

## استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی در تمایز کلنهای صنوبر

فرهاد اسدی<sup>۱</sup>، حسین میرزایی ندوشن<sup>۱</sup>، علیرضا مدیررحمتی<sup>۱</sup>  
و محبت علی نادری شهاب<sup>۱</sup>

### چکیده

شناسایی و تمایز گونه‌ها و کلنهای مختلف جنس صنوبر و تعیین قرابتها و تنوع آنها در دستیابی به پدیده هتروزیس به‌ویژه در فرایند انتخاب ضرورت دارد. تمایز و انتخاب این گونه‌ها و کلن‌ها با استفاده از مطالعه تعداد اندکی از صفات مورفولوژیکی و پس از طی مراحل تحقیقاتی ۱۰ تا ۱۵ ساله انجام می‌پذیرد. این روش هر چند اطلاعات زیادی را از نظر ویژگیهای رویشی ارقام در اختیار می‌گذارد، اما برای تمایز ارقام صنوبر، مستلزم بر صرف هزینه‌های نسبتاً سنگین زمان و مکان است.

در این تحقیق با استفاده از معیارهای جدید ۱۲ کلن از چهار گونه صنوبر در قالب یک طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در محل ایستگاه تحقیقاتی مرکز البرز کرج کاشته شده و طی سالهای ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ فعالیتهای زیر بر روی آنها انجام گرفته است.

۲۰ صفت مورفولوژیکی اعم از ویژگیهای برگ، شاخه و ریشه ارقام صنوبر که براساس روشهای موجود در مراحل اولیه رشد می‌توانستند موجب تمایز گونه‌ها و کلن‌ها گردند، در زمانهای مختلف از روی کلیه واحدهای آزمایشی طرح فوق اندازه‌گیری گردیدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از روشهای تجزیه واریانس یک متغیره، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد.

براساس نتایج بدست آمده با تجزیه واریانس صفات مختلف مشخص شد که اختلاف معنی‌دار در سطح یک یا پنج درصد بین کلن‌ها و گونه‌ها وجود دارد، ولی گروه‌بندی کلن‌ها براساس تک تک این صفات با تقسیم‌بندیهای رایج سیستماتیک همخوانی بالایی نداشت. لیکن با استفاده از روشهای چند متغیره مانند روشهای تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به علت در نظر گرفتن کلیه صفات و با ارائه شکل‌های مناسب ارقام مختلف صنوبر در سطح قابل قبولی از هم تفکیک شدند. بر این اساس کلنهای متعلق به گونه‌های *Populus alba*، *P. nigra*، *P. euphratica* و *P. deltoids* در گروه‌های جداگانه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: صنوبر، خزانه، شناسایی مورفولوژیکی، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

۱- اعضاء هیأت علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

## مقدمه

انتخاب پایه‌های برتر صنوبر توسط پرورش‌دهندگان سنتی درخت در ایران بر ارزیابیهای ظاهری استوار بوده و از این طریق طی نسلهای گذشته پایه‌های مشخصی از گونه‌های صنوبر به دلیل تکثیر آسان، رشد سریع و امکان استقرار در اغلب مناطق کشور، گسترش یافته‌اند. ویژگی تکثیر رویشی در این درختان به مانند یک تیغه دو لبه عمل کرده است. از یک سو هزینه‌های تکثیر این گونه‌ها تقلیل یافته، اما از سوی دیگر تنوع ژنتیکی گونه‌های متداول تر نظیر *Populus nigra* و *P. alba* نیز به شدت در حال کاهش است. این وضعیت در آینده می‌تواند به صدماتی در ساختار جوامع گونه‌های مزبور منجر گردد. مهمترین نقش گونه‌های مختلف صنوبر در توسعه اقتصادی و اجتماعی مناطق روستایی و اراضی حاشیه رودخانه‌هاست. هرگونه فرایندی که به افزایش کمی و کیفی تولید چوب صنوبر منجر گردد، نه فقط از دیدگاه اقتصادی به افزایش درآمد در واحد سطح منجر خواهد شد، بلکه با گسترش افزونتر این گونه‌ها در مناطق مختلف، هم موجب بر خورداری از مزایای زیست محیطی حاصل از کاشت درخت شده و هم افزایش سطح اشتغال را به دنبال خواهد داشت. بر این اساس شناسایی ارقام مناسب صنوبر در سنین اولیه به‌جای بررسی و مطالعه آنها در مدت زمان طولانی به حذف هزینه‌های زمان و مکان منجر گشته و با انتخاب پایه‌های برتر در سنین اولیه و افزایش تولید و در نتیجه تغذیه بیشتر صنایع چوبی از فشار وارده بر جنگلهای طبیعی خواهد کاست. طبق روال معمول در عرصه‌های تحقیقاتی، پایه‌های مختلف صنوبر در قطعات آزمایشی و پس از طی ۱۰ تا ۱۵ سال کار تحقیقاتی شناسایی و انتخاب می‌گردند. اما در این تحقیق سعی می‌شود تا با استفاده از برخی صفات مورفولوژیکی مبتنی بر روش Slycken (۱۹۹۵) در همان سنین نونهالی به تمایز ارقام پرداخته و قرابتها و تفاوت‌های آنها در درون و بین گونه‌های صنوبر مشخص گردد تا از صرف هزینه‌های اضافی در مطالعات تحقیقاتی بر روی ارقام مشابه اجتناب گردد.

برای رده‌بندی موجودات با استفاده از صفات مورفولوژیکی در برخی از موارد تقسیم‌بندیهای نامناسبی اعمال می‌گردد، بنابراین جهت تفکیک گروهها احتیاط قابل ملاحظه‌ای لازم است (Sokal و Sneath، ۱۹۷۳). این مساله به‌ویژه زمانی واقعیت دارد که صفات ظاهری در اثر شرایط محیطی به شدت تغییر کنند. گونه‌های مختلف جنس صنوبر دارای چنین ویژگیهایی هستند (Hu و همکاران، ۱۹۸۵). علاوه بر ارقام مختلف صنوبر، دورگهای طبیعی این جنس در کشتزارها، در تولید مواد ژنتیکی جهت انتخاب و گسترش این جنس نقش دارند. به طور معمول شناسایی این هیبریدها تنها براساس صفات رویشی دشوار بوده و اغلب غیرممکن است (Han و Bams، ۱۹۹۳). در یک آزمایش Hu و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند که با اتکا به چند صفت محدود در شرایط جغرافیایی متفاوت نمی‌توان رده‌بندی صنوبرها را انجام داد. آنها با مطالعه ۱۴ صفت ظاهری بر روی نمونه‌های صحرایی مشاهده کردند که ساختار تاکسونومی این درختان فقط در حد بخشهای (Sections) سیستماتیک و تعداد اندکی در حد گونه قابل تفکیک است. با نمونه‌های هرباریومی امکان تعیین این تفاوتها نیز وجود نداشت. به طوری که موجب تداخل گونه‌هایی از یک بخش به داخل بخش دیگر می‌گردید. این در حالی است که برای هر بخش گونه‌های مختلف و برای هرگونه کلنهای متفاوتی وجود دارند که باید از هم متمایز گردند. اهمیت تمایز گونه‌ها و کلنها علاوه بر جنبه‌های سیستماتیک و علمی در شناسایی گونه‌ها و کلنهای برتر جهت کشت آنها نیز ضروری است. این مساله به‌ویژه در سنین اولیه نهالها جهت انتخاب زودرس اهمیتی دوچندان خواهد داشت.

رده‌بندی صنوبرها به طور سنتی به بخشهای پنجگانه انجام می‌گیرد. اما زمانی که Eckenwalder در سال ۱۹۷۷ گونه *Populus mexicana* را متعلق به بخش جدیدی به نام Abaso مطرح کرد عدم توافقی در رده‌بندی این جنس بوجود آمد. بیشترین عدم توافق در رده‌بندی صنوبرها به تعداد گونه‌های این جنس مربوط می‌گردد. در میان

مطالعات جدید به ویژه در کشورهای روسیه و چین که بیشترین تنوع و پراکنش صنوبرها را دارا هستند، اختلافهایی از نظر تعداد گونه وجود دارد. این در حالی است که در مطالعات انجام شده در اروپا و آمریکا اتفاق نظر بیشتری حاکم است. براساس نتایج بدست آمده از تحقیقات محققان در کشورهای آمریکایی، اروپایی، چین و روسیه، تعداد گونه‌های صنوبر از ۲۲ تا ۸۵ متغیر است که ۲۹ گونه پذیرفته‌تر است (Eckenwalder, ۱۹۹۶). به عقیده Eckenwalder این اختلاف در تعداد گونه‌های شناخته شده به سبب دو تفاوت عمده در تفسیر نتایج است. عده‌ای از محققان برخی از هیبریدهای طبیعی را به‌عنوان گونه تلقی می‌کنند. دورگهای بین گونه‌های والدین در اثر تکثیر جنسی و در نسل دوم، دیگر شباهت زیادی با والدین اولیه ندارند و از این رو به‌عنوان گونه‌های جدید تلقی می‌شوند. در برخی موارد هم محققان قادر به شناسایی هیبریدهای طبیعی و تشابه آنها با گونه‌های شناخته شده نیستند. فقدان یک روش ثابت و تعریف شده در تمام دنیا جهت تفکیک کلنهای صنوبر دومین دشوار محققان این رشته است. درختانی که در کشور چین به‌عنوان گونه‌های جدید معرفی می‌شوند به طور به خاطر تغییرات داخل گونه‌ای در اثر شرایط محیطی مختلف هستند (Han و Bams, ۱۹۹۳). قدیمی‌ترین فسیل برگ که متعلق به تیره Salicaceae می‌باشد به فسیلهای برگ صنوبر از بخش Abaso در جنوب غربی آمریکا مربوط است که به پالئوسن، حدود ۵۸ میلیون سال قبل بر می‌گردد (Eckenwalder, ۱۹۹۶). فسیلهای سایر گونه‌ها به اولیگوسن، میوسن و پلیوسن مربوط می‌گردد (Collinson, ۱۹۹۲). اما برای مطالعات تاکسونومی گونه‌های جنس صنوبر که در محیطهای مختلف به رشد خود ادامه می‌دهند، از ابزار مورفولوژیکی متفاوتی استفاده می‌کنند که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

Joshi و Singh (a), ۱۹۹۶، با آنالیز همبستگی، آنالیز علیت و رگرسیون برای ۱۰ صفت کمی نظیر ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، طول تنه درخت (زیر تاج)، رویش

سالانه شاخه و قطر شاخه در ارتباط با حجم بدون پوست مشخص کردند که ارتفاع و تاج درختان به طور قابل ملاحظه‌ای وراثت‌پذیر هستند و بازده ژنتیکی این صفات بسیار بالاست. آنها نتیجه گرفتند که حجم بدون پوست درختان صنوبر به طور مؤثری به وسیله صفات فوق تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بررسی مشابهی صفات طول تاج، قطر تاج، تعداد شاخه، رویش سالیانه شاخه و قطر شاخه را در ارتباط با هم و در ارتباط با حجم، مورد مطالعه قرار دادند و به نتایج مشابهی رسیدند (Singh و Joshi و Singh (b) ۱۹۹۶). لازم به ذکر است که مطالعه آنها در مورد ۳۲ کلن صنوبر غیر بومی از گونه *Populus deltoides* در سن سه سالگی متمرکز شده بود.

