Vol. 7, No. 2, Autumn & Winter, 2026, p. 301-312

Plant Production and Genetics

https://doi.org/10.22034/plant.2026.145897.1203

Evaluating genetic diversity and relationships among agronomic and yield traits in tobacco cultivars using multivariate analysis

Marziyeh Shazdehahmadi[1]*

1. Agricultural Research department, Tirtash Tobacco Research & Education Complex, Behshahr, Iran
*Corresponding Author Email: Noshinshazdeahmadi@Yahoo.com

Received: 18-05-2026 **revised:** 02-08-2026 **Accepted**: 15-08-2026

Abstract

Introduction: Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) is one of the valuable agricultural and industrial crops about which little information exists regarding its diversity. Investigating genetic diversity is an important factor in implementing breeding programs. Due to the need for breeders to have large genetic pool of resources to do breeding activities on crops, it seems necessary to identify factors and agronomic traits that affect yield increase and to investigate the genetic diversity and relationships between them. In this regard, this study was conducted with the aim of investigating the genetic diversity, grouping, and relationships of important agronomic and functional traits of tobacco using correlation, cluster analysis, and factor analysis.

Materials and Methods: In this study, 26 Flue-cured tobacco cultivars, including 10 lines and 16 F_1 hybrids were cultivated and studied during the summer of 2025 at the Tirtash Tobacco Research and Education Center farm in a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The agronomic and functional traits studied included: leaf length and width (cm), Leaf numbers, plant height (cm), stem diameter (mm), chlorophyll index, number of days to flowering, leaf area coefficient, leaf shape index, green weight, dry leaf yield, average price and income per hectare. Analysis of variance (ANOVA)for all studied traits was performed based on the statistical model of a randomized complete block design in three replications based on the mean of the data. Then, multivariate statistical analyses were used for the obtained data. In order to evaluate association analysis between the studied traits, Pearson's simple correlation coefficients were estimated. Cluster analysis was performed using squared Euclidean distance and Ward's method. In order to understand the cause-and-effect relationships between traits, identify common factors affecting traits, and determine group relationships between variables, factor analysis using the Principal Component Analysis (PCA) and varimax rotation was used. All statistical calculations were performed using Excel, SAS 9.1, and XLSTAT 2016 software.

Results: The results of the analysis of variance showed that there were statistically significant differences among genotypes for in leaf number and green leaf weight at 5% probability level, and for plant height, chlorophyll, number of days to flowering, dry yield, average price and income, there was a statistically significant difference at a 1% probability level. In other words, there is diversity between cultivars in terms of these traits. Considering that the dry leaf yield trait is considered as the total yield of the tobacco plant and other agronomic traits are related to it, therefore, the existence of diversity in terms of this trait is important and can be used in breeding programs. By examining the correlation analysis between the studied traits, the traits plant height and yield showed a positive and significant correlation with dry yield. Cluster analysis led to the classification of the studied tobacco cultivars into three different groups with 16, 5 and 5 genotypes, respectively. The results of factor analysis based on principal component analysis showed that the first five factors, in total, explained 78.9% of the variation in the total trait data between cultivars.

Conclusion: In general, significant genetic diversity was observed among the different genotypes studied in terms of agronomic and performance traits. These results can be used in Flue-cured tobacco breeding programs to select suitable cultivars and also to increase dry leaf yield.

Keywords: Breeding, Flue-cured tobacco, Multivariate analysis, Varimax rotation, Yield

Citation: Shazdehahmadi, M. (2026). Evaluating genetic diversity and relationships among agronomic and yield traits in tobacco cultivars using multivariate analysis .*Plant Production and Genetics, 7*(2), 301-312. https://doi.org/10.22034/plant.2026.145897.1203

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

جلد ۷، شماره۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۵، صفحات ۳۱۲-۳۰۱

تولید و ژنتیک گیاهی

https://doi.org/10.22034/plant.2026.145897.1203

بررسی تنوع ژنتیکی و روابط صفات زراعی و عملکردی ارقام توتون با استفاده از روش های آماری چند متغیره

مرضیه شازده احمدی*[1]

۱. گروه تحقیقات کشاورزی، مجتمع تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش، بهشهر، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: Noshinshazdeahmadi@Yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۸ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۵/۰۵/۱۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۵/۲۴

چکیده

مقدمه: توتون (*Nicotiana tabacum* L.)، یکی از محصولات با ارزش کشاورزی و صنعتی است که اطلاعات کمی درباره تنوع آن وجود دارد. بررسی تنوع ژنتیکی، یک عامل مهم در اجرای برنامه‌های به‌نژادی است. به‌دلیل نیاز به‌نژادگران به منابع وسیع خزانه ژنتیکی برای انجام فعالیت‌های اصلاحی روی گیاهان زراعی، شناسایی عوامل و خصوصیات زراعی مؤثر بر افزایش عملکرد و بررسی تنوع و روابط ژنتیکی بین آن‌ها، امری ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، این تحقیق با هدف بررسی تنوع ژنتیکی، گروه‌بندی و روابط صفات مهم زراعی و عملکردی توتون با استفاده از همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، تعداد ۲۶ رقم توتون تیپ گرمخانه‌ای، شامل (۱۰ لاین و ۱۶ هیبرید F_1)، در تابستان سال زراعی ۱۴۰۴ در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت و بررسی شدند. صفات زراعی و عملکردی مورد مطالعه شامل: طول و عرض برگ (سانتی‌متر)، تعداد برگ، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)، شاخص کلروفیل، تعداد روز تا گل‌دهی، ضریب سطح برگ، شاخص شکل برگ، وزن سبز، عملکرد برگ خشک، متوسط قیمت و درآمد در هکتار بودند. تجزیه تجزیه واریانس (ANOVA) برای کلیه صفات مورد مطالعه، بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بر اساس میانگین داده‌ها، صورت گرفت. سپس، تجزیه‌های آماری چندمتغیره برای داده‌های بدست آمده مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور ارزیابی میزان ارتباط بین صفات مورد مطالعه، ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین آن‌ها برآورد گردید. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی و روش Ward انجام شد. برای درک روابط علت و معلولی بین صفات، شناسایی عامل‌های مشترک بر صفات و مشخص شدن روابط گروهی بین متغیرها از تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Excel، (۹/۱) SAS و XLSTAT 2016 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت‌های معنی‌داری از نظر آماری میان ژنوتیپ‌ها در خصوص تعداد برگ و وزن برگ سبز وجود دارد؛ همچنین در مورد صفات ارتفاع گیاه، میزان کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد ماده خشک، میانگین قیمت و درآمد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. به‌عبارت دیگر بین ارقام از نظر این صفات، تنوع وجود دارد. با توجه به اینکه صفت عملکرد برگ خشک، به‌عنوان عملکرد کل گیاه توتون محسوب شده و سایر صفات زراعی با آن رابطه دارند، لذا وجود تنوع از لحاظ این صفت حائز اهمیت بوده و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. با بررسی تجزیه همبستگی بین صفات مورد مطالعه، صفات ارتفاع بوته و عملکرد، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد خشک نشان دادند. تجزیه خوشه‌ای، موجب طبقه‌بندی ارقام توتون مورد مطالعه، به سه گروه مختلف به‌ترتیب با ۱۶، ۵ و ۵ ژنوتیپ گردید. نتایج تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که پنج عامل اول، در مجموع، ۷۸/۹ درصد از تغییرات داده‌های کل صفات بین ارقام را توجیه کردند.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی بین ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه از نظر صفات زراعی و عملکردی مشاهده شد. این نتایج، می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی توتون گرمخانه‌ای برای انتخاب ارقام مناسب و نیز برای افزایش عملکرد برگ خشک مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: به‌نژادی، توتون گرمخانه‌ای، تجزیه چندمتغیره، چرخش وریماکس، عملکرد

