اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مختلف صنوبر بر عملکرد آن در مراحل اولیه رشد

فرهاد اسدی[1]، حسین میرزایی ندوشن[1] و علیرضا مدیر رحمتی[1]

چکیده

انتخاب مستقیم کلن‌های برتر به منظور توسعه کشتزارهای صنوبر مبتنی بر ارزیابی محصول (تولید چوب) است. در برخی موارد به سبب محدودیتهای موجود در رویشگاه که موجب عدم تولید مناسب می‌گردد، امکان استفاده از این روش میسر نیست. بنابراین انتخاب غیر مستقیم با مطالعه سایر صفات فنوتیپی همبسته با محصول می تواند مفید باشد. در این تحقیق، آزمون Path برای برخی از صفات مورفولوژیکی و رویشی در سالهای ۱۳۷۹و۱۳۸۰ بر روی کلن‌های صنوبر یک و دو ساله انجام گرفت. صفات اندازه گیری شده بر روی ۵ پایه منفرد در هر واحد آزمایشی شامل تعداد برگ، سطح برگ، سطح کل برگها، طول پهنک، حداکثر پهنای برگ، نسبت پهنا به طول برگ، طول دمبرگ، عمق دندانه برگ، تعداد رگبرگ، تعداد شاخه، طول شاخه، قطر شاخه، قطر ساقه، نسبت قطر ساقه به قطر شاخه، زاویه شاخه، ارتفاع، تعداد ریشه، طول ریشه، تعداد برگ نوظهور و زنده مانی بوده است. بعد از حصول نتایج تایید کننده وجود تفاوتهای معنی دار بین گونه ها و کلن های آنها برای صفات مورد بررسی، آزمون Path در مورد داده‌های فوق انجام گردید. این آزمون برای صفت ارتفاع به عنوان متغیر وابسته نشان داد که صفات تعداد شاخه و زاویه شاخه دارای اثرات مستقیم قابل توجه بر روی متغیر مستقل (ارتفاع) هستند. تعداد شاخه اثر مستقیم منفی زیادی بر روی ارتفاع نشان داد، اما اثر غیر مستقیم آن بر روی ارتفاع از طریق سایر متغیرهای مستقل، مثبت بود که در نتیجه آن یک اثر کل منفی به میزان ۰/۵۵٤- بر روی ارتفاع حاصل شد. تعداد برگ دارای اثر مستقیم مثبت زیاد بر روی ارتفاع بود. نسبت قطر شاخه به قطر ساقه دارای بالاترین اثر کل منفی بر روی ارتفاع بود و در نتیجه قطر ساقه دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت بر روی ارتفاع بود. زنده مانی از طریق سایر صفات مستقل، دارای اثر غیر مستقیم مثبت زیاد بر روی ارتفاع بود، طوری که اثر مستقیم منفی آن بر روی ارتفاع را صورت اثر کل با میزان ۰/٦٦٧ تعدیل نمود. طول شاخه اثر مستقیم منفی زیادی را بر ارتفاع نشان داد، اما این متغیر از طریق اثرات مثبت زیادی

۱- اعضای هیات علمی مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، پست الکترونیک: F. Asadi@ rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۸٤/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸٤/۵/۱۱

سایر صفات مستقل یک اثر کل مثبت زیاد را بر روی ارتفاع ایجاد نمود. در هر حال، سطح کل برگها با اثر مستقیم مثبت زیاد و نیز اثرات غیر مستقیم مثبت زیاد بر روی ارتفاع مؤثرترین صفت بر روی ارتفاع بود که می تواند به عنوان بهترین شاخص بر روی ارتفاع در کلن‌های این مطالعه معرفی شود. این نتیجه دارای ارزش زیادی خواهد بود، به ویژه زمانی که تعداد زیادی از کلن‌ها در مراحل اولیه برنامه های کشت صنوبر وجود داشته باشند قابل توصیه است.

واژه های کلیدی: صنوبر، آزمون Path، صفات مورفولوژیکی، اثرات مستقیم و غیر مستقیم

مقدمه

گونه‌های مختلف صنوبر به دلیل رشد سریع برای تولید چوب مورد توجه هستند. به دلیل وجود تنوع بین و درون گونه ای در صنوبرها، انتخاب کولتیوارهای مناسب به ویژه در سالهای اولیه از موارد بسیار مهم برای تضمین موفقیت کشت صنوبر است. بسیاری از کولتیوارهای موفق صنوبر در برخی از شرایط رویشگاهی، امکان رشد سریع را نخواهند یافت. این وضعیت نه به دلیل عدم توانایی آنها بلکه به طور عمده به دلیل محدودیت در شرایط رویشگاهی بوجود می آید. فرایند انتخاب پایه های مناسب در چنین شرایطی نباید به صورت مستقیم و مبتنی بر مشاهده صفات کمی رویش ارتفاعی و قطری باشد، چون صفات مزبور در شرایط رویشگاهی سخت فرصت بروز نمی‌یابند. بنابراین انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفات همبسته با ویژگیهای قطر و ارتفاع به منظور ارزیابی توان بالقوهٔ عملکرد آن کولتیوارها راه حل مناسبی است. انتخاب غیر مستقیم روشی کاملا توسعه یافته است که به ویژه به وسیله محققان اصلاح نژاد بکار می‌رود و نیازمند مطالعه برخی صفات همبسته با عملکرد است (Mirzaie-Nodoushan و همکاران، ۲۰۰۱). در میان صفات مربوط به عملکرد در صنوبرها در سالهای اولیه دوره نو نهالی، رویش ارتفاعی بهترین شاخص برای ارزیابی قابلیتهای یک کولتیوار است (Noh، ۱۹۸۲). برای درک بیشتر چگونگی تأثیر خصوصیات مورفولوژیکی صنوبر بر روی عملکرد (ارتفاع)، آزمون Path نتایج ارزشمندی را ارائه خواهد کرد.