در هر حال صفات مورفولوژیکی در تمایز بین گونه‌ها و بخشهای سیستماتیک قابل استفاده هستند، در این زمینه Dim و همکاران ۱۹۹۹، جهت مطالعه صفات فنوتیپی، ۱۲ توده صنوبر از منابع ژنتیکی در رویشگاههای مختلف کشور رومانی را با استفاده از ۲۲ صفت که شامل شاخصهای بیومتریکی و کیفی بودند از نظر ساختاری تقسیم‌بندی کردند. این امر به ارزیابی کیفی توده‌ها نیز منجر گردید و در نهایت به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ۷ صفت راستی قامت درخت، استوانه‌ای بودن تنه، فرم ساقه، نسبت ارتفاع کل به ارتفاع تنه، ضخامت شاخه و رویش حجمی می‌توان این ارزیابیها را انجام داد. در کشور چین با استفاده از صفات مورفولوژیکی، چندین گونه و واریته توسط تاکسونومیست‌ها شناسایی شده است. همچنین Wang و Fang در سال ۱۹۸۴ گونه و یک هیبرید در کشور چین را براساس صفات مورفولوژیکی برگ، کرک جوانه، رنگ شاخه و غده‌های دمبرگی (Petiolar glands) شناسایی کرده‌اند. این صفات به‌عنوان متغیرهای شناخته شده در مطالعه در مورد صنوبرهای لرزان اروپا و آمریکای شمالی (Aspen) به کار گرفته شده است. این محققان تنوع برگ و جوانه را ارزیابی کرده و این متغیرها را با گونه‌های شناخته شده آمریکای شمالی، اروپا و ژاپن مقایسه کرده‌اند. به سبب تفاوت‌های فوق‌العاده در محیط این گونه‌ها جای تعجب نیست که ارقام

متفاوت (که اغلب به‌عنوان وارسته یا گونه شناسایی و تشریح می‌شوند) به واسطه ترکیب فتوپریودیک‌های متفاوت و سایر عوامل محیطی، به اشتباه زیاد گزارش شوند (Barnes و Brissette, ۱۹۸۴). Wagner و Barnes پیرو آزمایشی در سال ۱۹۸۱ برای مطالعه مورفولوژی برگ از گونه‌های مختلف صنوبر فقط برگهای کامل شده بهاری را توصیه می‌کنند. مطالعه گسترده‌ای دربارهٔ ۱۲۵۷ رقم از گونه *P. tremuloides* در ۲۰۶ جمعیت از هفت منطقه در بریتیش کلمبیا تفاوت‌های بارزی را در مورفولوژی برگ، جوانه و سرشاخه میان جمعیتها ارائه کردند. در بررسی دیگر صفات تعداد دندانه برگ، شکل برگ و جوانه در ارقام مختلف صنوبر از نظر ابعاد و فرم تفاوت‌های بیشتری را نشان دادند (Barnes و Kemperman, ۱۹۷۶). محققان دیگر نشان دادند که مورفولوژیکی ارقام متعلق به فلات کلراد و (کلرادوی غربی، یوتای مرکزی و جنوبی، آریزونا شمالی و نیومکزیکو) شبیه برگهای فسیل شده صنوبرهای لرزان چینی به دوران پالئوسن و میوسن تعلق دارند. مشاهدات فوق این احتمال را مطرح می‌کند که اجداد ارقام متعلق به فلات کلراد و ممکن است از آسیا به آنجا مهاجرت کرده باشند (Barnes و Han, ۱۹۹۳). همچنین Barnes در سال ۱۹۶۷ اشاره کرد که مورفولوژی برگ به‌طور چشمگیری برای جمعیت‌های مختلف صنوبرها متفاوت می‌باشد. از آن جمله می‌توان به نسبت پهنای برگ به طول برگ به‌عنوان معیاری برای شکل برگ در تاکسونومی عددی اشاره کرد. روش Barnes (۱۹۷۵) در این مطالعه تاکسونومیک شامل استفاده از صفات پهنای برگ به میلیمتر، طول پهنک به میلیمتر، طول دمبرگ به میلیمتر، تعداد دندانه برگ، اندازه دندانه، بی‌نظمی دندانه و نسبت عرض پهنک به طول پهنک می‌شود.

## مواد و روشها

### مواد

#### انتخاب گونه‌ها و کلنهای صنوبر

از میان گونه‌های مختلف صنوبر که بیشترین پراکنش را در نیمکره شمالی دارند، چهار گونه *P. euphratica*, *P. alba*, *P. caspica*, *Populus nigra* به صورت بومی یا بومی شده در ایران استقرار یافته‌اند. گونه‌های *P. alba* و *P. nigra* که بیشترین پراکنش را در ایران دارند از دیر باز توسط روستاییان مورد کشت قرار می‌گرفتند و عرصه‌های وسیعی را در مناطق شمال غرب، غرب، شمال و شمال شرقی ایران به خود اختصاص می‌دهند، ضمن آنکه از نظر اقتصادی نیز از اهمیت بالایی برخوردار هستند. گونه *P. euphratica* در حاشیه فلات مرکزی ایران و رودخانه‌های دز، کرخه و کارون به صورت طبیعی گسترش داشته و برای حفظ خاک و دیواره‌های کناری بستر رودخانه‌ها نقش قابل توجهی دارد. اما گونه *P. caspica* در مناطق پایین‌بند و تا حدودی میان‌بند جنگلهای شمال کشور پراکنش داشته و به دلیل فشارهای اقتصادی - اجتماعی حاکم بر رویشگاههای طبیعی این گونه به شدت در معرض تخریب قرار گرفته است. مطالعه این گونه در تحقیق حاضر انجام نمی‌گیرد و لازم است تا در تحقیق جداگانه‌ای ابتدا تنوع درون گونه‌ای آن مطالعه شده و در طرحهای آتی به بررسی شباهتها و تفاوتهای آن با سایر گونه‌ها پرداخته شود. اما یکی از گونه‌های کاشته شده در ایران که به دلیل تولید چوب افزونتر از اهمیت اقتصادی بالایی نیز برخوردار است و مورد استقبال روستاییان به‌ویژه در نواحی شمالی کشور قرار گرفته است گونه *Populus deltoides* می‌باشد. این گونه طی حدود نیم قرن استقرار در ایران ضمن تولید دورگهای طبیعی با ارزش از جایگاه مناسبی برخوردار شده است. از این رو گونه مزبور در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفته است، تا ضمن تعیین قرابتها و تفاوتهای آن با سایر گونه‌ها و امکان مطالعه این موارد در سطح درون‌بخشی (چون این گونه به همراه گونه

*Populus nigra* در بخش Aigeiros قرار می‌گیرد) و بین گونه‌ای امکان تمایز دورگه‌های طبیعی با والد یا والدین بررسی شود. جدول شماره ۱ فهرست گونه‌ها و کلن‌ها و نیز مشخصات آنها را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱- فهرست و مشخصات کلنهای مورد بررسی

ردیف	نام کلن*	کد کلن	نام بخش	منشا (محل جمع‌آوری)	جنسیت
۱	<i>P. alba</i> 45/67	A1	Leuce	اصفهان	نر
۲	<i>P. alba</i> 45/77	A2	Leuce	اصفهان	نر
۳	<i>P. alba</i> 44/9	A3	Leuce	اصفهان	نر
۴	<i>P. nigra</i> 47/13	N2	Aigeiros	آذربایجان	نامشخص
۵	<i>P. nigra</i> 49/5	N3	Aigeiros	کرج	نر
۶	<i>P. nigra</i> 42/53	N4	Aigeiros	کرج	ماده
۷	<i>P. euphratica</i> 1	EU1	Turanga	خوزستان	نر
۸	<i>P. euphratica</i> 2	EU2	Turanga	خوزستان	ماده
۹	<i>P. euphratica</i> 3	EU3	Turanga	خوزستان	ماده
۱۰	<i>P. deltoides</i> 1	D1	Aigeiros	گیلان	نامشخص
۱۱	<i>P. deltoides</i> 2	D2	Aigeiros	گیلان	نامشخص
۱۲	<i>P. deltoides</i> 3	D3	Aigeiros	کرج	ماده

\*دو عدد سمت چپ، سال جمع‌آوری و عدد یا اعداد سمت راست شماره هر ردیف می‌باشد.

### کاشت قلمه‌ها در آزمایش مزرعه‌ای

پس از تعیین و انتخاب ۴ گونه فوق از هر یک از آنها تعداد ۳ کلن با مشخصات مندرج در جدول شماره ۱ انتخاب و در قالب طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات منطقه البرز کرج کشت گردیدند. در اسفند ماه ۱۳۷۷ پس از آماده‌سازی زمین و ایجاد جوی پشته‌ها و آبیاری آنها، از هر کلن تعداد



۱۵ قلمه به ارتفاع ۲۵ سانتیمتر و قطر ۲ سانتیمتر از محل خزانه‌های تولید نهال و کلکسیون پایه مادری صنوبر در کرج تهیه شده و در عرصه‌ای به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ متر مربع به نحوی کاشته شدند که حدود ۲ سانتیمتر (حداکثر ۲ جوانه) از نوک قلمه‌ها بیرون از خاک قرار گرفتند تا مانع از چند شاخه شدن آنها گردد. کاشتن این قلمه‌ها در یک محیط و در قالب یک طرح آزمایشی موجب حذف اثر عوامل محیطی گشته و تفاوتها در چنین شرایطی بی‌تردید ناشی از عوامل ژنتیکی و سرشت کلنهاست. کلیه عملیات نگهداری شامل وجین علفهای هرز و آبیاری در زمانهای مناسب و طی دو فصل رویشی یعنی سالهای ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ انجام گردید.

### روش بررسی

برای مطالعه صفات مورفولوژیکی و براساس روش پیشنهادی Slycken (۱۹۹۵) صفاتی مورد مطالعه قرار گرفتند که در تمایز بین گونه‌ها و حتی کلنه‌های داخل یک گونه بیشترین تأثیر را داشته باشند (جدول شماره ۲). نکته بسیار مهم در انتخاب صفات این است که برخی از صفات نه تنها در ایجاد تمایز بین ارقام مختلف سودمند نیستند، بلکه در مواردی موجب قرابت بیشتر کلنها در تجزیه خوشه‌ای می‌گردند. برای نمونه صفاتی مانند رنگ برگ، ساقه یا جوانه به‌دلیل شباهت در ارقام مختلف در برخی از موارد باعث ایجاد شباهت کاذب گشته و مطالعه تنوع بین ارقام را دچار اشکال می‌کند. همچنین در مواردی که از نسبت بین صفات مختلف استفاده می‌گردد تأثیر چندانی در ایجاد تمایز بین ارقام ندارد. از این رو در محاسبات آماری مانند روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان صفات کم‌اثر یا بی‌اثر حذف می‌گردند. بنابراین در این بررسی سعی شده است تا از صفات پیشنهادی Slycken (۱۹۹۵) در تمایز کلنها و گونه‌ها استفاده گردد. این صفات شامل ویژگیهای برگ، شاخه و ریشه است که به ترتیب زیر انجام شد. لازم به ذکر است که کلیه اندازه‌گیریها برای صفات برگ و شاخه بر روی ۵

نهال که به صورت تصادفی از ۱۵ نهال کاشته شده انتخاب شده بودند، انجام شد. این ۵ نهال برای کلیه اندازه‌گیریها ثابت بود. این صفات به نحو عمده در تابستان دومین سال رشد، قبل از چوبی شدن ۱/۳ فوقانی نهالها براساس معیار Slycken (۱۹۹۵) اندازه‌گیری شدند. برای مطالعه خصوصیات ریشه کلنهای مختلف صنوبر، قلمه‌های آنها در قالب یک طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در تانک ریشه‌زایی قرار داده شدند (شکل شماره ۱). این عمل طی ۹ مرحله در زمانهای مختلف سال انجام گرفت و صفات زیر در مورد این قلمه‌ها یادداشت شد. از آنجا که فرایند ریشه دار کردن قلمه‌ها در ۹ مرحله و در شرایط زمانی متفاوت انجام شده است، اعداد نهایی میانگین کلیه مراحل فوق می‌باشد.

