49	TN-28	Khorasan-Taibad
6	TN-15	Yazd -Mehriz	28	TN-118	Khorasan-Jovein	50	TN-45	Khorasan-Ferdos
7	TN-16	Yazd -Abarkooh	29	TN-119	Khorasan-TorbateJam5	51	TN-47	Yazd-Tabas
8	TN-17	Isfahan-Naein	30	TN-123	Khorasan-TorbateJam1	52	TN-61	Khorasan-Ferdos
9	TN-21	Khorasan-Ferdos	31	TN-124	Tabriz-Khosroshahr	53	TN-81	Khorasan-Ghaienat
10	TN-25	Khorasan-Gonabad	32	TN-126	Khorasan-Birjand	54	TN-91	Khorasan-Birjand
11	TN-29	Khorasan-Taibad	33	TN-127	Kerman	55	TN-113	Khorasan-Taibad
12	TN-33	Khorasan-Ferdos	34	TN-131	Khorasan-Firoozeh	56	TN-125	Khorasan-Esfaraien
13	TN-35	Khorasan-Tabas	35	TN-135	Khorasan-Khaf	57	TN-132	Khorasan-TorbateJam5
14	TN-37	Khorasan-Tabas	36	TN-136	Khorasan-Jovein	58	TN-148	Khorasan-TorbateJam3
15	TN-51	Yazd -Taft	37	TN-137	Khorasan-Jovein	59	TN-149	Khorasan-Neishabour
16	TN-53	Khorasan-Sabzevar	38	TN-139	Khorasan-Boshroieh	60	TN-150	Khorasan-Birjand
17	TN-55	Khorasan-Torbat	39	TN-140	Khorasan-Khaf	61	TN-178	Khorasan-Bardascan
18	TN-67	Khorasan-Gonabad	40	TN-141	Khorasan-Neishabour	62	TN-180	Khorasan-Sabzevar
19	TN-78	Yazd -Ardakan	41	TN-142	Khorasan-Khaf	63	TN-181	Sistan1
20	TN-87	Khorasan-Torbat	42	TN-143	Khorasan-Khaf	64	TN-182	Sistan2
21	TN-88	Khorasan-Birjand	43	TN-145	Fars-Marvdasht			
22	TN-90	Khorasan-Birjand	44	TN-146	Khorasan-TorbateJam2			

شکل ۱- نمایی از مزرعه در مرحله سبز شدن (A) و در مرحله پر شدن دانه (B)

Figure 1- A view of the field in the vegetative phase (A) and in the grain filling stage (B)

برای ارزیابی تنوع صفات، آماره‌های توصیفی صفات کمی و کیفی بر اساس محاسبه میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی در مناطق برآورد گردید. به‌منظور ارزیابی روابط صفات و نقش آن‌ها در میزان تنوع از آنالیز همبستگی صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد. تجزیه‌های آماری از طریق نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۴) انجام شد.

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و ادغام صفات مورفو-فنولوژیک از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به شرح ذیل می‌باشد (Zali *et al.*, 2015):

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها: با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به‌صورت رابطه ۱ تشکیل شد (ماتریس D).

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

در این ماتریس x_{ij} مقدار ژنوتیپ iام ($i = 1, 2, \dots n$) در رابطه با صفت jام ($j = 1, 2, \dots m$) بود. به‌عبارت دیگر ردیف‌ها را ژنوتیپ‌ها و ستون‌ها را صفات تشکیل دادند.

۲- تبدیل ماتریس داده‌های اولیه (ماتریس D) به یک ماتریس نرمال (ماتریس R): از رابطه ذیل برای نرمال‌کردن داده‌ها (بدون واحد کردن داده‌ها) استفاده شد:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2}} \quad (۲)$$

در رابطه ۲، برای نرمال نمودن داده‌ها، مقدار صفات در همه ژنوتیپ‌ها برای هر صفت را به توان ۲ رسانده و سپس جمع نموده و جذر گرفته شد (مخرج کسر) و در نهایت تک تک ژنوتیپ‌ها به مخرج کسر تقسیم شد. بنابراین بعد از نرمال نمودن داده‌های اولیه (ماتریس D)، ماتریس R به‌صورت رابطه ۳ تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۳- پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) برای هر صفت (شاخص): در این مرحله با توجه به نوع صفت و نظر محقق برای هر صفت به‌طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ (ایده‌آل) و ضعیف‌ترین (غیرایده‌آل) انتخاب شد. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر مقدار عملکرد یک ژنوتیپ مقدار ایده‌آل و پایین‌ترین مقدار عملکرد به‌عنوان ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) در نظر گرفته شد. هم‌چنین در مورد تعداد روز تا رسیدگی، چنانچه زودرسی ژنوتیپ‌ها مهم باشد، مقدار ایده‌آل برابر کم‌ترین مقدار DMA و مقدار ضعیف برابر با حداکثر مقدار DMA برای ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d_i^+) و ژنوتیپ‌های ضعیف (d_i^-): در این مرحله برای هر ژنوتیپ، فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d_i^+) و ژنوتیپ‌های ضعیف (d_i^-) به‌ترتیب با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد. به‌عبارت دیگر برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d_i^+)، با توجه به رابطه ۴، ابتدا مقادیر تمام صفات (نرمال شده) در یک لاین (ژنوتیپ) را از مقادیر ایده‌آل برای هر صفت (که در مرحله قبل مشخص شده است) کم نموده و به توان ۲ رسانده و در نهایت آنها را جمع و جذر گرفته شد. همین کار را هم برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ ضعیف (d_i^-) برای هر لاین انجام شد (رابطه ۵).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(r_{ij} - r_j^+\right)^2} \quad i = 1, \dots, n \qquad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(r_{ij} - r_j^-\right)^2} \quad i = 1, \dots, n \qquad (۵)$$

در روابط فوق r_{ij} مقدار نرمال شده ژنوتیپ iام ($i = 1, 2, \dots n$) در رابطه با شاخص (صفت) jام ($j = 1, 2, \dots m$) است. r_j^+ و r_j^- به‌ترتیب مقادیر نرمال شده ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ضعیف برای هر شاخص (صفت) jام ($j = 1, 2, \dots m$) است.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG): در آخرین مرحله برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برای هر لاین یا ژنوتیپ از رابطه ۶ استفاده شد:

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2 \dots, n, \; 0 \le SIIG_i \le 1 \qquad (۶)$$

مقدار $SIIG_i$ بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار $SIIG_i$ آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است (Zali *et al*., 2015).