وجود روابط همبستگی میان متغیرهای رویشی در درختان صنوبر و تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (عملکرد) با تعیین ضرایب همبستگی در مطالعات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای مثال روابط میان متغیرهای قطر، ارتفاع و حجم در صنوبرکاریهای سنتی زنجانرود توسط باقری و همکاران (۱۳۸۱) بررسی شد و منحنی ها و معادلات رگرسیونی آنها، همچنین نحوه اثر متغیرهای مستقل قطر و ارتفاع بر متغیر وابسته حجم مشخص گردید. یوسفی و مدیر رحمتی (۱۳۸۳) ضرایب همبستگی میان صفات مربوط به برگ شامل سطح برگ، وزن برگ، و سطح کل سبزینه نهال صنوبر را با عملکرد چوب نهال مشخص نمودند و وابستگی عملکرد چوب را با ویژگیهای برگ مشخص کردند و نتیجه گرفتند که صفات برگ مورد بررسی، تنوع میان گونه‌ای و میان کلنی قابل ملاحظه ای را نشان داده است.

ضرایب همبستگی ساده یا معادلات رگرسیونی که در تحقیقات فوق محاسبه گردید، در مورد اثرات مستقیم و غیر مستقیم مطالبی را ارائه نمی کند. این که چگونه متغیر سطح کل برگها بر عملکرد تولید چوب نهال تأثیر می‌گذارد یا چگونه افزایش تعداد شاخه به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر عملکرد تأثیر می گذارد از عواملی هستند که باید در آزمون Path به آنها پاسخ داد.

این آزمون همان بررسی ضریب رگرسیونی جزیی استاندارد شده است که ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل بر روی یک متغیر وابسته تقسیم نموده و اندازه‌گیری می‌نماید. هدف از این آزمون آن است که از همبستگی میان متغیرها با ایجاد مدلهای مناسب بتوان تحلیل مناسبی از روابط میان متغیرها ارائه نمود. در واقع آزمون Path عبارت از سهمی از تغییرات کل متغیر وابسته‌ای است که تنها توسط تغییرات یک متغیر مستقل به شرط ثبات متغیر های مؤثر دیگر بیان یا توجیه می‌شود. در همبستگی در مورد اثرات مستقیم و غیر مستقیم بحث نمی گردد. از این رو در این آزمون می‌توان اثر مستقیم یک متغیر مستقل بر روی متغیر وابسته را به همراه اثرات غیر مستقیم همان متغیر مستقل از طریق متغیر های مستقل دیگر بر روی متغیر وابسته تشریح نمود (قدرتی، ۱۳۷٦). بنابراین یک

ضریب همبستگی ساده معادل اثر مستقیم متغیر مستقل به علاوه اثر غیر مستقیم آن از طریق سایر متغیر هاست. در هر حال مطالعه همبستگی های ساده میان متغیرها بدون در نظر گرفتن اثرات مستقیم و غیر مستقیم نمی تواند تمام اثرات را به تفکیک توجیه نماید، زیرا ممکن است اثر مستقیم خیلی کم باشد، در حالی که اثر غیر مستقیم یک متغیر مستقل از طریق سایر متغیرهای مستقل بزرگ باشد و بنابراین مقدار بیشتری از همبستگی ساده متأثر از اثر غیر مستقیم آن متغیر از طریق متغیرهای دیگر باشد. با کمک آزمون Path می توان این اثرات را دقیق تر مشاهده نمود.

با توجه به اثرات مستقیم هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته می توان روابط میان متغیرها را در نموداری به نام دیاگرام Path نمایش داد. در ترسیم دیاگرام باید روابط واقعی میان صفات را نشان داد و از ترسیم روابطی که ماهیت واقعی ندارند پرهیز نمود. البته برای ترسیم یک دیاگرام Path باید قوانین آن را رعایت کرد (قدرتی، ۱۳۷٦). در استفاده از آزمون Path برای ارزیابی اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات در صنوبرها Singh و Jah (۲۰۰٤)، با بررسی ۱۱ صفت مربوط به کلن های مختلف صنوبر در سه رویشگاه مختلف از کشور هندوستان در مرحله خزانه، ضرایب همبستگی صفات تعداد شاخه، سطح برگ، ارتفاع، قطر شاخه ها و زاویه شاخه‌ها را با قطر یقه نهال محاسبه کردند و نشان دادند که صفات مزبور دارای اثرات مثبت زیاد بر روی قطر یقه هستند. آنها نتیجه گرفتند که گرچه ضرایب همبستگی زیادی میان مؤلفه‌ها وجود دارد، لیکن سیمای واقعی اهمیت ارتباط مستقیم و غیر مستقیم صفات بر روی عملکرد با ضرایب همبستگی مشخص نمی گردد، بنابراین در سنین ٦ و ۱۸ ماهگی خزانه، آزمون Path انجام شد و بر اساس آن مشخص گردید که قطر دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت بر روی حجم است و بعد از آن ارتفاع نهال، قطر شاخه‌ها، طول شاخه‌ها و قطر تاج بیشترین اثرات مستقیم را بر این متغیر وابسته داشتند. آنها، همچنین اثرات غیر مستقیم هر یک از متغیرهای مستقل را از طریق سایر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته نشان دادند. Pandey و همکاران (۱۹۹۷)، این آزمون را برای حجم با پوست درختان صنوبر برای ۱۲ کلن از گونه *P. deltoides* ۸ ساله انجام دادند. پانزده صفت مورفولوژیکی بررسی شد و نتیجه گرفتند که

طول تنه، پهنای تاج و زاویه شاخه بیشترین اثرات مستقیم و قطر، ارتفاع، طـول شـاخه، تعـداد شاخه و ضخامت پوست به طور غیر مستقیم و از طریق سایر صفات بیشترین اثرات را بر روی حجم داشتند. Noh (۱۹۸۲)، با آزمـون Path ارتفـاع و قطـر در سـنین ۵، ۸ و ۱۰ سـالگی بـا متغیرهای خاک نظیر عناصر غذایی، عمق، بافت و فشردگی خاک به ارزیـابی اثـرات رویشـگاه بر روی متغیرهای عملکرد، ارتفاع و قطر پرداختند و اثرات مستقیم و غیر مسـتقیم هـر یـک از صفات مستقل رویشگاه را بر روی متغیر های وابسته قطر و ارتفاع تعیین نمودند.