جدول شماره ۲- فهرست صفات اندازه‌گیری شده برای مطالعه مورفولوژیکی، مقیاس

#### و علامت اختصاری صفات

ردیف	صفت مورد اندازه‌گیری	مقیاس اندازه‌گیری	علامت اختصاری
۱	تعداد برگ (Leaf Number)	عدد	LN
۲	سطح برگ (Leaf Area)	سانتیمتر مربع	LA
۳	سطح کل برگها (Total Leaf Area)	سانتیمتر مربع	TLA
۴	طول پهنک (Length of Blade)	سانتیمتر	LB
۵	حداکثر پهنای برگ (Max. Leaf Width)	سانتیمتر	MLW
۶	نسبت پهنای به طول برگ (Width/ Length)	نسبت	W/L
۷	طول دم‌برگ (Petiole Length)	سانتیمتر	PL
۸	عمق دندانه برگ (Depth of leaf Rib)	میلیمتر	DLR
۹	تعداد رگبرگ (Vein Number)	عدد	VN
۱۰	تعداد شاخه (Branch Number)	عدد	BN
۱۱	طول شاخه (Branch Length)	سانتیمتر	BL
۱۲	قطر شاخه (Branch Diameter)	میلیمتر	BD
۱۳	قطر ساقه (Stem Diameter)	سانتیمتر	SD
۱۴	قطر شاخه به قطر ساقه (Stem D/ Branch D)	نسبت	BD/SD
۱۵	زاویه شاخه (Branch Angle)	درجه	BA
۱۶	ارتفاع (Height)	سانتیمتر	H
۱۷	تعداد ریشه (Root Number)	عدد	RN
۱۸	طول ریشه (Root Length)	سانتیمتر	RL
۱۹	تعداد برگ نوظهور (New Leaf Number)	عدد	LNN
۲۰	زنده‌مانی (Survival)	درصد	S



شکل شماره ۱- قلمه‌های کلنهای صنوبر در تانک ریشه‌زایی

## نتایج

### تجزیه واریانس

متداولترین روش مقایسه میانگین متغیرها برای گروه‌بندی افراد روش تجزیه واریانس است که برای هر متغیر به‌طور جداگانه صورت گرفت. نتایج حاصل از این تجزیه برای برخی از متغیرها به شرح ذیل است:

تجزیه واریانس کلیه صفات مورفولوژیکی، اختلافات معنی‌داری را در سطح یک درصد بین گونه‌های مختلف نشان داد. جدول شماره ۳ خلاصه‌ای از نتایج تجزیه واریانس این صفات را نشان می‌دهد. معنی‌دار بودن آزمون F در کلیه صفات حاکی از انتخاب درست صفات مورد بررسی جهت تمایز افراد می‌باشد. ضریب تغییرات مربوط

به صفات سطح برگ (۳/۵۴ درصد)، طول پهنک (۲/۹۴ درصد)، حداکثر پهنای پهنک (۲/۲۱ درصد)، طول دمبرگ (۲ درصد)، زاویه شاخه (۵/۵ درصد)، و تعداد برگ (۱۰/۱۱ درصد) نشان‌دهنده دقت اندازه‌گیری و اشتباه کم آزمایش در مورد آنهاست.

ضریب تغییرات متوسطی برای صفات سطح کل برگها (۱۲/۵۲ درصد)، قطر شاخه‌ها (۱۴/۶۳ درصد)، قطر ساقه (۱۳/۱۸ درصد)، و ارتفاع (۱۴/۱۱ درصد) بدست آمد، و ضریب تغییرات بالا (حداکثر تا ۲۳/۸۲ درصد) برای تعداد برگ نوظهور حاصل شد. اما به سبب معنی‌دار بودن  $F$  در سطح یک درصد پذیرفتنی است.

دامنه تغییرات صفات (جدول شماره ۳) وجود دامنه بزرگ تا متوسط برای صفات مورد مطالعه به‌ویژه در مورد تعداد برگ، سطح برگ، طول پهنک و طول دمبرگ را نشان می‌دهد که بیانگر اختلاف زیاد میان آنهاست.

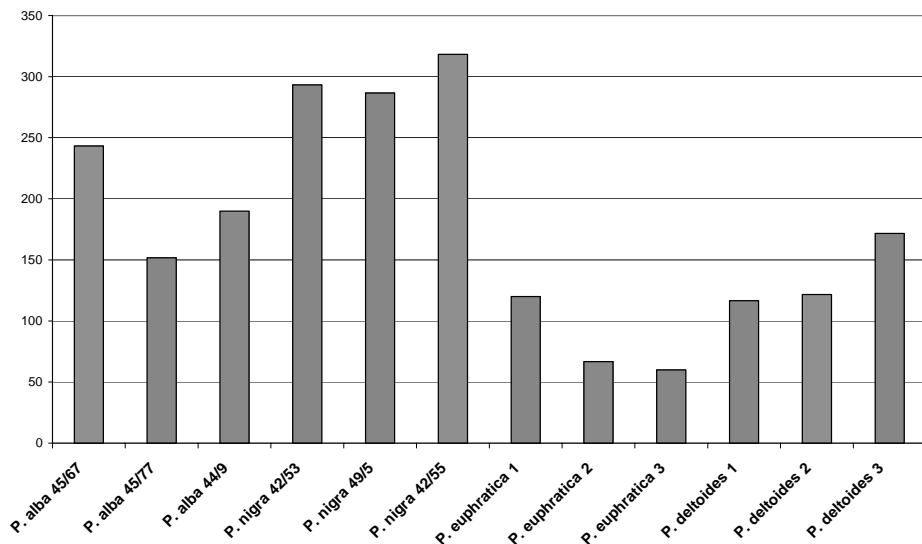
جدول شماره ۳- مقادیر آماره‌های مختلف مربوط به جداول تجزیه واریانس

ردیف	صفت	میانگین مربعات ۱	مقدار F ۲	ضریب تغییرات (CV) به درصد	دامنه تغییرات
۱	تعداد برگ	۲۳۶۰۹/۰۹۱	۷۲/۶۸۵۷	۱۰/۱۱	۶۰-۳۱۸۳
۲	سطح برگ	۹۹۶/۰۵۱	۹۶۹/۱۳۰۲	۳/۵۴	۷/۶۶۷-۶۷/۶۷
۳	سطح کل برگها	۳۱۱۰۸۴۰۸/۳۳۳	۷۴/۸۵۸۲	۱۲/۵۲	۵۰۶۷-۱۱۶۳۰
۴	طول پهنک	۶/۷۹۴	۱۷۵/۶۰۳۱	۲/۹۴	۳/۷۶۷-۹/۰۶۷
۵	حداکثر پهنای برگ	۱۷/۴۳۸	۱۰۴۶/۲۵۵۵	۲/۲۱	۲/۴-۹/۳۶۷
۶	نسبت پهنای به طول برگ	۰/۱۴۱	۱۵۸/۶۳۹۷	۳/۵۴	۰/۴۸۶۷-۱/۰۹
۷	طول دم‌برگ	۹/۳۴۴	۱۵۴۱/۸۱۳۰	۲	۱/۸۳۳-۷/۶۳۳
۸	عمق دندان‌ه برگ	۱۱۸/۷۰۴	۱۴۸/۲۸۶۳	۱۷/۸۴	۱-۱۹/۳۳
۹	تعداد رگ‌برگ	۴/۵۹۶	۵۲	۲/۵۶	۱۰-۱۳/۶۷
۱۰	تعداد شاخه	۳۸/۱۱۱	۸/۸۷۷۶	۱۸/۷۴	۶/۶۶۷-۱۷
۱۱	طول شاخه	۲۱۵/۲۰۲	۴/۲۰۵۵	۱۸/۶۹	۲۲/۳۳-۵۲/۶۷
۱۲	قطر شاخه	۲/۱۸۹	۳/۹۵۸۹	۱۴/۶۳	۶/۳۳۳-۳/۳۳۳
۱۳	قطر ساقه	۰/۳۳۴	۵/۰۴۳۸	۱۳/۱۸	۱/۳-۲/۵۲۳
۱۴	قطر شاخه به ساقه	۰/۰۱۴	۳/۸۴۲۳	۲۱/۹۳	۰/۱۷-۰/۳۸۳۳
۱۵	زاویه شاخه	۷۷۱/۶۶۴	۱۰۸۰۳۹۹۸	۵/۵۰	۲۵-۶۹
۱۶	ارتفاع	۴۲۷۴/۶۹۴	۶/۰۷۵۵	۱۴/۱۱	۱۱۰-۲۴۰
۱۷	تعداد ریشه	۳۶/۸۹۹	۲۲/۷۹۵۶	۱۷/۴۸	۲/۳۳۳-۱۲
۱۸	طول ریشه	۳۷/۷۲۷	۲۰	۱۵/۵۵	۴/۶۶۷-۱۴
۱۹	تعداد برگ نوظهور	۲۳/۷۱۷	۷/۳۲۰۳	۲۳/۸۲	۴/۳۳۳-۱۲/۳۳
۲۰	زنده‌مانی	۲۴۷۵/۲۲۰	۱۵/۱۷۶۲	۱۸/۶۷	۱۵/۳۳-۹۵/۶۷

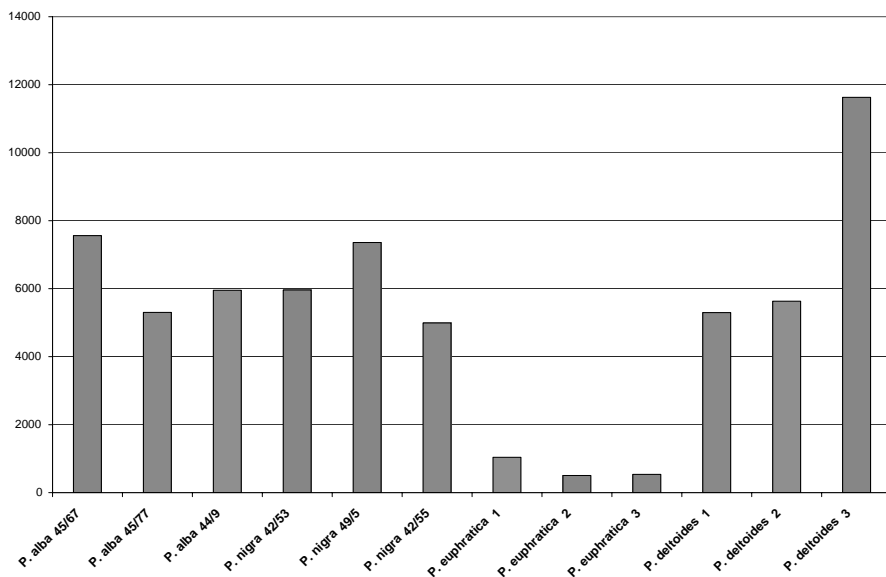
۱- درجه آزادی بلوک معادل ۲، برای تیمار ۱۱ و برای خطا ۲۲ می‌باشد.

۲- برای کلیه صفات اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد.

