

## Evaluation of yield stability of flue cured tobaccos using some univariate and multivariate stability statistics

Naghi Hosseinzadeh Fashalami<sup>1</sup>, Roghayeh Aminian Dehkordi<sup>2\*</sup>, Habibollah Samizadeh<sup>3</sup>

- 1-Ph D Student, Department of Genetics and Plant Breeding, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran  
2- Associate Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran  
3- Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran

**Citation:** Hosseinzadeh Fashalami, N., Aminian Dehkordi, R., & Samizadeh, H. (2022). Evaluation of yield stability of flue cured tobaccos using some univariate and multivariate stability statistics. *Plant Productions*, 45(3), 311-321.

### Abstract

#### Introduction

The genotype  $\times$  environment interaction is one of the most important factors in limiting breeding programs. The compatibility of a given genotype determines its ability and genetic capacity to produce high production and yield stability in different environments. Therefore, it is necessary to study the genotype  $\times$  environment interaction in order to introduce stable genotypes in different environments. The current research was carried out to determine the compatibility and stability of yield for 10 tobacco genotypes and estimate the most stable genotype for tobacco growing areas in Iran (i.e. Guilan, Mazandaran and Golestan provinces).

#### Materials and Methods

In this study, 10 male sterile flue cured tobacco genotypes, which they completely tested in terms of quality and taste, including 7 internal modified hybrids named RVH5, RVH6, RVH8, RVH27, RVH30, RVH48, RVH70 along with 3 imported genotype DVH2101, PVH19 and NC100 in 6 tobacco growing regions of Guilan, Mazandaran and Golestan in two years of experiment (2018-2019). In total, 12 environments were studied in a randomized complete block design with 3 replications. Combined analysis was performed by considering the environments as a random factor and genotypes as a fixed factor. Then the stability analysis of genotypes was done by 10 stability statistics and the first 3 components of AMMI (Additive Main effects and Multiplication Interaction) analysis including IPCA1, IPCA2 and

---

\* **Corresponding Author:** Roghayeh Aminian Dehkordi  
**E-mail:** aminian@eng.ikiu.ac.ir



IPCA3. Analysis of variance was done using SAS.9 software, AMMI analysis and related graphs were performed using IRRISTAT software.

### Results and Discussion

The results of combined analysis of variance showed that the effect of location and year  $\times$  location interaction, the effect of genotype and genotype  $\times$  year  $\times$  location interaction were significant at the 1% probability level for yield. Genotype  $\times$  environment interaction analysis using the first three main components of the AMMI analysis justified 69.47% of the total variance. The lowest coefficient of variation was related to DVH2101 and RVH27 genotypes. RVH30, RVH27 and RVH8 genotypes were selected as the most stable genotypes. According to Rick equivalence and Shokla's stability variance parameters. The least squares deviation from the regression line were related to RVH27, RVH30 and RVH8 genotypes. In terms of regression coefficient, RVH27, RVH30 and DVH2101 genotypes had a line slope close to 1. Based on the coefficient of determination and Jenkins and Perkins statistics, RVH27, RVH30 and RVH8 genotypes were in the same rank in terms of stability. RVH27 and RVH30 were the most stable genotypes with superiority index. RVH27, RVH30 and DVH2101 genotypes were selected as the most stable hybrids based on the AMMI first model due to their proximity to the plot center, low interaction and high yield. Based on the second model of AMMI analysis, RVH27 and DVH2101 genotypes were selected as stable genotypes. In the third AMMI model, the RVH27 genotype was selected as the stable genotype due to its closeness to the biplot center and high yield.

### Conclusion

Considering most of the stability statistics and AMMI analysis, the most stable genotype was RVH27 hybrid. RVH30 and DVH2101 hybrids were placed in the next categories of stability. In addition, genotypes RVH6 and NC100 showed high private compatibility to Tirtash tobacco growing area and genotype RVH27 to Rasht region.

