Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 4, 2025 p: 22-31

OPEN ACCESS

Research Paper

Identification of Oriental Tobacco Genotypes with Yield Stability under Orobanche Stress Conditions

Reza Darvishzadeh[1], Mona Bordbar[2], Hamid Hatami Maleki[3], Maryam Tahmasbali[4] and Amir Fayaz Moghaddam[5]

1- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding author: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)

2- Ph.D. Student in Genetics and Plant Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

4- Ph.D. in Genetics and Plant Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

5- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 10 March, 2025 Revised: 24 June, 2025 Accepted: 27 July, 2025

Extended Abstract

Background: Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) with 2n = 4x = 48 chromosomes is one of the most important industrial and economic plants in many countries of the world, which is mainly cultivated for harvesting and collecting its leaves. Due to its polygenic nature, the performance of tobacco is significantly affected by both abiotic and biotic stresses, including the weed Orobanche. In this context, the response of varieties to the environment varies depending on the genotype of the cultivar, which is referred to as the genotype × environment interaction. By studying the genotype × environment interaction and analyzing stability, it is possible to select genotypes that have satisfactory performance in various environmental conditions. Although there are many reports on the use of stability methods in assessing the response of plants to the environment, there are no reports on the stability of dry leaf yield of tobacco across environments contaminated with weeds. This project aims to evaluate the response of existing oriental tobacco genotypes in the country's tobacco germplasm in two environments: with and without Orobanche weeds, to identify and select compatible and stable genotypes in the studied environments.

Methods: In this experiment, 92 oriental and semi oriental type tobacco genotypes were evaluated in terms of tolerance to Orobanche stress based on a randomized complete block design with three replications. The tobacco genotypes were prepared from the genetic and biological resources bank of the Urmia Tobacco Research Center and the Tirtash Tobacco Research Institute (Mazandaran). For cultivation, 10-liter clay pots were selected and filled with soil prepared from an alfalfa field, and the pots were arranged according to the experimental design plan in an open area space in the Urmia Tobacco Research Center. Alfalfa is not the host of Orobanche, and its long-term establishment in the field (usually 6 years) does not permit Orobanche seed dispersion in the soil; therefore, the soil should be almost free of Orobanche seeds. In the experiment with Orobanche infection, the soil of the pots, before being filled, was mixed with 0.06 g of *Orobanche cernua* seeds (containing approximately 12,000 seeds), which were collected from the field of Urmia Tobacco Research Center one year before starting the experiment. In the north-west regions and especially in West Azerbaijan, this type of Orobanche is predominant on the tobacco and is seen more often in the fields. The seedlings of each tobacco genotype were prepared in the bed, and when the tobacco seedlings reached a height of 12 cm, they were transferred to the pots. All agricultural operations, such as transplanting, irrigation, adding soil at the base of the plant, and protecting against pests and diseases during the tobacco growing period, were carried out according to the existing standards for oriental tobacco. The leaves of tobacco genotypes were harvested at the time of industrial ripening (about 45-50 days after transplanting) three times, dried in the sun, and weighed using a digital scale with an accuracy of 0.001 g. The univariate parameters of stability were calculated after individual and combined analyses of variance.

Results: The results of the analysis of variance showed a significant difference among tobacco genotypes for all the studied traits. Moreover, the genotype × environment interaction was significant for all traits, indicating different responses of tobacco genotypes under Orobanche-

Copyright ©2025 Darvishzadeh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

stressed and non-stressed conditions. Mean comparisons showed that the Orobanche stress reduced the averages of all morphological traits. Stability analysis using methods based on variance and regression analyses revealed that genotypes 45, 33, and 78 had the highest coefficient of variation, indicating the lowest level of stability. Among these, genotype 45 had a mean value higher than the overall mean. Furthermore, genotypes 75, 53, and 41 were identified as stable genotypes due to possessing the lowest stability variance. According to the Plastid and Peterson method (θi), genotypes 75, 55, 53, and 41 showed the lowest θi values. Among these, genotype 53 demonstrated a mean performance higher than the overall average.
Conclusion: By evaluating the stability of genetic materials, stability indices can be highly beneficial for the optimal and efficient selection of parental genotypes to develop high-yielding and stress-tolerant cultivars. Based on different stability methods, genotype 53 is introduced as a stable genotype with optimal performance.

Keywords: Compatible genotype, Orobanche, Stable genotype, Tobacco

How to Cite This Article: Darvishzadeh, R., Bordbar, M., Hatami Maleki, H., Tahmasbali, M., & Moghaddam, A. F. (2025). Identification of Oriental Tobacco Genotypes with Yield Stability under Orobanche Stress Conditions. *J Crop Breed,* 17(4), 22-31. DOI: 10.61882/jcb.2025.1581

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

شناسایی ژنوتیپ‌های توتون شرقی با پایداری عملکرد در شرایط تنش گل جالیز

رضا درویش‌زاده[1]، مونا بردبار[2]، حمید حاتمی ملکی[3]، مریم طهماسب عالی[4] و امیر فیاض مقدم[5]