شکل شماره ۲ میانگین تعداد برگ کلنهای مختلف را در سال دوم رویش نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد، کلنهای متعلق به گونه *P. nigra* با تعداد برگ بین ۲۹۳ تا ۳۱۸ بالاترین تعداد و کلنهای متعلق به گونه *P. euphratica* با تعداد بین ۶۰ تا ۱۲۰ پایین‌ترین مقدار را دارا هستند. در این مورد هرچند تعداد برگ کلنهای متعلق به گونه *P. deltoides* کمتر از دو گونه *P. nigra* و *P. alba* است، اما به دلیل بزرگ بودن ابعاد برگ این کلنها، سطح کل برگهای این گونه در شکل شماره ۳ بالاترین میزان را دارد. برای مقایسه مقادیر میانگین سایر متغیرها می‌توان به جدول شماره ۴ رجوع کرد.



شکل شماره ۲- میانگین تعداد برگ کلنهای مختلف صنوبر در سال دوم رویش



شکل شماره ۳- میانگین سطح کل برگ کلنهای مختلف صنوبر در سال دوم

رویش به سانتیمتر مربع

جدول شماره ۴- مقادیر میانگین و مقایسه آنها به روش دانکن در سطح یک درصد

ردیف	صفات کلن‌ها	تعداد برگ	سطح برگ به سانتیمتر مربع	سطح کل برگها به سانتیمتر مربع	طول پهنک به سانتیمتر	حداکثر پهنای برگ به سانتیمتر	نسبت پهنای به طول برگ	متوسط طول دمبرگ به سانتیمتر	عمق دندانه برگ به میلیمتر	تعداد رگبرگ	تعداد شاخه
۱	<i>P.alba 45/67</i>	۲۴۳/۳	۳۱	۷۵۶۳	۶/۷۳	۷/۳۷	۱/۰۹	۳/۹۷	۱۹/۳۳	۱۱/۳۳	۱۳/۶۷
۲	<i>P.alba 45/77</i>	۱۵۱/۷	۳۵	۵۳۰۳	۷/۰۷	۷/۵	۱/۰۶	۳/۶۳	۱۴/۶۷	۱۱/۳۳	۸/۶۷
۳	<i>P.alba 44/9</i>	۱۹۰	۳۱/۳	۵۹۵۷	۶/۷	۶/۰۷	۰/۹۱	۳/۰۷	۱۰/۶۷	۱۱	۸/۳۳
۴	<i>P.nigra 2/53</i>	۲۹۳/۳	۲۰/۳	۵۹۶۳	۶/۸۳	۴/۹۳	۰/۷۳	۲/۹۷	۱	۱۰	۱۰/۳۳
۵	<i>P.nigra 49/5</i>	۲۸۶/۷	۲۵/۷	۷۳۶۰	۶/۴۷	۶/۳	۰/۹۷	۴/۲	۱/۵	۱۰	۱۳/۳۳
۶	<i>P.nigra 42/55</i>	۳۱۸/۳	۱۵/۷	۴۹۹۲	۶/۵	۴/۷	۰/۷۲	۳/۰۳	۱	۱۰	۱۰/۶۷
۷	<i>P.euphratica 1</i>	۱۲۰	۸/۳	۱۰۴۰	۳/۷۷	۲/۴	۰/۶۶	۲/۲	۱	۱۲	۱۷
۸	<i>P.euphratica 2</i>	۶۶/۷	۷/۷	۵۰۷	۵/۵	۲/۶۷	۰/۴۹	۲/۳۳	۱	۱۲	۱۵/۳۳
۹	<i>P.euphratica 3</i>	۶۰	۹	۵۴۰	۴/۹	۲/۴۳	۰/۴۹	۱/۸۳	۱	۱۲	۱۴/۳۳
۱۰	<i>P.deltoides 1</i>	۱۱۶/۷	۴۵/۳	۵۲۹۷	۸/۷	۸/۱	۰/۹۳	۵/۷	۳	۱۳	۷
۱۱	<i>P.deltoides 2</i>	۱۲۱/۷	۴۶/۳	۵۶۳۵	۸/۰۳	۸/۱۷	۱/۰۲	۶/۱۳	۲	۱۳	۷/۳۳
۱۲	<i>P.deltoides 3</i>	۱۷۱/۷	۶۷/۷	۱۱۶۳۰	۹/۰۷	۹/۳۷	۱/۰۳	۷/۶۳	۲	۱۳	۶/۶۷
		C	A	A	A	A	AB	A	D	A	E



ادامهٔ جدول شمارهٔ ۴- مقادیر میانگین و مقایسه آنها به روش دانکن در سطح یک درصد

ردیف	صفات کلن‌ها	طول شاخه به سانتیمتر	قطر شاخه به میلی‌متر	قطر ساقه به سانتیمتر	قطر شاخه به قطر ساقه	زاویه شاخه با تنه اصلی به درجه	ارتفاع به سانتیمتر	تعداد ریشه در هر قلمه	طول ریشه‌ها به سانتیمتر
۱	<i>P.alba</i> 45/67	۳۵/۶۷	۴	۲/۱	BC	۶۰	۲۰۰	۲/۳۳	۴/۶۷
		ABC	BC	AB	BC	۶۰	ABC	D	D
۲	<i>P.alba</i> 45/77	۴۱/۳۳	۳/۳۳	۱/۸۳	۰/۱۹۳	۳۰	۱۷۲	۳/۳۳	۶/۶۷
		ABC	C	BC	BC	E	ABCD	CD	CD
۳	<i>P.alba</i> 44/9	۳۷/۳۳	۵/۳۳	۲/۰۳	۰/۲۶۳	۲۵	۲۰۸/۳	۳/۶۷	۴/۶۷
		ABC	ABC	AB	ABC	E	ABC	CD	D
۴	<i>P.nigra</i> 2/53	۴۹/۶۷	۶	۲/۲۷	۰/۲۷	۳۰	۲۱۵	۹	۱۲
		A	AB	AB	ABC	E	AB	AB	AB
۵	<i>P.nigra</i> 49/5	۴۳/۳۳	۴/۳۳	۲/۵۳	۰/۱۷	۴۳/۳۳	۲۴۰	۹/۳۳	۱۱/۶۷
		AB	ABC	A	C	D	A	AB	AB
۶	<i>P.nigra</i> 42/55	۵۲/۶۷	۵/۳۳	۲/۳	۰/۲۳۳	۳۰	۲۰۰	۱۲	۹
		A	ABC	AB	ABC	E	ABC	A	BC
۷	<i>P.euphratica</i> 1	۲۲/۳۳	۴/۶۷	۱/۳	۰/۳۵۳	۶۵	۱۱۰	۵	۵/۶۷
		C	ABC	C	AB	AB	D	CD	CD
۸	<i>P.euphratica</i> 2	۳۳/۶۷	۵/۳۳	۱/۶	۰/۳۳۷	۶۹	۱۵۸/۳	۴/۳۳	۷/۳۳
		ABC	ABC	BC	ABC	A	BCD	CD	CD
۹	<i>P.euphratica</i> 3	۲۷/۶۷	۶/۳۳	۱/۸۳	۰/۳۸۳	۶۵	۱۳۳/۳	۶	۵/۳۳
		BC	A	ABC	A	AB	CD	BC	CD
۱۰	<i>P.deltoides</i> 1	۳۶/۶۷	۵/۶۷	۱/۸۳	۰/۳۱	۵۵	۱۹۳/۳	۱۰/۶۷	۱۱/۳۳
		ABC	AB	ABC	ABC	C	ABC	A	AB
۱۱	<i>P.deltoides</i> 2	۴۲/۳۳	۵/۳۳	۲/۰۳	۰/۲۶۳	۵۵	۲۰۵	۱۱/۳۳	۱۳/۶۷
		ABC	ABC	AB	ABC	C	ABC	A	A
۱۲	<i>P.deltoides</i> 3	۳۶/۶۷	۵/۳۳	۱/۸۷	۰/۲۸۷	۵۵	۲۲۰	۱۰/۳۳	۱۴
		ABC	ABC	ABC	ABC	C	AB	A	A

گروه‌بندی میانگینها با استفاده از روش دانکن در سطح یک درصد برای کلیه صفات انجام شد. جدول شماره ۴ مقادیر میانگینها و گروه‌بندی آنها را به روش دانکن در سطح یک درصد برای صفات مورفولوژیکی نشان می‌دهد. برای صفت تعداد برگ، کلن *P. nigra* 42/55 با ۳۱۸ برگ بالاترین تعداد و کلن *P. euphratica* 3 با ۶۰ برگ کمترین تعداد را دارا هستند. کلنهای دیگر نیز بین این دو قرار می‌گیرند. در مورد سایر صفات نیز گروه‌بندیها در جدول شماره ۴ قابل مشاهده است. نکته بسیار مهم در این جدول این است که در مورد تک‌تک صفات، گروه‌بندی میان افراد با استفاده از تجزیه واریانس، اغلب دارای تداخلهای نامناسبی می‌باشند. به این مفهوم که گاهی مشاهده می‌شود که براساس دسته‌بندی بر مبنای یک صفت خاص، یک کلن از یک گونه مشخص در داخل یک گونه دیگر قرار می‌گیرد، در حالی که براساس دسته‌بندی بر مبنای صفت دیگر مورفولوژیکی، همان کلن با کلنهای مشابه در یک دسته قرار می‌گیرند. این حالت از نظر تقسیم‌بندی سیستماتیک پذیرفتنی نیست. برای نمونه در مورد صفت کمی قطر شاخه، کلن *P. alba* 44/9 بیشتر به *P. deltoides* شباهت دارد و با آن در یک گروه قرار می‌گیرد. اما در مورد برخی از صفات این گروه‌بندیها کمی منطقی‌تر به نظر می‌رسد. برای نمونه در مورد صفت سطح برگ تفکیک کلن‌ها با تقسیم‌بندی رایج سیستماتیک قرابت بیشتری دارد، هرچند که به‌طور کامل از آن تبعیت نمی‌کند. بنابراین با توجه به اطلاعات اولیه در مورد تقسیم‌بندی گونه‌ها و کلن‌ها با قاطعیت می‌توان گفت که مطالعه یک صفت مورفولوژیکی به تنهایی قادر به تمایز صحیح کلن‌ها نیست.

همان‌طور که اشاره شد وضعیت ریشه‌دهی قلمه کلنهای صنوبر در تانک ریشه‌زایی طی ۹ مرحله انجام شد (شکل شماره ۱). طول ریشه‌های حاصل در یک زمان معین (۲۵ روز پس از کاشت قلمه‌ها) اندازه‌گیری شد و متوسط آن برای هر کلن در هر تکرار تعیین گردید. شکل شماره ۴ وضعیت طول ریشه چهار گونه مختلف را در

شرایط یکسان نشان می‌دهد، همان طور که مشاهده می‌گردد برخی از کلنهای پس از ۱۷ روز که در تانک ریشه‌زایی قرار گرفته بودند، هنوز ریشه‌ای نداده، ولی دو گونه دیگر ریشه‌هایی به طول ۲ تا ۴ سانتیمتر داده‌اند.