در یک بررسیJoshi و Singh (۱۹۹٦a) با تجزیه همبسـتگی، آزمـون Path و رگرسـیون برای ۱۰ صفت کمی نظیر ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، طول تنه درخت (زیر تـاج)، رویـش سالانه شاخه و قطر شاخه در ارتباط با حجم بدون پوست مشخص کردنـد کـه ارتفـاع و تـاج درختان به طور قابل ملاحظه ای وراثت پذیر هستند و بازده ژنتیکی ایـن صـفات بسـیار زیـاد است. آنها نتیجه گرفتند که حجم بدون پوست درختان صنوبر به طور مؤثری به وسیله صـفات فوق تحت تأثیر قرار می گیرد. در کار مشابهی آنها صفات طول تاج، قطر تـاج، تعـداد شـاخه، رویش سالیانه شاخه و قطر شاخه را در ارتباط با هم و در ارتباط با حجم، مـورد مطالعـه قـرار دادند و به نتایج مشابهی رسیدند (Joshi , Singh، ۱۹۹٦b). 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 این تحقیق ما به دنبال متغیرهای خاصی از صنوبر در سنین اولیه بودیم کـه ضـمن دارا بودن ضرایب همبستگی زیاد با متغیر ارتفاع، اثرات مستقیم و غیـر مسـتقیم مثبـت و قابـل توجهی بر ارتفاع داشته باشد تا بتوانیم در انتخاب غیر مستقیم صنوبرها از آن متغیر یا متغیر هـا نیز استفاده کنیم.

مواد و روشها

در ایـن پـژوهش ۳ کلـن از ٤ گونـه *Populus. euphratica*، *P. alba*، *P. nigra* و *P.deltoides* انتخاب و در قالب طرح آزمایش بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه

تحقیقاتی مرکز تحقیقات منطقه البرز کرج کشت گردیدند. از هر کلن تعداد ۱۵ قلمه به ارتفاع ۲۵ سانتیمتر وقطر ۲ سانتیمتر از محل خزانه های تولید نهال و کلکسیون پایه مادری صنوبر در کرج تهیه شده و در عرصه ای به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ متر مربع کاشته شدند. کلیه عملیات نگهداری شامل وجین علفهای هرز و آبیاری در زمانهای مناسب و طی دو فصل رویشی انجام گردید.

صفات مورد بررسی

صفات مورد مطالعه در این تحقیق شامل خصوصیات مختلف برگ، شاخه و ریشه بود که بر اساس معیارهای ارائه شده توسط Slycken (۱۹۹۵)، انتخاب شدند. 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 بودند. برای مطالعه خصوصیات ریشه کلن های مختلف صنوبر، قلمه‌های آنها در قالب طرح آزمایش بلوکهای کامل تصادفی، جداگانه در سه تکرار در تانک ریشه‌زایی قرار داده شدند. این عمل طی ۹ مرحله در زمانهای مختلف سال انجام گرفت و صفات متوسط تعداد برگ نوظهور، طول ریشه و زنده‌مانی در مورد این قلمه‌ها یادداشت شد. از آنجا که فرایند ریشه‌دار کردن قلمه ها در ۹ مرحله ودر شرایط زمانی متفاوت انجام شد، اعداد نهایی، متوسط کلیه مراحل فوق می‌باشد.

صفات مورد بررسی در زمانهای مختلف تحقیق شامل تعداد برگ، متوسط سطح هر برگ، سطح کل برگها، متوسط طول پهنک، حداکثر پهنای برگ، نسبت پهنا به طول برگ، طول دمبرگ، عمق دندانه برگ، تعداد رگبرگ، تعداد شاخه در هر پایه، طول شاخه‌ها، قطر شاخه ها در محل اتصال با ساقه، قطر ساقه در محل یقه، نسبت قطر شاخه به قطر ساقه در محل یقه، زاویه شاخه با تنه اصلی، ارتفاع، متوسط تعداد برگ

نوظهور در تیمار ریشه دهی قلمه ها، تعداد ریشه در هر قلمه، طول ریشه ها و زنده‌مانی بود.

پس از اندازه گیری صفات، داده های حاصل در نرم افزار SAS مورد تجزیه همبستگی قرار گرفتند و جدول همبستگی دوگانه میان کلیه ترکیبهای صفات و سطح معنی داری آنها تنظیم شد. آنگاه صفت ارتفاع به عنوان متغیر وابسته یا عملکرد انتخاب شد. صفاتی که همبستگی زیادی با ارتفاع نداشته، یا سطح معنی‌داری آنها اندک بود از ادامه بررسی در آزمون Path حذف شدند. بنابراین جدول همبستگی متشکل از ١٤ صفت مستقل و صفت ارتفاع به عنوان متغیر وابسته مندرج در جدول شماره ۱، به صورت داده‌های اولیه در نرم‌افزار Path که توسط میرزایی ندوشن و در زبانQ. Basic نوشته شده بود (Mirzaie- Nodoushan، ۲۰۰۱)، مورد آزمون قرار گرفت و اثرات مستقیم هر یک از صفات مستقل بر ارتفاع، اثرات غیر مستقیم هر یک از صفات مستقل از طریق سایر صفات بر ارتفاع و اثر کل به دست آمد. در ادامه صفات تعداد برگ و قطر ساقه که بالاترین همبستگی ها را با ارتفاع داشتند نیز مانند ارتفاع و به طور جداگانه به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند و آزمون فوق در مورد آنها انجام شد.