نتایج و بحث

در گزینش فنوتیپی برای اهداف اصلاحی، میانگین، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات پارامترهای باارزشی هستند (Bayat *et al*., 2018; Alavi-Siney and Saba, 2021). از این‌رو آماره‌های توصیفی شامل میانگین، خطای معیار، حداقل، حداکثر، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی برای صفات مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد روز تا ظهور چتر به‌ترتیب ۷۹ و ۹۷/۵ روز بود. کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی به ترتیب ۸۳ و ۱۰۱ روز و تا پایان گلدهی به ترتیب ۹۴ و ۱۱۳/۵ روز بود. زودرس‌ترین و دیررس‌ترین بوته‌ها نیز به‌ترتیب نیاز به ۱۲۳ و ۱۳۵/۵ روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی داشتند. پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کردند که در خصوص صفات فنولوژیکی ژرم پلاسم‌های زیره سبز در سطح ۰/۰۵تفاوت‌های معنی‌داری از نظر صفات روز تا مرحله گلدهی (۶۳-۳۹) روز و رسیدگی (۹۴-۸۵) روز دارند. با گذشت زمان، اکوتیپ‌های مختلف این اختلاف‌ها را از نظر زمان رسیدگی جبران و مراحل انتهایی رشد تفاوت کمتری بین اکوتیپ‌ها از نظر زمان رسیدگی فیزیولوژیکی مشاهده شد (Faravani *et al*., 2018). کوتاه‌ترین بوته ۱۵/۰۰ سانتی‌متر و بلندترین بوته‌ها ۲۶/۵۰ سانتی‌متر ارتفاع داشتند. میانگین ارتفاع بوته در نمونه‌های زیره در منطقه جیرفت ۱۹/۲۵ سانتی‌متر بود. تعداد چتر در بوته در بازه ۸/۴ الی ۲۰/۷ عددی با متوسط ۱۳/۹۷ قرار داشت. این در حالی بود که کم‌ترین تعداد چترک در چتر ۲/۳۷ و تعداد دانه در چترک ۱/۸۲ عدد بود. بیش‌ترین میزان این صفات به‌ترتیب ۵/۱۷ و ۵/۰۰ عدد ثبت گردید. کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد دانه در چتر به‌ترتیب ۸/۰۳ و ۲۰/۵۰ و تعداد دانه در بوته به ترتیب ۶۸/۹۰ و ۴۲۲/۹۷ عدد بود. از نظر وزن هزار دانه کم‌ترین و بیش‌ترین میزان ثبت شده به‌ترتیب ۱/۸۱ و ۳/۵۵ گرم با متوسط ۲/۵۸ گرم در منطقه جیرفت بود. از نظر عملکرد دانه، به طور متوسط ۸۰/۷۸ گرم در مترمربع از هر نمونه زیره در منطقه جیرفت به‌دست‌آمد که کم‌ترین میزان ۲۹/۹۰ گرم در مترمربع و بیش‌ترین میزان ۱۷۸/۰۴ گرم در مترمربع بود. کم‌ترین زیست‌توده ۷۶/۲۲ گرم در مترمربع و بیش‌ترین میزان آن ۴۰۶/۴۳ گرم در مترمربع با متوسط ۱۹۹/۵۷ گرم در مترمربع ثبت گردید. کمترین میزان شاخص برداشت در منطقه جیرفت ۲۹/۷۹ درصد و بیش‌ترین میزان این صفت ۴۸/۵۲ درصد با متوسط ۴۰/۴۵ درصد بود. در منطقه جیرفت کم‌ترین درصد اسانس در نمونه‌های زیره مورد مطالعه ۱/۵۹۲ درصد و بیشترین میزان استخراج شده ۳/۴۲۴ درصد با متوسط ۲/۵۶۵ درصد بود. در نهایت کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد اسانس در منطقه جیرفت به ترتیب ۰/۳۴۶ و ۲/۳۰۵ گرم در متر مربع با متوسط ۱/۲۰۱ گرم در مترمربع به دست آمد. بیش‌ترین میزان دامنه‌تغییرات برای صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و زیست‌توده به ترتیب با مقدار ۳۵۴/۰۷، ۱۴۸/۱۴ و ۳۳۰/۲۰ دانه به‌دست آمد. بالا بودن دامنه تغییرات نشان دهنده اختلاف زیاد بین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد بنابراین تنوع در میان صفات اشاره شده نسبت به سایر صفات بیشتر است از آنجائی‌که واحد صفات اندازه‌گیری‌شده با یکدیگر متفاوت می‌باشد نمی‌توان از لحاظ این آماره، صفات مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد. بنابراین برای مقایسه بین صفات از لحاظ میزان تنوع، نیاز به استفاده از یک شاخص بدون واحد است که ضریب تغییرات دارای این شرایط است و امکان مقایسه صفات مختلف را از لحاظ میزان تغییرات فراهم می‌آورد.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 2- Descriptive statistics of studied traits in cumin ecotype under Jiroft condition

صفات Traits	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	دامنه تغییرات Range	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تغییرات فنوتیپی PCV (%)
DUM (day)	79.00	97.50	18.50	85.08	4.98	5.85
DFL (day)	83.00	101.00	18.00	89.30	4.78	5.36
DEF (day)	94.00	113.50	19.50	100.16	3.32	3.31
DMA (day)	123.00	135.50	12.50	127.86	2.54	1.98
HEI (cm)	15.00	26.50	11.50	19.25	2.51	13.02
NUP	8.40	20.70	12.30	13.98	3.27	23.42
NUU	2.37	5.00	2.63	3.96	0.49	12.41
NGUB	1.83	5.17	3.35	3.88	0.60	15.40
NGU	8.03	20.50	12.47	15.29	2.95	19.32
NGP	68.91	422.98	354.07	220.20	82.16	37.31
W1000 (g)	1.82	3.55	1.74	2.59	0.30	11.66
YG (g/m^2)	29.90	178.04	148.14	80.79	34.75	43.01
YB (g/m^2)	76.23	406.43	330.20	199.58	80.47	40.32
HI (%)	29.80	48.53	18.73	40.45	4.32	10.69
EO (%)	1.59	3.42	1.83	2.57	0.38	14.97
EOY (g/m^2)	0.35	2.31	1.96	1.20	0.47	39.22

DUM: روز تا زمان ظهورچتر؛ DFL: روزتا زمان گلدهی؛ DEF: روزتا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی‌فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره سبز در جیرفت

Table 3- ANOVA of the studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS							
		DUM	DFL	DEF	DMA	HEI	NUP	NUU	NGUB
تکرار Replication	1	6.13	5.28	11.88	4.50	569.53	218.93	0.32	0.24
بلوک‌های داخل تکرار Blocks within Replications	14	0.53	0.49	1.72	1.31	0.15	8.69	0.16	0.50
تیمار (تصحیح نشده) Treatments (Unadj.)	63	49.58**	45.76**	21.99**	12.88**	12.57**	21.47**	0.48**	0.72**
خطا Error — داخل بلوک Intrablock	49	0.26	0.24	1.28	0.92	0.09	8.01	0.11	0.30
خطا Error — طرح بلوک‌های کامل تصادفی RCB Design	63	0.32	0.29	1.38	1.01	0.10	8.16	0.12	0.35
سودمندی نسبت به RCBD Efficiency Relative to RCBD	-	110.95	110.89	101.91	102.64	105.09	100.15	102.42	105.56
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	0.63	0.58	1.16	0.78	1.62	20.42	8.65	14.71

** : معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱

**: Significant at 0.01 of probability level

ادامه جدول ۳

Table 3 Continued.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعاتMS							
		NGU	NGP	W1000	YG	YB	HI	EO	EOY
تکرار Replication	1	0.42	60152	0.21	5185	4802	384.96	2.88	5.21
بلوک‌های داخل تکرار Blocks within Replications	14	4.35	3741	0.08	156	2159	42.93	0	0.13
تیمار (تصحیح نشده) Treatments (Unadj.)	63	17.41**	13501**	0.18**	2415**	12951**	37.39*	0.29**	0.44**
خطا Error — داخل بلوک Intrablock	49	4.35	3515	0.09	276	1794	23.58	0	0.166
خطا Error — طرح بلوک‌های کامل تصادفی RCB Design	63	4.35	3450	0.09	311	1690	18.05	0	0.175
سودمندی نسبت به RCBD Efficiency Relative to RCBD	-	100	100.14	100	100	101.28	115.72	100	95
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	13.64	26.91	11.91	20.59	21.09	11.16	0	33.91

* و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels respectively

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی‌فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

در این آزمایش صفات عملکرد دانه، زیست توده، عملکرد اسانس و تعداد دانه در بوته به‌ترتیب با مقادیر ۴۳/۰۱، ۴۰/۳۲، ۳۹/۲۲ و ۳۷/۳۱ بیش‌ترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی را داشتند. بنابراین این صفات پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های گزینشی زیره‌سبز خواهند داشت.

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد، درصد اسانس و عملکرد اسانس در اکوتیپ‌های زیره‌سبز مورد مطالعه در جدول ۳ آمده‌است. در اکثر صفات خطای داخل بلوک‌ها نسبت به خطای مؤثر بیش‌تر بود به‌همین خاطر تجزیه به‌صورت لاتیس انجام شد (جدول ۳). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود اثر اکوتیپ‌های زیره‌سبز در تمامی صفات بررسی‌شده معنی‌دار بود. معنی‌داری این اثر برای صفات مورد مطالعه نشان دهنده وجود تنوع بالا در بین اکوتیپ‌ها برای آن صفات می‌باشد. پژوهش‌گران دیگر نیز تنوع موجود بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات فنولوژیک، عملکردی و اجزاء عملکرد را گزارش کرده‌اند (Ghane *et al*., 2017; Faravani *et al*., 2018).

همانطور که از جدول مقایسه میانگین استنباط می‌شود اکوتیپ‌های شماره 135 TN، TN150، TN8، TN143، TN87، TN88 و TN137 با میانگین ۹۴و ۹۶، ۹۷، ۹۷، ۹۷ و ۹۷ روز، از کمترین زمان تا گلدهی برخوردار بودند (جدول ۴). اگرچه اکثر اکوتیپ‌های مورد بررسی از این لحاظ به هم نزدیک بودند. جدول همبستگی نشان داد که صفات فنولوژیک مورد بررسی با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار دارند. بنابراین ظهور دیرهنگام گل در نهایت منجر به رسیدگی دیرهنگام می‌شود. صفات فنولوژیک با عملکرد دانه رابطه مثبت اما غیر معنی‌دار نشان دادند (جدول ۵). این نتیجه با یافته این پژوهش‌گران مطابقت دارد (Faravani *et al*., 2018).