۱- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، (نویسنده مسوول: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۴- دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۵- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۵
صفحه: ۲۲ تا ۳۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: توتون (*Nicotiana tabacum* L.) با 2n = 4x = 48 کروموزوم یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی و اقتصادی در بسیاری از کشورهای دنیا است که عمدتاً به‌خاطر برداشت و جمع‌آوری برگ‌های آن کشت می‌شود. عملکرد توتون به‌دلیل طبیعت پلی‌ژنیکی که دارد، شدیداً تحت تاثیر تنش‌های غیر زنده و زنده از جمله علف هرز گل جالیز قرار می‌گیرد. در این میان، واکنش واریته‌ها به محیط بسته به ژنوتیپ رقم متفاوت است که از آن به برهمکنش ژنوتیپ × محیط یاد می‌شود. با بررسی برهمکنش ژنوتیپ در محیط و تجزیه پایداری می‌توان ژنوتیپ‌هایی را انتخاب نمود که در انواع مختلف محیط‌ها از عملکرد مطلوبی برخوردار باشند. اگرچه در مورد استفاده از روش‌های پایداری در ارزیابی واکنش گیاهان به محیط گزارشات زیادی وجود دارد، ولی در مورد پایداری عملکرد برگ خشک توتون در محیط‌های آلوده به گل جالیز گزارشی وجود ندارد. این پروژه با هدف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های توتون شرقی موجود در ژرم‌پلاسم توتون کشور در دو محیط گل‌جالیزدار و بدون گل‌جالیز به‌منظور شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و پایدار در محیط‌های مورد مطالعه انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش، ۹۲ ژنوتیپ توتون تیپ شرقی و نیمه‌شرقی از لحاظ تحمل به تنش گل جالیز در طی دو سال زراعی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های توتون از بانک ذخایر ژنتیکی و زیستی مرکز تحقیقات توتون ارومیه و انستیتو تحقیقات توتون تیرتاش (مازندران) تهیه شدند. برای کشت، گلدان‌های سفالی به حجم ۱۰ لیتر انتخاب و با خاکی که از مزرعه یونجه تهیه شده بود، پُر شدند و گلدان‌ها بر اساس نقشه طرح در فضای باز در محوطه مرکز تحقیقات توتون ارومیه چیده شدند. یونجه میزبان گل جالیز نیست و استقرار طولانی مدت آن در مزرعه (معمولاً شش سال) باعث می‌شود هرگونه بذر گل جالیز موجود در خاک از بین برود؛ بنا بر این، خاک تقریباً عاری از گل جالیز شود. در محیط گل جالیزدار، خاک گلدان‌ها قبل از پرشدن با ۰/۰۶ گرم بذر گل جالیز گونه *Orobanche cernua* (حاوی تقریباً ۱۲۰۰۰ بذر) که از مزرعه مرکز تحقیقات توتون ارومیه در سال قبل از اجرای آزمایش جمع‌آوری شده بود، مخلوط شد. در مناطق شمال غرب و مخصوصاً در آذربایجان غربی، این گونه گل جالیز روی گیاه توتون غالب است و در مزارع بیشتر دیده می‌شود. نشاء هر یک از ژنوتیپ‌های توتون در خزانه تهیه شد و وقتی گیاهچه‌های توتون به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر رسیدند، به گلدان‌ها منتقل شدند. برگ‌های ژنوتیپ‌های توتون در زمان رسیدگی صنعتی (حدود ۴۵ تا ۵۰ روز بعد از نشاکاری) در سه نوبت (پابرگ، کَمَر برگ و لَچه برگ) برداشت، در آفتاب خشک، و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. پس از انجام تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب، به‌علت وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط آماره‌های تک‌متغیره پایداری محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های توتون از نظر تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مورد تمامی صفات معنی‌دار بود که حاکی از وجود تنوع بین ژنوتیپ‌ها و عکس‌العمل متفاوت آن‌ها به شرایط عدم تنش و تنش گل جالیز است. مقایسات میانگین نشان دادند که تنش گل جالیز میانگین کلیه صفات مورفولوژیک را کاهش می‌دهد. براساس نتایج روش‌های تجزیه پایداری مبتنی بر تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون، ژنوتیپ‌های شماره ۴۵، ۳۳ و ۷۸ به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار ضریب تغییرات و به‌عبارتی کمترین میزان پایداری بودند؛ در این بین، ژنوتیپ ۴۵ میانگین بالاتر از میانگین کل داشت. ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۵۳ و ۴۱ به علت داشتن کمترین مقدار واریانس پایداری، جزء ژنوتیپ‌های پایدار بودند. بر اساس نتایج روش پلستید و پترسون (θi)، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۵۵، ۵۳ و ۴۱ کمترین مقدار θi را داشتند و در بین آن‌ها ژنوتیپ ۵۳ عملکردی بالاتر از میانگین کل داشت.

نتیجه‌گیری: معرفی و استفاده از شاخص‌های پایداری، به‌واسطه ارزیابی پایداری مواد ژنتیکی تا حد زیادی می‌تواند در گزینش هدفمند ژنوتیپ‌ها در راستای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب و کارآمد و توسعه ارقام پُرمحصول و متحمل به تنش سودمند باشد. بر اساس روش‌های مختلف پایداری، ژنوتیپ شماره ۵۳ به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد مطلوب معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توتون، ژنوتیپ سازگار، ژنوتیپ پایدار، گل‌جالیز

مقدمه

توتون (*Nicotiana tabacum* L.) با 2n = 4x = 48 کروموزوم یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی و اقتصادی در بسیاری از کشورهای دنیا است (Davalieva *et al.*, 2010) که عمدتاً به‌خاطر برداشت و جمع‌آوری برگ‌های آن کشت می‌شود (Bozhinova, 2006). در میان تنش‌های زنده و غیر زنده، علف هرز گل جالیز از خانواده Orobanchaceae از مهم‌ترین تهدیدات در تولید موفق توتون است (Goldwasser & Kleifeld, 2004). خانواده Orobanchaceae از بزرگترین خانواده‌های گیاهی در میان پارازیت‌های اجباری است. جنس *Orobanche* دارای ۱۴۲ گونه پارازیت است که از این تعداد، ۳۹ گونه در ایران گزارش شده‌اند و نه گونه انحصاری منطقه‌ی "فلور ایرانیکا" هستند (Saeidi *et al.*, 2010; Schneeweiss *et al.*, 2004). گونه‌های جنس *Orobanche* علاوه بر توتون باعث خسارت شدید در تعدادی دیگر از محصولات زراعی از جمله آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، شبدر (*Trifolium* spp.)، کلزا (*Brassica oleracea* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) می‌شوند (Rispail *et al.*, 2007).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