جدول شماره ۱- ضرایب همبستگی دوگانه و سطح معنی‌داری آنها میان کلیه صفاتی که با متغیر ارتفاع همبستگی زیاد و معنی دار دارند

صفات	تعداد برگ	سطح برگ	سطح کل برگها	طول پهنک	حداکثر پهنای برگ	نسبت پهنا به طول برگ	طول دمبرگ	تعداد شاخه	طول شاخه	قطر ساقه	نسبت قطر شاخه به قطر ساقه	زاویه شاخه	ارتفاع	طول ریشه	زنده مانی
تعداد برگ	۱/۰۰۰	۰/۰۲۷	۰/۵٤۰	۰/۱۷۵	۰/۲۱۵	۰/۳۲۷	۰/۰۳٦	−۰/۱۱۸	۰/۷٤۹	−۰/۷۹۷	−۰/۷۱٦	−۰/٦٥۹	۰/٦۷۰	۰/۲۱۳	۰/٤۹۳
	۰/۰۰۰	۰/۹۳۳	۰/۰٦۹	۰/۵۸۵	۰/۵۰۱	۰/۲۹۸	۰/۹۱۰	۰/٤۷۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۷	۰/۵۰۵	۰/۱۰۳
سطح برگ		۱/۰۰۰	۰/۸۲۵	۰/۹۰۸	۰/۹٤۲	۰/۷۹۱	۰/۹۵٤	−۰/۸۲۸	۰/۱۹۱	۰/۱٤۱	−۰/۲۸۷	−۰/۱۱۰	۰/۵۷۷	۰/۵۹۳	۰/۵۰۳
		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۰	۰/٦٦۱	۰/۳٦٤	۰/۷۳۱	۰/۰٤۹	۰/۰٤۱	۰/۰۹۵
سطح کل برگها			۱/۰۰۰	۰/۷۸۷	۰/۸٦۰	۰/۸۱۲	۰/۷۸۱	−۰/٦٤۹	۰/٤٦۲	۰/۵۲۷	−۰/٦۱۰	−۰/۳۷۰	۰/۸۲٦	۰/۵۳٦	۰/٦۰٤
			۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۲	۰/۱۳۰	۰/۰۷۸	۰/۰۳٤	۰/۲۳٦	۰/۰۰۰	۰/۰۷۱	۰/۰۳۷
طول پهنک				۱/۰۰۰	۰/۹۱۸	۰/۷۰۳	۰/۸۸٦	−۰/۹۰۳	۰/٤۸٦	۰/۳۵۸	−۰/۳٦۱	−۰/۲٦۲	۰/۷۲۸	۰/٦۷۹	۰/۷۰٤
				۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۸	۰/۲۵۲	۰/۲٤۸	۰/٤۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰
حداکثر پهنای برگ					۱/۰۰۰	۰/۹۲۵	۰/۸۹۲	۰/۸۱٤	۰/۳٦۵	۰/۳۲۱	−۰/۵۵٤	−۰/۲۵٤	۰/٦۹۵	۰/۵۳۲	۰/۵٦۹
					۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۲٤۲	۰/۳۰۸	۰/۰٦۱	۰/٤۲۵	۰/۰۱۲	۰/۰۷۵	۰/۰۵۳
نسبت پهنا به طول برگ						۱/۰۰۰	۰/۷۱۵	−۰/٦۱۷	۰/۳۰۰	۰/۳۳۲	−۰/۷۳٦	−۰/۳۱۷	۰/٦۲۸	۰/۳۰۵	۰/۳۸۵
						۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۰/۳٤۳	۰/۲۹۱	۰/۰۰٦	۰/۳۱٤	۰/۰۲۸	۰/۳۳٤	۰/۲۱۵
طول دمبرگ							۱/۰۰۰	−۰/۷۳۵	۰/۲۱۰	۰/۱۷٦	−۰/۲٤٤	۰/۰٤۲	۰/۵۸۳	۰/۷٤۱	۰/۵۸۳
							۰/۰۰۰	۰/۰۰٦	۰/۵۱۱	۰/۵۸۳	۰/٤٤۳	۰/۸۹٦	۰/۰٤٦	۰/۰۰۵	۰/۰٤٦
تعداد شاخه								۱/۰۰۰	−۰/٤۹۵	−۰/۲۷۲	۰/۲۷۲	۰/٤۸۹	−۰/۵۹۹	−۰/۵۵۹	−۰/٦۰۲
								۰/۰۰۰	۰/۱۰۱	۰/۳۹۱	۰/۳۹۲	۰/۱۰٦	۰/۰۳۹	۰/۰۵۱	۰/۰۳۸
طول شاخه									۱/۰۰۰	۰/۷۸۳	−۰/٦۳۸	−۰/۷۳۲	۰/۷٤۳	۰/٤۹۲	۰/۷٦۰
									۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۵	۰/۱۰۳	۰/۰۰٤
قطر ساقه										۱/۰۰۰	−۰/٦٦۳	−۰/۵٤۵	۰/۸۳٤	۰/۳۷۷	۰/٦٦۹
										۰/۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۰٦٦	۰/۰۰۰	۰/۲۲٦	۰/۰۱۷
نسبت قطر شاخه به قطر ساقه											۱/۰۰۰	۰/۵۸٤	−۰/٦۸۷	−۰/۱۲٦	−۰/٤۲٤
											۰/۰۰۰	۰/۰٤٦	۰/۰۱۳	۰/٦۹٦	۰/۱٦۸
زاویه شاخه												۱/۰۰۰	−۰/۵۲۳	−۰/۰۷۳	−۰/۳۷۳
												۰/۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۸۲۰	۰/۲۳۱
ارتفاع													۱/۰۰۰	۰/۵۹٦	۰/۷۰۸
													۰/۰۰۰	۰/۰٤۰	۰/۰۰۹
طول ریشه														۱/۰۰۰	۰/۸۰٤
														۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
زنده مانی															۱/۰۰۰
															۰/۰۰۰