مقایسه میانگین روز تا رسیدگی نشان داد که اکوتیپ‌های با شماره 135 TN، TN143، TN150، TN131، TN136،

TN132، TN148 و TN53 با میانگین ۱۲۳، ۱۲۴ و ۱۲۵ روز زودرس‌ترین بودند (جدول ۴). بنابراین این اکوتیپ‌ها می‌توانند با دوره رشد کوتاه‌تر از مواجهه با تنش‌های انتهای فصل رشد اجتناب کنند. نتایج جدول ۵ رابطه معنی‌داری بین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و زیست‌توده نشان دادند این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش طول دوره رشد گیاه ماده خشک تولیدی افزایش یافته است. گزارش شده است که گیاه زیره‌سبز در مواجهه با تنش‌های انتهای فصل طول دوره رشد و تولید ماده خشک آن کاهش و این در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Ayub *et al*., 2008). بیش‌ترین عملکرد دانه در متر مربع را اکوتیپ‌های TN178، TN141، TN180، TN150، TN16، TN15، TN17، TN81، TN113 و TN124 با میانگین ۱۷۸، ۱۶۵، ۱۶۵، ۱۴۵، ۱۳۹، ۱۳۷، ۱۳۵، ۱۲۷، ۱۲۵، و ۱۲۰ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۴). اکوتیپ‌های فوق، همگی نسبت به تیمارهای شاهد دارای عملکرد دانه بالاتری بودند. بنابراین این اکوتیپ‌ها از پتانسیل بالایی برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی برخوردار هستند. همبستگی عملکرد دانه با تمامی اجزای عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵) که این موضوع نشان می‌دهد، بهبود در هر کدام از اجزای عملکرد منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود. پژوهش‌گران دیگر نیز تأکید کرده‌اند که برای حصول حداکثر عملکرد بایستی اکوتیپ‌ها از لحاظ اجزای عملکرد مخصوصاً تعداد چتر و تعداد دانه در چتر در وضعیت مطلوبی باشند تا بتوانند برتری خود را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها نشان دهند. این پژوهش‌گران رابطه مثبت بین تعداد چتر و تعداد دانه در بوته را گزارش کرده‌اند (Ghane *et al*., 2017; Soorni *et al*., 2020). تحقیقات 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 بسزایی در تعیین عملکرد دارند (Rivandi *et al*., 2020).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد بیش‌ترین زیست‌توده را اکوتیپ‌های با شماره TN141، TN178، TN180، TN16، TN17، TN15، TN124، TN150، TN125 و TN173 با میانگین ۴۰۶، ۳۸۷، ۳۸۱، ۳۵۶، ۳۵۱، ۳۳۴، ۳۲۹، ۳۰۸، ۳۰۴ و ۳۰۲ گرم در متر مربع داشتند (جدول ۴). اکوتیپ‌های فوق همگی نسبت به تیمارهای شاهد دارای ماده خشک کل بالاتری بودند. باتوجه به اینکه این اکوتیپ‌ها تحت شرایط اقلیمی جیرفت توانسته‌اند بیش‌ترین ماده خشک را تولید کنند و همچنین همبستگی این صفت با عملکرد دانه نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵) بنابراین می‌توانند به‌عنوان اکوتیپ‌های با پتانسیل بالا در برنامه‌های اصلاحی قلمداد گردند.

مقایسه میانگین نشان داد، بالاترین شاخص برداشت به اکوتیپ‌های TN81، TN61، TN140، TN150، TN178، TN47، TN146، TN91، TN45 و TN90 با میانگین ۴۸/۵، ۴۷/۳، ۴۶/۸، ۴۶/۷، ۴۶، ۴۵/۷، ۴۵/۶، ۴۴/۷، ۴۴/۶، ۴۴/۵ درصد تعلق داشت. اکوتیپ‌های فوق همگی نسبت به شاهدها دارای شاخص‌برداشت بالاتری بودند (جدول ۴). در برنامه‌های اصلاحی شاخص برداشت صفت بسیار مهمی است اما زمانی بالا بودن این صفت ملاک گزینش قرار خواهد گرفت که اکوتیپ‌های زیره‌سبز زیست‌توده بالایی داشته باشند که این موضوع به عملکرد بالا منجر شود. زمانی‌که یک اکوتیپ زیره‌سبز زیست‌توده پایینی داشته باشد هرچند بالاترین شاخص‌برداشت را نیز داشته باشد نمی‌تواند اکوتیپ مناسبی برای گزینش در برنامه‌های اصلاحی باشد. در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص‌برداشت و عملکرد دانه و عملکرد اسانس مشاهده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیش‌ترین درصد اسانس را در میان اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره‌سبز در شرایط جیرفت اکوتیپ‌های با شماره TN45، TN135، TN78، TN35، TN148، TN115، TN4، TN16، TN107 و TN149 با میانگین ۳/۴۲، ۳/۳۴، ۳/۳۲، ۳/۲۸، ۳/۲۴، ۳/۱۲، ۳/۰۳، ۳، ۲/۹۳، و ۲/۹۲ درصد داشتند (جدول ۴). رابطه منفی و معنی‌داری بین صفت درصد اسانس با عملکرد دانه و زیست‌توده مشاهده شد. بنابراین اکوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در مجموع از درصد اسانس کم‌تری برخوردار بودند. از طرف دیگر به‌خاطر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات عملکرد اسانس و عملکرد دانه (جدول ۵)، اکوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا عملکرد اسانس بالاتری به‌خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه عملکرد اسانس از حاصل درصد اسانس و عملکرد دانه بدست می‌آید بنابراین اکوتیپ‌هایی که از حیث این دو صفت برترین باشند عملکرد اسانس بالاتری نیز خواهند داشت. هرچند با افزایش عملکرد دانه، درصد اسانس کاهش می‌یابد ولی این

کاهش به‌حدی نیست که باعث کاهش عملکرد اسانس شود. پژوهش‌گران نشان دادند هر عاملی که عملکرد دانه یا درصد اسانس را کاهش یا افزایش دهد، عملکرد اسانس تولیدی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Ghane *et al*., 2017). همچنین پژوهش‌گران گزارش کردند که یک رابطه خطی و مثبت بین عملکرد دانه و درصد اسانس با عملکرد اسانس وجود دارد (Rivandi *et al*., 2020).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های زیره‌سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 4- Mean comparison of the studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