شکل شماره ۴- تفاوت وضعیت ریشه‌دهی کلنهای صنوبر پس از ۱۷ روز (از راست به ترتیب *P. alba*, *P. nigra*, *P. euphratica* و *P. deltoidea*)

### تجزیه همبستگی

با استفاده از نرم‌افزار SAS کلیه همبستگیهای دوگانه میان صفات مورفولوژیکی محاسبه شد و سطح معنی‌دار بودن آنها نیز تعیین گردید. نتایج همبستگی صفات در جدول شماره ۵ آمده است. مطابق این جدول از میان صفاتی که با قطر ساقه همبستگی مثبت داشتند، صفت تعداد برگ با قطر ساقه بالاترین میزان همبستگی مثبت (۰/۷۹۸) را در

سطح معنی‌دار یک درصد داراست. این مسأله به‌ویژه می‌تواند از نظر فرایند فتوسنتز توسط برگ و تأثیر آن در افزایش رشد قطری ساقه جای تأمل داشته باشد. صفت سطح برگ با طول پهنک و حداکثر پهنای پهنک بالاترین میزان همبستگیها را نشان می‌دهد که در سطح یک درصد معنی‌دار است و مؤید درستی نتایج است. از همه مهمتر از میان صفاتی که با ارتفاع نهالها همبستگی مثبت داشتند، سطح کل برگها بالاترین میزان همبستگی مثبت (۰/۸۳) را نشان داد و در سطح یک درصد معنی‌دار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود از همبستگی میان صفات می‌توان در تعیین روابط میان آنها استفاده کرد و فرایندهای اصلاحی را به سوی آنها معطوف کرد.

جدول شماره ۵- ضرایب همبستگی میان کلیه ترکیبهای دوگانه صفات مورفولوژیکی

BN	VN	DLR	PL	W/L	MLW	LB	TLA	LA	LN	صفات
-۰/۱۱۸۲	-۰/۷۳۹	۰/۱۲۱	۰/۰۳۶	۰/۳۲۷	۰/۲۱۵	۰/۱۷۵	۰/۵۴۰	۰/۰۲۷	۱/۰۰۰	LN
۰/۷۱۴	۰/۰۰۶	۰/۷۰۷	۰/۹۱۰	۰/۲۹۸	۰/۵۰۱	۰/۵۸۵	۰/۰۶۹	۰/۹۳۳	۰/۰۰۰	
۰/۸۲۸۲	۰/۵۶۱	۰/۲۴۰	۰/۹۵۴	۰/۷۹۱	۰/۹۴۲	۰/۹۰۸	۰/۸۲۵	۱/۰۰۰	۰/۰۲۷	LA
۰/۰۰۰	۰/۰۵۷	۰/۴۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	
-۰/۶۴۹۵	۰/۰۷۲	۰/۳۱۱	۰/۷۸۱	۰/۸۱۲	۰/۸۶۰	۰/۷۸۷	۱/۰۰۰	۰/۸۲۵	۰/۵۴۰	TLA
۰/۰۲۲	۰/۸۲۱	۰/۳۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۹	
۰/۹۰۲۶	۰/۳۶۹	۰/۱۶۷	۰/۸۸۶	۰/۷۰۳	۰/۹۱۸	۱/۰۰۰	۰/۷۸۷	۰/۹۰۸	۰/۱۷۵	LB
۰/۰۰۰	۰/۲۳۷	۰/۶۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۵۸۵	
-۰/۸۱۳۷	۰/۳۴۳	۰/۴۱۷	۰/۸۹۲	۰/۹۲۵	۱/۰۰۰	۰/۹۱۸	۰/۸۶۰	۰/۹۴۲	۰/۲۱۵	MLW
۰/۰۰۱	۰/۲۷۵	۰/۱۷۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۰۱	
-۰/۶۱۶۹	۰/۱۴۱	۰/۶۱۵	۰/۷۱۵	۱/۰۰۰	۰/۹۲۱	۰/۷۰۳	۰/۸۱۲	۰/۷۹۱	۰/۳۲۷	W/L
۰/۰۳۲	۰/۶۶۰	۰/۰۳۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۲۹۸	
-۰/۷۳۴۹	۰/۵۹۰	۰/۰۴۶	۱/۰۰۰	۰/۷۱۵	۰/۸۹۲	۰/۸۸۶	۰/۷۸۱	۰/۹۴۵	۰/۰۳۶	PL
۰/۰۰۶	۰/۰۴۳	۰/۸۸۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۹۱۰	
-۰/۱۳۸۵	-۰/۰۷۰	۱/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۶۱۵	۰/۸۹۲	۰/۱۶۷	۰/۳۱۱	۰/۲۴۰	۰/۱۲۱	DLR
۰/۶۶۷	۰/۸۲۸	۰/۰۰۰	۰/۸۸۵	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۶۰۳	۰/۳۲۳	۰/۴۵۱	۰/۷۰۷	
-۰/۳۰۶۶	۱/۰۰۰	-۰/۰۷۰	۰/۵۹۰	۰/۱۴۱	۰/۴۱۷	۰/۳۶۹	۰/۰۷۲	۰/۵۶۱	-۰/۷۳۹	VN
۰/۳۳۳	۰/۰۰۰	۰/۸۲۸	۰/۰۴۳	۰/۶۶۰	۰/۱۷۶	۲۳۷	۰/۸۲۱	۰/۰۵۷	۰/۰۰۶	
۱/۰۰۰۰	-۰/۳۰۶	-۰/۱۳۸	-۰/۷۳۴	-۰/۶۱۶	-۰/۸۱۳	-۰/۹۰۲	-۰/۶۴۹	-۰/۸۲۸	-۰/۱۱۸	BN
۱/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۶۶۷	۰/۰۰۶	۰/۰۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰	۰/۷۱۴	

ادامه جدول شماره ۵- ضرایب همبستگی میان کلیه ترکیبهای دوگانه صفات مورفولوژیکی

BN	VN	DLR	PL	W/L	MLW	LB	TLA	LA	LN	صفات
-۰/۴۹۵۴	-۰/۵۳۰	-۰/۰۱۸	۰/۲۱۰	۰/۳۰۰	۰/۳۶۵	۰/۴۸۶	۰/۴۶۲	۰/۱۹۱	۰/۷۴۹	BL
۰/۱۰	۰/۰۷۵	۰/۹۵۳	۰/۵۱۱	۰/۳۴۳	۰/۲۴۲	۰/۱۰۸	۰/۱۳۰	۰/۵۵۰	۰/۰۰۵	
-۰/۱۰۴۹	۰/۱۷۷	-۰/۵۵۹	-۰/۰۵۰	-۰/۵۷۵	-۰/۳۰۰	۰/۰۲۲	-۰/۲۳۲	-۰/۱۱۱	-۰/۱۹۸	BD
۰/۷۴۶	۰/۵۸۰	۰/۰۱۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۳۴۲	۰/۹۴۴	۰/۴۶۷	۰/۷۳۰	۰/۵۳۷	
-۰/۲۷۲۱	-۰/۵۹۳	۰/۰۲۱	۰/۱۷۶	۰/۳۲۳	۰/۳۲۱	۰/۳۵۸	۰/۵۲۷	۰/۱۴۱	۰/۷۹۷	SD
۰/۳۹۱	۰/۰۴۱	۰/۹۴۸	۰/۵۸۳	۰/۲۹۱	۰/۳۰۸	۰/۲۵۲	۰/۰۷۸	۰/۶۶۱	۰/۰۰۱	
۰/۲۷۲۳	۰/۵۰۱	-۰/۵۵۸	-۰/۲۴۴	-۰/۷۳۶	-۰/۵۵۴	-۰/۳۶۱	-۰/۶۱۰	-۰/۲۸۷	۰/۷۱۶	BD/S
۰/۳۹۲	۰/۰۹۶	۰/۰۵۹	۰/۴۴۳	۰/۰۰۶	۰/۰۶۱	۰/۲۴۸	۰/۰۳۴	۰/۳۶۴	۰/۰۰۸	
۰/۴۸۹۳	۰/۶۲۴	-۰/۲۱۱	۰/۰۴۲	-۰/۳۱۷	-۰/۲۵۴	-۰/۲۶۲	-۰/۳۷۰	۰/۱۱۰	-۰/۶۵۹	BA
۰/۱۰۶	۰/۰۲۹	۰/۵۱	۰/۸۹۶	۰/۳۱۴	۰/۴۲۵	۰/۴۱۰	۰/۲۳۶	۰/۷۳۱	۰/۰۱۹	
-۰/۵۹۹۰	-۰/۲۴۱	۰/۱۲۹	۰/۵۸۳	۰/۶۲۸	۰/۶۹۵	۰/۷۲۸	۰/۸۲۶	۰/۵۷۷	۰/۶۷۰	H
۰/۰۳۹	۰/۴۴۹	۰/۶۶۸	۰/۰۴۶	۰/۰۲۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۴۹	۰/۰۱۷	
-۰/۴۷۰۴	۰/۱۰۶	-۰/۶۴۸	۰/۵۳۳	۰/۰۷۷	۰/۳۰۵	۰/۵۰۱	۰/۳۲۹	۰/۳۵۹	۰/۲۸۵	RN
۰/۱۲۲	۰/۷۴۰	۰/۰۲۲	۰/۰۷۴	۰/۸۱۰	۰/۳۳۳	۰/۰۹۶	۰/۲۹۵	۰/۲۵۱	۰/۳۶۸	
-۰/۵۵۹۵	۰/۲۴۹	-۰/۴۸۸	۰/۷۴۱	۰/۳۰۵	۰/۵۳۲	۰/۶۷۹	۰/۵۳۶	۰/۵۹۳	۰/۲۱۳	RL
۰/۰۵۸	۰/۴۳۵	۰/۱۰۷	۰/۰۰۵	۰/۳۳۴	۰/۰۷۵	۰/۰۱۵	۰/۰۷۱	۰/۰۴۱	۰/۵۰۵	
-۰/۴۰۷۱	-۰/۵۰۰	-۰/۳۵۰	۰/۲۲۶	۰/۱۷۲	۰/۲۴۲	۰/۳۶۲	۰/۵۰۶	۰/۱۹۲	۰/۷۴۱	LNN
۰/۱۸۸	۰/۰۹۷	۰/۲۶۳	۰/۴۷۹	۰/۵۹۲	۰/۴۴۷	۰/۲۴۷	۰/۰۹۳	۰/۵۴۹	۰/۰۰۵	
-۰/۶۰۲۶	-۰/۰۹۲	-۰/۲۲۵	۰/۵۸۳	۰/۳۸۵	۰/۵۶۹	۰/۷۰۴	۰/۶۰۴	۰/۵۰۳	۰/۴۹۳	S
۰/۰۳۸	۰/۷۷۴	۰/۴۸۱	۰/۰۴۶	۰/۲۱۵	۰/۰۵۳	۰/۰۱۰	۰/۰۳۷	۰/۰۹۵	۰/۱۰۳	