منبع: شازده احمدی، م. (۱۴۰۵). تنوع ژنتیکی، گروه‌بندی و روابط برخی از صفات زراعی و عملکردی ارقام توتون با استفاده از همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. *مجله تولید و ژنتیک گیاهی*، *۷*(۲)، ۳۱۲-۳۰۱. https://doi.org/10.22034/plant.2026.145897.1203

CC BY

مقدمه

توتون (*Nicotiana tabacum* L.)، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی، صنعتی و اقتصادی در بسیاری از کشورهاست که در شرایط مختلف آب و هوایی در بیش از یکصد کشور جهان با سطح زیر کشت بالغ بر ۵/۱ میلیون هکتار کشت شده و عملکرد توتون در جهان حدود ۵-۳ تن در هکتار است (FAO, 2024). جنس *Nicotiana* از آمریکای جنوبی سرچشمه گرفته و شامل ۷۶ گونه است که برخی از آن‌ها به‌عنوان گیاه دارویی یا زینتی کشت می‌شوند. توتون، گیاهی یک‌ساله و آلوتتراپلوئید (2n=4x =48)، از خانواده بادمجانیان (Solanaceae) بوده و به‌طور گسترده به‌عنوان یک گیاه مدل در مطالعات مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه به‌واسطه داشتن نیکوتین در ساخت آفت‌کش‌های آلی و نیز در ساخت برخی داروها بکار می‌رود (Ganapathi *et al*., 2004: Majnoun Hosseini *et al*., 2023). اما مصرف عمده آن در صنعت دخانیات است و برای استفاده تجاری از برگ‌ها تولید می‌شود. برگ توتون، مهم‌ترین قسمت این گیاه از نظر اقتصادی می‌باشد. تعداد برگ، به خصوصیات ژنتیکی هر رقم و شرایط محیطی دوره رشد گیاه بستگی دارد و در ارقام و تیپ‌های مختلف توتون متفاوت است. توتون به سه تیپ مهم گرمخانه‌ای، هواخشک و شرقی طبقه‌بندی می‌شود. توتون‌های گرمخانه‌ای در شرایط گرمخانه عمل‌آوری و خشکانیده شده و بیشترین سطح زیرکشت و عملکرد را دارند (Layten & Nielsen, 1999). بررسی تنوع ژنتیکی و آگاهی از روابط خویشاوندی بین ژنوتیپ‌ها، یک عامل مهم در پیشبرد و اجرای برنامه‌های به‌نژادی است که امکان گروه‌بندی و توصیف دقیق نمونه‌ها را فراهم نموده و بدون آن، اصلاح ژنتیکی مؤثر و مطلوب، قابل دستیابی نمی‌باشد (Chawla, 2003). با استفاده از منابع جدید تنوع ژنتیکی می‌توان تولید ارقام جدید را افزایش داد. دورگ‌گیری (هیبریداسیون)، متداول‌ترین روش ایجاد ارقام هیبرید است و انتخاب والدین مناسب، مهم‌ترین مرحله محسوب می‌شود. تنوع ژنتیکی برای انتخاب والدین مناسب جهت بدست آوردن هیبریدهای قوی با عملکرد و کیفیت بهتر ضروری است. والدینی که به لحاظ ژنتیکی متفاوت هستند، هیبریدهایی با هتروزیس بیشتر تولید می‌کنند که در نتیجه یافتن نتاج تفرق یافته برتر (تفکیک متجاوز) از اهمیت بالاتری برخوردار خواهد بود (Farsi & Bagheri, 2006). با توجه به اینکه گیاه توتون از نظر صفات مختلف تنوع بالایی دارد، نگه‌داری و بهره‌برداری از این منابع ژنی مهم بوده و لازم است که در زمینه اصلاح این گیاه، اقدامات عملی و کاربردی مفید صورت گیرد (Koochaki *et al*., 2011). برای رسیدن به اهداف مطلوب در به‌نژادی، شناخت صفات مهم ژنتیکی، عوامل مؤثر بر عملکرد و نحوه تأثیرگذاری صفات بر همدیگر، یکی از مبانی تصمیم‌گیری برای انتخاب روش‌های مختلف به‌نژادی می‌باشد(Farshadfar, 2002). در بررسی تنوع ژنتیکی، روش‌های آماری چندمتغیره بدلیل اینکه به‌طور همزمان چند اندازه‌گیری را مدنظر قرار می‌دهند، ابزاری مهم و مفید برای به‌نژادگران می‌باشند (Sharma, 1996). از بین روش‌های آماری چندمتغیره، روش تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تنوع ژنتیکی کاربرد زیادی دارند (Moghaddam *et al*., 2009). Mansour Ghanaei و همکاران (۲۰۱۲)، روابط میان عملکرد و اجزای عملکرد را در توتون بررسی نموده و آن‌ها را بر اساس تجزیه خوشه‌ای به‌روش وارد به شش گروه طبقه‌بندی نموده و در تجزیه به عامل‌ها، هفت عامل اصلی و مستقل، ۸۰/۵۴ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند (Mansour Ghanaei *et al*., 2012). در مطالعه دیگری، Mohsenzadeh Golfazani و همکاران (۲۰۱۲)، روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های توتون گرمخانه‌ای را بررسی نمودند. بیشترین ضریب همبستگی بین عملکرد برگ سبز با عملکرد برگ خشک بدست آمد (Mohsenzadeh Golfazani *et al*., 2012). در تحقیق دیگری، همبستگی مثبت بین عملکرد با صفات روز تا گل‌دهی، طول برگ و ارتفاع بوته در توتون‌های گرمخانه‌ای گزارش شد (Lakshmish & Shivanna, 1999). به‌دلیل اهمیت اقتصادی و ارزش توتون در پژوهش‌های ژنتیکی، افزایش کمی و کیفی این محصول از جایگاه ویژه‌ای برای به‌نژادگران برخوردار می‌باشد. یکی از اهداف مهم در اصلاح توتون، افزایش عملکرد (مقدار برگ خشک در واحد سطح) است. یافتن روابط مناسب صفات در توتون، می‌تواند جهت اعمال گزینش برای بهبود عملکرد خشک توتون نقش بسزایی داشته باشد (Samudin & Fakultas, 2003). بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، گروه‌بندی و بررسی روابط برخی از صفات زراعی وعملکردی در ارقام توتون گرمخانه‌ای، با استفاده از تجزیه همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۲۶ رقم توتون تیپ گرمخانه‌ای، شامل (۱۰ لاین و ۱۶ هیبرید F_1) (جدول ۱)، در تابستان سال ۱۴۰۴، در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش، با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ درجه شمالی و با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به سه تکرار کشت شدند. ابعاد هر کرت آزمایشی، ۲۰ متر مربع و فواصل کاشت ۱۰۰× ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور تهیه نشا، بذرپاشی به‌روش خزانه شناور (فلوت سیستم) صورت گرفت. قبل از انتقال نشاها به زمین، عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، ماله-کشی، شیار کشی و قطعه‌بندی کرت‌های آزمایشی انجام شد. نشاهای توتون بعد از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۵-۴ برگی با ارتفاع حدود ۱۵-۱۲ سانتی‌متر به مزرعه منتقل و کشت شدند. در طول دوره رشد بوته‌های توتون، مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل عملیات آبیاری، کوددهی، وجین و کنترل علف‌های هرز، سله شکنی، خاک‌دهی پای بوته‌ها و مبارزه با آفات و بیماری‌ها، طبق عرف منطقه و در موقع مقرر انجام شد. آبیاری اول در هنگام انتقال نشاها به زمین اصلی به‌صورت غرقابی و آبیاری‌های بعدی تا انتهای فصل رشدی و رسیدگی کامل برگ‌های توتون با استفاده از نوارهای تیپ (قطره‌ای) و با فاصله خروجی روزنه‌های ۵۰ سانتی‌متری انجام شد. با توجه به اینکه نیاز آبی گیاه توتون در طول دوره رشد در مزرعه، حدود ۶۰۰-۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد، مدار آبیاری توتون در مزرعه، تقریبا هر ۱۴ روز یک بار انجام شد. کوددهی با کودهای نیتروژن از منبع نیترات فسفات آمونیوم، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمون خاک به‌ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. کودهای فسفر و پتاسیم، با مقادیر ذکر شده به‌صورت کامل، در هنگام آماده‌سازی زمین و قبل از نشاکاری به زمین اصلی داده شد و کود نیتروژن، یک سوم به‌صورت پایه در هنگام آماده‌سازی زمین و دو سوم، حدود یک ماه پس از نشاکاری و موقع خاک‌دهی پای بوته مصرف گردید. با توجه به رسیدن تدریجی برگ‌های توتون از پایین به بالا، برگ‌ها طی چهار چین برداشت شدند و جهت عمل‌آوری (خشکانیدن) به داخل گرمخانه منتقل شدند. صفات مورد مطالعه در این تحقیق عبارت بودند از صفات زراعی، شامل: طول برگ، عرض برگ و ارتفاع بوته (سانتی‌متر، اندازه گیری با خط‌کش)، تعداد برگ، قطر ساقه (میلی‌متر، اندازه‌گیری با کولیس دیجیتال)، شاخص کلروفیل (اندازه-گیری با دستگاه SPAD -502, Minolta Japan)، تعداد روز تا گل‌دهی، شاخص شکل برگ (از نسبت عرض به طول همان برگ مورد نظر) توتون در هر بوته به دست می‌آید که همیشه کمتر از عدد یک است، به‌طوری‌که هر چه به عدد یک نزدیک‌تر باشد، برگ پهن‌تر و در صورتی که از عدد ۰/۵ کمتر باشد، برگ باریک‌تر محسوب می-شود. ضریب سطح برگ با استفاده از رابطه ۱ بدست آمد، رابطه (۱)