نتایج

صفاتی که با متغیر ارتفاع همبستگی زیادی نداشتند و معنی دار نیز نبوده و از ادامه بررسی حذف شدند شامل، عمق دندانه برگ، تعداد رگبرگ، قطر شاخه، تعداد ریشه و تعداد برگ نوظهور بود. بر اساس نتایج بدست آمده همان طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌گردد، صفت تعداد شاخه دارای بیشترین اثر مستقیم منفی (۹۹۵/ ٤-) بر روی ارتفاع است. در عین حال این صفت دارای بالاترین میزان اثر غیر مستقیم مثبت (٤٤/ ٤) است. بنابراین اثرات کل صفت تعداد شاخه ۰/٥٥٤ – است که معادل همبستگی ساده بین تعداد شاخه و ارتفاع یا جمع جبری اثرات مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد. همان طور که در جدول اثرات مستقیم و غیر مستقیم (جدول شماره ۳) مشاهده می‌گردد سطر هشتم ستون اول (۲۰۳ /۰-) اثر غیر مستقیم صفت تعداد شاخه از طریق صفت تعداد برگ بر روی ارتفاع است. اما اثر مستقیم تعداد برگ بر روی ارتفاع ۱/۷۲۱ می‌باشد. در مورد سطح کل برگها مشاهده می‌شود که اثر غیر مستقیم صفت سطح کل برگها از طریق تعداد شاخه بر روی ارتفاع زیاد (۳/۲٤٤) بوده، ولی اثر مستقیم آن معادل ۰/٥۸۷ است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صفت سطح کل برگها از طریق تعداد شاخه بر روی ارتفاع اثر غیر مستقیم مثبت دارد، هر چند صفت تعداد شاخه اثر مستقیم منفی بر روی ارتفاع داشته باشد. همان طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می گردد اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مختلف بر روی ارتفاع متفاوت است و اغلب به تغییر عمده در اثرات کل منجر می‌شود که همان ضریب همبستگی ساده است. در این جدول صفات تعداد شاخه و طول شاخه دارای بالاترین اثرات غیر مستقیم مثبت از طریق صفات دیگر بر ارتفاع بوده و صفات زاویه شاخه، طول ریشه و تعداد برگ دارای بالاترین اثرات مستقیم مثبت بر ارتفاع می‌باشند. برای توضیح بیشتر در جدول شماره ٤ اثر مستقیم چهار صفت تعداد شاخه، تعداد برگ، قطر ساقه و طول شاخه بر روی ارتفاع همراه اثرات غیر مستقیم آنها از طریق این صفات نیز ذکر گردیده است. ضمن آن که در همین جدول کل اثر غیر مستقیم همراه سایر صفات نیز نشان داده شده است. در ادامه بررسی، دو متغیر دیگر که دارای اثرات کل زیادی بر ارتفاع بوده‌اند، به طور جداگانه مورد آزمون Path قرار گرفتند. این دو صفت تعداد برگ و قطر ساقه

هستند که در جداول شماره ۵ و ٦ مانند آن چه که برای ارتفاع اشاره شده بود، دارای مشخصات لازم هستند.

جدول شماره۲- اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل برارتفاع

ردیف	صفت	اثر مستقیم	کل اثرات غیر مستقیم از طریق صفات دیگر	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	تعداد برگ	۱/۷۲۱۲۰	-۱/۰۸۳٤۳	۰/٦۳۷۷۷
۲	سطح برگ	۰/۵۵۵۲٤	-۰/۰۲٤۵۵	۰/۵۳۰٦۸
۳	سطح کل برگها	۰/۵۸۷٤۵	۰/۱۸۵۷٦	۰/۷۷۳۲۱
٤	طول پهنک	۰/٤۵۵۸۷	۰/۲۲۲۲۳	۰/٦۷۸۱۰
۵	حداکثر پهنای برگ	-۱/۲۷۰٦۰	۱/۹۰۹٦۷	۰/٦۳۹۰۷
٦	پهنا به طول برگ	-۲/۵۳۵٦۲	۳/۱۰۸٦۸	۰/۵۷۳۰٦
۷	طول دمبرگ	-۳/۱۰۹۰۰	۳/٦٤۸۹۲	۰/۵۳۹۹۲
۸	تعداد شاخه	-٤/۹۹۵۳۷	٤/٤٤۱۰٤	-۰/۵۵٤۳۳
۹	طول شاخه	-۲/۷۸۲۲۲	۳/٤۸۵۳۷	۰/۷۰۳۱۵
۱۰	قطر ساقه	۰/۱۰۳۰۲	۰/٦۹۵۷۷	۰/۷۹۸۷۹
۱۱	قطر شاخه به ساقه	-٤/۱۱۷۷٦	۳/٤۸۰۱۲	-۰/٦۳۷٦٤
۱۲	زاویه شاخه	۲/۷٤٤۰٤	-۳/۲۳۵۲۰	-۰/٤۹۱۱٦
۱۳	طول ریشه	۱/۸۸۳۳٤	-۱/۳۱۷۵۰	۰/۵٦۵۸٤
۱٤	زنده مانی	-۰/۸۲٤۲۵	۱/٤۹۱٤۳	۰/٦٦۷۱۸