ادامه جدول شماره ۵- ضرایب همبستگی میان کلیه ترکیبهای دوگانه صفات مورفولوژیکی

S	LNN	RL	RN	H	BA	BD/S	SD	BD	BL	صفات
۰/۴۹۳	۰/۷۴۱	۰/۲۱۳	۰/۲۸۵	۰/۶۷۰	-۰/۶۵۹	۰/۷۱۶	۰/۷۹۷	-۰/۱۹۸	۰/۷۴۹	LN
۰/۱۰۳	۰/۰۰۵	۰/۵۰۵	۰/۳۶۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۹	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۵۳۷	۰/۰۰۵	
۰/۵۰۳	۰/۱۹۲	۰/۵۹۳	۰/۳۵۹	۰/۵۷۷	-۰/۱۱۰	۰/۲۸۷	۰/۱۴۱	-۰/۱۱۱	۰/۱۹۱	LA
۰/۰۹۵	۰/۵۴۹	۰/۰۴۱	۰/۲۵۱	۰/۰۴۹	۰/۷۳۱	۰/۳۶۴	۰/۶۶۱	۰/۷۳۰	۰/۵۵۰	
۰/۶۰۴	۰/۵۰۶	۰/۵۳۶	۰/۳۲۹	۰/۸۲۶	-۰/۳۷۰	-۰/۶۱۰	۰/۵۲۷	-۰/۲۳۲	۰/۴۶۲	TLA
۰/۰۳۷	۰/۰۹۳	۰/۰۷۱	۰/۲۹۵	۰/۰۰۰	۰/۲۳۶	۰/۰۳۴	۰/۰۷۸	۰/۴۶۷	۰/۱۳۰	
۰/۷۰۴	۰/۳۶۲	۰/۶۷۹	۰/۵۱۰	۰/۷۲۸	-۰/۲۶۲	-۰/۳۶۱	۰/۳۵۸	۰/۰۲۲	۰/۴۸۶	LB
۰/۰۱۰	۰/۲۴۷	۰/۰۱۵	۰/۰۹۶	۰/۰۰۷	۰/۴۱۰	۰/۲۴۸	۰/۲۵۲	۰/۹۴۴	۰/۱۰۸	
۰/۵۶۹	۰/۲۴۲	۰/۵۳۲	۰/۳۰۵	۰/۶۹۵	-۰/۲۵۴	-۰/۵۵۴	۰/۳۲۱	-۰/۳۰۰	۰/۳۶۵	MLW
۰/۰۵۳	۰/۴۴۷	۰/۰۷۵	۰/۳۳۳	۰/۰۱۲	۰/۴۲۵	۰/۰۶۱	۰/۳۰۸	۰/۳۴۲	۰/۲۴۲	
۰/۳۸۵	۰/۱۷۲	۰/۳۰۵	۰/۰۷۷	۰/۶۲۸	-۰/۳۱۷	-۰/۷۳۶	۰/۳۲۲	-۰/۵۷۵	۰/۳۰۰	W/L
۰/۲۱۵	۰/۵۹۲	۰/۳۳۴	۰/۸۱۰	۰/۰۲۸	۰/۳۱۴	۰/۰۰۶	۰/۲۹۱	۰/۰۵۰	۰/۳۴۳	
۰/۵۸۳	۰/۲۲۶	۰/۷۴۱	۰/۵۳۳	۰/۵۸۳	۰/۰۴۲	-۰/۲۴۴	۰/۱۷۶	-۰/۰۵۰	۰/۲۱۰	PL
۰/۰۴۶	۰/۴۷۹	۰/۰۰۵	۰/۰۷۴	۰/۰۴۶	۰/۸۹۶	۰/۴۴۳	۰/۵۸۳	۰/۸۷۵	۰/۵۱۱	
-۰/۲۲۵	۰/۳۵۰	-۰/۴۸۷	-۰/۶۴۸	۰/۱۲۹	-۰/۲۱۱	-۰/۵۵۸	۰/۰۲۱	-۰/۶۶۹	-۰/۰۱۸	DLR
۰/۴۸۱	۰/۲۶۳	۰/۱۰۷	۰/۰۲۲	۰/۶۸۸	۰/۵۱۰	۰/۰۵۹	۰/۹۴۸	۰/۰۱۷	۰/۹۵۳	
-۰/۰۹۲	-۰/۰۵۰	۰/۲۴۹	۰/۱۰۶	-۰/۲۴۱	۰/۶۲۴	۰/۵۰۱	-۰/۵۹۳	۰/۱۷۷	۰/۵۳۰	VN
۰/۷۷۴	۰/۰۹۷	۰/۴۳۵	۰/۷۴۰	۰/۴۴۹	۰/۰۲۹	۰/۰۹۶	۰/۰۴۱	-۰/۵۸۰	۰/۰۷۵	
-۰/۶۰۲	-۰/۴۰۷	-۰/۵۵۹	۰/۴۷۰	-۰/۵۹۹	۰/۴۸۹	۰/۲۷۲	-۰/۲۷۲	-۰/۱۰۴	-۰/۴۹۵	BN
۰/۰۳۸	۰/۱۸۸	۰/۰۵۷	۰/۱۲۲	۰/۰۳۹	۰/۱۰۶	۰/۳۹۲	۰/۳۹۱	۰/۷۴۶	۰/۱۰۱	

ادامه جدول شماره ۵- ضرایب همبستگی میان کلیه ترکیبهای دوگانه صفات مورفولوژیکی

S	LNN	RL	RN	H	BA	BD/S	SD	BD	BL	صفات
۰/۷۶۰	۰/۸۰۲	۰/۴۹۲	۰/۵۲۵	۰/۷۴۳	-۰/۷۳۲	-۰/۶۳۸	۰/۷۸۳	-۰/۰۰۸	۱/۰۰۰	BL
۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۱۰۳	۰/۰۷۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۵۰	۰/۰۰۲	۰/۹۷۸	۰/۰۰۰	
۰/۱۲۲	۰/۲۲۶	۰/۲۵۷	۰/۴۵۳	-۰/۰۵۶	۰/۱۴۸	۰/۶۹۰	۰/۰۴۷	۱/۰۰۰	-۰/۰۰۸	BD
۰/۷۰۳	۰/۴۷۸	۰/۴۱۸	۰/۱۳۸	۰/۸۶۱	۰/۶۴۵	۰/۰۱۳	۰/۸۸۴	۰/۰۰۰	۰/۹۷۸	
۰/۶۶۹	۰/۷۸۹	۰/۳۷۷	۰/۴۳۲	۰/۸۳۴	-۰/۵۴۵	-۰/۶۶۳	۱/۰۰۰	۰/۰۴۷	۰/۷۸۳	SD
۰/۰۱۷	۰/۰۰۲	۰/۲۲۶	۰/۱۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰	۰/۸۸۴	۰/۰۰۲	
-۰/۴۲۴	-۰/۴۱۵	-۰/۱۲۶	-۰/۰۰۷	-۰/۶۷۸	۰/۵۸۴	۱/۰۰۰	-۰/۶۶۳	۰/۶۹۰	-۰/۶۳۸	BD/S
۰/۱۶۸	۰/۱۷۹	۰/۶۹۶	۰/۹۸۱	۰/۰۱۳	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۳	۰/۰۲۵	
۰/۳۷۳	۰/۶۷۸	-۰/۰۷۳	۰/۱۲۸	-۰/۵۲۳	۱/۰۰۰	۰/۵۸۴	-۰/۵۴۵	۰/۱۴۸	-۰/۷۳۲	BA
۰/۲۳۱	۰/۰۱۵	۰/۸۲۰	۰/۶۸۹	۰/۰۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۰۶۶	۰/۶۴۵	۰/۰۰۶	
۰/۷۰۸	۰/۷۲۷	۰/۵۹۶	۰/۴۵۲	۱/۰۰۰	-۰/۵۲۳	-۰/۶۸۷	۰/۸۳۴	-۰/۰۵۶	۰/۷۴۳	H
۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۴۰	۰/۱۳۹	۰/۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۸۶۱	۰/۰۰۵	
۰/۷۸۱	۰/۶۵۶	۰/۸۴۹	۱/۰۰۰	۰/۴۵۲	-۰/۱۲۸	-۰/۰۰۷	۰/۴۳۴	۰/۴۵۳	۰/۵۲۵	RN
۰/۰۰۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۹	۰/۶۸۹	۰/۹۸۱	۰/۱۶۰	۰/۱۳۸	۰/۰۷۹	
۰/۸۰۴	۰/۶۲۷	۱/۰۰۰	۰/۸۴۹	۰/۵۹۶	-۰/۰۷۳	-۰/۱۲۶	۰/۳۷۷	۰/۲۵۷	۰/۴۹۲	RL
۰/۰۰۱	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۰	۰/۸۲۰	۰/۶۹۶	۰/۲۲۶	۰/۴۱۸	۰/۱۰۳	
۰/۷۴۶	۱/۰۰۰	۰/۶۲۷	۰/۶۵۶	۰/۷۲۷	-۰/۶۷۸	-۰/۴۱۵	۰/۷۸۹	۰/۲۲۶	۰/۸۰۲	LNN
۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵	۰/۱۷۹	۰/۰۰۲	۰/۴۷۸	۰/۰۰۱	
۱/۰۰۰	۰/۱۴۶	۰/۸۰۴	۰/۱۱۱	۰/۷۰۸	-۰/۳۷۳	-۰/۴۲۴	۰/۶۶۹	۰/۱۲۲	۰/۷۶۰	S
۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰/۲۳۱	۰/۱۶۷	۰/۰۱۷	۰/۸۰۳	۰/۰۰۴	



## تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی

در این تحقیق، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با داده‌های ۲۰ متغیر (صفت) برای ۱۲ کلن انجام گردید که در آن ماتریس میانگین صفات مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر ۵ مؤلفه اصلی برای هر کدام از کلنها در جدول شماره ۶ نشان داده شده است. از آنجا که تمایز کلنها با استفاده از تمام متغیرها دشوار، وقت‌گیر و غیر ضروری است، از این روش استفاده شد تا حجم داده‌ها کمتر شود و از تعداد کمتری از متغیرهایی که با این تحلیل حاصل می‌شوند، گروه‌بندی کلنها صورت گیرد. در این روش با استفاده از تمام متغیرها، تعدادی مؤلفه که هیچ ارتباط و همبستگی با هم ندارند به دست آمد و مطالعات آماری بعدی درباره این مؤلفه‌ها انجام شد. تعداد ۱۰ مؤلفه بدست آمده از این تحلیل در مجموع ۹۹/۸ درصد واریانس موجود را بیان می‌کنند. جدول شماره ۷ ریشه‌های مخفی (Latent Roots)، و جدول شماره ۸ درصد واریانس قابل توجیه، و درصد تجمعی واریانس را برای ۵ مؤلفه اصلی اول ارائه داده است.

جدول شماره ۶- عوامل اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی  
روی صفات مورفولوژیکی

ردیف	کلنها	PRIN 1	PRIN 2	PRIN 3	PRIN 4	PRIN 5
۱	<i>P.alba</i> 45/67	۲۲۹۵/۸۲	۴۶۰/۹۲	-۸۴۱/۰۷	۹۰۱/۸۶	۲۳۷۱/۵۹
۲	<i>P.alba</i> 45/77	۱۶۳۸/۶۴	۳۲۳/۹۹	-۵۸۰/۳۳	۶۲۵/۵۰	۱۶۵۷/۱۴
۳	<i>P.alb a</i> 44/9	۱۸۳۱/۰۲	۳۵۳/۳۶	-۶۶۰/۳۹	۶۹۷/۰۱	۱۸۷۹/۰۷
۴	<i>P.nigra</i> 2/53	۱۸۷۳/۲۱	۳۰۸/۳۹	-۶۴۲/۵۳	۷۲۸/۶۵	۱۸۷۹/۷۱
۵	<i>P.nigra</i> 49/5	۲۲۷۶/۵۲	۴۱۵/۳۵	-۷۹۸/۰۱	۸۸۹/۸۳	۲۳۰۹/۸۷
۶	<i>P.nigra</i> 42/55	۱۵۹۴/۲۱	۲۲۹/۵۸	-۵۳۶/۱۹	۶۲۷/۱۸	۱۵۸۶/۳۱
۷	<i>P.euphratica</i> 1	۳۵۴/۶	۴۱/۸۵	-۱۰۶/۶۸	۱۸۰/۱۷	۳۷۸/۹۵
۸	<i>P.euphratica</i> 2	۲۱۵/۱۳	۱۵/۲۳	-۳۸/۹۵	۱۱۸/۵۶	۲۲۲/۳۹
۹	<i>P.euphratica</i> 3	۲۲۰/۵۱	۲۱/۴۴	-۳۸/۵۸	۱۱۹/۳۹	۲۱۹/۹۴
۱۰	<i>P.deltoides</i> 1	۱۶۴۰/۷۹	۳۴۶/۴۴	-۵۶۲/۳۱	۶۳۸/۲۲	۱۶۵۸/۹۱
۱۱	<i>P.deltoides</i> 2	۱۷۴۳/۴۹	۳۶۶/۶۵	-۵۹۹/۴۹	۶۷۵/۶۷	۱۷۶۳/۷۹
۱۲	<i>P.deltoides</i> 3	۳۴۸۳/۲۰	۷۸۵/۵۲	-۱۲۶۵/۴۸	۱۳۳۲/۵۲	۳۵۶۹/۹۲