عملکرد توتون به‌دلیل طبیعت پلی‌ژنیکی که دارد، شدیداً تحت تاثیر تنش‌های غیر زنده و زنده از جمله علف هرز گل جالیز قرار می‌گیرد. در این میان، واکنش واریته‌ها به محیط بسته به ژنوتیپ رقم متفاوت است که از آن به برهمکنش ژنوتیپ × محیط یاد می‌شود. معمولاً برهمکنش بالای ژنوتیپ در محیط از تخمین دقیق عملکرد جلوگیری می‌کند و همبستگی بین مقادیر ژنوتیپی و فنوتیپی را کاهش می‌دهد. روش‌های تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و بررسی پایداری موجب غربالگری و انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شوند که در انواع مختلف محیط‌ها بهترین عملکرد را دارند (Hongyu *et al.*, 2014). در حقیقت، پایداری به‌عنوان عملکرد غیر قابل تغییر ژنوتیپ در سال‌ها و یا مکان‌ها تعریف می‌شود و از دو دیدگاه مختلف قابل بررسی است که عبارتند از: پایداری استاتیک یا مفهوم بیولوژیکی که به عدم پاسخ ژنوتیپ به هر تغییر محیطی اشاره دارد و پایداری دینامیک یا مفهوم آگرونومیکی (زراعی) که اشاره به این واقعیت دارد که ژنوتیپ به‌طور قابل پیش‌بینی به شرایط رشدی مناسب پاسخ خواهد داد (Messina, 2011). معمولاً مفهوم استاتیک پایداری مربوط به ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین است (Becker & Leon, 1988). در حالی‌که مفهوم زراعی باید با پتانسیل عملکرد خوب تکمیل گردد تا اطمینال حاصل شود که برتری یک ژنوتیپ تحت دامنه وسیعی از محیط‌ها، عملیات مدیریتی و تنش‌های زنده و غیر زنده پایدار می‌ماند (Singh & Trethowan, 2007). از اشکال عمده پارامترهای دارای ماهیت بیولوژیک آن است که ژنوتیپ‌های با عملکرد یکنواخت در همه محیط‌ها، معمولاً کم محصول هستند و با عملکرد بالا رابطه ندارند. در مقابل، در مفهوم زراعی پایداری یک پاسخ قابل پیش‌بینی نسبت به عوامل محیطی وجود دارد و احتمال این که عملکرد ژنوتیپ‌ها با بهبود شرایط محیطی افزایش یابد، وجود دارد. استفاده از واریانس برهمکنش ژنوتیپ در محیط جهت تعیین پایداری ارقام در سال ۱۹۵۹ توسط پلستد و پیترسون (Plaisted & Peterson, 1959) پیشنهاد گردید. شاخص پایداری اکووالانس ریک که یکی از پرکاربردترین روش‌های تعیین پایداری است در سال ۱۹۶۲ توسط ریک (Wricke, 1962) ارائه گردید. استفاده از ضریب رگرسیون برای بررسی پایداری ارقام با پیشنهاد فینلی و ویلکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) فراگیر گردید. آن‌ها در سال ۱۹۶۳ با استفاده از رگرسیون، پایداری ارقام جو در استرالیا را تعیین و اعلام نمودند که روش رگرسیون می‌تواند در امر ارزیابی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد به‌کار رود. در سال ۱۹۷۲ آماره پایداری شوکلا که مشابه شاخص پایداری اکوولانس ریک است توسط شوکلا ارائه گردید (Shukla, 1972). در سال ۱۹۷۳ پینتوس (Pinthus, 1973) استفاده از ضریب تغییرات در روش رگرسیون را برای تعیین پایداری ارائه نمود. فرانسیس و کاتنبرگ (Francis & Kannenberg, 1978) نیز ضریب تغییرات محیطی را در سال ۱۹۷۸ ارائه دادند. از میان روش‌های آماری، روش رگرسیون خطی بیشترین کاربرد را در مطالعه واکنش ژنوتیپ‌ها دارد (Lin & Binns, 1991). ابرهارت و راسل (Eberhart & Russell, 1966) از کمیت‌های آماری شیب خط رگرسیون (bi) و واریانس انحراف از خط رگرسیون (S^2di) برای تعیین سازگاری و ثبات عملکرد ارقام استفاده کردند. بر اساس این مدل، حالت‌های مختلف bi یعنی bi<1، bi=1 و bi>1 به‌ترتیب بیان موقعیت خوب، متوسط و ضعیف ژنوتیپ از نظر پایداری هستند. در این روش‌T واریانس انحراف از خط رگرسیون (S^2di) باید برای ژنوتیپ پایدار کمتر باشد و در جدول تجزیه رگرسیون معنی‌دار نباشد. روش‌های پارامتری مختلفی به‌منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و تحلیل پایداری ارائه شده‌اند، اما یک روش که توسط همه پذیرفته شده باشد، هنوز معرفی نگردیده است (Kaya *et al.*, 2006). اگرچه در مورد استفاده از روش‌های پایداری در ارزیابی پایداری عملکرد گیاهان از گونه‌های مختلف گزارشات زیادی وجود دارد، ولی در مورد پایداری عملکرد برگ خشک توتون به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان صنعتی در دنیا و در مجاورت گل جالیز گزارشی وجود ندارد. این پروژه با هدف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های توتون شرقی موجود در ژرم‌پلاسم توتون کشور در دو محیط گل جالیزدار و بدون گل جالیز به‌منظور شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و پایدار در محیط‌های مورد مطالعه انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایش

این آزمایش طی ۲ سال (۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷) متوالی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات توتون ارومیه با طول جغرافیایی ۴۴/۵۸ درجه و عرض جغرافیایی ۳۷/۳۴ درجه با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. در این پژوهش، ۹۲ ژنوتیپ توتون شرقی از لحاظ تحمل به تنش گل جالیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های توتون از بانک ذخایر ژنتیکی و زیستی مرکز تحقیقات توتون ارومیه و انستیتو تحقیقات توتون تیرتاش (مازندران) تهیه شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. برای کشت، گلدان‌های سفالی به حجم ۱۰ لیتر انتخاب و با خاکی که از مزرعه یونجه تهیه شده بود، پُر شدند و گلدان‌ها براساس نقشه طرح در فضای باز در محوطه مرکز تحقیقات توتون ارومیه چیده شدند. یونجه میزبان گل جالیز نیست و استقرار طولانی‌مدت آن در مزرعه (معمولاً شش سال) باعث می‌شود هرگونه بذر گل جالیز موجود در خاک از بین برود؛ بنابراین خاک تقریباً عاری از گل جالیز شود. در محیط گل جالیزدار، خاک گلدان‌ها قبل از پرشدن با ۰/۰۶ گرم بذر گل جالیز گونه *Orobanche cernua* (حاوی تقریباً ۱۲۰۰۰ بذر (Mamnoie, 2017) که از مزرعه مرکز تحقیقات توتون ارومیه در سال قبل از اجرای آزمایش جمع‌آوری شده بود، مخلوط شد. در مناطق شمال غرب و مخصوصاً در آذربایجان غربی، این‌گونه گل جالیز روی گیاه توتون غالب است و در مزارع بیشتر دیده می‌شود. نشاء هریک از ژنوتیپ‌های توتون در خزانه تهیه شد و وقتی گیاهچه‌های توتون به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر رسیدند، به گلدان‌ها منتقل شدند. تمامی عملیات زراعی از قبیل نشاکاری، آبیاری، خاک پای بوته و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در طول دوره‌ی رشد توتون با توجه به استانداردهای موجود برای توتون‌های شرقی انجام گرفت. برگ‌های ژنوتیپ‌های توتون در زمان رسیدگی صنعتی (حدود ۴۵ تا ۵۰

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

روز بعد از نشاکاری) در سه نوبت (پابرگ، کَمَر برگ و لَچه برگ) برداشت، در آفتاب خشک، و با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند.

استفاده از داده‌های زمان گذشته (Historic data) به‌منظور شناسایی والدین با نمود فنوتیپی مناسب و پایدار جهت انجام تلاقی و تولید جمعیت‌های در حال تفرق در راستای تولید ارقام پرمحصول و متحمل به تنش گل جالیز بود. استفاده از داده‌های زمان گذشته بانک‌های ژن در فعالیت‌های به‌نژادی از قبیل تجزیه دای‌الل (انتخاب والدین تلاقی)، تجزیه پیوستگی و نقشه‌یابی QTL (انتخاب والدین جمعیت نقشه)، نقشه‌یابی ارتباطی و گزینش ژنومی مرسوم است (Dawson *et al.,* 2013; Khaki *et al.,* 2020; Ballén-Taborda *et al.,* 2022; Alemu *et al.,* 2024; Fernández-González *et al.,* 2024). با توجه به تجدید بذر لاین‌ها در بانک‌های ژن گیاهی، براساس نتایج تجزیه و تحلیل‌ها می‌توان در هر زمانی نمونه‌های مطلوب موردنظر را شناسایی و مورد استفاده قرار داد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

