



صفات ریخت شناسی کیفی موثر در تفکیک برخی گونه های جنس *Centaurea L.* مرتضی حسینی توسل¹، فریده عطار²

1- مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران، بانک گیاهی، m_hosseini@acecr.ac.ir

2- دانشگاه تهران، دانشکده زیست شناسی، faridehattar@ut.ac.ir

خلاصه

جنس *Centaurea L.* یکی از بزرگترین جنس های تیره Asteraceae در جهان است. این جنس دارای مشکلات تاکسونومی بسیاری است و بر اساس طبقه بندی های مورد قبول حدود 400 تا 700 گونه دارد. در منطقه فلورا ایرانیکا این جنس دارای 28 بخش و 89 گونه می باشد که 74 گونه از آن در ایران رویش دارد. در سالهای اخیر تعدادی گونه جدید نیز معرفی شده است. هدف اصلی این پژوهش بررسی صفات کمی ریخت شناسی در بین 16 گونه *Centaurea* است. در این مطالعه 31 صفت کیفی شامل 19 صفت ریخت شناسی و 12 صفت ریزریخت شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان دهنده آن است که در بین صفات کیفی اندازه گیری شده، کرک ناف (ACH)، غده پوششی پشت برگ (SGL)، تراکم غده پوششی پشت برگ (DGL)، رنگ مژه ها (CIC) و نظم مژه ها (CIO) در بعد اول بیشترین تاثیر را در تفکیک گونه های مطالعاتی نشان می دهند. در بعد دوم صفات تراکم واکس پشت برگ (WDL)، پیچش جقه (PAT)، وجود شاخک های جنبی جقه (LBP)، موقعیت کپه روی ساقه (PIS) بیشترین تاثیر را در تفکیک گونه های مطالعاتی نشان می دهند. در گراف نهایی تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) گونه های این جنس بر اساس صفات کیفی به خوبی از یکدیگر تفکیک شده اند.

کلمات کلیدی

گل گندم، صفات کیفی، ریخت شناسی، ریز ریخت شناسی، فلورا ایران.



مقدمه

ایران یکی از غنی‌ترین مراکز دنیا از نظر ذخایر ژنتیکی گیاهی محسوب می‌شود. به عقیده گیاه‌شناسان، حدود ۱۰ الی ۱۲ هزار گونه گیاهی در ایران وجود دارد که آن را به عنوان یکی از غنی‌ترین مراکز تنوع ذخایر توارثی گیاهی در جهان ساخته است. ارزیابی و تعیین میزان تنوع ژنتیکی معمولاً براساس صفات ریخت‌شناسی، بیوشیمیایی، سیتولوژیکی و مولکولی انجام‌پذیر است. قبل از پیدایش نشانگرهای مولکولی، نشانگرهای مبتنی بر صفات ریخت‌شناسی که معیار تنوع بودند بیشتر مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Iwamoto & Bull-Hereñu, 2018). در گذشته دانشمندان به کمک توصیف‌های ریخت‌شناسی به بررسی ساختار جمعیت و تنوع ژنتیکی آن می‌پرداختند. مندل از ویژگی‌های ریخت‌شناسی، برای توسعه درک از ژنتیک و وراثت استفاده کرد. در حالی که داروین ویژگی‌های مختلف ریخت‌شناسی در گیاهان و حیوانات را برای توسعه نظریه خود در مورد انتخاب طبیعی و تکامل به کار برد (Atefe et al., 2015). ویژگی‌های ریخت‌شناسی، بیشترین ویژگی‌های مورد استفاده در طبقه‌بندی و تشخیص گیاهان بشمار می‌روند. این ویژگی‌ها نسبت به شواهد آناتومی و مولکولی مدت زمان طولانی‌تری است که به کار گرفته شده‌اند و منبع اصلی شواهد تاکسونومیک از آغاز سیستماتیک گیاهی تاکنون بوده‌اند. ارزیابی ریخت‌شناسی روشی مستقیم، ارزان و آسان است و به تکنولوژی خاصی نیاز ندارد. این ویژگی‌ها به راحتی قابل رویت هستند و براساس صفات قابل دیدن و در دسترس مثل رنگ گل، شکل دانه، رفتارهای رشد و رنگدانه‌های سنجیده می‌شود. در این روش تنوع ژنتیکی در حضور تغییرات محیطی ارزیابی می‌شود، بنابراین نمی‌توان در این روش تغییرات ژنوتیپی را نادیده گرفت (Chourasia & Mishra, 2018).