**Keywords:** AMMI analysis, Biplot, Genotype  $\times$  environment interaction, Main components

## بررسی پایداری عملکرد توتون‌های گرمخانه‌ای با استفاده از برخی آماره‌های پایداری تک متغیره و چند متغیره

نقی حسین‌زاده فشالمی<sup>۱</sup>، رقیه امینیان دهکردی<sup>۲\*</sup>، حبیب الله سمیع زاده<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجوی دکترا، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
- ۲- گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
- ۳- استاد، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

### چکیده

این طرح به منظور تعیین سازگاری و پایداری عملکرد ۱۰ ژنوتیپ توتون و برآورد پایدارترین ژنوتیپ برای مناطق توتون‌کاری استان‌های گیلان، مازندران و گلستان اجرا شد. در این پژوهش ۱۰ ژنوتیپ نرعیقیم توتون گرمخانه‌ای در شش منطقه توتون‌کاری استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸) ارزیابی شدند. ژنوتیپ‌ها در ۱۲ محیط، به‌صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه مرکب با در نظر گرفتن محیط‌ها به‌عنوان فاکتور تصادفی و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان فاکتور ثابت انجام شد. سپس تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها به وسیله ۱۰ آماره پایداری و سه مؤلفه اول حاصل از تجزیه AMMI (Additive Main effects and Multiplication Interaction) شامل IPCA1، IPCA2 و IPCA3 انجام گردید. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر مکان و اثر متقابل سال × مکان، اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان در سطح احتمال یک درصد برای صفت عملکرد معنی‌دار بودند. کمترین مقدار ضریب تغییرات مربوط به ژنوتیپ‌های DVH2101 و RVH27 بود. با توجه به پارامترهای اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپ‌های RVH30، RVH27 و RVH8 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. از نظر ضریب تشخیص و آماره جنکینز و پرکینز ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 در رتبه مشابهی از نظر پایداری قرار گرفتند. در نتیجه با لحاظ نمودن اکثر آماره‌های پایداری و تجزیه AMMI، پایدارترین ژنوتیپ، هیبرید RVH27 بوده و هیبریدهای RVH30 و DVH2101 در رده‌های بعدی پایداری قرار گرفتند. از نظر سازگاری خصوصی ژنوتیپ RVH6 و NC100 به منطقه توتون‌کاری تیرتاش و ژنوتیپ شماره RVH27 به منطقه رشت سازگاری خصوصی بالایی نشان دادند.

**کلیدواژه‌ها:** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، بای پلات، تجزیه AMMI، مؤلفه‌های اصلی

\* نویسنده مسئول: رقیه امینیان دهکردی  
رایانامه: aminian@eng.ikiu.ac.ir

## مقدمه

توتون (*Nicotiana tabacum* L.) از جمله گیاهان مهم زراعی و صنعتی است که در اقتصاد بسیاری از کشورهای تولید کننده آن اهمیت اساسی دارد. توتون که از خانواده بادمجانیان (Solanaceae) است، یک آلوتراپلوئید با ۴۸ کروموزوم می‌باشد و به سه گونه تاباکوم (*tabacum*)، پتونوئیدس (*petonoides*) و روستیکا (*rustica*) تقسیم می‌گردد. کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا، برزیل، هند، مالای، زیمبابوه، اندونزی، زامبیا، آرژانتین و پاکستان از مهم‌ترین مراکز تولید توتون در جهان به‌شمار می‌آیند (Semwal et al., 2015). در ایران، استان‌های مازندران، گلستان، گیلان، آذربایجان غربی و کردستان به کشت توتون سیگار و سایر استان‌ها به کشت تنباکو اختصاص داده شده‌اند (Zamani, 2010).

توتون از لحاظ خصوصیات ژنتیکی، گیاهشناسی، نیازهای زراعی، عمل آوری، کیفیت و استفاده‌های تجاری، انواع متفاوتی دارد (Darvishzadeh et al., 2011). براساس نوع مصرف، توتون‌ها برای تهیه سیگار، سیگار برگ، قلیان، چپق و پپ گروه‌بندی می‌شوند. توتون‌هایی که برای تهیه سیگار مصرف می‌شوند از گونه تاباکوم و شامل توتون‌های تیپ گرمخانه‌ای، آفتاب خشک و هواخشک می‌باشند. ارقام توتون گرمخانه‌ای جزء توتون‌های برگ درشت می‌باشند (Zamani, 2010). توتون‌های شرقی یک گروه از وارسته‌های آفتاب خشک می‌باشند که دارای برگ‌های کوچک، بافت ظریف و دود ملایم هستند (Chaplin, 1975).