$$\text{ضریب سطح برگ} = \frac{۰/۷۸۵ \times \text{تعداد برگ} \times \text{عرض برگ} \times \text{طول برگ}}{\text{فاصله بین بوته‌های روی ردیف} \times \text{فاصله بین ردیف‌ها}}$$

با توجه به رابطه (۱)، ۰/ ۷۸۵ ضریب ثابت برای تفاوت شکل برگ توتون نسبت به بیضی است. صفات عملکردی، شامل: وزن برگ سبز بر حسب کیلوگرم (مجموع وزن برگ‌های سبز برداشت شده توتون در چهار چین)، عملکرد برگ خشک بر حسب کیلوگرم (مجموع وزن برگ‌های برداشت شده توتون در چهار چین پس از خشکاندن در گرمخانه)، درآمد در هکتار بر حسب ریال (عملکرد برگ خشک هر چین ضربدر متوسط قیمت آن) و متوسط قیمت هر کیلوگرم برگ خشک (بر حسب ریال) اندازه‌گیری و برآورد شدند. برای اندازه‌گیری صفات زراعی، در طول فصل رشد، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و صفات زراعی مورد نظر روی آن‌ها اندازه‌گیری شدند. صفات عملکردی به وسیله میانگین کل بوته‌های هر کرت آزمایشی پس از برداشت برگ‌ها، اندازه‌گیری و برآورد شدند.

تجزیه واریانس داده‌ها برای کلیه صفات مورد مطالعه، بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بر اساس میانگین داده‌ها، صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، ابتدا بر اساس آماره‌های توصیفی و ژنتیکی شامل مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، میانگین مربعات، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی مربوط به تمام صفات مورد مطالعه انجام شد. به‌منظور ارزیابی میزان ارتباط بین صفات مورد مطالعه، ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین آن‌ها برآورد

گردید. برای تعیین خویشاوندی و فاصله ژنتیکی بین ارقام و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه، از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی و روش حداقل واریانس وارد (Wards' minimum method) استفاده شد. برای درک روابط علت و معلولی بین صفات، شناسایی عامل-های مشترک بر صفات و مشخص شدن روابط گروهی بین متغیرها از تجزیه به عامل‌ها به‌روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس استفاده شد. اختصاص صفات به عامل-های مختلف بر پایه مقادیر ضرایب عاملی پس از چرخش عامل‌ها انجام شد. نام‌گذاری عامل‌ها با توجه به صفاتی که بیشترین ضریب عاملی را از نظر قدر مطلق دارا بودند، صورت گرفت. عامل‌هایی که مقادیر ویژه (Eiegenvalue) آن‌ها بزرگ‌تر از یک بود، صرفنظر از علامت آن‌ها، به‌عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار (عامل مشترک) برای هر عامل مستقل، گزینش شدند. به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های توتون مورد مطالعه، با رسم نمودار پلات دوبعدی بر اساس عامل اول و دوم، ارقام مورد مطالعه گروه‌بندی و ارقام مناسب بر مبنای موقعیت قرارگیری آن‌ها در نمودار تعیین شدند، به این ترتیب که ابتدا مقادیر عددی مؤلفه اول و دوم حاصل از روش تجزیه به عامل‌ها در هریک از ۲۶ ژنوتیپ توتون مورد مطالعه برآورد گردید و سپس، با رسم نمودار پراکنش بر مبنای این دو مؤلفه، موقعیت هر ژنوتیپ در محور مختصات دوبعدی بدست آمد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Excel، SAS 9.1 و XLSTAT 2016 انجام شد.