این ویژگی‌ها در توصیف گیاهان و تدوین کلیدهای گیاه‌شناسی، کاربرد عملی زیادی دارند. با توجه به خطوط تکاملی گیاهان گلدار، که هر یک از آن‌ها شاید هزاران گونه گیاهی را در بر گیرد، نباید انتظار داشت که تمام ویژگی‌های ریخت‌شناسی در میان کلیه گونه‌های حتماً به شکلی یکسان ظاهر شوند. در بعضی موارد فقدان صفاتی ترکیبی یا توصیفی در گروهی که معمولاً آن را دارا است، یا وقوع نادر یک ویژگی در گروهی که به طور معمول فاقد آن است امری مورد انتظار است. از میان صفات زایشی، صفات مربوط به گل ویژگی‌های بسیار ارزشمندتری را فراهم کرده و در تعریف گروه‌های طبیعی از ویژگی‌های بنیادی به حساب می‌آیند. در یک گونه بین تغییر شرایط محیطی و تنوع ریخت‌شناسی ارتباط مشخصی وجود دارد و گونه‌هایی که دارای محدوده زیستگاه‌های وسیعی هستند نسبت به گونه‌هایی که دارای زیستگاه‌های محدودی هستند، از نظر ریخت‌شناسی متنوع‌تر هستند (Richards et al., 2005). همچنین گونه‌هایی که تنوع ریخت‌شناسی بیشتر دارند نسبت به گونه‌هایی با تنوع ریخت‌شناسی کمتر در برابر شرایط محیطی مختلف سازگارتر هستند (Chen et al., 2010). خانواده کاسنی با بیش از 25000 تا 30000 گونه در دنیا بزرگترین تیره گیاهی در نظر گرفته می‌شود که آشکارا تیره‌ای تک‌نیا می‌باشد. به غیر از قطب جنوب، 1600 تا 1700 جنس از آن در سراسر جهان پراکنده شده است. با فرض وجود 250000 تا 350000 گونه گیاه گلدار در جهان، حدود 10 درصد آن به این تیره تعلق می‌گیرد. (Funk et al., 2009). جنس *Centaurea L.* یکی از بزرگترین جنس‌های تیره *Asteraceae* در جهان است. این جنس دارای مشکلات تاکسونومی بسیاری است و براساس طبقه‌بندی‌های مورد قبول حدود 400 تا 700 گونه دارد (Aboul-Soud et al., 2022; N. Garcia-Jacas et al., 2006). در فلور ایرانیک این جنس دارای 28 بخش و 90 گونه می‌باشد که فقط 74 گونه از آن در ایران رویش دارد. بعد از آن 7 گونه جدید، 2 زیر گونه جدید و 2 رکورد به فلور ایران اضافه شده است (Attar & Ghahreman, 2003; RAHIMINEJAD et al., 2010; Ranjbar & Negaresh, 2013). هدف اصلی این پژوهش بررسی صفات کمی ریخت‌شناسی و ریز ریخت‌شناسی در بین 16 گونه *Centaurea L.* است. ضرورت این پژوهش از آنجا ناشی می‌شود که جنس *Centaurea L.* یکی از بزرگترین جنس‌های



تیره آفتاب گردان در جهان است. این جنس دارای مشکلات تاکزونومی بسیاری است (Aboul-Soud et al., 2022; N. Garcia-Jacas et al., 2006). این مشکلات تاکزونومی در *Centaurea* بویژه با تحقیقاتی که در خاورمیانه صورت گرفته است بیشتر مشخص می‌شود (Asadipour et al., 2005; Ranjbar & Negaresh, 2013). همچنین تعدادی از گونه های مورد مطالعه انحصاری ایران است و ارزش مطالعات از زوایای مختلف را دارد.