کد اکوتیپ Ecotype code	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI(cm)	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000 (g)	YG(g/m^2)	YB(g/m^2)	HI%	EO%	EOY(g/m^2)
TN2	91	95	104	127	22.50	11.7	3.7	3.0	11.1	129.6	2.28	68.40	213.61	32.13	2.35	0.57
TN4	81	86	99	129	21.00	10.0	3.2	4.0	12.2	123.7	2.40	44.57	145.11	30.76	3.03	0.73
TN6	80	84	104	128	18.00	10.8	3.1	3.3	9.8	105.8	2.22	42.33	136.31	31.14	2.92	0.55
TN8	81	86	97	128	15.00	12.2	3.8	3.4	12.8	156.4	2.70	63.24	193.43	32.54	1.80	0.60
TN11	81	85	98	128	21.00	11.2	3.8	5.2	19.7	220.8	1.98	76.32	189.38	40.29	2.87	1.25
TN15	83	88	99	127	20.00	20.7	4.1	4.5	18.6	385.2	2.38	137.48	334.01	41.24	2.59	1.90
TN16	81	86	98	128	16.00	19.0	3.9	4.7	18.4	349.9	2.66	139.35	358.90	38.94	3.00	2.24
TN17	82	87	104	129	16.00	14.3	3.8	4.7	17.6	253.6	2.69	134.99	351.10	38.15	2.44	1.47
TN21	90	93	101	128	18.00	9.9	3.8	4.5	17.0	168.5	2.97	84.93	229.93	36.88	2.66	1.09
TN25	84	86	100	128	19.00	9.8	2.4	4.3	10.2	100.1	2.55	38.23	107.61	35.54	2.54	0.52
TN29	80	85	98	128	18.00	9.8	3.5	4.2	14.8	145.0	2.63	57.03	136.37	42.36	2.23	0.68
TN33	81	86	103	129	16.00	16.4	3.4	3.5	11.7	191.1	2.52	53.12	120.29	44.16	2.11	0.81
TN35	80	85	98	130	15.00	13.2	3.7	4.7	17.2	227.3	2.42	74.71	187.40	39.80	3.28	1.44
TN37	83	87	99	128	17.00	14.0	4.1	3.9	16.1	225.9	2.83	90.84	239.72	36.97	2.84	1.52
TN51	81	86	103	130	18.00	17.3	4.0	4.8	18.9	329.5	2.48	98.52	229.88	43.63	2.82	1.90
TN53	83	86	99	125	21.00	13.7	3.3	3.8	12.4	169.9	2.54	54.66	139.26	40.88	2.48	0.85
TN55	90	96	104	129	17.00	10.8	3.7	2.8	10.0	108.0	2.92	52.18	136.24	38.27	2.11	0.53
TN67	90	94	101	127	17.00	13.8	5.0	4.0	19.8	276.5	3.08	63.66	155.03	41.03	2.67	1.81
TN78	84	87	99	128	17.00	10.7	3.8	3.7	13.8	150.4	2.43	37.08	111.14	33.37	3.32	0.97
TN87	82	86	97	127	18.00	13.0	3.6	3.7	12.9	164.6	2.58	48.32	111.33	42.34	2.36	0.80
TN88	81	86	97	132	18.00	14.4	3.4	4.5	15.1	219.8	2.34	64.44	168.41	38.78	2.44	1.01
TN90	89	94	100	129	21.00	14.6	3.9	4.3	16.5	239.7	2.52	56.59	127.17	44.51	2.38	1.21
TN92	82	86	99	130	20.00	13.4	3.7	4.6	16.8	222.9	2.60	48.50	109.77	44.15	2.65	1.26
TN103	89	95	100	125	18.00	16.0	3.9	3.3	12.9	209.9	2.62	51.81	137.07	37.37	2.08	0.97
TN107	89	95	101	129	17.00	17.2	4.4	4.3	18.6	321.9	2.33	55.79	152.03	37.61	2.93	1.73
TN108	83	87	99	130	17.00	11.4	3.4	3.9	13.3	147.3	2.58	62.03	184.26	33.59	1.84	0.55
TN115	91	96	102	128	16.00	14.5	3.0	4.1	12.1	174.1	2.64	54.44	151.19	37.39	3.12	1.14
TN118	83	87	98	130	19.00	11.9	4.1	4.2	17.5	224.6	3.16	58.12	127.97	44.20	2.83	1.74
TN119	82	86	98	127	17.00	14.1	4.5	3.7	16.6	234.3	2.50	52.32	125.42	41.52	2.78	1.72
TN123	91	95	102	132	19.00	15.4	4.2	4.1	16.6	255.7	2.82	112.76	271.56	42.77	2.29	1.31
TN124	95	97	104	132	21.00	15.3	3.9	4.7	18.1	276.8	2.78	120.56	329.00	36.74	1.59	0.99
TN126	90	94	102	127	26.50	8.4	4.4	2.8	12.6	135.0	2.62	88.83	198.78	44.26	2.28	0.73
TN127	91	95	100	126	18.00	14.7	3.8	3.9	14.9	218.4	2.51	91.04	233.25	39.29	2.57	1.12
TN131	91	94	100	124	17.00	10.7	4.2	3.5	14.7	152.3	2.50	53.20	125.67	42.27	2.15	0.82
TN135	81	86	94	123	20.00	10.5	4.2	3.9	16.3	171.3	2.35	51.45	126.62	40.60	3.34	1.36
TN136	82	86	98	124	15.50	10.2	4.0	3.6	14.3	146.5	2.55	56.18	132.19	42.46	2.58	0.92

ادامه جدول ۴

Table 4 Continued.

کد اکوتیپ Ecotype code	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI(cm)	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000 (g)	YG(g/m²)	YB(g/m²)	HI%	EO%	EOY(g/m²)
TN137	81	86	97	125	17.00	11.7	3.8	4.4	16.9	197.8	2.39	60.77	145.49	42.18	2.82	1.06
TN139	82	86	99	130	21.50	17.6	4.4	3.5	15.4	270.5	2.85	89.85	211.76	43.58	2.47	1.55
TN140	91	95	101	127	20.00	17.5	4.2	4.1	17.4	304.5	2.50	94.27	201.16	46.84	2.42	1.47
TN141	94	98	104	132	18.00	17.9	4.6	4.3	19.6	350.4	3.18	165.78	406.43	40.98	1.74	1.54
TN142	81	86	98	130	19.00	11.0	4.0	2.7	10.8	119.3	2.58	57.77	151.23	38.36	2.59	0.65
TN143	87	90	97	124	18.00	16.0	4.1	3.6	14.7	235.1	2.61	60.61	143.27	41.86	2.41	1.19
TN145	83	87	97	128	21.50	16.0	3.4	3.5	11.8	188.1	2.76	79.76	204.63	39.29	2.60	1.10
TN146	82	87	99	128	20.00	12.0	3.8	3.6	13.7	166.1	2.52	84.90	189.30	45.60	2.80	0.95
TN173	83	87	104	128	19.00	9.3	4.1	3.7	14.9	139.1	3.55	120.39	302.15	40.49	2.62	1.12
TN166	95	98	111	135	21.50	14.1	3.9	3.6	13.6	189.6	2.35	78.51	178.03	44.04	2.60	0.77
TN172	98	101	114	136	21.50	16.7	4.0	3.9	15.5	260.0	2.08	86.44	290.43	29.80	2.75	1.17
TN22	97	100	104	130	24.50	15.3	4.4	3.2	14.1	217.7	2.46	82.46	196.27	42.45	2.33	1.00
TN28	84	88	99	126	22.50	13.8	3.8	3.6	13.5	186.5	2.38	59.25	136.91	44.09	2.59	0.91
TN45	89	93	101	130	21.50	12.4	4.0	2.9	11.8	145.8	2.47	59.24	132.71	44.63	3.42	1.06
TN47	88	92	104	125	21.50	9.2	3.2	3.4	10.8	99.0	2.31	34.82	76.23	45.75	2.51	0.56
TN61	85	89	101	125	20.00	15.8	3.8	4.4	16.6	263.5	2.83	111.88	236.83	47.30	2.73	1.64
TN81	89	93	99	128	22.50	16.9	3.9	4.9	19.1	328.2	2.75	127.50	262.68	48.53	2.60	1.93
TN91	90	94	104	130	20.00	18.3	4.0	3.9	15.5	284.7	2.43	101.09	225.97	44.78	2.62	1.44
TN113	89	94	101	126	20.00	17.6	4.2	4.2	17.6	310.6	2.58	125.19	285.19	43.92	2.35	1.48
TN125	80	84	97	128	18.00	17.3	4.6	4.1	18.6	323.5	2.66	116.29	304.83	40.23	2.51	1.69
TN132	79	83	98	124	18.00	8.6	4.4	1.8	8.0	68.9	2.58	29.90	89.72	33.23	2.41	0.35
TN148	81	85	97	124	23.50	8.7	4.2	3.9	16.5	143.9	2.30	84.53	220.35	38.37	3.24	0.87
TN149	81	86	98	128	17.00	11.6	4.6	3.6	16.7	193.6	2.43	59.69	150.83	39.58	2.92	1.10
TN150	79	84	96	124	23.50	17.9	5.0	3.8	19.2	343.4	2.81	144.95	308.79	46.76	2.48	1.93
TN178	80	84	99	127	18.00	20.6	4.5	4.6	20.5	423.0	3.36	178.04	387.42	46.01	2.01	2.31
TN180	81	86	100	128	21.50	20.1	4.8	3.8	18.4	370.8	3.22	165.24	381.43	43.14	2.20	2.14
TN181	80	84	97	128	18.00	19.7	4.8	3.9	18.6	367.2	1.82	84.05	201.97	39.44	2.34	1.64
TN182	82	86	100	130	24.50	16.0	4.4	3.8	16.9	270.0	2.36	89.14	224.54	39.75	2.83	1.45
LSD 0.05	1.07	1.04	2.33	1.99	0.63	5.74	0.69	1.15	4.17	119	0.62	33.26	84.58	9.07	0.0001	0.81
LSD 0.01	1.43	1.39	3.11	2.66	0.84	7.65	0.92	1.53	5.54	158	0.82	44.20	112.80	12.09	0.0001	1.08

DUM: روز تا زمان ظهورچتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO/.: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

این محققین عنوان کردند که درصد تاثیرپذیری عملکرد اسانس از عملکرد دانه به مراتب بیشتر از درصد اسانس است. در تجزیه به عامل ها برای صفات مورد مطالعه سه عامل نخست که دارای بار عاملی بیشتر از یک بودند، در مجموع ۵۹/۷۸ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. در مطالعه پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش شد که سه مولفه اصلی اول در تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات مطالعه شده در زیره‌سبز ۵۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند (Faravani *et al*., 2018).