جدول ۱- اسامی ۲۶ ژنوتیپ توتون گرمخانه‌ای مورد مطالعه در این تحقیق

شماره	نام ژنوتیپ	نوع رقم	شماره	نام ژنوتیپ	نوع رقم
۱	K394 × Coker 176	هیبرید	۱۴	K346 × MN944	هیبرید
۲	K394 × MN944	هیبرید	۱۵	K346 × K326	هیبرید
۳	K394 × k326	هیبرید	۱۶	K346 × Coker 347	هیبرید
۴	K394 × Coker 347	هیبرید	۱۷	K394	رقم خالص- (نرباروز)
۵	Coker 371G × Cocker 176	هیبرید	۱۸	Coker 371G	رقم خالص- (نرباروز)
۶	Coker 371G × MN944	هیبرید	۱۹	NC60	رقم خالص- (نرباروز)
۷	Coker 371G × K326	هیبرید	۲۰	K346	رقم خالص- (نرباروز)
۸	Coker 371G × Coker 347	هیبرید	۲۱	Coker 176 (CMS)	رقم خالص- (نرعقیم)
۹	NC60 × Coker 176	هیبرید	۲۲	MN944 (CMS)	رقم خالص- (نرعقیم)
۱۰	NC60 × MN944	هیبرید	۲۳	K326 (CMS)	رقم خالص- (نرعقیم)
۱۱	NC60 × K326	هیبرید	۲۴	Coker 347 (CMS)	رقم خالص- (نرعقیم)
۱۲	NC60 × Coker 347	هیبرید	۲۵	K326	رقم خالص- (نرباروز)
۱۳	K346 × Coker 176	هیبرید	۲۶	TC100	رقم خالص- (نرباروز)

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و آماره‌های توصیفی و ژنتیکی

تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تعداد برگ و وزن برگ سبز در سطح احتمال پنج درصد و از نظر صفات ارتفاع بوته، کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی، عملکرد خشک، متوسط قیمت و درآمد، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. به‌عبارت دیگر از نظر این صفات بین ارقام تنوع وجود دارد. با توجه به اینکه صفت عملکرد برگ خشک، به‌عنوان عملکرد کل گیاه توتون محسوب شده و سایر صفات زراعی با آن رابطه دارند، لذا وجود تنوع از لحاظ این صفت حائز اهمیت بوده و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی ژنوتیپی برخی از ژنوتیپ-های توتون گرمخانه‌ای برای صفات عملکردی و کیفی انجام گرفت، گزارش شد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن سبز و درصد قند اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد (Shah *et al*., 2009)، که تا حدودی با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت. آماره‌های توصیفی و ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه در این تحقیق، شامل مقادیر حداقل و حداکثر، میانگین و انحراف معیار به همراه ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی هر یک از صفات در جدول ۲ ارائه شده است. اختلاف بین داده‌های حداقل و حداکثر این صفات نیز تنوع بین ارقام را تأیید می‌کند. بررسی ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار ضرایب تغییرات ژنوتیپی به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد خشک و تعداد روز تا گلدهی و بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی به‌ترتیب مربوط به قطر ساقه و تعداد روز تا گلدهی می‌باشد. در تحقیق حاضر، ضریب تغییرات ژنوتیپی اکثر صفات بیشتر از ضریب تغییرات فنوتیپی بود که نشان می-دهد که این صفات بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار گرفتند و تأثیر محیط بر آن‌ها ناچیز بوده است. بیشترین و کمترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب در صفات کلروفیل و وزن برگ سبز مشاهده شد (جدول ۲). مقدار پایین وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که این صفات به شدت تحت تأثیر محیط می‌باشند. در پژوهشی، با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۶ ژنوتیپ توتون شرقی موجود در بانک بذر مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش، گزارش شد که بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی به‌ترتیب مربوط به درصد قند و درصد نیکوتین و بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی به‌ترتیب مربوط به عملکرد برگ خشک و درصد ازت پروتئینی بود. بیشترین و کمترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب مربوط به صفات درصد خاکستر کل و درصد ازت پروتئینی و درصد فسفر بود (Hosseinzadeh Fashalami *et al*., 2015). Hatami Maleki و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی در ۱۰۰ ژنوتیپ توتون شرقی موجود در بانک بذر مرکز تحقیقات توتون ارومیه، گزارش کردند که بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی به‌ترتیب مربوط به صفات وزن برگ سبز و قطر ساقه بوده است (Hatami Maleki *et al*., 2012). در پژوهش دیگری، با بررسی تنوع ژنتیکی برای صفات شیمیایی در ۵۵ لاین خالص نوترکیب توتون شرقی، گزارش شد که بیشترین و کمترین ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی به‌ترتیب در صفات نیکوتین و خاکستر مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار وراثت‌پذیری نیز به‌ترتیب در صفات نیکوتین و خاکستر مشاهده شد (Goodarzi Mokri *et al*., 2021).

جدول ۲- مقادیر آماره‌های توصیفی و ژنتیکی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های توتون گرمخانه‌ای

صفات	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین مربعات	ضریب تغییرات ژنوتیپی	ضریب تغییرات فنوتیپی	وراثت پذیری عمومی
طول برگ	۵۹/۲۳	۲/۷۹	۵۴/۱۶	۶۵/۰۶	۲۳/۴ ns	۷/۸	۵/۹	۴۲/۶۸
عرض برگ	۲۷/۷۶	۱/۵۳	۲۵/۶۳	۳۱/۹۶	۷/۰۶ ns	۹/۳	۷/۱	۳۳/۲۲
تعداد برگ	۳۱/۱۴	۱/۶۱	۲۷/۷۶	۳۴/۱	۷/۸*	۶/۷	۴/۵	۴۳/۸۶
ارتفاع بوته	۱۵۵/۳۹	۷/۹۲	۱۳۸/۸۳	۱۶۹/۹۶	۱۸۸/۴ **	۴/۲	۲/۵	۶۶/۶۷
قطر ساقه	۲۱/۷۶	۱/۱۳	۱۹/۵۳	۲۴/۰۶	۳/۸ ns	۱۱/۰۴	۸/۷	۱۶/۶۴
کلروفیل	۶۹/۹۸	۸/۷۳	۶۰/۳	۸۷/۵۳	۲۲۸/۹ **	۴/۰۳	۲/۸	۹۶/۵۸
تعداد روز تا گلدهی	۸۵/۶۷	۱/۳۱	۸۳	۸۸	۵/۱ **	۰/۵۶	۰/۲۸	۹۴/۴۱
ضریب سطح برگ	۸/۰۲	۰/۸۰۵	۶/۳۶	۹/۸۳	۱/۹ ns	۱۴/۲	۶/۹	۲۸/۴۲
شاخص شکل برگ	۰/۴۶	۰/۰۲۱	۰/۴۱	۰/۵	۰/۰۰۱۳ ns	۱۰/۸	۷/۳	۴۳/۵۷
وزن برگ سبز	۲۷۳۰۹	۲۶۰۸/۷	۲۱۸۷۱/۳	۳۲۰۰۰	۲۰۴۱۶۰۳۶/۱*	۸/۶	۱۱/۳	۱۲/۹۲
عملکرد برگ خشک	۴۱۰۱/۸	۴۷۲/۷	۳۲۶۵/۱	۵۱۳۰/۳	۶۷۰۲۸۰/۶ **	۶/۲	۱۲/۱	۵۶/۱۹
متوسط قیمت توتون	۱۲۳۶۵۱۷/۱	۳۵۴۹۶/۳	۱۱۸۶۴۱۰/۶	۱۳۳۰۱۷۵/۶	۳۷۷۹۹۷۲۲۲۰**	۱/۹	۳/۲	۵۲/۶۴
درآمد در هکتار	۵۰۷۰۲۴۳۹۴۷/۹۶	۵۹۸۶۶۰۳۶۹/۵	۳۸۸۲۴۳۰۴۷۸	۶۱۸۴۶۴۶۱۶۰	۱/۰۷ **	۷/۳	۱۲	۵۱/۹۴