مواد و روشها

تهیه نمونه های گیاهی

در این مطالعه 16 گونه و زیرگونه برای مطالعات ریخت شناسی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های گیاهی از هرباریوم دانشگاه تهران (TUH) و موسسه تحقیقات جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور (TARI) تهیه شد. برای مطالعات ریخت شناسی نمونه های هرباریومی متعلق به گونه های جنس *Centaurea* L. در هرباریوم مرکزی دانشگاه تهران (TUH) مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در کل 39 گونه مورد مطالعه قرار گرفته اند که به روشهای رایج گیاهشناسی و با استفاده از منابع مرتبط شناسایی شده و صفات مورد نیاز جهت مطالعات بعدی بررسی شدند.

مطالعات ریخت شناسی

به منظور انجام مطالعات ریختشناسی پس از مطالعه نمونه ها، با توجه به منابع گیاهشناسی از جمله شرحها و کلیدهای شناسایی و مشاهدات تجربی و مقایسه حالات صفات مختلف در میان گونه ها نهایتاً 31 صفت کمی مربوط به اندامهای رویشی و زایشی گیاهان انتخاب شد که 19 صفت مربوط به مطالعات ریختشناسی (جدول 1) و 12 صفت مربوط به مطالعات ریز ریخت شناسی (جدول 2) است. کلیه صفات در تمامی نمونه های موجود با استفاده از خطکش میلیمتری یا استرنئومیکروسکوپ مجهز به لنز مدرج اندازه گیری و داده های بدست آمده در نرم افزار Excel دسته بندی شد.

مطالعات ریز ریختشناسی

با توجه به اینکه گونه های گل گندم اغلب دارای برگ ها و بذرهای منحصر بفرد هستند، به منظور بررسی دقیقتر و جزئیات از جمله بافت اپیدرم پشت برگ، بافت سطح بذر، نوع پاپوس و همچنین مطالعه سلولهای نگهبان روزنه و اهمیت آنها در طبقه بندی و شناسایی آرایه ها، ریزنگاره هایی با میکروسکوپ الکترونی نگاره¹ (SEM) تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند. به منظور آماده سازی نمونه ها جهت عکسبرداری توسط میکروسکوپ الکترونی نگاره، پس از مشاهده بخش های گیاهی در زیر استرنئومیکروسکوپ، مناسب بودن سطح مورد نظر از جمله نبود آلودگیهای غیر زنده خارجی و قارچی در نمونه ها بررسی شد. سپس، قطعاتی در حدود دو میلی متر مربع از قسمتهای میانی اپیدرم پشت برگ برگ تهیه شد. جهت مطالعه صفات بذر، یک نمونه بذر و یک نمونه پاپوس جدا شد. برای اندازه گیری و پردازش داده ها و همچنین مقایسه صفتهای ریزریختشناسی گونه ها، از هر گونه دو تا سه جمعیت از مناطق متفاوت اکولوژیکی جهت مطالعه انتخاب شدند. نمونه های برش خورده بدون هیچ تیماری با استفاده از چسب شفاف دوطرفه بر روی استاپ های مخصوص SEM متصل شدند. سطح نمونه ها به منظور تهیه تصاویر با کیفیت بیشتر توسط ورقه نازکی از طلا به ضخامت 24 نانومتر با تکنیک Hummer11 طلاپوشی شد. در نهایت، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی KYKY مدل EM 3200 (با ولتاژ شتابدهی 24 کیلووات)

1 . Scanning electron microscopy

عکسبرداری انجام گرفت. بر اساس اطلاعات عکسهای ریزریختشناسی تهیه شده، صفات کیفی اپیدرم زیرین برگ و بافت سطح بذر و پاپوس یادداشت شد. صفات ریز ساختاری به وسیله نرم افزار ImageJ مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت، اطلاعات به دست آمده در نرم افزار Excel ثبت و دسته بندی شدند.