جدول شماره ۳- ماتریس اثرات مستقیم و غیر مستقیم ۱٤ صفت مختلف بر روی ارتفاع

صفات	تعداد برگ	سطح برگ	سطح کل برگها	طول پهنک	حداکثر پهنای برگ	پهنا به طول برگ	طول دمبرگ	تعداد شاخه	طول شاخه	قطر ساقه	قطر شاخه به ساقه	زاویه شاخه	طول ریشه	زنده مانی
تعداد برگ	۱/۷۲۱	۰/۰۱۵	۰/۳۱۷	۰/۰۸۰	-۰/۲۷٤	-۰/۸۳۱	-۰/۱۱٤	۰/۵۹۰	-۲/۰۸٤	۰/۰۸۲	۲/۹۵۱	-۱/۸۱۱	۰/٤۰۲	-۰/٤۰۷
سطح برگ	۰/٤٦۵	۰/۵۵۵	۰/٤۸۵	۰/٤۱٤	-۱/۱۹۸	-۲/۰۰۷	-۲/۹٦۷	٤/۱۳۷	-۰/۵۳۳	۰/۰۱۵	۱/۱۸٦	-۰/۳۰٤	۱/۱۱۸	-۰/٤۱۵
سطح کل برگها	۰/۹۳۰	۰/٤۵۸	۰/۵۸۷	۰/۳۵۹	-۱/۰۹۳	-۲/۰٦۱	-۲/٤۳۰	۳/۲٤٤	-۱/۲۸٦	۰/۰۵٤	۲/۵۱۵	-۱/۰۱٦	۱/۰۱۱	-۰/٤۹۸
طول پهنک	۰/۳۰۲	۰/۵۰۵	۰/٤٦۳	۰/٤۵٦	-۱/۱٦۷	-۱/۷۸٤	-۲/۷۵٦	٤/۵۱۰	-۱/۳۵٤	۰/۰۳۷	۱/٤۸۸	-۰/۷۲۰	۱/۲۷۹	-۰/۵۸۱
حداکثر پهنای برگ	۰/۳۷۱	۰/۵۲۳	۰/۵۰۵	۰/٤۱۹	-۱/۲۷۱	-۲/۳۳٦	-۲/۷۷۳	٤/۰٦۵	-۱/۰۱۷	۰/۰۳۳	۲/۲۸٤	-۰/٦۹۸	۱/۰۰۲	-۰/٤٦۹
پهنا به طول برگ	۰/۵٦٤	۰/٤٤۰	۰/٤۷۷	۰/۳۲۱	-۱/۱۷۰	-۲/۵۳٦	-۲/۲۲۳	۳/۰۸۲	-۰/۸۳۵	۰/۰۳٤	۳/۰۳۳	-۰/۸۷۲	۰/۵۷۵	-۰/۳۱۸
طول دمبرگ	۰/٦۳۰	۰/۵۳۰	۰/٤۵۹	۰/٤۰٤	-۱/۱۳۳	-۱/۸۱۳	-۳/۱۰۹	۳/٦٦۸	-۰/۵۸٦	۰/۰۱۸	۱/۰۰۸	۰/۱۱٦	۱/۳۹۷	-۰/٤۸۱
تعداد شاخه	-۰/۲۰۳	-۰/٤٦۰	-۰/۳۸۱	-۰/٤۱۲	۱/۰۳٤	۱/۵٦٤	۲/۲۸۳	-٤/۹۹۵	۱/۳۷۹	-۰/۰۲۸	-۱/۱۲۱	۱/۳٤۳	-۱/۰۵٤	۰/٤۹٦
طول شاخه	۱/۲۸۹	۰/۱۰٦	۰/۲۷۲	۰/۲۲۲	-۰/٤٦۵	-۰/۷٦۱	-۰/٦۵۵	۲/٤۷٦	-۲/۷۸۲	۰/۰۸۱	۲/٦۲۸	-۲/۰۱۰	۰/۹۲۸	-۰/٦۲۷
قطر ساقه	۱/۳۷۳	۰/۰۷۸	۰/۳۱۰	۰/۱٦۳	-۰/٤۰۹	-۰/۸٤۲	-۰/۵٤۸	۱/۳٦۰	-۲/۱۸۱	۰/۱۰۳	۲/۷۳۰	-۱/٤۹۸	۰/۷۱۱	-۰/۵۵۲
قطر شاخه به ساقه	-۱/۲۳٤	-۰/۱٦۰	-۰/۳۵۹	-۰/۱٦۵	۰/۷۰۵	۱/۸٦۸	۰/۷٦۱	-۱/۳۵۹	۱/۷۷٦	-۰/۰٦۸	-٤/۱۱۸	۱/٦۰۳	-۰/۲۳۷	۰/۳۵۰
زاویه شاخه	-۱/۱۳٦	-۰/۰٦۲	-۰/۲۱۸	-۰/۱۲۰	۰/۳۲۳	۰/۸۰٦	-۰/۱۳۱	-۲/٤٤۵	۲/۰۳۸	-۰/۰۵٦	-۲/٤۰۵	۲/۷٤٤	-۰/۱۳۸	۰/۳۰۸
طول ریشه	۰/۳٦۷	۰/۳۳۰	۰/۳۱۵	۰/۳۱۰	-۰/٦۷٦	-۰/۷۷۵	-۲/۳۰٦	۲/۲۹٦	-۱/۳۷۱	۰/۰۳۹	۰/۵۱۹	-۰/۲۰۱	۱/۸۸۳	-۰/٦٦۳
زنده مانی	۰/۸٤۹	۰/۲۸۰	۰/۳۵۵	۰/۳۲۱	-۰/۷۲۳	-۰/۹۷۸	-۱/۸۱۳	۳/۰۰۹	-۲/۱۱۵	۰/۰٦۹	۱/۷٤۸	-۱/۰۲٦	۱/۵۱۵	-۰/۸۲٤

در این ماتریس، اعداد موجود بر روی قطر اصلی همان اثرات مستقیم ۱٤ صفت بر روی ارتفاع هستند.

جدول شماره ۴- اثر مستقیم و غیر مستقیم ارتفاع از طریق چهار صفت دیگر و اثر کل متغیرهای مستقل بر روی ارتفاع

صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				کل اثر غیر مستقیم به همراه سایر صفات
		تعداد شاخه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول شاخه	
تعداد شاخه	- ٤/٩٩	-	-۰/۲۰۳	-۰/۰۲۸	۱/۳۷۹	٤/٤٤۱
تعداد برگ	۱/۷۲	۰/۵۸۹	-	۰/۰۸۲	-۲/۰۸۳	-۱/۰۸۳
قطر ساقه	۰/۱۰۳	۱/۳٦	۱/۳۷۳	-	-۲/۱۸۰	۰/٦۹۵
طول شاخه	-۲/۷۸	۲/٤۷٦	۱/۲۸۹	۰/۰۸۰	-	۳/٤۸۵

جدول شماره ۵- اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل بر روی تعداد برگ