اول تجزیه واریانس برای داده‌های عملکرد به‌طور جداگانه برای هر ترکیب سال × تنش انجام گرفت. به‌عبارتی، برای داده‌های عملکرد در سال اول–شرایط نرمال، سال اول–شرایط تنش، سال دوم–شرایط نرمال و سال دوم شرایط تنش انجام گرفت. آزمون بارتلت به‌منظور بررسی یکنواختی خطاهای آزمایش انجام گرفت و سپس تجزیه واریانس مرکب انجام شد. تجزیه مرکب، در دو حالت: ۱) با در نظر گرفتن محیط (سال× شرایط آزمایش؛ گل‌جالیزدار و بدون گل‌جالیز) و ۲) با جداگانه در نظر گرفتن سال و شرایط آزمایش انجام گرفت. برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها از نرم‌افزار SAS و برای محاسبه روش‌های مختلف پایداری از برنامه STABILITYSOFT که نرم‌افزاری آنلاین است و براساس JavaScript و R برای محاسبه چندین آماره تک‌متغیره پارامتری ارایه شده است (Pour-Aboughadareh *et al.,* 2019) استفاده شدند. آماره‌های برآوردشده در این برنامه، شامل اجزای میانگین واریانس پلیستد و پترسون (θi) (Plaisted & Peterson, 1959)، مؤلفه واریانس GE پلیستد (θi) (Plaisted, 1960)، شاخص پایداری اکووالانس ریک (W^2i) (Wricke, 1962)، ضریب رگرسیون (bi) (Finlay & Wilkinson, 1963)، انحراف از رگرسیون (S^2di) (Eberhart & Russell, 1966)، واریانس پایداری شوکلا (σ^2i) (Shukla, 1972)، ضریب تغییرات محیطی (CVi) (Francis & Kannenberg, 1978)، و مجموع رتبه کل کانگ (Kang, 1988) هستند.

نتایج و بحث

پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه مرکب بر روی داده‌های حاصل از آزمایش انجام گرفت (جدول ۱). در این تحقیق، اثر ژنوتیپ، محیط (یا همان شرایط گل جالیزدار و بدون گل جالیز در دو سال) و ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش است. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، چنین به‌نظر می‌رسد که بین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های مختلف مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشته است و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های مختلف دارای نوسان است. با وجود چنین نتایجی، انتخاب و توصیه یک ژنوتیپ برای کلیه شرایط و محیط‌ها مستلزم احتیاط و دقت بالایی است. به این معنی که ژنوتیپی باید انتخاب شود که در عین پرمحصولی، تغییرات عملکرد کمتری از محیطی به محیط دیگر داشته باشد و در شرایط تنش گل‌جالیز نیز همانند عدم وجود گل‌جالیز دارای عملکرد مطلوب باشد؛ به‌عبارت دیگر، عملکرد آن باید از پایداری و سازگاری بالایی برخوردار باشد (Farshadfar, 1987). بنا بر این، باید تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از آماره‌های مورد نظر انجام گیرد (Mohammadi *et al.,* 2015). به‌دلیل وجود داده‌های گمشده برای بعضی ژنوتیپ‌ها (۷، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۲۱، ۲۲، ۳۶، ۴۳، ۴۸، ۵۰، ۵۴، ۶۳، ۶۵، ۶۶) در بعضی سال‌ها و یا شرایط آزمایش، این ژنوتیپ‌ها در تجزیه پایداری در نظر گرفته نشدند.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد (وزن خشک برگ، گرم در بوته) ژنوتیپ‌های توتون

Table 1. Combined analysis of variance of the yields (dry leaf weight, g per plant) of tobacco genotypes

تجزیه مرکب با در نظر گرفتن سال و مکان Combined analysis considering year and location			تجزیه مرکب با در نظر گرفتن محیط (سال × مکان) Combined analysis considering environment (year × location)		
منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square	منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square
سال (Year)	1	2086.49**	محیط (Enviroment)	3	1251.55**
تنش (Stress)	1	1317.86ns	تکرار داخل محیط Replication (Environment)	6	8.09
سال × تنش (Year × Stress)	1	69.27ns	ژنوتیپ (Genotype)	91	609.99**
تکرار (سال × تنش) ((Year × Stress) Rep)	6	8.09ns	ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment	258	91.59**
ژنوتیپ (Genotype)	91	606.001**	اشتباه آزمایشی Experimental error	516	37.83
سال × ژنوتیپ (Year × Genotype)	91	159.38**	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		48.07
تنش × ژنوتیپ (Stress × Genotype)	91	57.76**			
سال × تنش × ژنوتیپ Year × Stress × Genotype	76	27.08ns			
اشتباه آزمایشی (Experimental error)	516	37.83			
ضریب تغییرات ((Coefficient of variation (%)		48.07			

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪.

ns: non-significant, * and **: significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

جدول ۲- میانگین عملکرد برگ خشک ژنوتیپ‌های توتون شرقی مورد مطالعه

Table 2. Yields (dry leaf weight) of tobacco genotypes studied in the present experiment