عملکرد یک ژنوتیپ حاصل اثر ژنوتیپ، اثر محیط و اثر متقابل محیط × ژنوتیپ می‌باشد (Mokhtarifar, et al., 2016). معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان دهنده پایداری متفاوت ژنوتیپ‌ها است (Yan, et al., 2007). به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، گزینش ارقام تنها بر اساس عملکرد و بدون در نظر گرفتن پایداری عملکرد، معیار مناسب و دقیقی نیست. محیط مجموعه‌ای از شرایط خارجی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان است. به‌طور مثال بافت، عمق، مواد آلی و حاصلخیزی خاک، رطوبت هوا، انواع بیماری‌ها و حشرات باعث تغییر در روند رشد و نمو گیاهان می‌شوند (Ahmadi, et al., 2013). محیط مجموعه‌ای از شرایط خارجی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان است. به‌طور مثال بافت، عمق، مواد آلی و حاصلخیزی خاک، رطوبت هوا، انواع بیماری‌ها و حشرات باعث تغییر در روند رشد و نمو گیاهان می‌شوند (Ahmadi, et al., 2013).

(2021). بنابراین عملکرد ارقام به تنهایی معیار مناسبی برای گزینش نبوده و بایستی ارقام در مکان‌ها و سال‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرند تا ارقام سازگارتر با ثبات عملکرد بیشتر مشخص گردند (Gravos, et al., 1986; Lin, et al., 1991).

بررسی جامع اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیاز به روش‌های آماری قدرتمندی دارد. روش‌های زیادی برای ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توسط محققین مختلف ارائه شده است که در دو گروه اصلی روش‌های تک متغیره و چند متغیره تقسیم‌بندی می‌گردند. در میان روش‌های چند متغیره، مدل AMMI و مدل GGE بای پلات از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Gauch, 1992).

برای شناسایی سازگارترین رقم علاوه بر اثرات متقابل ضرب‌پذیر نیاز است تا اثرات اصلی جمع‌پذیر نیز بررسی گردند، به همین دلیل روش AMMI با رویکرد هر دو سری اثرات، یعنی اصلی و متقابل ابداع گردید. در حقیقت مدل AMMI با ترکیب دو مدل تجزیه مرکب (اثرات اصلی جمع‌پذیر) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (اثرات متقابل ضرب‌پذیر) به طور همزمان از ویژگی‌های هر دو مدل بهره می‌برد (Gauch, 1996).

در تجزیه پایداری عملکرد انجام شده روی هفت ژنوتیپ توتون در ۱۲ محیط متفاوت در کشور چین به روش رگرسیون تای، ژنوتیپ‌های K326، K346، Yan86 و RG17 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند (Li et al., 2001).

در تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۷، پایداری عملکرد هشت رقم توتون بارلی در ۱۰ محیط توتون‌کاری کشور برزیل مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی نشان داد که، ارقام NC3، TN90، DBH9752 و DBH455 از بیشترین پایداری در بین ارقام مورد مطالعه برخوردار بودند (Lorencetti, et al., 2007).

با بررسی سازگاری و پایداری عملکرد هفت رقم توتون به روش GGEbiplot در سه ایستگاه توتون‌کاری کشور زیمبابوه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و سه سال گزارش شد که، ارقام T76، T75 و ETH06 از پایداری خوبی برخوردار بودند و برای کشت در کمربند مناطق توتون‌کاری زیمبابوه توصیه شدند. اگرچه پایدارترین رقم در این مطالعه رقم T76 گزارش شد (Gotami, 2021).

بررسی سازگاری و پایداری چند رقم توتون هواخشک نرعییم خارجی در مناطق توتون‌کاری استان‌های آذربایجان

پایداری آنها با استفاده از آماره‌های پایداری منجر به معرفی لاین ۲ به عنوان پایدارترین لاین برای مناطق توتون‌کاری استان گلستان و مازندران شد (Hosseinzadeh *et al.*, 2009).

با مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد پنج ژنوتیپ توتون در دو منطقه توتون‌کاری رشت و مازندران گزارش گردید اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در روش AMMI و رگرسیون Tai در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و براساس این دو مدل ژنوتیپ ۳ به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی گردید (Shadpour, *et al.*, 2011).

بر این اساس هدف این مطالعه بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ۱۰ ژنوتیپ توتون و تعیین پایدارترین ژنوتیپ برای مناطق توتون‌کاری استان‌های گیلان، مازندران و گلستان است.

### مواد و روش‌ها

در این بررسی ۱۰ ژنوتیپ نرعیقیم توتون گرمخانه‌ای شامل هفت هیبرید اصلاح شده داخلی به اسامی RVH5، RVH6، RVH8، RVH27، RVH30، RVH48، RVH70 و همراه سه رقم وارداتی DVH2101، PVH19 و NC100 در شش منطقه توتون‌کاری استان‌های گیلان (تالش و رشت)، مازندران (منطقه تیرتاش و خیرآباد) و گلستان (گرگان و علی‌آباد) به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸) ارزیابی شدند. در مجموع ژنوتیپ‌ها در ۱۲ محیط مجزا، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، مورد کشت و بررسی قرار گرفتند. اندازه کرت‌ها ۴۰ متر مربع، فواصل کاشت ۵۰×۱۰۰ سانتیمتر و فاصله بین کرت‌ها دو متر در نظر گرفته شد. بذریاشی در اسفند ماه و نشاکاری در اردیبهشت ماه هر فصل زراعی انجام شد. کلیه عملیات زراعی مثل کاشت، آبیاری، کنترل آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، طبق عرف منطقه و اصول علمی انجام شد. در طول دوره رشد پس از حذف بوته‌های غیرتیپ، برداشت محصول انجام و پس از عمل‌آوری عملکرد (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

میانگین مشاهدات جهت انجام تجزیه‌های آماری اعم از تجزیه واریانس برای هر سال صورت گرفت. در پایان سال دوم، تجزیه مرکب با در نظر گرفتن عامل سال و مکان به‌عنوان فاکتور تصادفی و ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور ثابت انجام شد. از آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس‌های خطا در آزمایش استفاده شد. به‌دلیل وجود اثر متقابل سال × مکان × رقم از نظر عملکرد، تجزیه پایداری ارقام هیبرید به وسیله آماره‌های پایداری از قبیل میانگین ژنوتیپ‌ها (Mean)، میانگین محیطی (Sd)، ضریب تغییرات (C.V)، فرانسویس و کانبرگ، (۱۹۷۲)،

غربی و کردستان، منجر به معرفی رقم KY907 شد (Alavi and Namvar Rezaee, 2009).

با بررسی چهار لاین اصلاح شده در مناطق توتون‌کاری استان‌های مازندران و گلستان، با توجه به میزان عملکرد، درآمد ناخالص، تست ذایقه‌ای و آلودگی به بیماری‌های ویروسی، ارقام توتوم ۳۲۲ و توتوم ۳۲۳ برای کشت در استان گلستان و رقم توتوم ۳۴۱ برای کشت در استان مازندران معرفی گردیدند (Salavati and Hosseinzadeh, 2010). بررسی سازگاری و پایداری چند رقم توتون هواخشک نرعیقیم خارجی در مناطق توتون‌کاری مازندران و گلستان، رقم HB4105P را رقمی سازگار، پایدار و دارای عملکرد بالا جهت کشت در این دو استان معرفی نمودند (Hosseinzadeh and Mahdavi, 2009).

سازگاری و پایداری چند رقم توتون گرمخانه‌ای نرعیقیم خارجی در مناطق توتون‌کاری استان‌های مازندران، گلستان و گیلان بررسی شد. رقم NC100 به‌عنوان رقم سازگار، پایدار، دارای عملکرد و درآمد بالا جهت کشت در دو استان مازندران و گلستان معرفی گردید. رقم PVH03 نیز به علت نزدیکی به رقم NC100 در جایگاه دوم قرار گرفت (Hosseinzadeh and Mahdavi, 2009). در استان گیلان، رقم PVH19 به‌عنوان رقم سازگار و پایدار جهت کشت در این استان معرفی گردید (Shoae Deylami, and Asimi, 2009).