جدول 1- صفات کیفی مورد استفاده در ریخت شناسی گونه ها

ردیف	نام صفت به فارسی	Character Name	حروف
1	طول عمر	Longevity	LON
2	شکل ساقه	Stem shape	STS
3	انشعاب ساقه از قاعده	Stem branching from the base	SBB
4	انشعاب ساقه در بالا	Stem branching at the top	SBT
5	شکل برگ های قاعده ای	Shape of basal leaves	SBL
6	حاشیه برگ های قاعده ای	Margin of basal leaves	MBL
7	ارتفاع برگ های قاعده ای نسبت به	Height of the basal leaves compared to the inflorescence	HBI
8	دمبرگ برگ های قاعده ای	Petioles of basal leaves	PBL
9	شکل برگ های ساقه ای میانی و	Shape of the middle and upper stem leaves	SML
10	حاشیه برگ های ساقه ای میانی و	Margin of middle and upper stem leaves	MML
11	ارتفاع برگ های ساقه ای بالایی نسبت به کپه	Height of the upper stem leaves compared to the inflorescence	HLI
12	دمبرگ برگ های ساقه ای	Petioles of stem leaves	PSL
13	نوع برگ ها	Type of leaves	TOL
14	موقعیت کپه روی ساقه	Position of the inflorescence on the stem	PIS
15	رنگ گل	flower color	FLO
16	شکل گریبان	Inflorescence shape	INS
17	رنگ مژه	Cilia color	CIC
18	نظم مژه ها	Cilia order	CIO
19	رنگ زائده براکته	Color of the bracket appendage	CBA

جدول 2- صفات کیفی مورد استفاده در ریزریخت شناسی گونه ها

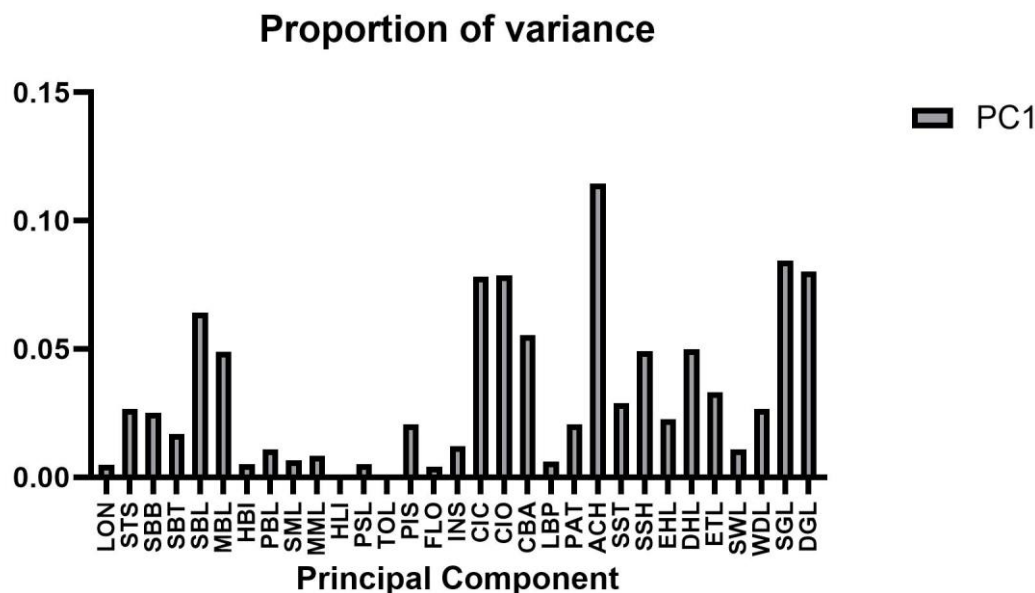
ردیف	نام صفت به فارسی	Character Name	حروف
1	شاخک های جنبی جقه	Lateral branches of the pappus	LBP
2	پیچش جقه	Pappus torsion	PAT
3	کرک ناف	Achenes hair	ACH
4	بافت سطح بذر	Seed surface texture	SST
5	کرک سطح بذر	Seed surface hair	SSH
6	کرک اپیدرم پشت برگ	Epidermal hairs on the back of the leaf	EHL
7	تراکم کرک اپیدرم پشت برگ	Density of epidermal hairs on the back of the leaf	DHL
8	بافت اپیدرم پشت برگ	Epidermal tissue on the back of the leaf	ETL
9	شکل واکس پشت برگ	Shape of wax on the back of the leaf	SWL
10	تراکم واکس پشت برگ	Wax density on the back of the leaf	WDL
11	شکل غده پوششی پشت برگ	Shape of the gland on the back of the leaf	SGL
12	تراکم غده پوششی پشت برگ	Density of the gland behind the leaf	DGL