**، * و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی‌دار

تجزیه همبستگی

برای درک روابط بین متغیرهای مورد مطالعه، با استفاده میانگین صفات، ضرایب همبستگی ساده پیرسون (Pearson correlation) بین صفات محاسبه شد. همبستگی صفات در جدول ۳ ارائه شده است. در بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، صفات ارتفاع بوته و درآمد، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد خشک نشان دادند. بین طول برگ با صفات عرض برگ، قطر ساقه، ضریب سطح برگ و وزن برگ سبز، بین عرض برگ با صفات قطر ساقه، ضریب سطح برگ، شاخص شکل برگ، بین تعداد برگ با ارتفاع بوته، بین ارتفاع بوته با ضریب سطح برگ، عملکرد خشک، درآمد، بین قطر ساقه با صفات ضریب سطح برگ، وزن برگ سبز، بین ضریب سطح برگ با وزن برگ سبز همبستگی معنی‌دار مثبت مشاهده گردید (جدول ۳). همبستگی معنی‌دار می‌تواند به‌دلیل وجود رابطه نزدیک بین ژن‌های کنترل کننده صفات یا به علت اثرات پلیوتروپی ژن-ها باشد. البته در استفاده از نتایج همبستگی باید جانب احتیاط را در نظر گرفت، زیرا همبستگی فقط میزان رابطه خطی بین دو متغیر را نشان داده و نمی‌تواند روابط علت و معلولی را توجیه کند، چون دو متغیر ممکن است تحت تأثیر متغیرهای دیگری نیز قرار گرفته باشند، لذا باید از روش‌های آماری چند متغیره در این خصوص استفاده نمود (Zhu *et al*., 2006). همبستگی بین صفات در توتون، در برخی مطالعات نیز گزارش شده است. در پژوهشی، به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی برای صفات مورفولوژیک در توتون، بین عملکرد خشک با صفات وزن برگ سبز، طول برگ و ضریب سطح برگ، همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده گردید (Porkabiri *et al*., 2019). در تحقیق دیگری، عملکرد خشک توتون با صفات تعداد برگ، وزن برگ سبز و ارتفاع بوته دارای همبستگی معنی‌دار و مثبت بود، که با نتایج تحقیق حاضر تا حدودی مطابقت داشت (Ahmed *et al*., 2014). در مطالعه روابط همبستگی و تجزیه علیت برای صفات زراعی در توتون، بین عملکرد خشک با صفات وزن برگ سبز، ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه و تعداد روز تا گل‌دهی، همبستگی مثبت و معنی-دار گزارش گردید که با نتایج تحقیق حاضر تا حدودی مطابقت داشت (Hatami Maleki *et al*., 2011). Jiao و همکاران (۲۰۰۷) ، در بررسی همبستگی صفات در توتون-های گرمخانه‌ای، بین ارتفاع گیاه، طول برگ، ضریب سطح برگ با عملکرد خشک، همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش

کردند (Jiao *et al*., 2007). در پژوهش دیگری گزارش شد که عملکرد برگ خشک در توتون، همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول و عرض برگ دارد، که نتایج آن‌ها با نتایج تحقیق حاضر کمی مغایرت داشت (Zhu *et al*., 2006). از آن جا که برگ توتون، بخش تجاری قابل استفاده در این گیاه است، عملکرد نهایی در توتون، به عوامل مؤثر در برگ بستگی دارد (Kearsey & Pooni, 1996). یکی از اهداف مهم در اصلاح توتون، افزایش عملکرد برگ خشک در واحد سطح است. با توجه به رابطه عملکرد برگ خشک و خصوصیات مهم زراعی این گیاه، یافتن شاخص‌های مناسب می‌تواند در اعمال گزینش جهت بهبود عملکرد برگ خشک نقش به‌سزایی داشته باشد (Butorac *et al*., 2004).

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های توتون گرمخانه‌ای

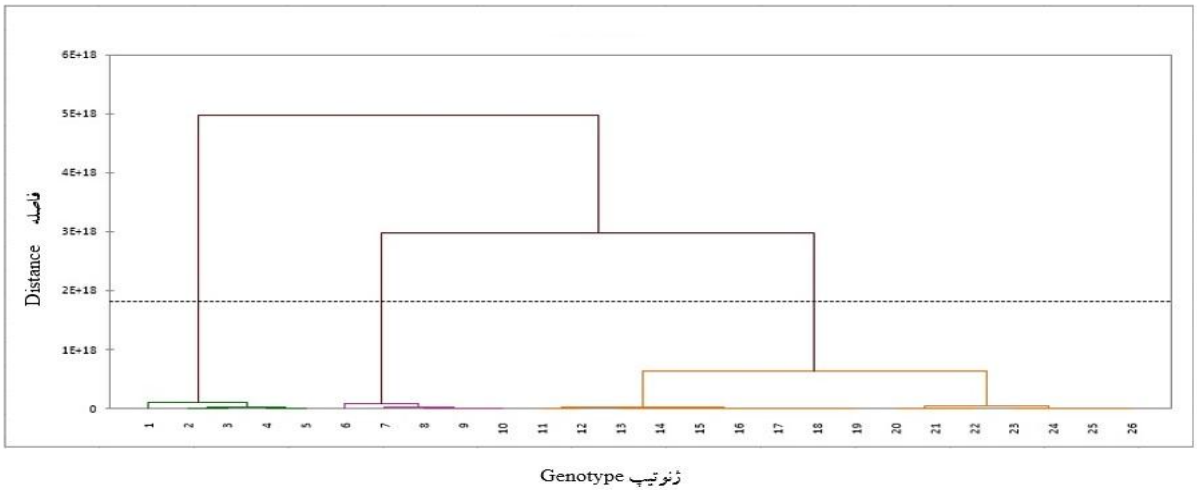
صفات	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه	کلروفیل	روز تا گلدهی	ضریب سطح برگ	شاخص شکل برگ	وزن برگ سبز	عملکرد خشک	متوسط قیمت	درآمد
طول برگ	۱												
عرض برگ	۰/۶۲۵**	۱											
تعداد برگ	-۰/۱۲۶ ns	۰/۱۸۲ ns	۱										
ارتفاع بوته	۰/۱۶۳ ns	۰/۲۶۶ ns	۰/۵۹۹**	۱									
قطر ساقه	۰/۵۶۹**	۰/۴۳۳ *	۰/۲۴۲ ns	۰/۱۹۲ ns	۱								
کلروفیل	۰/۱۴۲ ns	۰/۱۸۹ ns	۰/۲۸۴ ns	۰/۳۸۵ ns	۰/۰۷۵ ns	۱							
روز تا گلدهی	۰/۱۵۷ ns	۰/۰۲۱ ns	-۰/۰۷۲ ns	۰/۲۸۹ ns	۰/۰۴۳ ns	۰/۰۵۹ ns	۱						
ضریب سطح برگ	۰/۶۶۸**	۰/۷۶۵**	۰/۳۷۳ ns	۰/۴۰۳ *	۰/۶۷۸**	۰/۱۷۸ ns	۰/۰۵۴ ns	۱					
شاخص شکل برگ	-۰/۳۰۱ ns	۰/۵۲۱**	۰/۳۲۶ ns	۰/۱۰۵ ns	-۰/۰۶۲ ns	۰/۰۸۲ ns	-۰/۰۲۴ ns	۰/۲۳۴ ns	۱				
وزن برگ سبز	۰/۴۶۴ *	۰/۳۱۱ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۹۹ ns	۰/۴۶۸ *	۰/۱۱۶ ns	۰/۳۷۶ ns	۰/۴۳۸ *	-۰/۰۸۳ ns	۱			
عملکرد خشک	۰/۱۶۴ ns	۰/۱۳۴ ns	۰/۱۶۳ ns	۰/۴۵۹ *	۰/۲۴۲ ns	۰/۲۱۳ ns	۰/۳۲۷ ns	۰/۱۶۵ ns	۰/۰۵۴ ns	۰/۳۲۹ ns	۱		
متوسط قیمت	۰/۰۲۵ ns	۰/۲۱۶ ns	۰/۲۲۴ ns	-۰/۲۰۴ ns	۰/۱۵۶ ns	-۰/۰۱۲ ns	-۰/۱۱۷ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۱۸۳ ns	۰/۱۸۵ ns	۰/۰۱۳ ns	۱	
درآمد	۰/۱۶۵ ns	۰/۱۹۳ ns	۰/۲۱۶ ns	۰/۳۹۹ *	۰/۲۷۹ ns	۰/۲۰۲ ns	۰/۲۸۴ ns	۰/۱۷۵ ns	۰/۱۰۹ ns	۰/۳۶۴ ns	۰/۹۶۹ **	۰/۲۵۷ ns	