۱۵ هیبرید توتون شامل ۱۰ هیبرید ایرانی و پنج هیبرید وارداتی در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش آبی در دو سال زراعی از نظر پایداری و سازگاری مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از آماره‌های اکووالانس ریک، شوکلا، انحراف از خط رگرسیون و مقدار اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از تجزیه AMMI حاکی از آن بود که هیبرید PVH03 پایدارترین ژنوتیپ می‌باشد. ژنوتیپ‌های با سازگاری خصوصی بالا برای محیط‌های مورد بررسی نیز با استفاده از روش بای پلات مشخص شدند (Sadeghi and Samizadeh, 2011; Sadeghi, *et al.*, 2011).

با بررسی پنج لاین متحمل به بیماری PVY که به مدت دو سال در دو منطقه توتون‌کاری رشت و مازندران انجام شد، دو ژنوتیپ Caspian Z1 و Caspian P2 از نظر آماره‌های پایداری و پارامتر ارزش پایداری AMMI و روش‌های چند متغیره و گرافیکی AMMI و GGEbiplot به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی شدند (Shadpour, 2011).

بررسی دو ساله شش لاین نرعیقیم توتون گرمخانه‌ای در مناطق توتون‌کاری استان‌های گلستان و مازندران و بررسی

مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس و آزمون بارتلت با استفاده از نرم افزار **SAS.9** انجام شد. تجزیه AMMI و سه مؤلفه مربوط به آن و رسم نمودار دو بعدی نیز با استفاده از نرم افزار IRRISTAT انجام شد.

### نتایج و بحث

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با آزمون بارتلت مورد بررسی قرار گرفت که همگنی واریانس خطای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد رد نشد ( $X^2=37/4378$  n.s). اثر مکان و اثر متقابل سال × مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این امر حاکی از این است که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مکان‌های آزمایشی مختلف از سال اول به دوم اختلاف آماری وجود داشت. اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این مساله بیانگر این است که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در محیط‌ها و از سال اول به سال دوم از روند یکسانی برخوردار نبوده است (جدول ۱).

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان، پایداری ژنوتیپ‌ها با استفاده از پارامترهای مختلف تک متغیره مبتنی بر واریانس و رگرسیون برای داده‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). کمترین مقدار پارامتر واریانس محیطی مربوط به ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30، RVH48، RVH70 و PVH19 بود و از بین این ژنوتیپ‌ها، هیبریدهای RVH30 و RVH27 از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند. کمترین مقدار ضریب تغییرات مربوط به ژنوتیپ‌های RVH27، RVH2101، DVH2101 و PVH19 بود و از بین این ژنوتیپ‌ها، هیبریدهای DVH2101 و RVH27 از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند.

ضریب رگرسیون (bi)، مربعات انحراف از رگرسیون (S2di)، ضریب تشخیص (R2)، واریانس پایداری شوکلا (ri2)، شوکلا، (۱۹۷۲) پرکینز و جینکز (Bi، رگرسیون)، پرکینز و جینکز (DJi)، اکوولانس ریک (Wi، ریک، ۱۹۶۲)، و شاخص برتری (Pi) (Ghanadha, 2011) و سه مدل اول، دوم و سوم AMMI شامل IPCA1، IPCA2 و IPCA3 انجام گردید. در بای پلات مدل اول AMMI از عملکرد و مؤلفه اصلی اول استفاده گردید. در بای پلات مدل دوم AMMI از اطلاعات دو مؤلفه اصلی اول استفاده گردید. برای بالابردن توجیه و کیفیت پلات، از اطلاعات سه مؤلفه اصلی اول جهت ترسیم گرافیکی تری پلات استفاده گردید. جهت تجزیه AMMI ابتدا ماتریس Z یا ماتریس انحراف حاصل از اثرهای جمع پذیر محاسبه شد و سپس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک بار روی ماتریس Z برای ژنوتیپ‌ها و بار دیگر روی ماتریس Z برای محیط‌ها انجام شد. مدل آماری AMMI به صورت رابطه ۱ در نظر گرفته شد.