آنالیز داده های ریخت شناسی و ریز ریخت شناسی

در ابتدا و قبل از انجام آنالیزها به منظور استانداردسازی داده ها، تمامی مقادیر کمی بدست آمده در مطالعات ریختشناسی و ریزریختشناسی به واحد میکرومتر تبدیل شدند. صفات کمی و کیفی در نرم افزار Excel (2016) ثبت شدند. در نرم افزار Spss نسخه 26، داده های مورد از نظر نرمالیت (Shapiro test, Kolmogorov-smirnov test) و واریانس (Levene's test) مورد بررسی قرار گرفت و سپس در جهت مقایسه گروه صفاتی که توضیح نرمال داشتند از آزمون ANOVA و برای صفات کیفی از آزمون test wallis - Kruskal استفاده شد. برخی از صفات که در بین گروهها تفاوت معنی دار نداشتند حذف شدند. برای بررسی همبستگی بین صفات نیز از آزمون Pearson برای صفات دارای توزیع نرمال و آزمون Spearman برای صفات کیفی و صفاتی که توزیع نرمال نداشتند استفاده شد. برخی از صفات که با 0.95 اطمینان با هم همبستگی داشتند، بعد از بررسی یکی از صفات حذف و یا بین صفات نسبت گرفته شد. تمام تجزیه و تحلیل ها در نرم افزار SPSS 26 و GraphPad Prism 10 صورت گرفت. قبل از ورود صفات به تجزیه و تحلیلهای مولفه اصلی استانداردسازی با استفاده از دستور Scale با هدف انجام آنالیز تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA) و Hierarchical dendrogram and clustering انجام شد. این روش که به اختصار PCA نیز گفته می شود یک تکنیک کاهش متغیر است که شباهت های زیادی به تحلیل عاملی اکتشافی دارد. هدف تحلیل مؤلفه های اصلی کاهش مجموعه بزرگ تری از متغیرها به مجموعه ای کوچک تر از متغیرهای «مصنوعی» است که «مؤلفه های اصلی» نامیده می شوند، که بیشتر واریانس متغیرهای اصلی را تشکیل می دهند.