رتبه Rank	میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype	کد Code	رتبه Rank	میانگین Mean	ژنوتیپ Genotype	کد Code
lkojsifrhpqnm	11.81	Basma 181-8	47	lkojsifrhpqnm	14.43	Kharmanli 163	1
lkojsifrhpqnm	13.757	Zichna	48	lkojsirhpqnm	10.20	Nevrokop	2
lkojsifrhpqnm	13.17	Izmir	49	lkojsirhpqnm	10.31	Trabozan	3
lkojsirhpqnm	9.757	P.D.324	50	bac	28.43	Krumovraid	4
lkojsirhpqnm	10.54	P.D.325	51	lkojsifrhpqnm	11.32	Basma.S.31	5
lkojsrpqnm	8.08	P.D.406	52	lekojdifhpcnm	16.45	Triumph	6
lkojsifrhpqnm	13.26	P.D.328	53	lkojsirhpqnm	8.64	Xanthi	7
lkojsirhpqnm	10.986	P.D.329	54	osrpqn	6.27	Matianus	8
lkojsifrhpqnm	12.65	P.D.336	55	lkojsifrhpqnm	13.45	Immni 3000	9
osrpqnm	6.68	P.D.345	56	ebjdifhc	20.30	Melkin 261	10
lkojsirhpqnm	10.43	P.D.364	57	lkosrpqnm	7.90	Tyk-Kula	11
lkojsirhpqnm	10.28	P.D.365	58	lekojdifhpqnm	15.99	Ss-289-2	12
lkosrpqnm	8.05	P.D.371	59	bdac	28.05	Ohdaruma	13
lkojsifrhpqnm	11.45	P.D.381	60	lkojsirhpqnm	9.54	Ploudive 58	14
osrpqn	6.505	SPT 403	61	lkojsirhpqnm	10.60	Line 20	15
lkojsirhpqnm	8.62	SPT 405	62	ebdfc	21.85	T-B-22	16
osrpqn	6.3	SPT 406	63	lekojdifrhpqnm	15.91	Ts 8	17
osrpqn	5.57	SPT 408	64	lkojsifrhpqnm	13.51	Alborz23	18
osrpqn	5.6	SPT 409	65	ba	29.88	F.K.40-1	19
osrpqn	6	SPT 410	66	ebjdifhc	20.30	Pz17	20
srpq	4.48	SPT 412	67	lekbjdifhcm	18.80	K.P.Ha	21
lkosrpqnm	7.24	Esfahan5	68	lekojdifhcnm	16.90	K.B	22
sr	3.73	SPT 420	69	ebdfc	23.33	.D.165	23
s	3.65	SPT 430	70	a	36.34	H.T.I	24
osrpqn	5.96	SPT 432	71	lkojsifrhpqnm	12.09	Kramorad N.H.H. 659	25
srpq	4.44	SPT 433	72	lkojsifrhpqnm	13.77	T.K.23	26
lkojsifrhpqnm	12.49	SPT 434	73	lkojsirhpqnm	10.19	L 16a	27
s	3.6	SPT 436	74	lkojsifrhpqnm	13.43	Izmir 7	28
osrpq	5.41	SPT 439	75	lkojsifrhpqnm	14.58	Mutant 3	29
lkojsirpqnm	8.4	SPT 441	76	lkojsirhpqnm	9.88	Mutant 4	30
srq	3.92	Esfahan2	77	lkojsifrhpqnm	11.46	Pobeda 1	31
osrpq	4.75	SPT 413	78	lkojsirhpqnm	9.93	Pobeda 2	32
srq	3.92	Esfahani	79	lkojsirpqnm	8.47	Rustica	33
lkosrpqnm	7.68	Jahrom14	80	lekbjdifhcnm	17.72	Samsun 959	34
s	3.68	Borazjan	81	lkojsifrhpqnm	12.04	Samsun dere	35
lkosrpqnm	7.4	L 16b	82	lkojsifrhpqnm	12.77	OR-205	36
osrpq	5.06	Balouch	83	lkojsirhpqnm	8.95	OR-345	37
lkojsirhpqnm	8.94	Leneh	84	losrpqnm	6.84	OR-379	38
lkosrpqnm	7.08	Saderati	85	a	38.19	C.H.T.209.12e	39
lkosrpqnm	7.26	Erahi	86	a	38.88	C.H.T.209.12e×F.K.40-1	40
lkojsirhpqnm	9.38	Shahroudi	87	lkojsirhpqnm	9.35	C.H.T.266-6	41
lkojsirpqnm	8.28	T.K.L	88	ekbjdifhc	19.21	C.H.T.283-8	42
lekojsifrhpqnm	15.5	L 17	89	bdac	27.99	C.H.T.273-38	43
lekojdifhpcnm	16.58	C.H.T.269-12e	90	ebdac	26.86	Basma 12-2	44
ebdfhc	20.73	Samsun 1	91	ebdac	27.42	Basma 16-10	45
ebdifhc	20.5	Samsun Katenizi	92	lekbjdifhc	18.98	Basma 104-1	46

پایداری عملکرد برگ خشک در شرایط نرمال و تنش گل جالیز

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های توتون برای صفت عملکرد وزن خشک برگ نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۹ (C.H.T.209.12e)، ۴۰ (C.H.T.209.12e×F.K.40-1) و ۲۴ (H.T.I) بالاترین میانگین و ۷۴ (SPT 436)، ۷۰ (SPT 430) و ۸۱ (Borazjan) کمترین میانگین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بودند (جدول ۲). روش‌های تجزیه پایداری تک‌متغیره مبتنی بر تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون به‌منظور ارزیابی پایداری عملکرد محاسبه شدند. نتایج حاصل از آماره پایداری ضریب تغییرات (CVi) نشان دادند که ژنوتیپ‌های ۷۲ (SPT 433)، ۱۴ (Ploudive 58) و ۵۲ (P.D.406) به‌ترتیب کمترین ضریب تغییرات را همراه با میانگین عملکرد پایین‌تر از میانگین کل به‌خود اختصاص دادند، در نتیجه پایداری بیولوژیکی دارند و از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار هستند. ژنوتیپ‌های شماره ۴۵ (Basma 16-10)، ۳۳ (Rustica) و ۷۸ (SPT 413) به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار ضریب تغییرات و به‌عبارتی کمترین میزان پایداری بودند؛ در این بین، ژنوتیپ ۴۵ (Basma 16-10) میانگین بالاتر از میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۳۳ (Rustica) و ۷۸ (SPT 413) میانگین کمتر از میانگین کل را دارا بودند. بر اساس واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپی که دارای کمترین مقدار آن باشد، ژنوتیپ پایدار محسوب می‌شود. نتایج حاصل از رتبه‌بندی واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک (جدول ۳) حاکی از آن هستند که این دو روش مشابه هم هستند و ترجیحاً می‌توان از یکی از این دو پارامتر استفاده نمود. براساس نتایج حاصل از روش واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ (SPT 439)، ۵۳ (P.D.328) و ۴۱ (C.H.T.266-6) به‌ترتیب به‌علت داشتن کمترین مقدار واریانس پایداری، جزو ژنوتیپ‌های پایدار محسوب می‌شوند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های ۴۵ (Basma 16-10)، ۱۹ (F.K.40-1) و ۴۴ (Basma 12-2) به‌ترتیب با دارا بودن بالاترین مقدار واریانس پایداری به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار هستند (جدول ۳). با توجه به نتایج دو پارامتر ذکرشده، ژنوتیپ‌های ۷۵ (SPT 439)، ۵۳ (P.D.328) و ۴۱ (C.H.T.266-6) با میانگین عملکرد ۵/۶۲، ۱۳/۳۹ و ۹/۴۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد پایین‌تر از متوسط، بالای متوسط و نزدیک به متوسط شناخته شدند.

در روش پلستید و پترسون (θi)، (اجزای واریانس میانگین) ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ (SPT 439)، ۵۵ (P.D.336)، ۵۳ (P.D.328) و ۴۱ (C.H.T.266-6) کمترین میزان θi را به‌خود اختصاص دادند اما در بین آنها ژنوتیپ ۵۳ (P.D.328) به‌علت داشتن عملکرد بالاتر از میانگین کل به‌عنوان ژنوتیپ پایدار با عملکرد متوسط شناخته شد (جدول ۳). همچنین، بر اساس روش پلستید θ(i) (اجزای واریانس GE) ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ (SPT 439)، ۵۳ (P.D.328) و ۴۱ (C.H.T.266-6) و ۵۵ (P.D.336)، مقادیر بالای این آماره (سهم کمتر در اثر متقابل) را داشتند و ژنوتیپ ۵۳ (P.D.328) با داشتن عملکرد بالاتر از میانگین، پایداری مطلوبی را نشان داد. در روش فینلی و ویلکینسون برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها از ضریب رگرسیون