در آزمایش حاضر مشخص گردید، عامل نخست که دارای ضرایب مثبت بالا برای صفات تعداد چتر در بوته، تعداد چترک

در چتر، تعداد دانه در چتر و گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و اسانس، شاخص برداشت و زیست‌توده بود به تنهایی ۳۴/۹۷ درصد از این تغییرات را به خود اختصاص داد.

عامل دوم با توجیه ۱۸/۱۳ درصدی تغییرات دارای ضرایب مثبت و بالا برای صفات فنولوژی شامل تعداد روز تا ظهور چتر، ۵۰ درصد گلدهی، پایان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی و ارتفاع بوته بود. عامل سوم بیش‌ترین ضرایب عاملی را برای صفات تعداد دانه در چترک و درصد اسانس داشت و ۶/۶۷ درصد از تغییرات را نیز توجیه نمود (جدول ۶).

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان عامل اول را عامل عملکرد و اجزای عملکرد، عامل دوم را عامل صفات فنولوژیکی و مرتبط با رشد رویشی و عامل سوم را شاخص اسانس نام گذاری نمود. نتایج بای پلات صفات مورد مطالعه نشان داد که صفات عملکرد و اجزای عملکرد روی مولفه اول قرار گرفته‌اند و صفات فنولوژیک و ارتفاع روی مولفه دوم قرار گرفته و به‌ترتیب تغییرات مولفه اصلی اول و مولفه اصلی دوم را توجیه می‌کنند. تنها صفت درصد اسانس در قسمت پایین و سمت چپ بای‌پلات قرار گرفته و توسط هیچ‌کدام از مولفه‌ها توجیه نمی‌شود (شکل ۲).

در شکل ۳ توزیع اکوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار قسمت آن نشان می‌دهد که اکوتیپ TN141 از بیش‌ترین میزان صفات مرتبط با عامل اول برخوردار بوده و به عبارت دیگر دارای مقادیر بالا برای صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد دانه و همچنین اسانس برخوردار می‌باشد. همچنین این اکوتیپ از مقدار بالایی برای عامل دوم برخوردار است که نشان می‌دهد این اکوتیپ می‌تواند به عنوان یک نمونه تا حدودی دیررس مطرح باشد. اکوتیپ‌های قرار گرفته در قسمت سمت راست از مقادیر بالا برای عامل اول یعنی صفات مرتبط با عملکرد دانه و اسانس برخوردار هستند. در حالی که نمونه‌های توزیع شده در سمت چپ نمودار دارای وضعیت بالعکسی هستند. در این مورد می‌توان با انتخاب از قسمت سمت راست و بالا به اکوتیپ‌هایی دست یافت که دیررس هستند و هم از مقادیر عملکردی بالاتری برخوردار هستند. از طرف دیگر نمونه‌های توزیع شده در قسمت سمت راست و پایین زودرس بوده و از بازده نسبتاً بالایی برخوردار هستند. از دیگر اکوتیپ‌های دارای بازدهی بالا می‌توان به TN141، TN15، TN16، TN17 و TN51 اشاره نمود. مراجعه به جدول ۴ نشان می‌دهد که این اکوتیپ‌ها دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها بوده‌اند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه اکوتیپ‌های زیره سبز تحت شرایط اقلیمی جیرفت

Table 5- Correlation coefficient of studied traits in cumin ecotypes under Jiroft condition

صفات Traits	DUM	DFL	DEF	DMA	HEI	NUP	NUU	NGUB	NGU	NGP	W1000	YG	YB	HI	EO%	EOY
DUM	1															
DFL	0.98**	1														
DEF	0.69**	0.70**	1													
DMA	0.36*	0.36*	0.59**	1												
HEI	0.26*	0.23	0.18	0.06	1											
NUP	0.11	0.13	0.09	0.22	0.02	1										
NUU	0.05	0.05	-0.11	-0.06	0.15	0.40*	1									
NGUB	-0.07	-0.08	-0.07	0.17	-0.16	0.38*	-0.08	1								
NGU	-0.02	-0.02	-0.12	0.10	-0.03	0.58**	0.60**	0.75**	1							
NGP	0.04	0.06	-0.01	0.17	0.02	0.91**	0.57**	0.58**	0.85**	1						
W1000	0.02	0.02	-0.01	0.02	-0.13	0.11	0.23	0.05	0.20	0.19	1					
YG	0.08	0.08	0.13	0.17	0.17	0.66**	0.48*	0.43*	0.66**	0.77**	0.47*	1				
YB	0.11	0.11	0.21	0.25*	0.12	0.61**	0.42*	0.40*	0.61**	0.71**	0.42*	0.97**	1			
HI	0.03	0.04	-0.10	-0.15	0.27*	0.32*	0.30*	0.24	0.38*	0.39*	0.24	0.33*	0.09	1		
EO%	-0.24	-0.22	-0.16	-0.10	0.03	-0.22	-0.10	0.10	0.02	-0.15	-0.33*	-0.27*	-0.27*	-0.05	1	
EOY	-0.10	-0.08	-0.14	0.05	-0.03	0.76**	0.57*	0.50*	0.85**	0.90**	0.31*	0.70**	0.62**	0.43*	0.14	1

* و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 of probability levels respectively

DUM: روز تا زمان ظهورچتر؛ DFL: روز تا زمان گلدهی؛ DEF: روز تا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

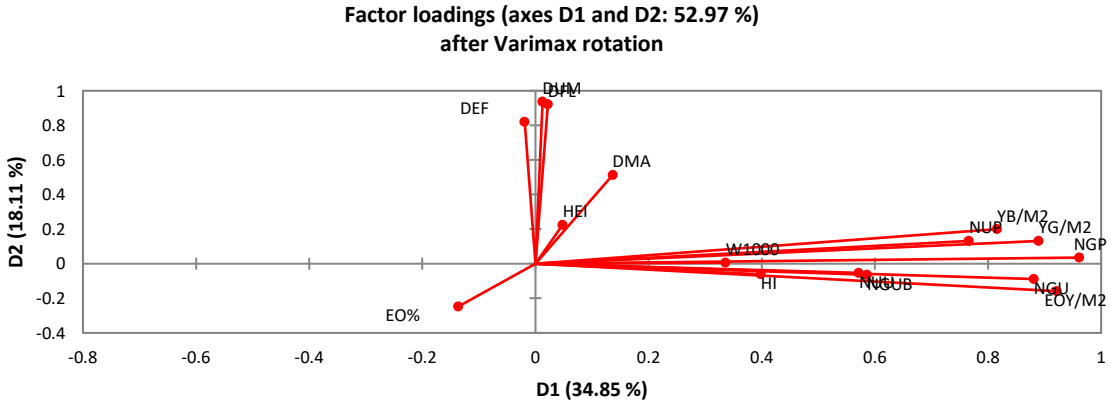
جدول ۶- مقادیر ویژه، درصد واریانس مؤلفه‌های اصلی و ضرایب عددی صفات موردمطالعه در سه مؤلفه اصلی نخست

Table 6- Eigen value, variance and cumulative percent of principal components and studied traits coefficient in the first three principal components

صفات Traits	F1	F2	F3
DUM	0.01	0.94	-0.06
DFL	0.02	0.92	-0.06
DEF	-0.02	0.82	0.05
DMA	0.14	0.51	0.22
HEI	0.05	0.23	-0.19
NUP	0.77	0.13	0.03
NUU	0.57	-0.05	-0.39
NGUB	0.59	-0.06	0.65
NGU	0.88	-0.09	0.24
NGP	0.96	0.04	0.09
W1000	0.34	0.01	-0.33
YG	0.89	0.13	-0.25
YB	0.82	0.20	-0.18
HI	0.40	-0.06	-0.14
EO%	-0.14	-0.25	0.34
EOY	0.92	-0.16	0.13
ریشه‌های مشخصه Eigenvalue	5.60	2.90	1.07
درصد واریانس Variability (%)	34.98	18.13	6.67
درصد تجمعی واریانس Cumulative %	34.98	53.11	59.78

DUM: روز تا زمان ظهور چتر؛ DFL: روزتا زمان گلدهی؛ DEF: روزتا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی‌فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO٪: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield