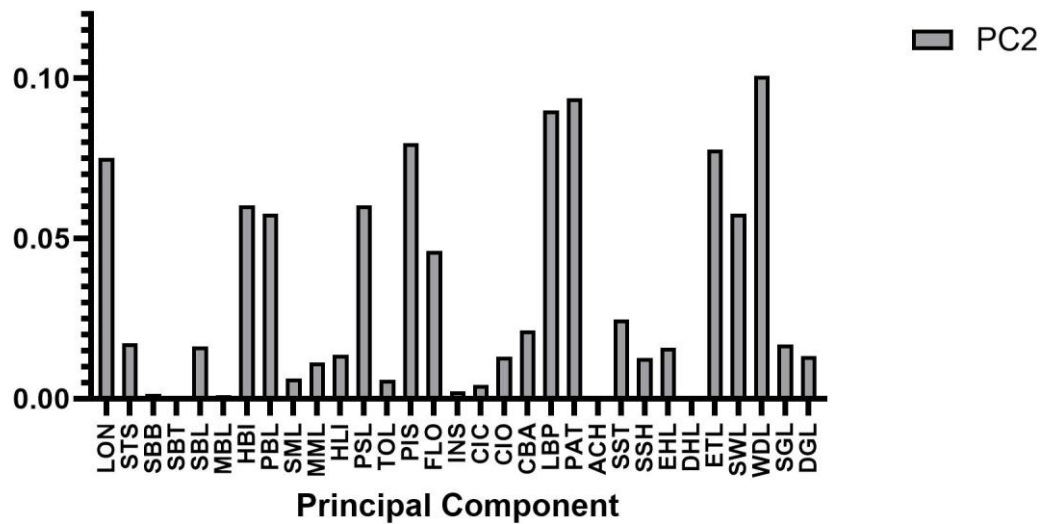
نتایج و بحث

نتایج حاصل نشان دهنده آن است که در بین 31 صفت کیفی اندازه گیری شده، کرک ناف (ACH)، غده پوششی پشت برگ (SGL)، تراکم غده پوششی پشت برگ (DGL)، رنگ مژه ها (CIC) و نظم مژه ها (CIO) در بعد اول بیشترین تاثیر را در تفکیک گونه های مطالعاتی نشان می دهند (شکل 1). در بعد دوم صفات تراکم واکس پشت برگ (WDL)، پیچش جقه (PAT)، وجود شاخک های جنبی جقه (LBP)، موقعیت کپه روی ساقه (PIS) بیشترین تاثیر را در تفکیک گونه های مطالعاتی نشان می دهند (شکل 2). در شکل (3) گراف شدت تاثیر صفات کمی در تفکیک گونه ها را تایید می کند. در گراف نهایی تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) گونه های این جنس به خوبی از یکدیگر تفکیک شده اند (شکل 4).



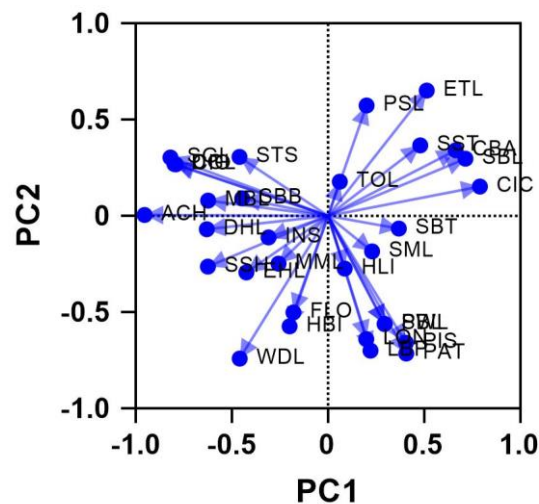
شکل 1- نمودار تاثیر صفات کیفی در بعد اول

Proportion of variance



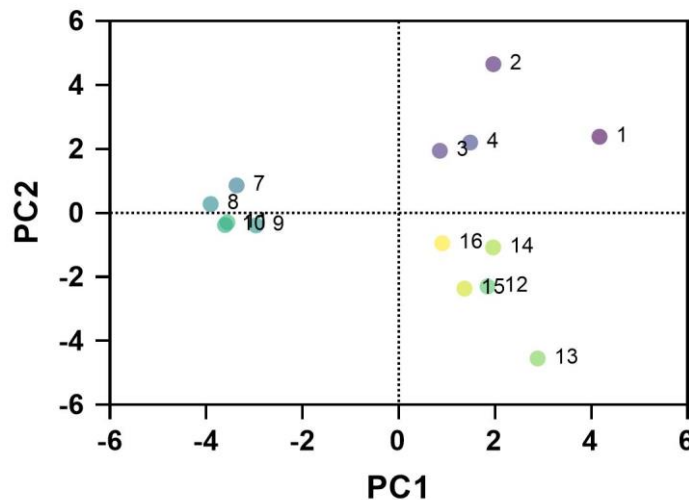
شکل 2- نمودار تاثیر صفات کیفی در بعد دوم

Loadings



شکل 3- گراف شدت تاثیر صفات کیفی در تفکیک گونه ها

PC scores



شکل 4- گراف نهایی تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA) صفات کیفی

در جدول 3- پیچش جقه یا پاپوس به تفکیک گونه و بخش ملاحظه می گردد. نتایج نشان داد گونه های بخش *Cynaroides* عمدتاً دارای جقه پیچ خورده هستند. در شکل 5 - پیچ خوردگی جقه در گونه *C. regia*، در شکل 6 - پیچ خوردگی جقه در گونه *C. imperialis* و در شکل 7- پیچ خوردگی جقه در گونه *C. geluinsis* که با میکروسکوپ الکترونیکی اندازه گیری شده است را نشان می دهد.