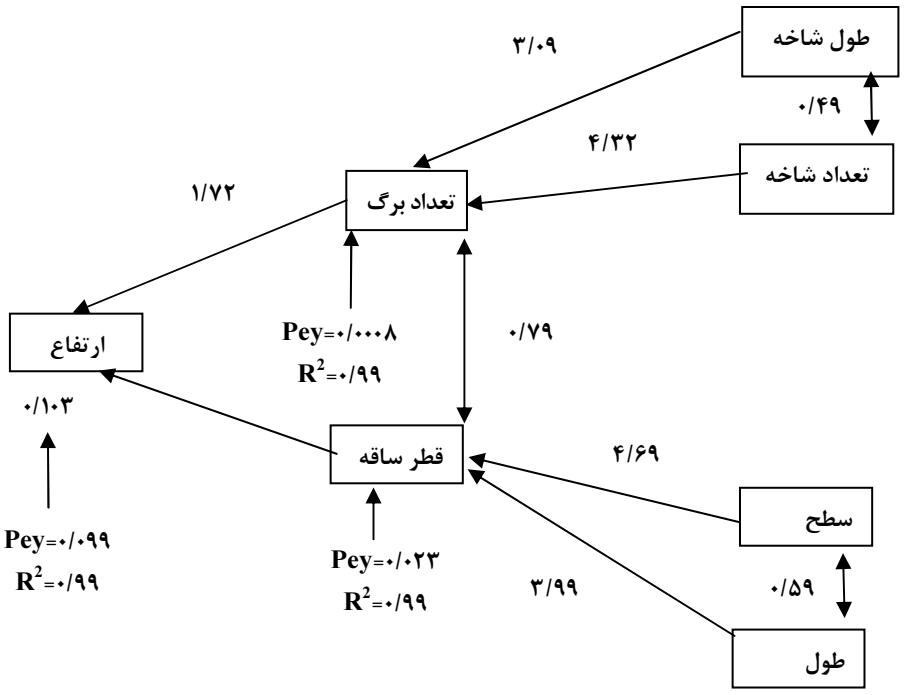
ردیف	صفت	اثر مستقیم	کل اثرات غیر مستقیم از طرق صفات دیگر	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	سطح برگ	۱/۳۷۸	-۱/۳۵۰	۰/۰۲۷۲
۲	سطح کل برگها	-۱/۸۳۰	۲/۳۷۳	۰/۵٤۳
۳	طول پهنک	-۲/٦۵۱	۲/۸۲۷	۰/۱۷٦
٤	حداکثر پهنای	۱/۷۳٦	-۱/۵۱۹	۰/۲۱٦
۵	برگ	۲/۵۳۹	-۲/۲۱۰	۰/۳۲۹
٦	پهنا به طول برگ	۲/۱۵٤	-۲/۱۱٦	۰/۰۳۷
۷	طول دمبرگ	٤/۳۱٦	-٤/٤۳۳	-۰/۱۱٦
۸	تعداد شاخه	۳/۰۸۷	-۲/۳۳٦	۰/۷۵۱
۹	طول شاخه	-۱/۲٦۳	۲/۰٦۵	۰/۸۰۲
۱۰	قطر ساقه	٤/٤۷۲	-۵/۱۹۲	-۰/۷۲۰
۱۱	قطر شاخه به ساقه	-۱/۸٤۲	۱/۱۸۲	-۰/٦٦۰
۱۲	زاویه شاخه	۲/۹٤۹	-۲/۲۷٦	۰/٦۷۳
۱۳	ارتفاع	-۲/۵۳۳	۲/۷٤۸	۰/۲۱۵
۱٤	طول ریشه زنده مانی	۱/۸۱۱	-۱/۳۱٤	۰/٤۹٦

جدول شماره ٦- اثرات مستقیم، غیر مستقیم و اثرات کل یا ضریب همبستگی ساده متغیرهای مستقل بر روی قطر ساقه

ردیف	صفت	اثر مستقیم	کل اثرات غیر مستقیم از طرق صفات دیگر	اثر کل یا ضریب همبستگی ساده
۱	تعداد برگ	٤/٦٩٣	-۳/۹۰۹	۰/۷۸۸
۲	سطح برگ	۲/۳٤۷	-۲/۲۰۰	۰/۱٤۷
۳	سطح کل برگها	۱/۰۳٥	-۰/٥۰۸	۰/٥۲۷
٤	طول پهنک	۰/۲٥۷	۰/۱۰۱	۰/۳٥۹
٥	حداکثر پهنای برگ	-٥/۹٥۹	٦/۲۸٦	۰/۳۲٦
٦	پهنا به طول برگ	-٤/٦۳٥	٤/۹۷۳	۰/۳۳۸
۷	زاویه شاخه	-۸/۳۳۳	۸/٥۱٤	۰/۱۸۱
۸	تعداد شاخه	-۱۳/۹٤٤	۱۳/٦۷٥	-۰/۲٦۹
۹	طول شاخه	-٦/۷۸۸	۷/٥٥٤	۰/۷٦٦
۱۰	قطر شاخه به ساقه	-۱۰/۲٥۹	۹/٥۹۹	-۰/٦٥۹
۱۱	زاویه شاخه	۸/۰۸٥	-۸/٦۱۸	-۰/٥۳۲
۱۲	ارتفاع	-۰/٦٦۱	۱/٤۸۸	۰/۸۲۷
۱۳	طول ریشه	۳/۹۹۰	-۳/٦۲۳	۰/۳٦۷
۱٤	زنده مانی	-۰/۹۲۳	۱/٥۸۱	۰/٦٥۷

دیاگرام علیت

برای ترسیم دیاگرام Path که رابطه واقعی میان متغیرها را نشان دهد، ابتدا متغیر وابسته یا ارتفاع در یک مستطیل نمایش داده شده و یک خط جهت‌دار به طرف آن رسم شد. آنگاه در کنار آن خط اثر مستقیم متغیر مستقل روی ارتفاع نوشته شد. سپس یک خط جهت دار برای اشتباه (اثر سایر عوامل) به طرف متغیر وابسته ترسیم شده و در کنار آن مقدار اثر باقیمانده (P_{ey}) نوشته شد. پس از آن یک منحنی دو طرفه بین هر دو جفت از متغیرهای مستقل که همبستگی غیر صفر دارند ترسیم گردید (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱: دیاگرام آزمون Path بر اساس همبستگی های مورفولوژیکی و در نظر گرفتن روابط واقعی بین ۲ صفت مستقل تعداد برگ و قطر ساقه با ارتفاع به عنوان صفت وابسته.