(رابطه ۱)

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n Y_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \epsilon_{ger}$$

در این مدل  $Y_{ger}$ ، میزان عملکرد g امین ژنوتیپ در e امین محیط و r امین تکرار،  $\mu$  میانگین کل آزمایش،  $\alpha_g$  انحراف از میانگین g امین ژنوتیپ از میانگین کل،  $\beta_e$  انحراف از میانگین e امین محیط از میانگین کل،  $\lambda_n$  مقدار ویژه مربوط به n امین مؤلفه اصلی باقیمانده در مدل،  $Y_{gn}$  بردار ویژه برای g امین ژنوتیپ از n امین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)،  $\delta_{en}$  بردار ویژه برای e امین محیط از n امین محیط از n امین مؤلفه اصلی اثر متقابل (IPC)،  $\rho_{ge}$  اثر باقیمانده (نویز) و  $\epsilon_{ger}$  خطای آزمایش است. بر اساس مدل مذکور اجزاء جمع پذیر و ضرب پذیر مشخص شدند (Gauch and Zobel, 1996). با استفاده از نمودار دو بعدی (بای پلات) اجزاء ژنوتیپی و محیطی اثر متقابل

**Table 1. Combined analysis of variance for yield of 10 tobacco genotypes in 12 environments**

S.O.V	df	SS	MS	F
Year	1	1513469	1513469 <sup>ns</sup>	0.29
Location	5	482890973	96578195 <sup>**</sup>	17.88
Year* location	5	26782111	5356422 <sup>**</sup>	10.97
Error 1	24	4797378	199891	
Genotype	9	28583267	3175919 <sup>**</sup>	10.95
Genotype* location	45	18690176	415337 <sup>ns</sup>	1.12
Year* Genotype	9	2211161	245685 <sup>ns</sup>	0.66
Year* Genotype* location	45	16698005	3710669 <sup>**</sup>	4.49
Error 2	216	17845128	82616	

ns, \* and \*\*: non-Significant, Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

Table 2. Yield stability parameters of 10 flue cured tobacco genotypes in two years and 6 locations

No. Genotype	Genotype	Mean	Environmental variance	Coefficient of variation	Coefficient of regression	Deviation of regression	Coefficient of determination	Shukla stability of variance	Perkins & Jeinks (Regression)	Perkins & Jeinks	Wrick equivalence indices	Index of excellence
			Sd	C.V	Bi	S <sup>2</sup> di	R <sup>2</sup>	ri <sup>2</sup>	Bi	DJi	Wi	Pi
1	RVH5	3527	1267	35.9	0.97	139668	0.91	176072	-0.03	167207	1688694	387343
2	RVH6	3483	1528	43.9	1.2	93359	0.95	198104	-0.2	120897	1882575	424785
3	RVH8	3453	1333	38.6	1.06	29475	0.97	54848	0.06	5713	621923	386630
4	PVH19	3643	1210	33.2	0.89	235150	0.84	306476	-0.11	262688	2836247	326904
5	RVH27	3971	1246	31.4	0.98	48140	0.96	71054	-0.02	75679	764536	81658
6	RVH30	3698	1239	33.5	0.98	35245	0.96	56564	-0.02	62784	637020	228863
7	RVH70	3013	1154	38.3	0.9	49076	0.9	89508	-0.09	766115	926930	895029
8	RVH48	3367	1220	36.2	0.94	84494	0.93	117110	-0.05	112033	1169824	528826
9	NC100	3485	1372	39.4	1.08	70915	0.95	107107	0.08	98453	1081797	400772
10	DVH2101	4050	1288	31.8	1.01	64705	0.95	89126	0.19	120844	923566	70664

ماتریس باقیمانده انجام شد. سه مؤلفه اصلی اول به ترتیب ۳۳/۸۴، ۱۹/۹۶ و ۱۵/۷۳ درصد و در مجموع ۶۹/۵۳ درصد از واریانس کل را توجیه نمودند. بنابراین مدل AMMI با سه مؤلفه اصلی AMMI3 در نظر گرفته شد (جدول ۳). بررسی میانگین عملکرد و مقادیر سه مؤلفه اصلی اول برای ۱۰ ژنوتیپ توتون نشان داد که در ژنوتیپ‌های RVH6 و RVH8 مقادیر سه مؤلفه اصلی اول بالا بوده، لذا نسبت به سایر مؤلفه‌ها اثر بیشتری در ایجاد اثر متقابل داشتند (جدول ۴). محیط‌ها از نظر سه مؤلفه اصلی اثر متقابل، تنوع زیادی داشتند. به عبارتی مناطق در سال‌های مختلف متفاوت بودند (جدول ۵).