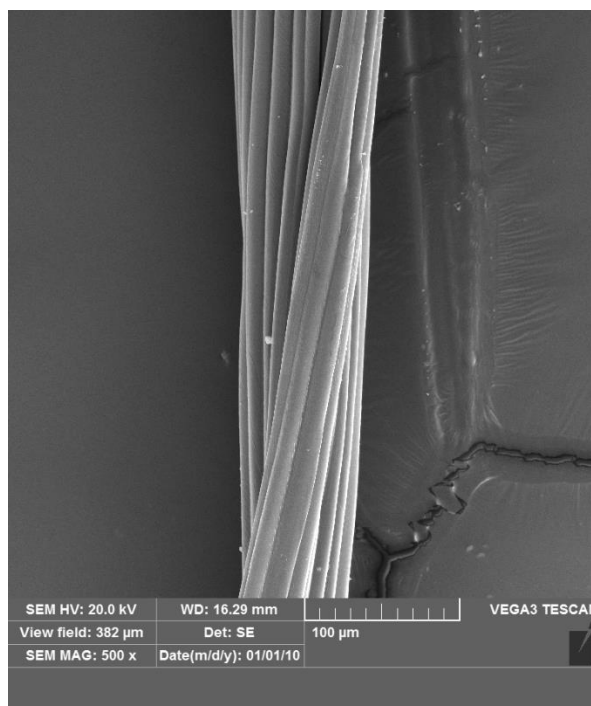
همانطور که در شکل 4 ملاحظه می گردد، بر اساس صفات کیفی گونه های بخش های *Phaeopappus* و *Cyanus* و *Cynaroides* به خوبی تفکیک شده اند. در مورد ریز ریخت شناسی این جنس مطالعات زیادی انجام نشده است اما در ارتباط با ریخت شناسی آن گارسیا و همکاران در سال 2001 بیان می کنند که طبقه بندی سیستماتیک جنس سنتورا پیچیدگی های خاص خود را دارد و با ریخت شناسی زوائد براکت و فندوقه ارتباط مستقیمی دارد (Núria Garcia-Jacas et al., 2001). مطالعه حاضر نیز روابط برخی صفات مانند رنگ مژه های براکت (CIC) و کرک ناف فندوقه (ACH)، را با تفکیک گونه های گیاهی نشان داد.

جدول 3- پیچش جقه یا پاپوس به تفکیک گونه و بخش

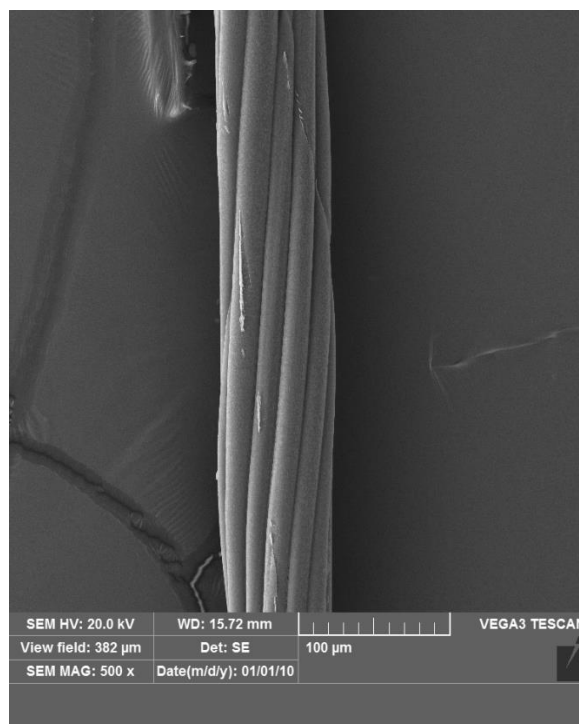
NO	section	Species	پیچش جقه
1	Phaeopappus	<i>C. albonitens</i>	ندارد
2	Phaeopappus	<i>C. aucheri</i> subsp <i>aucheri</i>	ندارد
3	Phaeopappus	<i>C. aucheri</i> subsp <i>szowitsii</i>	ندارد
4	Phaeopappus	<i>C. aucheri</i> subsp <i>elburzensis</i>	ندارد
5	Phaeopappus	<i>C. aucheri</i> subsp <i>indistincta</i>	ندارد
6	Phaeopappus	<i>C. aucheri</i> subsp <i>farsistanica</i>	ندارد
7	Cyanus	<i>C. cheiranthifolia</i> var. <i>cheiranthifolia</i>	ندارد
8	Cyanus	<i>C. cheiranthifolia</i> var. <i>purpurascens</i>	ندارد
9	Cyanus	<i>C. Triumfettii</i>	ندارد
10	Cyanus	<i>C. depressa</i>	ندارد
11	Cyanus	<i>C. Cyanus</i>	ندارد
12	Cynaroides	<i>C. regia</i>	پیچ خورده
13	Cynaroides	<i>C. imperialis</i>	پیچ خورده
14	Cynaroides	<i>C. gigantea</i>	ندارد
15	Cynaroides	<i>C. phlomoides</i>	پیچ خورده
16	Cynaroides	<i>C. geluinsis</i>	پیچ خورده