جدول شماره ۷- بردار ویژه ماتریس همبستگی برای ۲۰ متغیر اندازه گیری شده یا Latent Vectors برای صفات مورفولوژیکی ۵ مؤلفه اصلی اول یا ضرایب ویژه

ردیف	متغیرها	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	مؤلفه پنجم
۱	تعداد برگ	۰/۱۹۱	-۰/۳۴۰	-۰/۰۵۶	۰/۱۶۳	۰/۱۴۶
۲	سطح برگ	۰/۲۴۵	۰/۳۰۱	-۰/۰۵۶	-۰/۰۶۴	۰/۰۶۴
۳	سطح کل برگها	۰/۲۸۶	۰/۰۷۱	-۰/۱۱۱	۰/۱۰۸	۰/۲۹۹
۴	طول پهنک	۰/۲۸۰	۰/۲۰۳	۰/۰۱۷	-۰/۱۶۹	۰/۰۴۵
۵	حداکثر پهنای برگ	۰/۲۷۴	۰/۲۱۰	-۰/۱۴۹	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۵
۶	نسبت پهنای به طول برگ	۰/۲۴۲	۰/۱۲۹	-۰/۲۹۴	۰/۰۹۴	-۰/۰۵۰
۷	برگ	۰/۲۴۴	۰/۳۰۲	۰/۰۳۳	۰/۱۶۷	۰/۰۲۰
۸	طول دمبرگ	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱	-۰/۴۹۵	-۰/۱۷۱	۰/۱۷۵
۹	عمق دندانه برگ	-۰/۰۱۷	۰/۴۷۴	۰/۰۷۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
۱۰	تعداد رگبرگ	-۰/۲۵۴	-۰/۱۶۶	-۰/۰۳۲	۰/۵۱۴	۰/۱۴۰
۱۱	تعداد شاخه	۰/۲۴۱	-۰/۲۵۵	۰/۰۷۳	-۰/۱۴۰	-۰/۲۳۲
۱۲	طول شاخه	-۰/۰۳۷	۰/۰۲۶	۰/۴۴۰	-۰/۳۴۸	۰/۵۲۸
۱۳	قطر ساقه	۰/۲۲۴	-۰/۲۸۰	۰/۰۴۳	۰/۱۲۳	۰/۳۹۵
۱۴	قطر شاخه به ساقه	-۰/۲۱۴	۰/۱۹۱	۰/۳۰۱	-۰/۲۰۸	۰/۱۶۳
۱۵	زاویه شاخه	-۰/۱۷۳	۰/۲۷۷	۰/۰۸۷	۰/۵۴۵	۰/۲۵۴
۱۶	ارتفاع	-۰/۲۹۵	-۰/۰۹۱	-۰/۰۰۹	۰/۰۵۵	۰/۳۴۸
۱۷	تعداد ریشه	-۰/۱۸۸	۰/۰۱۴	۰/۳۸۷	۰/۱۴۹	-۰/۲۱۳
۱۸	طول ریشه	-۰/۲۲۹	۰/۱۰۴	۰/۲۹۷	۰/۲۵۰	-۰/۲۰۳
۱۹	تعداد برگ	۰/۲۲۶	-۰/۲۵۲	۰/۲۱۳	-۰/۰۴۱	۰/۰۰۳
۲۰	نوظهور	۰/۲۶۹	-۰/۰۴۷	۰/۱۹۴	۰/۱۱۴	-۰/۲۰۷

## جدول شماره ۸- ویژگیهای ۵ مؤلفه اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای

## صفات مورفولوژیکی

مؤلفه‌ها	ریشه‌های مخفی (مقادیر ویژه)	درصد واریانس قابل توجیه	درصد تجمعی واریانس	ردیف
PRIN1	۹/۶۰۷	۴۸/۰۳۳	۴۸/۰۳۳	۱
PRIN2	۴/۳۱۹	۲۱/۵۹۵	۶۹/۶۲۷	۲
PRIN3	۳/۶۱۲	۱۸/۰۶۰	۸۷/۶۸۸	۳
PRIN4	۰/۹۲۰	۴/۵۹۹	۹۲/۲۸۷	۴
PRIN5	۰/۵۶۷	۲/۸۳۷	۹۵/۱۲۴	۵

گام بعدی در این تجزیه، حذف مؤلفه یا مؤلفه‌هایی است که فقط سهم اندکی از تغییرات را نشان داده‌اند. بعد از تجزیه مشخص شد که پنج مؤلفه اول با توجه به واریانس تجمعی موجود در جدول شماره ۸ بیش از ۹۵ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کند. بنابراین از بقیه مؤلفه‌ها صرف‌نظر شد.

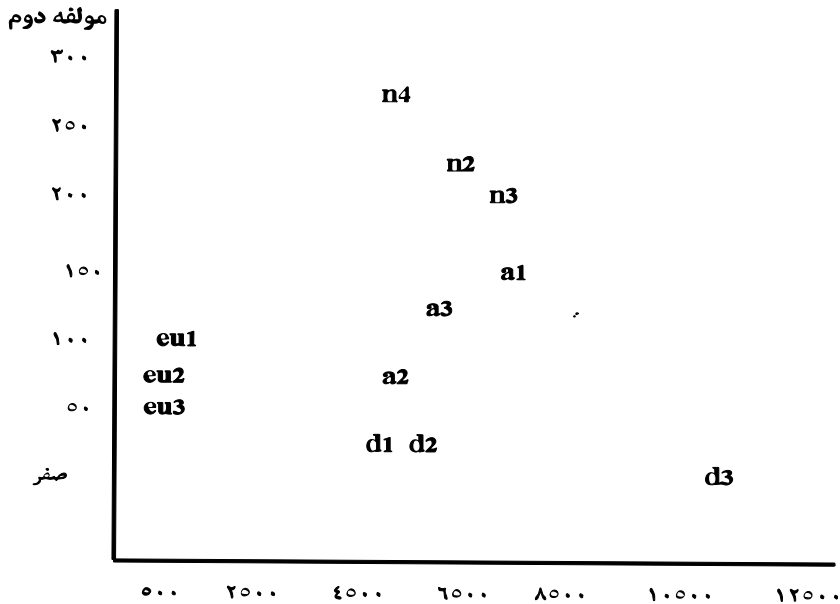
عواملی که ارزش و اهمیت هر کلن را در هر یک از مؤلفه‌های اصلی معین می‌کند تا بتوان کلنها را با استفاده از این مؤلفه‌ها گروه‌بندی و گزینش کرد دو چیز است، اولی مقادیر مربوط به هر کلن از لحاظ صفاتی که مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، و دومی ضرایب هر متغیر در مؤلفه مورد نظر می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که ضریب هر متغیر نیز می‌تواند گویای ارزش متغیر در آن مؤلفه باشد، چرا که در داخل هر مؤلفه اصلی ضرایب موجود متغیرها برای کلیه کلنها ثابت است، پس کلنهایی که برای صفاتی با ضرایب مثبت دارای بیشترین مقادیر و از لحاظ صفاتی با ضرایب منفی دارای کمترین مقادیر باشند، در مؤلفه مربوطه ارزش بیشتری خواهند داشت. کلنهایی که دارای بیشترین مقدار از لحاظ صفت هستند، دارای مؤلفه اصلی بزرگتری خواهند بود. در جدول شماره ۸ بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی برحسب متغیرهای اولیه آمده است.

بردار ویژه همان ضرایب متغیرهای استاندارد شده می‌باشند. کلنهایی که در مؤلفه اصلی اول ارزش بیشتری دارند کلنهایی هستند که ارتفاع، سطح کل برگها، طول پهنک و حداکثر پهنای برگ بیشتری دارند. این کلنها شامل *P. nigra* 49/5، *P. deltoides* 3 و *P. alba* 45/67 می‌باشند. در مؤلفه دوم کلنهایی ارزش بیشتری دارند که دارای صفات تعداد برگ و دمبرگ بزرگتری باشند. این کلنها نیز شامل *P. nigra* 49/5، *P. deltoides* 3 و *P. alba* 45/67 هستند.

می‌توان ارزش کلنها را به ترتیب فوق در هر مؤلفه اصلی تعیین کرد.

### گروه‌بندی کلنها براساس مؤلفه‌های اصلی

برای تفکیک کلنها از هم، پس از تعیین مؤلفه‌های اصلی و اطمینان از این که دو مؤلفه اول بخش بیشتر اطلاعات موجود را در داده‌ها در بر دارند، با استفاده از نرم‌افزار SAS دو مؤلفه اول در مقابل هم و در محورهای مختصات پلات شدند. هر یک از کلنها در مختصات مربوط به خود قرار گرفت، به طوری که کلنهای هم گونه در کنار یکدیگر و کلنهای گروههای دیگر به صورت جداگانه از هم تفکیک شدند. شکل شماره ۵ مختصات ۱۲ کلن صنوبر را براساس پلات دو مؤلفه اول و دوم نشان می‌دهد. در این شکل همان‌طور که مشاهده می‌شود، چهار گروه تقریباً مجزا داریم که هر گروه متعلق به یک گونه است و کلنهای داخل هر گونه به هم نزدیک‌ترند.



#### مؤلفه اول

شکل شماره ۵- پراکنش کلنهای ۱۲ گانه در محور مختصات با استفاده از دو مؤلفه اصلی اول و دوم حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

#### تجزیه خوشه‌ای

برای گروه‌بندی کلن‌ها و تمایز بهتر آنها در این تحقیق از روش تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. به این منظور روش‌های مختلف مربوط به این تجزیه مورد آزمون قرار گرفت و دندروگرام‌های مختلفی بدست آمد. نکته بسیار مهم در این دندروگرام‌ها تفاوت زیاد در نتیجه گروه‌بندیها بود. به گونه‌ای که در بعضی از این روش‌ها گروه‌بندی کلن‌ها به هم ریختگی زیادی دارد، به عنوان مثال یک کلن از گونه *P. alba* در داخل گونه *P. euphratica* قرار می‌گیرد. این وضعیت به‌طور قطع پذیرفته نیست و با تقسیم‌بندی سیستماتیک مطابقت ندارد. از آنجا که در مورد تقسیم‌بندی سیستماتیک گونه‌ها اطلاعات کافی در دسترس بود، هرگونه اشتباه در گروه‌بندی قابل تشخیص بود. بنابراین

یافتن مناسبترین روش تجزیه خوشه‌ای جهت تفکیک درست کلنها ضرورت داشت. پس از استاندارد کردن داده‌ها و بررسی روشهای مختلف تجزیه خوشه‌ای توسط نرم‌افزارهای JMP, NTSYS و SPSS، روش واریانس مینیمم WARD توسط نرم‌افزار JMP، مناسب تشخیص داده شد. از این روش هم برای داده‌های اولیه صفات مورفولوژیکی و هم جهت تجزیه خوشه‌ای مؤلفه‌های اصلی حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

برای داده‌های خام صفات مورفولوژیکی، شکل شماره ۶ نشان دهنده گروه‌بندی کلنهاست. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، کلنها براساس شباهت در کنار هم قرار گرفتند و دو لوزی کوچک در دو طرف شکل محل خط برش انتخاب شده توسط نرم‌افزار JMP را نشان می‌دهد. اگر این خط برش را بپذیریم، همه کلنها را به سه گروه تقسیم می‌کند که گروه اول شامل گونه‌های *P. alba* و *P. nigra* است، در گروه دوم گونه *P. deltoides* و گروه سوم گونه *P. euphratica* قرار می‌گیرد.