بررسی بای پلات مدل اول AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و DVH2101 بیشترین میانگین عملکرد را نسبت به میانگین کل به خود اختصاص دادند. محیط‌های ۴ و ۳ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد را دارا بودند. ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و DVH2101 با در نظر گرفتن نزدیکی به مرکز پلات، اثر متقابل پایین و عملکرد بالا به‌عنوان پایدارترین هیبریدها انتخاب شدند (شکل ۱- a). جهت دستیابی به نتایج مطمئن‌تر، از اطلاعات دومین مؤلفه اصلی نیز استفاده گردید و بای پلات مدل دوم AMMI رسم گردید که جمعاً ۵۳/۸ درصد تغییرات بین داده‌ها را توجیه نمود. در این مدل ژنوتیپ‌های DVH2101، RVH70، RVH27، RVH8 و RVH48 با توجه به نزدیکی به مرکز بای پلات، جزء پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند و از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های RVH27 و DVH2101 با توجه به عملکرد بالا به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شدند. بررسی بای پلات مدل دوم AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌های RVH6 به منطقه توتون‌کاری تیرتاش (با عملکرد

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر پارامترهای واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک به صورت یکسان رتبه بندی شدند و ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند.

در این پژوهش کمترین مقدار مربعات انحراف از خط رگرسیون مربوط به ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 بود. براساس ضریب رگرسیون، ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و DVH2101 دارای شیب خط نزدیک به یک بودند. از نظر ضریب تشخیص و آماره جنکینز و پرکینز ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 در رتبه مشابهی از نظر پایداری قرار گرفتند. با شاخص برتری نیز ژنوتیپ‌های RVH27 و RVH30 جزء پایدارترین ارقام بودند. با لحاظ کردن اکثر آماره‌های پایداری تک متغیره مبتنی بر واریانس و رگرسیون، ژنوتیپ‌های RVH27 و RVH30 به‌عنوان پایدارترین ارقام تعیین شدند.

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بر مبنای روش AMMI با استفاده از داده‌های اصلی نشان داد که اثر ژنوتیپ، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). سهم واریانس ژنوتیپی از واریانس کل تنها ۴/۹۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمود. بیشترین مقدار واریانس مربوط به محیط بود که توانست ۸۸/۵ درصد از واریانس کل را توجیه نماید. سهم اثر متقابل پایین و در حد ۶/۵ درصد بود. موتزو و همکاران نیز اظهار نمودند در آزمایشات ناحیه‌ای سهم واریانس محیط از واریانس کل بیشتر از سهم اثر متقابل و سهم اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بیشتر از سهم ژنوتیپ می‌باشد (Motzo et al., 1962). برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از مدل AMMI، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی

ژنوتیپ در همه محیط‌ها) و RVH5 به منطقه توتون‌کاری علی آباد (با عملکرد ۴۸۶۸ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با میانگین عملکرد ۳۶۴۳ کیلوگرم در هکتار این ژنوتیپ در همه محیط‌ها) سازگاری خصوصی بالایی داشتند (شکل ۱- b).

۵۴۸۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با میانگین عملکرد ۳۴۸۲ کیلوگرم در هکتار این ژنوتیپ در همه محیط‌ها)، PVH19 به منطقه توتون‌کاری گرگان (با عملکرد ۴۸۶۸ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با میانگین عملکرد ۳۶۴۳ کیلوگرم در هکتار این