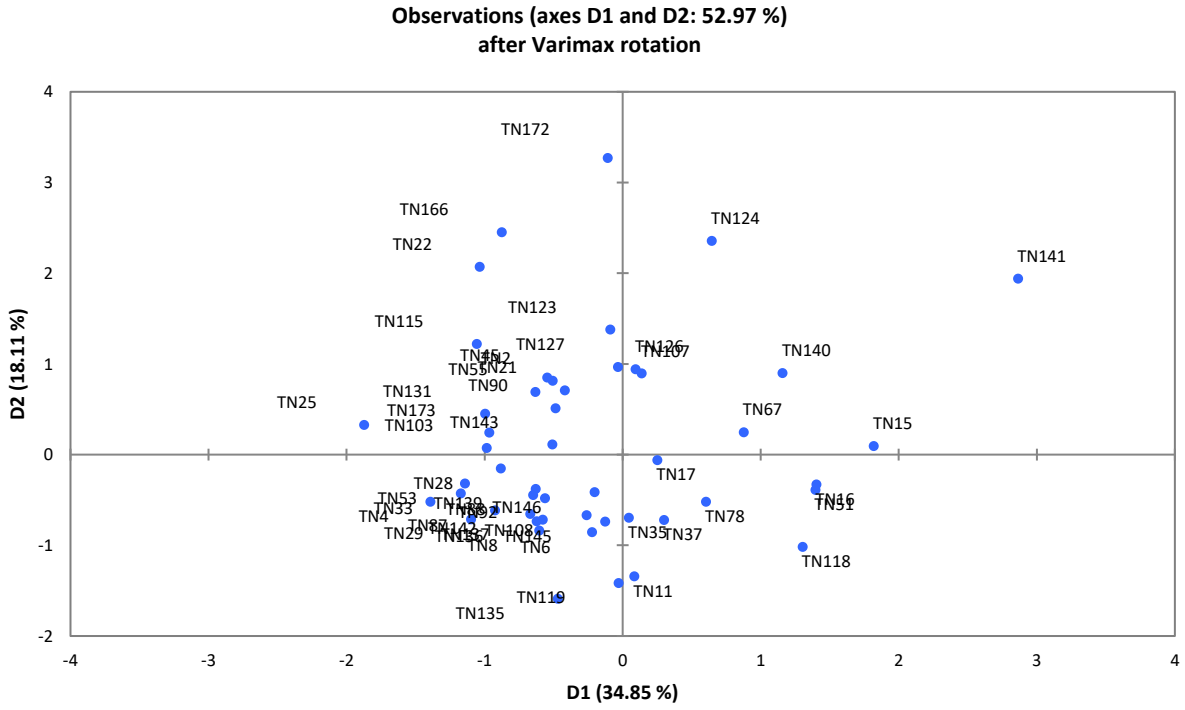


شکل ۲- نمودار بای پلات صفات مورد بررسی در زیره‌سبز بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم

Figure 2- Biplot figure of studied traits in cumin based on first and second principal components

DUM: روز تا زمان ظهورچتر؛ DFL: روزتا زمان گلدهی؛ DEF: روزتا پایان گلدهی؛ DMA: روز تا رسیدگی‌فیزیولوژیک؛ HEI: ارتفاع بوته، NUP: تعداد چتر در بوته؛ NUU: تعداد چترک در چتر؛ NGUB: تعداد دانه در چترک؛ NGU: تعداد دانه در چتر؛ NGP: تعداد دانه در بوته؛ W1000: وزن هزار دانه؛ YG: عملکرد دانه؛ YB: زیست‌توده؛ HI: شاخص برداشت؛ EO: درصد اسانس؛ EOY: عملکرد اسانس

DUM: Day to Umbel appearance, DFL: Day to flowering, DEF: Day to end of flowering, DMA: Day to physiological maturity, HEI: Plant height, NUP: Number umbel per plant, NUU: Number of umbellets per umbel, NGUB: Number of grain per umbellets, NGU: Number of grain per umbel, NGP: Number of grain per plant, W1000: Thousand grain weight, YG: Grain yield, YB: Biomass yield, HI: Harvest index, EO%: Essential oil percent, EOY: Essential oil yield



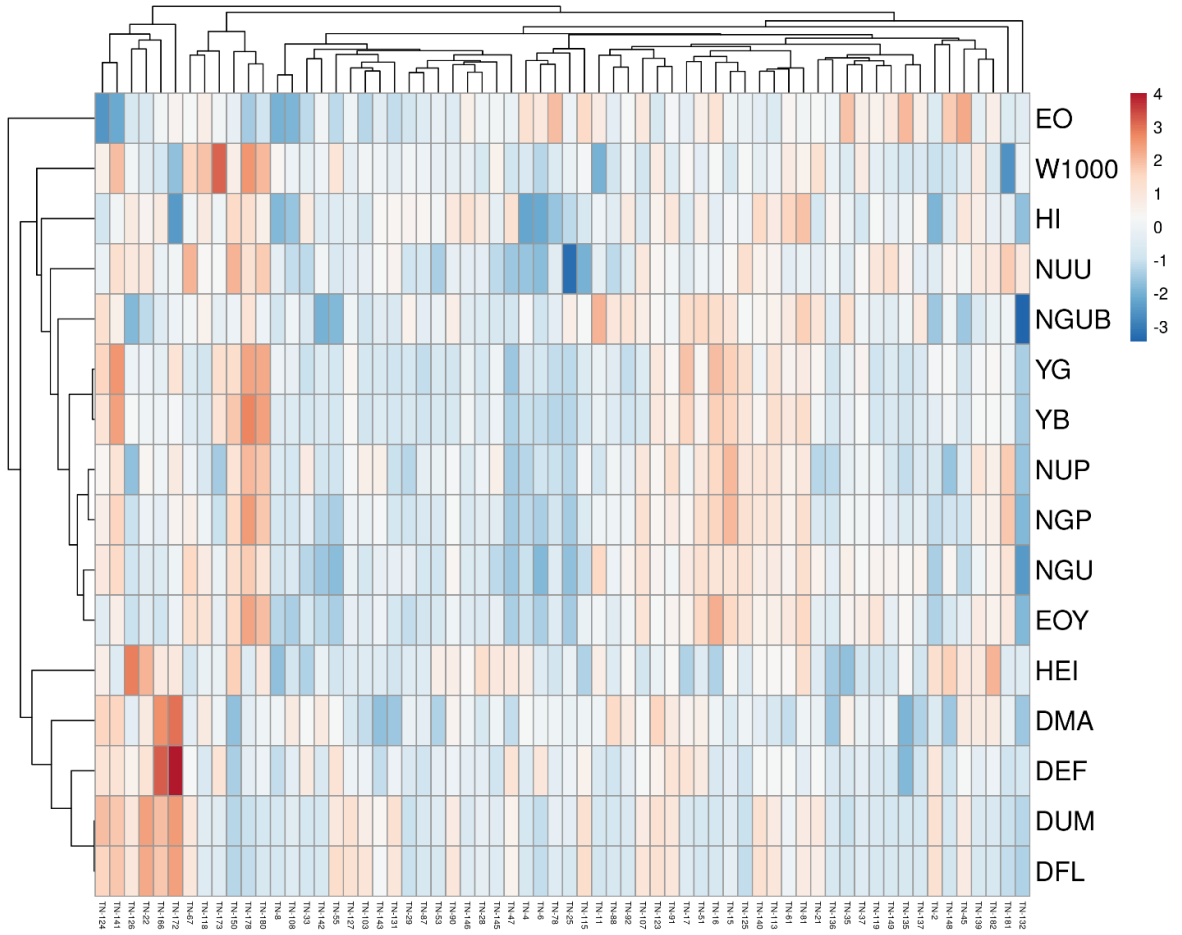
شکل ۳- نمودار بای پلات اکوتیپ‌های زیر سبز مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم در منطقه جیرفت

Figure 3- Biplot figure of studied cumin ecotypes based on first and second principal components at Jiroft

بر مبنای نتایج دندروگرام مبتنی بر هیت‌مپ، تمامی ۶۴ اکوتیپ انتخابی زیره سبز در دو کلاستر اصلی قرار گرفتند (شکل ۴). شش اکوتیپ TN-124، TN-141، TN-126، TN-22، TN-166، و TN-172 در کلاستر اول قرار گرفتند. برای این اکوتیپ‌ها، صفات مهم شامل DMA، DEF، DUM و DFL بودند. کلاستر دوم شامل ۵۸ اکوتیپ زیره سبز بود، که متعاقبا به دو زیرگروه تقسیم بندی شد. زیرگروه اول شامل تنها ۶ اکوتیپ زیره سبز بود (TN-67، TN-118، TN-173، TN-150، TN-178 و TN-180) که برای آنها صفت W1000 ظاهراً مهم‌ترین شاخصه محسوب می‌شود. سایر ۵۲ اکوتیپ باقیمانده در زیرگروه دوم مربوط به کلاستر دوم قرار گرفتند.