در این تحقیق، برای گروه‌بندی و تعیین میزان ارتباط و قرابت ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) با استفاده از ضریب فاصله اقلیدوسی (Euclidean Distance) و روش حداقل واریانس وارد (Wards' minimum method) به‌دلیل ارائه دندروگرام مناسب و نیز گروه‌بندی مطلوب مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای ۲۶ رقم توتون تیپ گرمخانه‌ای پس از استاندارد کردن داده‌ها با روش حداقل واریانس وارد، با برش دندروگرام توسط نرم افزار، موجب طبقه‌بندی ارقام به سه گروه مختلف گردید (شکل ۱). به‌ترتیب در کلاستر اول ۱۶ ژنوتیپ و درکلاسترهای دوم و سوم هرکدام پنج ۵ ژنوتیپ قرار گرفتند.

تجزیه خوشه‌ای (کلاستر)، از روش‌های آماری چندمتغیره می‌باشد که برای اندازه‌گیری و تعیین فواصل ژنتیکی، تعیین قرابت، دوری و نزدیکی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های واقع در هر گروه (خوشه) دارای کمترین فاصله ژنتیکی می‌باشند، لذا محققین جهت بدست آوردن حداکثر تنوع در پی ژنوتیپ‌هایی هستند که از نظر ژنتیکی از همدیگر دور باشند که این امر می‌تواند از طریق بررسی فاصله بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بدست آید (Camilca & Yaldiz, 2020). مشخص شده است که هیبریدهای حاصل از تلاقی بین والدین با فاصله ژنتیکی بیشتر، معمولا قدرت بیشتری نسبت به هیبریدهای حاصل از والدین با فواصل ژنتیکی کمتر از خود نشان می‌دهند. با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای می‌توان از بهترین ارقام موجود در گروه‌های با فاصله دورتر، جهت انتخاب والدین مناسب در تلاقی‌ها استفاده کرد (Darvishzadeh *et al*., 2016)

در پژوهشی، از روش تجزیه خوشه‌ای جهت انتخاب ژنوتیپ-های توتون بر اساس صفات کیفی استفاده نموده و گزارش شد که این روش، راه حل بهتر و ساده‌تری را از نظر انتخاب ژنوتیپ‌ها فراهم نموده و به‌عنوان یک روش پیش انتخابگر برای انتخاب ژنوتیپ‌ها کاربرد دارد (Moro & Denis, 1997). در پژوهش (Hosseinzadeh Fashalami *et al*., 2015)، ۳۶ ژنوتیپ توتون شرقی با انجام تجزیه خوشه‌ای به‌روش حداقل واریانس وارد، به ۷ گروه به‌ترتیب با ۶، ۵، ۳، ۸، ۲، ۴ و ۸ ژنوتیپ طبقه‌بندی شدند. Hatami Maleki و همکاران (۲۰۱۲) ، ۱۰۰ ژنوتیپ توتون شرقی را با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به چهار گروه مجزا طبقه‌بندی نمودند (Hatami Maleki *et al*., 2012).

نتایج مقایسه میانگین صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در ژنوتیپ‌های توتون مورد مطالعه در این تحقیق، نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که درگروه دوم قرار دارند، از نظر اکثر صفات مورد مطالعه دارای مقادیر بیشتری هستند. ژنوتیپ‌های گروه سوم، دارای کمترین مقادیر از نظر اکثر صفات مورد مطالعه بودند (جدول ۴).



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های توتون بر اساس صفات مورد مطالعه به‌روش وارد

جدول ۴- مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های توتون گرمخانه‌ای در صفات مورد مطالعه

گروه	تعداد ژنوتیپ‌ها	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه	کلروفیل	روز تا گلدهی	ضریب سطح برگ	شاخص شکل برگ	وزن سبز	عملکرد خشک	متوسط قیمت	درآمد
۱	۱۶	۵۹/۲۷	۲۷/۶۳	۳۱/۱۵	۱۵۵/۱۹	۲۱/۹۸	۶۹/۲۱	۸۵/۹۱	۸/۰۵	۰/۴۶	۲۷۲۱۷	۴۱۰۶	۱۲۳۶۵۴۰	۵۰۷۲۸۹۰۹۴۰
۲	۵	۶۰/۰۶	۲۸/۵	۳۱/۶۲	۱۶۱/۸۷	۲۱/۸۹	۷۴/۳۳	۸۵/۸	۸/۲۳	۰/۴۷	۲۹۱۱۰	۴۷۹۳	۱۲۴۴۶۳۵	۵۸۵۸۶۳۸۸۱۰
۳	۵	۵۸/۲۸	۲۷/۴۷	۳۰/۶۵	۱۴۹/۵۴	۲۰/۹۲	۶۸/۱۳	۸۴/۸	۷/۷۲	۰/۴۶	۲۵۷۹۹	۳۳۹۵	۱۲۲۸۳۲۵	۴۱۷۳۳۷۸۷۱۰