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

و عملکرد ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود؛ به‌طوری‌که از میانگین همه ژنوتیپ‌ها در تمامی محیط‌ها برای تعیین شاخص محیطی استفاده نموده، سپس رگرسیون عملکرد هر ژنوتیپ در مقابل شاخص محیطی برازش می‌شود. در این روش، برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار باید علاوه بر در نظر گرفتن ضریب رگرسیون، به انحراف از خط رگرسیون و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نیز توجه نمود. بر این اساس، ژنوتیپ پایدار ژنوتیپی است که ضریب رگرسیونی برابر با یک و میانگین مربعات انحرافات از رگرسیون صفر (حداقل) و میانگین عملکرد بالا داشته باشد. با توجه به جدول ۳، ژنوتیپ‌های شماره ۵۹ (P.D.371)، ۳۱ (Pobeda 1) و ۵ (Basma S. 31) ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ دارند. همچنین، میانگین ژنوتیپ ۳۱ (Pobeda 1) نزدیک اما پایین‌تر از میانگین کل است و ژنوتیپ ۵ (Basma S.31) میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون کمتری را در بین این سه دارد و بنا بر این این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری عمومی مطلوب هستند. با توجه به این نکته که اگر bi تفاوت معنی‌داری با ۱ نداشته باشد، ژنوتیپ به تمام محیط‌ها سازگاری نشان می‌دهد و $bi > 1$ ژنوتیپ‌های با حساسیت بالاتر نسبت به تغییرات محیطی و ویژگی سازگاری بیشتر به محیط‌های پربازده را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های شماره ۴۵ (Basma 16-10)، ۱۹ (F.K.40-1)، ۴۴ (Basma 12-2)، ۴ (Krumovgraid) و ۱۳ (Ohdaruma) با ضریب رگرسیون بالاتر از ۱ و عملکرد بالاتر از میانگین کل برای محیط‌های پربازده سازگاری بیشتری دارند. در مقابل، $bi < 1$ معیاری از مقاومت بیشتر در برابر تغییرات محیطی است، در نتیجه ویژگی انطباق‌پذیری یا همان سازگاری با محیط‌های کم‌بازده را نشان می‌دهد. در این راستا، ژنوتیپ‌های ۱۷ (Ts 8) و ۲۹ (Mutant 3) با ضریب رگرسیون پایین‌تر از ۱ و میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل سازگاری بیشتری نسبت به محیط‌های کم‌بازده دارند.

در روش میانگین مربعات انحراف از رگرسیون (Sdi^2)، پایدارترین ژنوتیپ‌ها دارای کمترین میزان واریانس هستند و با توجه به این معیار، ژنوتیپ‌های ۷۲ (SPT 433)، ۱۴ (Ploudive 58) و ۷۵ (SPT 439) دارای کمترین میانگین مربعات انحراف از رگرسیون هستند؛ اما چون از نظر میانگین عملکرد پایین‌تر از میانگین کل هستند بنابراین نمی‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفت. بیشترین میزان واریانس، به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴۵ (Basma 16-10)، ۲۴ (H.T.I) و ۳۹ (C.H.T.209.12e) بود که نشان می‌دهد این ژنوتیپ‌ها علی‌رغم میانگین عملکرد بالا، دارای نوسان عملکرد بالا و پایداری کمی در محیط‌های مورد آزمایش هستند. مجموع رتبه کنگ یکی از شاخص‌های تک‌متغیره ناپارامتری است که بر اساس رتبه عملکرد و واریانس پایداری شوکلا محاسبه می‌شود. مقادیر کم آن نشان دهنده عملکرد بالا و میزان کم اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. بر پایه این روش، ژنوتیپ‌های شماره ۵۳ (P.D.328)، ۸۹ (L 17) و ۹۰ (C.H.T.269-12e) به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر از میانگین کل و پایدار و ۷۷ (Esfahan2)، ۷۸ (SPT 413) و ۶۲ (SPT 405) به‌عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار و با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل شناخته شدند. تحلیل پایداری در عملکرد توتون برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ثابت در محیط‌های مختلف بسیار مهم است. مطالعات متعددی از روش‌های آماری مختلف برای ارزیابی پایداری عملکرد در ارقام توتون استفاده کرده‌اند. تحقیقات نشان داده‌اند که برخی از ژنوتیپ‌های توتون دارای پایداری و سازگاری بالایی در محیط‌های مختلف هستند (Korubin-Aleksoska *et al.,* 2014; Delvadia *et al.,* 2020). عواملی مانند تنش آبی و موقعیت جغرافیایی به‌طور قابل‌توجهی بر پایداری عملکرد توتون تأثیر می‌گذارند (Sadeghi *et al.,* 2011). این مطالعات بر اهمیت آزمایش‌های چندمحیطی و تحلیل‌های آماری در شناسایی ارقام توتون پایدار و با عملکرد بالا برای کشت تجاری و برنامه‌های پرورش تأکید می‌کنند. آکورا و همکاران (Akura, 2006) در تحقیقات خود نشان دادند که بخش قابل توجهی از اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط انحراف از رگرسیون تعیین می‌شود و تنها بخش کوچکی از اثر متقابل ژنوتیپ در محیط توسط رگرسیون خطی قابل توجیه است (Akura *et al.,* 2006). Pinthus پیشنهاد کرد که به‌جای میانگین مربعات انحراف از رگرسیون از ضریب تشخیص استفاده شود زیرا این ضریب به شدّت وابسته به میانگین مربعات انحراف از رگرسیون است (Pinthus, 1973). تحلیل اثرهای اصلی جمع‌پذیر و متقابل ضرب‌پذیر (AMMI) برای ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ–محیط و شناسایی هیبریدهای پایدار توتون به‌کار رفته است (Sadeghi *et al.,* 2011). تکنیک‌های بای‌پلات در تجزیه و تحلیل تعاملات ژنوتیپ–محیط و پیشنهاد ارقام مناسب توتون برای مکان‌های خاص مؤثر بوده‌اند (Kurt, 2020; Sadeghi *et al.,* 2011). در مجموع، بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، از طریق روش‌های مختلف پایداری، ژنوتیپ ۵۳ (P.D.328) به‌دلیل داشتن سازگاری بالا و نیز عملکردی بالاتر از میانگین کل می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب برای مناطق دارای گل جالیز و نیز بدون گل جالیز در نظر گرفته شود. در ارزیابی‌های مزرعه‌ای، این ژنوتیپ مقاومت بالایی به بیماری سفیدک سطحی نشان داد (Darvishzadeh *et al.,* 2010). این ژنوتیپ یک لاین خویش‌آمیخته نوترکیب از تلاقی Basma S. 31 و Dubec 566 است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

جدول ۳- پارامترهای پایداری برآوردشده برای صفت عملکرد (وزن برگ خشک) برای ژنوتیپ‌های توتون براساس روش‌های مختلف
Table 3. Stability parameters estimated for the yields (dry leaf weight) of tobacco genotypes based on different methods