به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر منطقه به‌طور جداگانه و انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه به‌طور همزمان، از شاخص SIIG استفاده شد (Zali *et al.*, 2015). از آن‌جایی که میزان تغییرات این شاخص بین صفر تا یک متغیر می‌باشد، هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک‌تر باشد، آن ژنوتیپ از مطلوبیت بالاتری از لحاظ صفات مورد مطالعه، برخوردار است و هر چه مقدار SIIG برای اکوتیپی به صفر نزدیکتر باشد، از نظر صفات مورد بررسی از مطلوبیت کمتری برخوردار خواهد بود (Zali *et al.*, 2017). گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد بررسی زیره‌سبز بر اساس شاخص SIIG نشان داد که این اکوتیپ‌ها در ۸ گروه قرار گرفتند که تعداد اکوتیپ‌های قرار گرفته از گروه ۱ تا ۸ به‌ترتیب ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۳ و ۱ اکوتیپ بود (جدول ۷). با توجه به گروه‌بندی انجام شده و کاهش مقدار شاخص SIIG از گروه ۱ به گروه ۸، اکوتیپ‌های گروه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ را بعلت داشتن شاخص SIIG بالای ۰/۵ می‌توان به‌عنوان اکوتیپ‌های برتر انتخاب نمود.

اکوتیپ‌های TN-178، TN-180، TN-16، TN-150، TN-15 و TN-141 بخاطر شاخص بالای SIIG (مقدار شاخص بین ۰/۷ تا ۰/۹) در گروه ۱ و ۲ قرار گرفتند و به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها گزینش می‌گردند. پژوهش‌گران دیگر نیز براساس روش SIIG ژنوتیپ‌های برتر را گزینش کرده‌اند (Zali *et al.*, 2021; Nazari *et al.*, 2023). باتوجه به تجزیه‌های انجام شده و مقایسه آن‌ها می‌توان بیان کرد که در روش مقایسه میانگین چون صفات بصورت تک تک مقایسه می‌گردند نمی‌توان برمبنای همه صفات اقدام به گزینش برترین‌ها نمود. چنانچه گزینش تنها بر مبنای عملکرد صورت گیرد در گروه برتر ۱۰ اکوتیپ قرار می‌گیرند.



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر برمبنای هیت مپ

ردیف‌ها با استفاده از فاصله همبستگی و میانگین فاصله دو کلاستر گروه‌بندی شدند و ستون‌ها با استفاده از فاصله حداکثری و پیوستگی McQuitty گروه‌بندی شدند

Figure 4- Dendrogram of cluster analysis based on heatmap.

Rows are clustered using correlation distance and average linkage. Columns are clustered using maximum distance and McQuitty linkage

جدول ۷- گروه‌بندی اکوتیپ‌های زیره سبز براساس شاخص SIIG

Table 7- Grouping of cumin ecotypes based on SIIG index

SIIG	0.8≤SIIG<0.9	0.7≤SIIG<0.8	0.6≤SIIG<0.7	0.5≤SIIG<0.6	0.4≤SIIG<0.5	0.3≤SIIG<0.4	0.2≤SIIG<0.3	0.1≤SIIG<0.2
گروه Groups	1	2	3	4	5	6	7	8
تعداد لاین‌ها Lines Number	2	4	5	10	13	16	13	1

در روش تجزیه فاکتور نیز اکوتیپ‌های گروه‌بندی بر مبنای تمامی صفات انجام می‌گیرد که گروه برتر شامل ۵ اکوتیپ (TN141، TN15، TN16، TN17 و TN51) می‌باشد. گروه‌بندی اکوتیپ‌های زیره‌سبز بر مبنای شاخص SIIG ۶ اکوتیپ‌زیره سبز (TN-178، TN-180، TN-16، TN-150، TN-15 و TN-141) را در گروه برتر قرار داد. مقایسه دو روش اخیر مشخص نمود که ۳ اکوتیپ زیره‌سبز در دو روش مشترک هستند که نشان‌دهنده کارایی بالای این روش‌ها در گزینش برترین‌ها می‌باشد. برتری روش SIIG نسبت به سایر روش‌ها، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس مطلوبیت صفات می‌باشد (بطور مثال میانگین کم ژنوتیپ‌ها در صفات روز تا چتردهی و روز تا رسیدگی مطلوب هستند) که این موضوع در تجزیه‌های

چندمتغیره از قبیل تجزیه فاکتور مدنظر قرار نمی‌گیرد. بنابراین ژنوتیپ‌های گزینش شـــده از طریق شـــاخص SIIG بعنوان ژنوتیپ‌های برتر در طی این آزمایش برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی تحت پیشنهاد می‌گردند.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به‌نتایج به‌دســت آمده و تنوع مشــاهده شــده برای صـفات، می‌توان صـفات عملکرد دانه، زیسـت‌توده، تعداد دانه در بوته و عملکرد اسـانس را بعنوان صـفات مناسـب برای گزینش اکوتیپ‌های برتر زیره سبز معرفی نمود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت باتوجه به نتایج تجزیه‌های انجام شـده، اکوتیپ‌های TN-178، TN-180، TN-16، TN-150، TN-15 وTN-141 براســاس تمامی صــفات و با در نظر گرفتن مطلوبیت و عدم مطلوبیت صفات، به‌عنوان اکوتیپ‌های برتر و پرپتانسیل گزینش و برای برنامه‌های اصلاحی پیشنهاد می‌گردند.

References

Ayub, M., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Tahir, M., Saqib, M.T.Y. and Nawaz, R., 2008. Effect of different sowing methods and times on the growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, *40*(1), pp.259-264.

Derakhshan, D., Sattari, M. and Bigdeli, M., 2008. Effect of sub inhibitory concentrations of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed essential oil and alcoholic extract on the morphology capsule expression and urease activity of Klebsiella pneumonia. *International Journal Antimicrobial Agents*, *32*, pp.432–436. **doi: 10.1016/j.ijantimicag.2008.05.009**

Einafshar, S., Poorazrang, H., Farhoosh, R. and Seiedi, S.M., 2012. Antioxidant activity of the essential oil and methanolic extract of cumin seed (*Cuminum cyminum*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, *114*, pp.168–174. **doi: 10.1002/ejlt.201100127**

Eikani, M.H., Golmohammad, F., Mirza, M. and Rowshanzamir, S., 2007. Extraction of volatile oil from cumin (*Cuminum cyminum*) with superheated water. *Journal of Food Process Engineering*, *30*, pp. 255-266. **doi: 10.1111/j.1745-4530.2007.00117**

Fanaei, H. R., Akbari Moghadam, H., Keigha, Gh., Ghaffarie, M. and Alli, E., 2006. Evaluation of Agronomy and Essential Oil Components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgar* Mill. and *Nigella sativa* L. in the Condition of Sistan region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 22*(1), pp.34-41. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2006.114998**

Faravani, M., Ashraf Jafari, A., Ranjbar, M., Negari, A.K. and Azizi, N., 2018. Correlation and Path Coefficient Analysis of Phenological, Agronomic and Morphological Traits of Cumin and Ajwain Ecotypes in Iran. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, *32*(3), pp.482-495. **doi: 10.15316/sjafs.2018.127**

Ghaedrahmati, M., Mardi, M., Naghavi, M.R., Majidi Heravan, E., Nakhoda, B., Azadi, A. and Mohammadi-Nejad, G., 2017. Statistical Analysis of Yields and its Component of Seeds Resulted from Early Crosses of wheat Cultivars under Salinity Conditions. *Journal of Crop Breeding, 9*(21), pp.56-66. [In Persian]. **doi: 10.29252/jcb.9.21.56**

Ghanbari, J., Khajoei-nejad, G.R. and Mohammadinejad, G., 2017. Study of Ecotype and Sowing Date Interaction in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) using Different Univariate Stability Parameters. *Iranian Journal of Field*

Crops Research, 15(1), pp.87-102. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v15i1.43232**

Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G.R. and Mohammadi-Nejad, G., 2014. AMMI analysis application for explanation of ecotype by sowing date (E×SD) interaction in terms of seed yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding, 3*(2), pp.19-27.