تجزیه به عامل‌ها

به‌منظور گروه‌بندی صفات، تعیین میزان اهمیت و ارتباط هر یک از آن‌ها در ایجاد تغییرات کل داده‌ها، کاهش تعداد متغیرهای اولیه و همچنین، تعیین اهمیت متغیرهایی که در گروه‌ها نقش داشتند، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) انجام شد. تحلیل عاملی، یک روش آماری چند متغیره برای شناسایی و ساده کردن مجموعه‌ای از داده‌های پیچیده می-باشد که در آن، هر عامل، ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی است. در این روش، متغیرها در گروه‌های بزرگتری به نام عامل‌ها (Factors) قرار می‌گیرند، به‌طوری که میزان واریانس از عامل اول به عامل‌های بعدی کاهش می‌یابد، از این رو متغیرهایی که در عامل‌های اولی قرار بگیرند،

تأثیرگذاری بیشتری روی صفت متغیر وابسته دارند (Abdi & Williams, 2010). نتایج تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از چرخش وریماکس (Varimax) روی میانگین صفات مورد مطالعه در تحقیق حاضر، نشان داد که پنج عامل اول که مقدار ویژه (Eigen value) آن‌ها بیشتر از یک بود، در مجموع با ۷۸/۹ درصد واریانس کل، جهت تبیین تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (جدول ۵). در جدول ۵، پارامترهای حاصل از تجزیه به عامل‌ها بر اساس مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های توتون شامل ماتریس ضرایب عاملی برای هر یک از صفات، مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس برای عامل‌های یک تا پنج آورده شده است. عامل اول با سهم ۳۱/۳۴ درصد از واریانس کل، صفاتی از قبیل طول برگ، عرض برگ، ضریب سطح برگ، وزن سبز و عملکرد خشک با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار قرار گرفتند. در عامل دوم که ۱۵/۲۱ درصد از واریانس کل را توجیه نمود، صفات قطر ساقه و درآمد با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار قرار گرفتند. در عامل سوم، ۱۴/۳۲ درصد از واریانس کل توسط صفات تعداد برگ، روز تا گلدهی و شاخص شکل برگ با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار توجیه شد. عامل چهارم، با توجیه ۱۰/۴۶ درصد از تنوع موجود بین ارقام شامل صفات کلروفیل و متوسط قیمت توتون با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار بود. عامل پنجم با توجیه ۷/۹۱ درصد از تنوع موجود بین ارقام، شامل صفت ارتفاع بوته با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار بود. محققین در سایر مطالعات نیز از این روش برای بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گیاهی از جمله توتون استفاده نمودند. در تحقیق (Mohsenzadeh Golfazani *et al.*, 2012)، به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی ۴۹ ژنوتیپ توتون گرمخانه‌ای با انجام تجزیه به عامل‌ها بر اساس مؤلفه‌های اصلی پس از چرخش وریماکس، چهار عامل اصلی، تعیین شده که در مجموع، ۷۹/۱۹ درصد از تغییرات داده‌های کل صفات بین ارقام را توجیه نمودند. در پژوهش (Maruthi Prasad *et al.*, 2023)، با انجام تجزیه به عامل‌ها بر اساس مؤلفه‌های اصلی، گزارش شد که چهار مؤلفه اول، ۹۴/۷۵ درصد از تغییرات داده‌های کل بین ارقام را توجیه نمودند

جدول ۵- تجزیه به عامل‌ها بر اساس مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های توتون گرمخانه‌ای

صفات	ماتریس ضرایب عاملی				
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
طول برگ	۰/۴۱۳ *	۰/۳۶۸	۰/۰۵۳	۰/۰۳۱	۰/۰۰۲
عرض برگ	۰/۵۱۵ *	۰/۱۱۱	۰/۱۵۷	۰/۰۱۵	۰/۱۰۶
تعداد برگ	۰/۱۸۸	۰/۱۸۵	۰/۲۹۰ *	۰/۰۱۱	۰/۰۸۷
ارتفاع بوته	۰/۳۳۷	۰/۲۱۳	۰/۰۲۴	۰/۲۵۸	۰/۰۰۵ *
قطر ساقه	۰/۴۸۴	۰/۱۳۹ *	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۹۶
کلروفیل	۰/۱۳۸	۰/۰۸۶	۰/۰۱۶	۰/۱۲۱	۰/۰۰۳
روز تا گلدهی	۰/۰۷۲	۰/۰۱۸	۰/۲۹۳ *	۰/۰۰۱	۰/۲۸۳
ضریب سطح برگ	۰/۶۵۷ *	۰/۱۳۷	۰/۰۷۶	۰/۰۲۷	۰/۰۰۵
شاخص شکل برگ	۰/۰۴۴	۰/۰۷۱	۰/۴۲۷ *	۰/۱۲۴	۰/۲۹۰
وزن برگ سبز	۰/۳۷۶ *	۰/۰۵۵	۰/۱۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰
عملکرد برگ خشک	۰/۳۶۹ *	۰/۳۱۲	۰/۱۹۷	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
متوسط قیمت	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰	۰/۰۴۴	۰/۶۲۴ *	۰/۱۴۴
درآمد	۰/۴۰۸	۰/۲۸۴ *	۰/۱۳۵	۰/۰۹۳	۰/۰۰۸
مقدار ویژه	۴/۰۳۴	۱/۹۷۸	۱/۸۶۲	۱/۳۶۰	۱/۰۲۹
واریانس (٪)	۳۱/۰۳۴	۱۵/۲۱۶	۱۴/۳۲۴	۱۰/۴۶۰	۷/۹۱۷
واریانس تجمعی (٪)	۳۱/۰۳۴	۴۶/۲۵۳	۶۰/۵۷۷	۷۱/۰۳۸	۷۸/۹۵۵

*ضرایب عاملی معنی‌دار

نتیجه‌گیری کلی

معرفی ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات مهم کمی و کیفی، می‌تواند باعث افزایش عملکرد تولید توتون شود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تنوع ژنتیکی قابل توجهی در ژنوتیپ‌های توتون مورد بررسی وجود داشته که به به‌نژادگران برای شناسایی پتانسیل ژنتیکی صفات مهم توتون و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی کمک می-نماید. در بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، صفات ارتفاع بوته و درآمد، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد خشک نشان دادند. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ های توتون مورد مطالعه با روش حداقل واریانس وارد، موجب طبقه‌بندی ارقام به سه گروه مختلف گردید. نتایج مقایسه میانگین صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در ژنوتیپ‌های توتون مورد مطالعه در این تحقیق، نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که درگروه دوم قرار دارند، از نظر اکثر صفات مورد مطالعه دارای مقادیر بیشتری هستند. نتایج تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از چرخش وریماکس (Varimax) روی میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که پنج عامل اول که مقدار ویژه (Eigen value) آن‌ها بیشتر از یک بود، در مجموع، ۷۸/۹ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمودند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش، به خاطر حمایت‌های مالی و همکاری در امکانات و اجرای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics, *2*(4), 433-459. https://doi.org /10.1002/wics.101

Ahmed, SH., Mohammad, F., Ahmed, Q., & Ullah Khan, M. A. (2014). Assessing genetic variation for morpho-agronomic traits of some native and exotic FCV tobacco genotypes in Pakistan. *American-Eurasian journal of agricultural & environmental sciences*, *14*(5), 428-433. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.05.12329

Butorac, A., Tursiae, I., Butorac, J., Basiae, F., Vuletiae, N., Kisiae, I., & Berdin, M. (2004). The effect of tobacco monoculture and crop rotation on tobacco leaf composition. *Apriculturae Conspectus Scientificus*, *69*(4), 95-101.