در مرحله دوم صفات تعداد برگ و قطر ساقه هریک به عنوان صفات وابسته در نظر گرفته شده و با صفاتی که همبستگی زیادی با آنها داشتند به عنوان صفات مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

بحث

از دیدگاه انتخاب غیر مستقیم، صفت سطح کل برگها، چون هم اثر مستقیم و هم اثرات غیر مستقیم مثبتی بر روی ارتفاع دارد و از سطح معنی‌داری کاملا بالایی برخوردار است در این تحقیق و برای کلن‌های تحت بررسی به عنوان بهترین صفت مؤثر بر متغیر وابسته یعنی ارتفاع انتخاب می شود. در مقایسه صفات مربوط به گونه های تحت بررسی، گونه *Populus deltoids* که دارای ارتفاع زیاد بود، واجد زیادترین مقدار سطح کل برگها هم بود. قطر ساقه هرچند زیادترین میزان اثر کل را بر روی ارتفاع نشان داد، ولی به دلیل کم بودن اثر مستقیم آن بر روی ارتفاع (به میزان ۰/۱۰۳) نمی‌تواند معیار مناسب‌تری از سطح کل برگها باشد. از سوی دیگر اثر مستقیم تعداد شاخه بر روی ارتفاع به میزان زیادی منفی است، اما به دلیل مثبت و زیاد بودن اثرات غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات (به ویژه از طریق سطح کل برگها) میزان اثر کل به ۰/۵۵٤- تقلیل یافته است که معادل ضریب همبستگی ساده است. یوسفی و مدیر رحمتی (۱۳۸۳) ضریب همبستگی سطح کل برگ نهالهای جوان صنوبر را با متغیر ارتفاع نهال معادل ۰/۲٦۰ و کاملا معنی دار محاسبه نمودند. در آن بررسی اثر مستقیم و اثرات غیر مستقیم سطح کل برگ از طریق سایر صفات مستقل بر ارتفاع تفکیک نشد. همچنین Ceulemans و همکاران (۱۹۹۳) رابطه خطی قوی بین سطح برگ صنوبرهای جوان با ارتفاع آنها در رویشگاههای مختلف را نشان دادند و اشاره کردند که این نتیجه در رویشگاههای مختلف تفاوتهای اندکی دارد. البته آنها برای تخمین سطح کل برگ نهال، استفاده از سایر متغیرهای با دستیابی ساده تر همبسته با آن را پیشنهاد نمودند. این نتیجه مؤید ارتباط قوی بین متغیرهای سطح کل برگها و ارتفاع نهالهای جوان صنوبر است. بنابر این در گونه های تحت

بررسی، برنامه‌های اصلاحی باید معطوف به سطح کل برگ و نه تعداد آن باشد، چرا که بر اساس نتایج حاصل از تحقیق حاضر، متغیر تعداد برگ دارای اثرات غیر مستقیم منفی زیادی بر روی ارتفاع است. انتخاب غیر مستقیم صنوبرها برای دستیابی به ارقام واجد رویش ارتفاعی بیشتر با مطالعه صفات همبسته ای نظیر سطح کل برگها مناسب تشخیص داده می‌شود. این مساله به ویژه زمانی که تعداد زیادی از کلن های تحت بررسی در رویشگاههای مختلف مطالعه می شوند، ارزش زیادی خواهد داشت. همان طور که اشاره شد گاهی در رویشگاههای ضعیف، انتخاب مستقیم کلن تنها با اتکاء به رویش ارتفاعی نمی تواند ملاک صحیحی باشد. انتخاب شاخص ارتفاع در مطالعات Site Index می‌تواند به دلیل ارتباط قوی رویش ارتفاعی درختان با خصوصیات رویشگاهی باشد. این نتایج را شاید نتوان به طور مستقیم برای سایر درختان به کار برد. چون هر گونه گیاهی دارای خصوصیات مختص به خود است. گرچه این نتایج را می توان با اعتماد بیشتری برای صنوبرهای مطالعه حاضر به کار برد، اما به دلیل این که نمایش صفات فنوتیپی ثابت نیستند و تحت تأثیر محیط می‌باشند، ممکن است برخی جزییات این بررسی در محیط های متنوع تغییر یابد.

منابع مورد استفاده

۱-باقری، ر، نمیرانیان، م، زبیری، م و مدیر رحمتی، ع.ر.، ۱۳۸۱. تهیه جدول حجم صنوبرهای بومی منطقه زنجانرود. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، فصلنامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۹: ۳٦-۱.

۲-قدرتی، غ.، ۱۳۷٦. بررسی تنوع ژنتیکی وسیتوژنتیکی در توده های بهاره بومی گلرنگ ایرانی.پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۱٦۰صفحه.

۳-یوسفی، ب و مدیر رحمتی، ع. ر.، ۱۳۸۳. ارزیابی و گروه بندی ٤۸ کلن صنوبر با استفاده از خصوصیات برگ و عملکرد چوب. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، فصلنامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۲ (۱): ۱۰۹-۷۹.

4- Ceulemans, R., Pontailler, J., Mau, F., Guittet, J, and Legay, B., 1993. Leaf allometry in young poplar stands. Reliability of leaf area index estimation, site and clone effect. Biomass and Bioenergy. 4 (5): 315-321.

5-Joshi, R. P., and Singh, N. P., 1996(a). Path cofficient analysis in Poplar (Populus deltoides). Indian Journal of Environment and Toxicology., 6 (2): 95-97.

6- 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. 6: (2), 98-100.

7-Mirzaie-Nodoushan, H., Rezaie, M. B., and Jaimand, K., 2001. Path analysis of the essential oil-related characters in Mentha spp. Flavour and Fragrance Journal. 16: 340-343.

8-Noh, E., 1982. A method for evaluating sites suitable for Populus alba X Populus glandulosa F1 clones using path analysis. Research report of the Institute of forest genetics. Korea Republic. 18: 113-156.

9-Pandey, D., Pandey, V., Tripathi, S., and Tewari, S. K., 1997. Path analysis in Populus deltoids Bartr: 8 year age. Indian Forester. 123 (8): 755-758.

10-Singh, N. B., and Jha, R. K., 2004. Variability, associations and path coefficient analysis in poplar (Populus deltoids Bartr.). 22nd session of International poplar commission. Santhago, Chile, 29 November- 2 December 2004. 187 p.

11-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.