رتبه کل کنگ Kang's total rank	روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون Methods based on regression analysis		روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس Methods based on the analysis of variance					شماره ژنوتیپ Genotype number
	bi	S^2di	θi	θ(i)	CVi	σ^2i	W^2i	
73	1.68	9.52	31.27	36.56	41.23	25.49	75.92	1
88	0.13	3.00	26.31	36.70	25.46	15.44	46.52	2
78	0.05	2.25	24.16	36.75	21.64	11.07	33.77	3
78	5.25	6.09	86.66	35.09	47.00	137.75	403.95	4
61	1.09	2.68	21.65	36.82	31.84	5.99	18.92	5
67	1.61	5.98	26.80	36.68	32.45	16.43	49.43	6
79	0.78	1.70	20.62	36.85	41.85	3.91	12.85	8
39	0.73	1.52	20.51	36.85	19.10	3.67	12.15	9
80	4.86	31.14	105.51	34.59	53.54	175.95	515.57	13
79	-0.10	0.03	22.55	36.80	3.96	7.81	24.24	14
70	2.88	6.34	37.84	36.39	37.68	38.80	114.80	16
87	-1.92	1.51	48.98	36.09	34.12	61.38	180.77	17
34	0.34	0.19	20.13	36.86	8.06	2.92	9.94	18
80	6.36	30.34	151.23	33.37	60.17	268.62	786.34	19
76	2.29	19.66	47.33	36.14	41.15	58.05	171.04	20
80	3.90	18.90	69.11	35.56	50.91	102.18	300.01	23
72	0.77	36.55	61.82	35.75	25.17	87.41	256.85	24
90	-0.59	8.79	37.32	36.40	38.28	37.75	111.73	25
66	0.78	5.88	25.57	36.72	29.53	13.94	42.14	26
95	-0.22	9.10	34.20	36.49	43.93	31.43	93.27	27
85	0.15	19.61	44.09	36.22	47.88	51.47	151.83	28
93	-1.62	9.10	52.39	36.00	45.08	68.30	200.99	29
102	-1.30	0.70	37.21	36.41	37.40	37.52	111.06	30
68	1.05	4.14	23.36	36.78	33.91	9.45	29.04	31
102	-1.09	2.69	36.36	36.43	39.11	35.81	106.05	32
92	1.75	3.73	24.74	36.74	62.16	12.26	37.25	33
80	3.06	10.96	45.71	36.18	49.91	54.76	161.43	34
75	-0.29	0.32	24.46	36.75	9.66	11.69	35.57	35
55	0.59	0.86	20.02	36.86	23.11	2.69	9.28	37
72	0.35	0.35	20.31	36.86	18.52	3.27	10.97	38
73	2.56	36.49	69.76	35.54	28.55	103.50	303.85	39
72	3.29	24.00	64.59	35.68	29.13	93.02	273.24	40
50	0.88	0.89	19.55	36.88	28.42	1.74	6.51	41
81	3.94	2.48	50.66	36.05	51.86	64.79	190.75	42
83	5.43	33.41	124.23	34.09	60.67	213.88	626.40	44
84	7.14	106.62	271.74	30.15	88.32	512.85	1500.00	45
78	3.28	7.08	44.39	36.21	48.34	52.09	153.63	46
57	1.59	1.66	21.59	36.82	37.41	5.86	18.55	47
72	-0.14	1.73	24.85	36.74	15.50	12.47	37.86	49
69	0.64	2.97	22.39	36.80	28.26	7.50	23.34	51
83	0.04	0.16	21.74	36.82	7.50	6.17	19.44	52
30	0.67	0.17	19.02	36.89	13.79	0.67	3.38	53
34	1.15	0.94	19.64	36.88	25.77	1.92	7.03	55
80	0.40	1.27	21.19	36.83	28.59	5.05	16.18	56
96	1.16	12.04	32.77	36.52	59.57	28.53	84.80	57
63	0.32	1.15	21.39	36.83	17.92	5.47	17.42	58
90	1.02	4.81	24.14	36.75	49.25	11.05	33.70	59
45	0.32	0.14	20.16	36.86	8082	2.98	10.12	60
70	0.35	0.10	19.99	36.87	15.69	2.63	9.11	61
116	-1.38	1.24	39.03	36.36	48.37	41.21	121.84	62
94	0.25	1.17	21.72	36.82	30.56	6.13	19.32	64
88	0.13	0.06	21.09	36.84	11.00	4.86	15.63	67
62	0.70	0.88	19.79	36.87	30.51	2.23	7.94	68
103	0.10	0.20	22.00	36.81	18.64	6.70	20.99	69
106	-0.06	0.10	22.36	36.80	13.91	7.43	23.14	70
82	0.64	1.69	20.81	36.84	41.13	4.30	13.98	71
94	0.04	0.01	21.57	36.82	3.49	5.84	18.48	72
79	2.31	4.33	29.34	36.62	49.95	21.58	64.47	73
111	-0.14	0.07	22.89	36.79	15.13	8.50	26.26	74
68	0.69	0.03	18.81	36.90	32.20	0.24	2.12	75
66	0.33	0.41	20.45	36.85	15.06	3.56	11.81	76
119	-0.40	0.59	25.74	3671	42.71	14.29	43.17	77
116	0.11	4.23	26.13	36.70	62.12	15.08	45.48	78
110	-0.21	0.17	23.63	36.77	22.18	10	30.63	79
95	-0.19	0.14	23.41	36.77	9.94	9.55	29.34	80
111	-0.17	0.10	23.17	36.78	18.30	9.07	27.92	81
81	0.83	2.60	21.62	36.82	41.10	5.94	18.77	82
87	0.12	0.05	21.13	36.84	9.21	4.94	15.84	83
101	-0.45	0.76	26.47	36.69	20.53	15.77	47.49	84
73	0.54	1.11	20.46	36.85	28.67	3.59	11.91	85
112	-0.48	0.87	26.88	36.68	27.22	16.60	49.93	86
65	0.81	2.48	21.50	36.83	32.14	5.68	18.03	87
76	0.84	2.63	21.65	36.82	37.19	6	418.94	88
30	0.43	0.69	20.37	36.86	10.68	3.39	11.33	89
30	0.39	0.56	20.38	36.86	8.98	3.43	11.44	90
67	2.50	5.56	32.57	36.53	35.07	28.13	83.62	91
58	1.66	5.23	26.08	36.70	25.75	14.98	45.19	92

bi: Regression coefficient; S^2di: Deviation from regression; W^2i: Wricke's ecovalence; σ^2i: Shukla's stability variance; CVi: Coefficient of variance; θ(i): GE variance component; θi:Mean variance component.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق وجود تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم توتون شرقی از نظر مقاومت و حساسیت به انگل گل جالیز را نشان می‌دهند. ژنوتیپ‌های توتون مورد بررسی از نظر عملکرد برگ خشک دارای واکنش متفاوت نسبت به تغییر شرایط محیطی (تنش گل جالیز و عدم وجود تنش) در طی سال‌های مختلف بودند. در ادامه با استفاده از روش‌های پایداری تک‌متغیره ژنوتیپ‌های توتون با عملکرد بالا و نیز نوسان کمترِ عملکرد از سالی به سال دیگر از شرایطی به شرایط دیگر (تنش و عدم تنش) شناسایی شدند. براساس روش‌های تجزیه پایداری مبتنی بر تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون، ژنوتیپ‌های شماره ۴۵، ۳۳ و ۷۸ با داشتن بیشترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپ‌های ناپایدار و ژنوتیپ‌های شماره ۷۵ ، ۵۳ و ۴۱ به‌علت داشتن کمترین مقدار واریانس پایداری، جزء ژنوتیپ‌های پایدار

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

محسوب می‌شوند. بر اساس نتایج روش پلستید و پترسون (θi)، ژنوتیپ‌های شماره ۷۵، ۵۵، ۵۳ و ۴۱ کمترین مقدار θi را دارند و پایدار هستند.