Ghane, H., Amirshekari, H. and Naji, A.M., 2017. The effects of planting date and seed priming on yield and physiological traits of two cumin ecotypes. *Journal of Crops Improvement, 19*(3), pp.561-575. [In Persian]. **doi: 10.22059/jci.2017.60461**

Gohari, A.R. and Saeidnia, S., 2011. A Review on Phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its Standards from Field to Market. *Pharmacognosy Journal*, *25*(3), pp.1-5. **doi: 10.5530/pj.2011.25.1**

Gondaliya, S.B., Khatrani, T.J., Soni, K.K. and Baravalia, Y.K., 2018. Consequence on long term storage on phytochemical attributes of cumin (*Cuminum cyminum* L.) from districts of north Gujarat, India. *Industrial Crops and Products*, *111*, pp.908-913. **doi: 10.1016/j.indcrop.2017.10.054**

Hajlaoui, H., Mighri, H., Noumi, E., Snoussi, M., Trabelsi, N., Ksouri, R. and Bakhrouf, A., 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*, pp.2186-2192. **doi: 10.1016/j.fct.2010.05.044**

Hashemian, N., Ghasemi Pirbaloti, A., Hashemi, M., Golparvar, A. and Hamedi, B., 2013. Diversity in chemical composition and antibacterial activity of essential oils of cumin (*Cuminum cyminum* L.) diverse from Northeast of Iran. *Australian Journal of Crop Science, 7*(11), pp.1752-1760.

Kanani, P., Shukla, Y.M., Modi, A.R., Subhash, N. and Kumar, S., 2019. Standardization of an efficient protocol for isolation of RNA from *Cuminum cyminum*. *Journal of King Saud University-Science*, *31*(4), pp.1202-1207. **doi: 10.1016/j.jksus.2018.12.008**

Mnif, S. and Aifa, S., 2015. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) from Traditional Uses to Potential Biomedical Applications. *Chemistry and Biodiversity*, *12*, pp.733-742. **doi: 10.1002/cbdv.201400305**

Moghaddam, M., Khaleghi Miran, S.N., Ghasemi Pirbalouti, A., Mehdizadeh, L. and Ghaderi, Y., 2015. Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, *70*, pp.163–169. **doi: 10.1016/j.indcrop.2015.03.031**

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

Nazary, H., Rostaii, M. and Alavi Siney, S.M., 2023. Selection of superior bread wheat lines under rainfed condition of Zanjan based on moroho-phenological traits. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *16*(2), pp.547-560. [In Persian]. **doi: 10.22077/escs.2023.4808.2075**

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*(4), pp.1151-1156. **doi: 10.1080/0972060x.2017.1326849**

Nostro, A., Cellini, L., Di Bartolomeo, S., Di Campli, E., Grande, R., Cannatelli, M.A., Marzio, L. and Alonzo,

V., 2005. Antibacterial effect of plant extracts against Helicobacter pylori. *Phytotherapy Research*, *19*(3), pp.198-202. **doi: 10.1002/ptr.1640**

Rivandi, H., Rezvan, S., Jami Moeeni, M., Masoud Sinki, J., Damavandi, A. and Sanjani, S., 2020. Evaluation of Quantity and Quality Yield of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Ecotypes in Different Planting Date under Sabzevar Climatic Conditions. *Journal of Agroecology*, *12*(2), pp.227-240. [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v12i2.78488**

Soorni, J., Roustakhiz, J., Salimi, K. and Noori, M., 2020. Effects of drought stress on yield and yield-related traits, antioxidant enzymes and essential oil content of some Cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *13*(4), pp.1125-1134. [In Persian]. **doi: 10.22077/escs.2020.2395.1624**

Thippeswamy, N.B. and Akhilender Naidu, K., 2005. Antioxidant potency of cumin varieties cumin, black cumin and bitter cumin on antioxidant systems. *European Food Research and Technology*, *220*, pp.472–476.

Timachi, F., Armin, M., Jamimoeini, M. and Abhari, A., 2021. The Effect of Times and Type of Stress Modulator on Quantitative and Qualitative Yield of Cumin under Rain-fed and Irrigated Conditions. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, *2*, pp.145-157. **doi: 10.22092/jmpb.2021.341798.1182**

Zali, H., Barati, A., Marzoqian, A., Koohkan, S. and Gholipour, A., 2021. Selection of barley pure lines with high yield and desirable agronomic characteristics in warm areas of Iran. *Journal of Crop Production*, *14*(1), pp.199-218. **doi: 10.22069/ejcp.2021.18845.2403**

Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., Asghari, A. and Zeinalabedini, M., 2017. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, *8*(20), pp.77-90. [In Persian].

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, and A., Hoseini, S.M., 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum - An International Journal*, *7*(2), pp.703-711.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 4, Winter 2025, P. 257-275

Evaluation and Selection of superior cumin ecotypes through quantitative and qualitative traits via multivariate methods under Jiroft climatic conditions

Seid Mohammad Alavi-Siney[1*], Hamid Reza Fanaei[2]

[1] Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran
[2] Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[*]Corresponding Author: m.alavis@areeo.ac.ir

Received: 12 December 2023 Accepted: 3 May 2024 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430131.1387**

Abstract

Introduction: Due to the decrease in rainfall and the need for low-water plants in cultivation patterns, cumin is considered a potential candidate for this purpose. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is one of the oldest and most economical plants, are cultivated due to its high tolerance to drought in Mediterranean climates. It is currently the second most commonly used spice in the world, after pepper (*Pepper nigrum*), making its cultivation important. This research was conducted to determine the superior ecotypes of cumin in terms of earliness, quality traits, and yield in southern Kerman.
Materials and Methods: To evaluate cumin ecotypes in the collection of the National Plant Gene Bank of Iran, 64 ecotypes were selected and planted. These ecotypes were evaluated during the 2021-2022 season based on a statistical design of a simple lattice (8x8) with two replications at the Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The study recorded traits such as date of umbel appearance, date of flowering, date of end of flowering, date of physiological maturity, number of umbels per plant, number of umbellets per umbel, number of grains per umbellets, number of grains per umbel, number of grains per plant, thousand-grain weight, biomass, grain yield, essential oil percentage, and essential oil yield.
Results and Discussion: Descriptive statistics showed that the traits with the highest coefficient of variation were grain yield, biomass, essential oil yield, and number of grains per plant, with values of 43.01, 40.32, 39.22, and 31.31, respectively. These traits have a high potential for use in cumin selection programs. The ANOVA results indicated that the effect of cumin ecotypes was significant in all studied traits, indicating a high diversity among the ecotypes. The study of the days to maturity trait showed that the earliest ecotypes, with an average of 123, 124, and 125 days, were TN 135, TN143, TN150, TN131, TN136, TN132, TN148, and TN53. These ecotypes have a shorter growth period and can avoid stress at the end of the growing season. TN178, TN141, TN180, TN150, TN16, TN15, TN17, TN81, TN113, and TN124 were found to have the highest grain yield per square meter, with an average of 178, 165, 165, 145, 139, 137, 135, 127, 125, and 120 g/m2, respectively, exceeding the control treatments. These ecotypes have a high potential for use in breeding programs. There was a positive and significant correlation between grain yield and all components of grain yield, indicating that improving each yield component results in an increase in grain yield. A negative and significant relationship was found between essential oil percentage and grain yield and biomass. This suggests that ecotypes with high grain yield have a lower essential oil percentage. However, because there was a positive and significant correlation between essential oil yield and grain yield, ecotypes with high grain yield also had a higher essential oil yield. To group and select the superior ecotypes, it is necessary to use multivariate methods, such as factor analysis and SIIG method, which were used in this research. In the factor analysis method, the top group consists of five ecotypes (TN141, TN15, TN16, TN17, and TN51). Based on the SIIG index, six cumin ecotypes (TN-178, TN-180, TN-16, TN-150, TN-15, and TN-141) were placed in the top group. A comparison of the two methods revealed that three cumin ecotypes were common, indicating their high efficiency in selecting the best

ones. However, the SIIG method was found to be superior as it groups the genotypes according to desirable traits (such as low values for day to umbel appearance and days to maturity), whereas these traits are not considered in multivariate analysis methods like factor analysis.
Conclusion: Based on the results and the observed diversity of traits, it is recommended to introduce grain yield, biomass, grains number per plant, and essential oil yield as suitable traits for selecting superior cumin ecotypes. It can be concluded that TN-178, TN-180, TN-16, TN-150, TN-15, and TN-141 ecotypes are superior and have potential for breeding programs, considering both desirable and undesirable traits.

Keywords: Essential oil percentage, Essential oil yield, Factor analysis, Grain yield, SIIG