شکل 5- پیچش جقه در گونه *C. regia*



شکل 6- پیچش جقه در گونه *C. imperialis*



شکل 7- پیچش جقه در گونه *C. geluinsis*



4. مراجع

- Aboul-Soud, M. A. M., Ennaji, H., Kumar, A., Alfihli, M. A., Bari, A., Ahamed, M., Chebaibi, M., Bourhia, M., Khallouki, F., Alghamdi, K. M., & Giesy, J. P. (2022). Antioxidant, Anti-Proliferative Activity and Chemical Fingerprinting of *Centaurea calcitrapa* against Breast Cancer Cells and Molecular Docking of Caspase-3. *Antioxidants*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/antiox11081514>
- Asadipour, A., Mehrabani, M., & Najafi, M. L. (2005). Volatile oil composition of *Centaurea aucheri* (DC.) Wagenitz. *Daru*, 13(4), 160–164.
- Atefe, K., Abkenar, K., & Torkman, J. (2015). Variations in Leaf and Fruit Morphological Traits of Sweet Chestnut (*Castanea Sativa*) in Hyrcanian Forests, Iran. *International Journal of Plant Research*, 1, 155–161.
- Attar, F., & Ghahreman, A. (2003). Two new species of the genus *Cousinia* (Asteraceae) from Iran. *Nordic Journal of Botany*, 23(5), 589–592. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2003.tb00438.x>
- Chen, X., Gao, Y., Zhao, T., ZHU, M.-J., Ci, H., & Xiao-yan, S. (2010). Morphological variations of *Caragana microphylla* populations in the Xilingol steppe and their relationship with environmental factors. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2010.03.001>
- Chourasia, H. K., & Mishra, D. P. (2018). *Plant Systematics and Biotechnology: Challenges and Opportunities*. Today and Tomorrow's Printers and Publishers.
- Funk, V. A., Susanna, A., Stuessy, T. F., & Bayer, R. J. (2009). Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae. In *Madroño* (Vol. 56, Issue 3).
- Garcia-Jacas, N., Uysal, T., Romashchenko, K., Suárez-Santiago, V. N., Ertuğrul, K., & Susanna, A. (2006). *Centaurea* revisited: A molecular survey of the Jacea group. *Annals of Botany*, 98(4), 741–753. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl157>
- Garcia-Jacas, Núria, Susanna, A., Garnatje, T., & Vilatersana, R. (2001). Generic delimitation and phylogeny of the subtribe *Centaureinae* (Asteraceae): A combined nuclear and chloroplast DNA analysis. *Annals of Botany*, 87(4), 503–515. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1364>
- Iwamoto, A., & Bull-Hereñu, K. (2018). Floral development: re-evaluation of its importance. *Journal of Plant Research*, 131(3), 365–366. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1034-9>
- RAHIMINEJAD, M. R., MOZAFFARIAN, V., & MONTAZEROLGHAEM, S. (2010). A taxonomic revision of *Centaurea* section *Acrocentron* (Asteraceae) in Iran. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 163(1), 99–106. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.00772.x>
- Ranjbar, M., & Negaresh, K. (2013). A revision of *Centaurea* sect. *Phaeopappus* (Asteraceae, Cardueae). *Phytotaxa*, 123(1), 1–40. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.123.1.1>
- Richards, C. L., Pennings, S. C., & Donovan, L. A. (2005). Habitat range and phenotypic variation in salt marsh plants. *Plant Ecology*, 176(2), 263–273. <https://doi.org/10.1007/s11258-004-0841-3>