References

Akura, M., Kaya Y., & Taner S. 2006. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central anatolian region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 29, 369-375.

Alemu, A., Åstrand, J., Montesinos-Lopez, O. A., y Sanchez, J. I., Fernandez-Gonzalez, J., Tadesse, W., ... & Chawade, A. (2024). Genomic selection in plant breeding: Key factors shaping two decades of progress. *Molecular Plant*, *17*(4), 552-578.

Ballén-Taborda, C., Lyerly, J., Smith, J., Howell, K., Brown-Guedira, G., Babar, M. A., ... & Boyles, R. E. (2022). Utilizing genomics and historical data to optimize gene pools for new breeding programs: A case study in winter wheat. *Frontiers in Genetics*, *13*, 964684.

Becker, H., & Leon J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed.* 101, 1-23.

Belsley, D. A., Kuh, E., & Welsch, R. E. (2005). *Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity*. John Wiley & Sons.

Bozhinova, P. (2006). Coefficients for determination of the leaf area in three Burley tobacco varieties. *Journal of Central European Agriculture*, 7, 7-12.

GM, S. (2004). Chromosome numbers and karyotype evolution of holoparasitic Orobanche (Orobanchaceae) and related genera. *American Journal of Botany*, *91*, 439-448.

Darvishzadeh, R., Alavi, R., & Sarrafi, A. (2010). Resistance to Powdery Mildew (Erysiphe cichoracearum DC.) in oriental and semi-oriental tobacco germplasm under field conditions. *Journal of Crop Improvement,* 24(2), 122-130.

Delvadia, D.R., Vekariya, K.J., Patel J.N., & Parmar, D. J. (2020). Phenotypic stability analysis of bidi tobacco hybrids for cured leaf yield (*Nicotiana tabacum* L.). *Tobacco Research,* 46(1), 24-26.

Davalieva, K., Maleva I., Filiposki K., Spiroski O., & Efremov G.D. (2010). Genetic variability of Macedonian tobacco varieties determined by microsatellite marker analysis. *Diversity,* 2, 439-449.

Dawson, J. C., Endelman, J. B., Heslot, N., Crossa, J., Poland, J., Dreisigacker, S., ... & Jannink, J. L. (2013). The use of unbalanced historical data for genomic selection in an international wheat breeding program. *Field Crops Research*, *154*, 12-22. doi:10.1016/j.fcr.2013.07.020

Eberhart, S. T., & Russell, W. (1966). Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*, *6*(1), 36-40.

Farshadfar, E. 1998. The application of quantitative genetics in plant breeding. Razi University Press. Kermanshah, Iran. [In Persian]

Fernández-González, J., Haquin, B., Combes, E., Bernard, K., Allard, A., & Isidro y Sánchez, J. (2024). Maximizing efficiency in sunflower breeding through historical data optimization. *Plant Methods*, 20(1), 42.

Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, *14*(6), 742-754.

Francis, T.R. & Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short-season maize. *Canadian Journal of Plant Science,* 58, 1029-1034.

Goldwasser, Y., & Kleifeld, Y. (2004). Recent approaches to Orobanche management: a review. *Weed Biology and Management*, 439-466.

Hongyu, K., García-Peña, M., Araújo, L. B. D., & Dias, C. T. D. S. (2014). Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype× environment interaction. *Biometrical Letters*, *51*, 89-102.

Kang, M. S. (1988). A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, *16*(1/2), 113-115.

Khaki, S., Khalilzadeh, Z., & Wang, L. (2020). Predicting yield performance of parents in plant breeding: A neural collaborative filtering approach. *Plos One*, *15*(5), e0233382.

Korubin–Aleksoska, A., Mıceska, G., Gveroska, B., Dımıtrıeskı, M., & Aleksoskı, J. (2014). Stability of the yield in commercial tobacco varieties in Republic of Macedonia. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *1*(Özel Sayı-2), 1391-1395.

Kurt, D. (2020). Stability analyses for interpreting genotype by environment interaction of selected oriental tobacco landraces. *Turkish Journal of Field Crops*, *25*(1), 83-91.

Lin, C. S., & Binns, M. R. (1991). Genetic properties of four types of stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, *82*(4), 505-509.

Mamnoie, E. (2017). Weeds Management of Orbanche in Southern Kerman. South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Press, 20 p.

Messina, C. D., Podlich, D., Dong, Z., Samples, M., & Cooper, M. (2011). Yield–trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, *62*(3), 855-868.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]

Mohammadi, M., Sharifi P., & Karimizadeh R.A. (2015). Stability analysis of seed yield of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Breeding,* 7, 104-114. [In Persian]

Pinthus, J.M. (1973). Estimate of genotype value: a proposed method. *Euphitica,* 22, 121-123.

Plaisted, R. (1960). A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal,* 37, 166-172.

Plaisted, R.L., & Peterson, L.C. (1959). A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal*, 36, 381-385.

Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Poczai, P., & Olivoto, T. (2022). Stability indices to deciphering the genotype-by-environment interaction (GEI) effect: An applicable review for use in plant breeding programs. *Plants*, 11(3), 414. https://doi.org/10.3390/plants11030414.

Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P., & Siddique, K. H. (2019). STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences*, *7*(1), e01211.

Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M., & Majidi, M. M. (2018). Effect of light intensity on leaf morphology, photosynthetic capacity, and chlorophyll content inSage (*Salvia officinalis* L.). *Horticultural Science and Technology*, 36(1), 46-57.

Rispail, N., Dita, M. A., González-Verdejo, C., Pérez-de-Luque, A., Castillejo, M. A., Prats, E., ... & Rubiales, D. (2007). Plant resistance to parasitic plants: molecular approaches to an old foe. *New Phytologist*, *173*(4), 703-712.

Sadeghi, S.M., Samizadeh, H., Amiri, E., & Ashouri, M. (2011). Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) analysis of dry leaf yield in tobacco hybrids across environments. *African Journal of Biotechnology,* 10(21), 4358-4364.

Saeidi, M.S., Torabi, A., & Aghabeygi, F. (2010). Notes on the genus Orobanche (Orobanchaceae) in Iran. *The Iranian Journal of Botany,* 16, 107–113.

Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity,* 29, 237-245.

Singh, R.P., & Trethowan R. (2007). Breeding spring bread wheat for irrigated and rainfed production systems of the developing world. *Breeding Major Food Staples,* 109-140.

Wricke, G. (1962). Uber eine methode zur refassung der okologischen streubretite in feldversuchen. *Flazenzuecht,* 47, 92-96.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.61882/jcb.2025.1581]