Camilca, M., & Yaldiz, G. (2020). Genetic diversity of one cultivar and 29 genotypes of tobacco based on morphological and yield properties. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, *30*(2), 442-453. https://doi.org/10.36899/JAPS.2020.2.0038

Chawla, H. S. (2003). Plant biotechnology a practical approach. *Science publishers Inc*. 302p.

Darvishzadeh, R., Mousavi Andazaghi, M. J., Fayyaz Moghaddam, A., Abbasi Holasou, H., & Alavi, S. R. (2016). Genetic analysis of morphological traits in oriental tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) by using generation mean analysis. *Plant Genetic Researches*, *3*(2), 11-24. (In Persian). https://doi.org /10.29252/pgr. 3. 2. 11

Farshadfar, E. (2002). Multivariate principles and procedures of statistics. Razi University Publication. 708p. (In persian).

Farsi, M., & Bagheri, A. (2006). Principles of plant breeding. Jihad-e-daneshgahi publications of Mashhad. Mashhad, Iran. 368 pp. (In Persian).

FAO. (2024). Food and agriculture organization of the United Nations statistics. Retrieved from htp//www. FAOSTAT.fao.org/site/562/default.aspx//.

Ganapathi, T., Suprasanna, P., Rao, P., & Bapat, V. (2004). Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) A model system for tissue culture interventions and genetic engineering. *Indian Journal of Biotechnology*, *3*(2), 171–184.

Goodarzi Mokri, P., Darvishzadeh, R., Maleki Zanjani, B., & Jannat doust, M. (2021). Studying genetic variation in recombinant inbred lines of oriental tobacco based on chemical traits. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(1), 183-195. (In Persian). https://doi.org /10.22034/CSRAR.2022.310590.1143

Hatami Maleki, H., Karimzadeh, G. H., Darvishzadeh, R., & Sarrafi, A. (2011). Correlation and sequential path analysis of some agronomic traits in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) to improve dry leaf yield. *Australian Journal of Crop Science*, *5*(12), 1644- 1648.

Hatami Maleki, H., Karimzadeh, Q., Darvishzadeh, R., & Alavi, R. (2012). Genetic diversity of oriental tobaccos using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *10*(1), 100-106. (In Persian). https://doi.org /10.22067/gsc.v10i1.14409

Hosseinzadeh Fashalami, N., Shahadati Moghaddam, Z., Kiani, GH., Salavati, M. R., Zamani, P., Mahdavi, R., & Alinejad, R. (2015). Investigation of genetic diversity among different oriental tobacco varieties using multivariate methods. *Journal of Crop Breeding*, *7*(5), 126-134. (In Persian).

Jiao, F.C., Xiao, H.Q. Yu, Y.H., Zhang, Y. H., & Lu, X. P. (2007). Gray correlation analysis on the main agronomic characters and yield of the flue-cured tobacco. *Journal of Hunan Agricultural University*. *33*(5), 564-567.

Koochaki, A., Nasiri, M., Jahani-Kandari, M., & Buromand Rezazadeh, Z. (2011). Study biodiversity of Industrial plants. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9(3), 301-309. (In Persian). https://dx.doi.org/10.22067/gsc.v9i3.11959

Lakshmish, K. J., & Shivanna, H. (1999). Correlation and path analysis in FCV tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 33(1), 45-48.

Layten, D., & Nielsen, M. T. (1999). Tobacco Production, Chemistry and Technology. Blackwell Science, New York. 467 pp.

Majnoun Hosseini, N., Ghafari, M. T & Alinejad, R. (2023). Effect of chemical fertilizers and farmyard manure on quantitative and qualitative yield of tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Plant Production and Genetics*, *4*(1), 87-94. https://doi.org/10.34785/J020.2022.018

Maruthi Prasad, B. P., Patil, B. R., Geeta, D., & Matiwade, P. S. (2023). Principal component analysis (PCA) and hierarchial clustering in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) for yield and yield attributing traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, *14*(2), 737-746. https://doi.org 10.37992/2023.1402.062

Mansour Ghanaei, F., Samieezadeh Lahijii, H. A., Rabeie, B., & Shoaii Deilami, M. (2012). Syudy the relationship between yield and yield components in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) varieties. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, *103*, 29-37. (In Persian). https://doi.org/10.22092/aj.2014.101202

Moghaddam, M., Mohammadi, S. A., & Aghaee Sarbarzeh, M. (2009). Multivariate Statistical Methods, APrimer. Parevar Press. pp. 280. (In Persian).

Mohsenzadeh Golfazani, M., Samizadeh Lahiji, S., Aalami, A., Shoaie Deilami, M., & Talesh Sasani, S. (2012). Grouping of flue-cured tobacco genotypes based on multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *14* (3), 250-262 (In Persian). https://doi.org /20.1001.1.15625540.1391.14.3.4.9

Mohsenzadeh Golfazani, M., Samizadeh Lahiji, S., Aalami, A., Shoaie Deilami, M., & Talesh Sasani, S. (2012). Study of relationship between Yield and Yield components in tobacco genotypes using Path Analysis Method. *Journal of Crop Breeding Research*, *4*(9), 27-40. (In Persian). https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101202

Moro, J., & Denis, J. B. (1997). Selecting genotypes by clustering for qualitative genotype by environment interaction using a non- symmetric inferiority score. *Agronomy Journal*, *17*(5), 283-289.

Porkabiri, Z., Sabaghnia, N., Ranjbar, R., & Hatami Maleki, H. (2019). Genetic variation of some tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) genotypes by morphological traits. *Scientia Agriculturae Bohemica*, *50*(1), 1-7. https://doi.org /10.2478/sab-2019-0001

Shah, S. M. A., Ashfaq Shfaq, A., Fida, M., Hidayat, R., Woras, G., Khan, M. Y., & Jan, D. (2009). Genotypic evaluation of some flue-cured Virginia tobacco genotypes for yield and quality traits. *Sarhad Journal of Agriculture*, *24*(4), 607–611.

Sharma, S. (1996). Applied multivariate techniques. 1nd ed. *John Wiley and Sons*, New York. 493 Pp.

Samudin, S., & Fakultas, P. (2003). Correlation among characteristics of some tobacco penotypes and its implication.in selection. *Journal Aproland*, *10*(2), 112-118.

Zhu, J., Xiao, B.G., Lu, X.P., Bai, Y. F., & Li, Y. P. (2006). Genetic and correlation analysis for agronomic traits in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *College of Agriculture and Biotechnology*, *28*(3), 317-32.