می‌توان خط برش را براساس تقسیم‌بندیهای سیستماتیک در جایی انتخاب کرد که بخشها، گونه‌ها یا حتی کلنها را تفکیک کرد، به عنوان مثال اگر خط برش را قدری جلوتر از محل نشان داده شده انتخاب کنیم، چهار گروه مختلف از هم تفکیک خواهند شد. هر چند انتخاب محل برش توسط نرم‌افزار انجام می‌گیرد، اما نظر محقق در این مورد قابل اعمال خواهد بود.

برای داده‌های صفات مورفولوژیکی انتخاب شده در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شامل صفات تعداد برگ، سطح برگ، سطح کل برگها، طول پهنک، حداکثر پهنای پهنک، طول دم‌برگ، عمق دندان برگ، تعداد برگ، قطر شاخه، زاویه شاخه و ارتفاع نهالها، شکل شماره ۷ نشان‌دهنده گروه‌بندی کلنهاست که نتایج آن مشابه نتایج استفاده از کلیه صفات مورفولوژیکی است. این مسأله تأییدی بر درستی و لزوم استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز می‌باشد. چون با تعداد صفات کمتری که از این

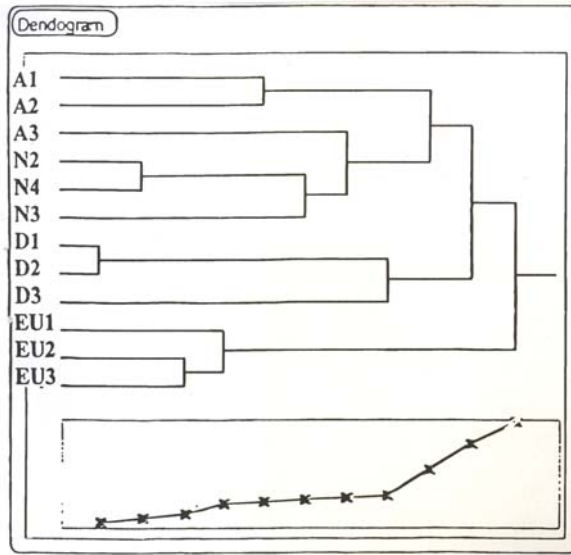
روش در مؤلفه‌های اصلی اول تا پنجم بدست آمد، همان نتایج گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای حاصل گردید.

## بحث

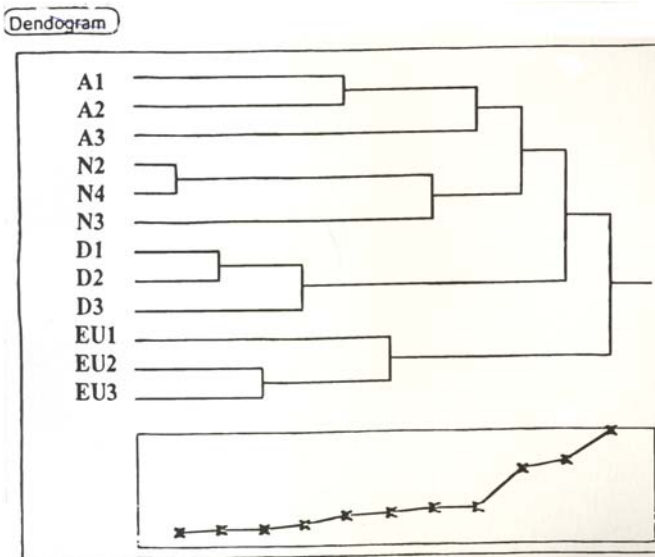
تمایز گونه‌ها و کلنهای صنوبر به‌ویژه در مراحل اولیه رشد به منظور یافتن شباهتها و تفاوت‌های موجود، جهت استفاده از آنها در تقسیم‌بندیهای سیستماتیک و هم برای تعیین ویژگیهای مراحل اولیه رشد، در فرایند انتخاب، ارزیابی و مکان‌یابی مناسب کلنها کمک مؤثری خواهد کرد. ضمن آن که در فرایندهای اصلاحی، تمایز پایه‌های دورگ، بلافاصله بعد از تولید این پایه‌ها نقش مؤثری در انتخاب اصلاح ایفا خواهد کرد. روشهای اولیه تمایز کلنها و گونه‌های صنوبر بر مبنای استفاده از صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی آن هم در سنین بالای درختان استوار بوده است (Han و Barnes ۱۹۹۳؛ Barnes و Brissette، ۱۹۸۴؛ Eckenwalder، ۱۹۷۷؛ Eckenwalder، ۱۹۹۶). شناسایی کلنها با استفاده از چنین معیارهایی به دلیل اثر عوامل محیطی بر مورفولوژی و فنولوژی، همچنین تفاوت‌های میان صفات رویشی در مرحله جوانی و بلوغ، و نیز پلی‌مورفیسم برگ در اغلب گونه‌های صنوبر و شباهتهای ظاهری بسیار زیاد میان کلنهای انتخاب شده فرایندی دشوار است. از این رو طی سالیان گذشته، تقسیم‌بندی سیستماتیک گونه‌ها و کلنهای صنوبر همچنان غامض مانده است. از زمانی که Slycken در سال ۱۹۹۵ تقسیم‌بندی صحیح کلنهای مختلف گونه *Populus nigra* را با استفاده از برخی صفات پراهمیت انجام داد، امکان استفاده از صفاتی مشابه در مورد سایر کلنها و گونه‌های صنوبر جهت تمایز آنها میسر گردید. برای نمونه Eckenwalder در سال ۱۹۹۶ توانست با استفاده از صفات مورفولوژیکی تقسیم‌بندیهای مناسبی را برای صنوبرها ارائه کند. در تحقیق حاضر کلنهای مختلف صنوبر تنوع بالایی را در داخل و بین گونه‌ها نشان می‌دهند. براساس نتایج حاصل از بررسی مورفولوژیکی، صفاتی مانند

سطح برگ، تعداد برگ، تعداد شاخه، تعداد ریشه و زنده‌مانی بیشترین تغییرات را بین و درون گونه‌ها نشان می‌دهند. اما در مورد سایر صفات این تغییرات کمتر مشاهده می‌گردد. اگر بپذیریم که تنها عوامل ژنتیکی عامل تغییرات مشاهده شده هستند و به‌طور قطع نیز چنین است (زیرا همه کلن‌ها در شرایط یکسان و در قالب یک طرح آماری تکرار دار کاشته شده بودند) می‌توان نتیجه گرفت که صفاتی مانند سطح برگ، تعداد برگ، تعداد شاخه، تعداد ریشه و زنده‌مانی متأثر از عوامل ژنتیکی بوده و در فرایندهای اصلاحی آینده باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مربوط به صفات مورفولوژیکی و در جدول شماره ۷ مشاهده می‌گردد که صفات سطح برگ، تعداد برگ، تعداد شاخه، طول شاخه و طول ریشه بیشترین اهمیت و اندازه را در مؤلفه‌های اول و دوم دارا هستند که در گروه‌بندی کلن‌ها نقش بیشتری را ایفا می‌کنند. در تجزیه خوشه‌ای صفات مورفولوژیکی شکل شماره ۷ نشان می‌دهد که گونه *P. euphratica* در یک خوشه جداگانه قرار گرفته و از نظر تقسیم‌بندی با سه گونه دیگر اختلافات اساسی دارد. این مساله به‌ویژه ناشی از تفاوت‌های عمده‌تر بین صفات رویشی گونه مزبور با سه گونه دیگر است. ضمن آن که از نظر تغییرات داخل گونه‌ای از گونه *P. deltoides* بسیار متنوع‌تر است. اما نسبت به دو گونه دیگر از تنوع کمتری برخوردار است. در هر حال بررسی در مورد تعداد بیشتری از کلن‌های هر گونه برای ترسیم تنوع درون و میان گونه‌ای لازم است. زیرا راهبردهای اصلاحی رایج و آتی نیازمند وجود دانش کافی از میزان تغییرات بین و درون جمعیت‌ها است.





شکل شماره ۶- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای داده‌های خام صفات مورفولوژیکی



شکل شماره ۷- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات انتخاب شده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

## منابع مورد استفاده

- 1- Barnes, B.V. 1967. Indications of possible mid-Cenozoic hybridization in the aspens of the Columbia Plateau. *Rhodora* 69:70-81.
- 2- Barnes, B.V. 1975. Phenotypic variation of trembling aspen in Western North America. *Forest Science*. 21: 310-328.
- 3- Barnes, B.V. and Han, F.Q. 1993. Phenotypic variation of Chinese aspens and their relationships to similar taxa in Europe and North America. *Canadian Journal of Botany*.71: 799-815.
- 4- Barnes, B.V. and Wagner, W. H. Jr. 1981. Michigan trees. University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich, 320 p.
- 5- Brissette, J. C. and Barnes, B. V. 1984. Comparisons of phenology and growth of Michigan and Western North American sources of *Populus tremuloides*. *Canadian Journal of Forest Research.*, 14: 789-793.
- 6- Collinson, M.E. 1992. The early fossil history of the Salicaceae. *Proc. Roy. Soc. Endib. Sect. B*, 98: 155-167.
- 7- Dim, G., Benea, V.I. and Coros, A. M. 1999. Phenotypical traits of the native poplar genetic resources. International symposium II. Program with abstracts. Orlean. September 13-17. 1999. France, 99 p.
- 8- Eckenwalder, J. E. 1977. North American Cottonwoods (*Populus*, Salicaceae) of Sections Abaso and Aigeiros. *J. Arnold Arboretum*. 58(3): 193-207.
- 9- Eckenwalder, J. E. 1996. Systematics and evolution of *Populus*. In: Stettler, R. F. Bradshaw, H.D. Heilman, Jr. P. E. and Hinckley, T.M. *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. part I, chapter 1. RC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, 7-32.
- 10- Hu, C., Crovello, T. J. and Sokal, R. R. 1985. The numerical taxonomy of some species of *Populus* based on vegetative characters . *Taxon*. 34: 197-206.
- 11- Joshi, R. P. and Singh, N. P. 1996(a). Path coefficient analysis in Poplar (*Populus deltoides*). *Indian Journal of Environment and Toxicology*. 1996, 6: 2, 95-97.
- 12- Joshi, R. P. and Singh, N. P. 1996(b). Character association, genetic variability and heritability analysis of various characters in exotic Poplar (*Populus deltoides*) clones. *Indian Journal of Environment and Toxicology*. 1996, 6: 2, 98-100.
- 13- Kemperman, J.A. and Barnes, B. V. 1976. Clone size in American aspens. *Canadian Journal of Botany*. 54: 2603-2607.
- 14- Slycken, J.V. 1995. Plant descriptors for *Populus nigra*. In: *Populus nigra* Network. Report of the second meeting. 10 - 12 September 1995. Casale Monferrato, Italy. IPGRI, 13-24.
- 15- Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R. 1973. Numerical taxonomy. Freeman. W. H. San Francisco, 49-58.
- 16- Wang, C. and Fang, C. F., (Editors). 1984. *Flora of China*. Vol. 20(2). [In Chinese.] Science Press, Beijing.