**Table 3. Analysis of variance of AMMI model for main data**

S.O.V	DF	SS	MS	Contribution (%)	F	P>F
Genotype	9	28583267.06	3175918.56**	4.95	33.663	0.00
Environment	11	511186554.5	46471504.86**	88.5	492.576	0.00
Interaction	99	37599343.6	379791.33**	6.5	4.025	0.00
IPCA1	19	12722427.11	669601.42**	33.84	7.091	0.00
IPCA2	17	7503419.9	441377.64**	19.96	4.674	0.00
IPCA3	15	5913187.27	394212.48**	15.73	4.174	0.00
IPCA4	13	4285101.73	329623.13**	11.39	3.49	0.00
IPCA5	11	2897177.38	263379.79**	7.7	2.789	0.00
IPCA6	9	2557569.88	284174.32**	6.8	3.009	0.00
IPCA7	7	1094460.1	156351.44 <sup>ns</sup>	2.9	1.655	0.12
IPCA8	5	593987.35	118797.47 <sup>ns</sup>	1.58	1.258	0.28
IPCA9	3	32013	1067.05 <sup>ns</sup>	0.09	0.952	0.95
Noise	240	33.226	77.943 <sup>ns</sup>	0.0	NA	NA

ns, \* and \*\*: non-significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

**Table 4. Yield and the first three principal components of 10 tobacco genotypes**

No. Genotype	Genotype	Mean	IPCA1	IPCA2	IPCA3
1	RVH5	3527	0.504	-0.379	0.644
2	RVH6	3483	0.541	0.6	0.150
3	RVH8	3453	0.156	-0.257	0.004
4	PVH19	3643	-1	0.285	0.404
5	RVH27	3971	-0.279	-0.219	-0.069
6	RVH30	3698	-0.003	-0.491	0.111
7	RVH70	3013	-0.031	0.33	0.086
8	RVH48	3367	-0.014	-0.398	-0.592
9	NC100	3485	0.358	0.435	-0.338
10	DVH2101	4050	-0.233	0.095	-0.399

**Table 5. Yield and the first three principal components of tobacco genotypes for 12 environments**

Number	Environment	Environment code	Mean	IPCA1	IPCA2	IPCA3
1	Talesh-year1	e1y1	2623	-1	-0.074	0.273
2	Talesh-year2	e1y2	3143	0.159	-0.761	-0.106
3	Rasht-year1	e2y1	3508	-0.282	-0.634	-0.171
4	Rasht-year2	e2y2	2623	-0.999	-0.074	0.273
5	Kheirabad-year1	e3y1	1472	0.252	0.146	0.157
6	Kheirabad-year2	e3y2	1730	-0.111	0.199	-0.24
7	Tirtash-year1	e4y1	4765	0.709	0.485	-0.248
8	Tirtash-year2	e4y2	5051	0.629	0.865	0.194
9	Gorgan-year1	e5y1	4928	-0.739	0.594	0.131
10	Gorgan-year2	e5y2	4113	0.844	-0.499	1.237
11	Aliabad-year1	e6y2	4507	0.127	0.513	-0.603
12	Aliabad-year2	e6y2	4365	0.412	-0.757	-0.895

ژنوتیپ RVH27 به دلیل بیشترین نزدیکی به مرکز بای پلات و دارا بودن عملکرد بالا به عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب گردید. همچنین این ژنوتیپ به منطقه رشت سازگاری خصوصی بالایی نشان داد. ژنوتیپ‌های RVH6 (مشابه مدل AMMI2) و NC100 (با عملکرد ۵۱۲۲ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با میانگین

از مدل سوم AMMI جهت ترسیم گرافیکی تری پلات که دارای توجیه و کیفیت بالاتری است، استفاده گردید. در این روش ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30، DVH2101، RVH70، RVH6، RVH48، و RVH8 به دلیل قرار گرفتن در نزدیک مرکز پلات دارای سازگاری عمومی مطلوبی بودند که از بین آنها



ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و DVH2101 به دلیل نزدیکی به مرکز پلات، اثر متقابل پایین و عملکرد بالا به‌عنوان پایدارترین هیبریدها بر اساس مدل اول AMMI انتخاب شدند.

بر اساس مدل دوم تجزیه AMMI ژنوتیپ‌های RVH27 و DVH2101 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار انتخاب شدند. در مدل سوم AMMI نیز ژنوتیپ RVH27 به دلیل بیشترین نزدیکی به مرکز بای پلات و عملکرد بالا به‌عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب گردید. با لحاظ نمودن اکثر آماره‌های پایداری و تجزیه AMMI، پایدارترین ژنوتیپ هیبرید RVH27 بوده و هیبریدهای RVH30 و DVH2101 در رده‌های بعدی پایداری عملکرد قرار گرفتند.

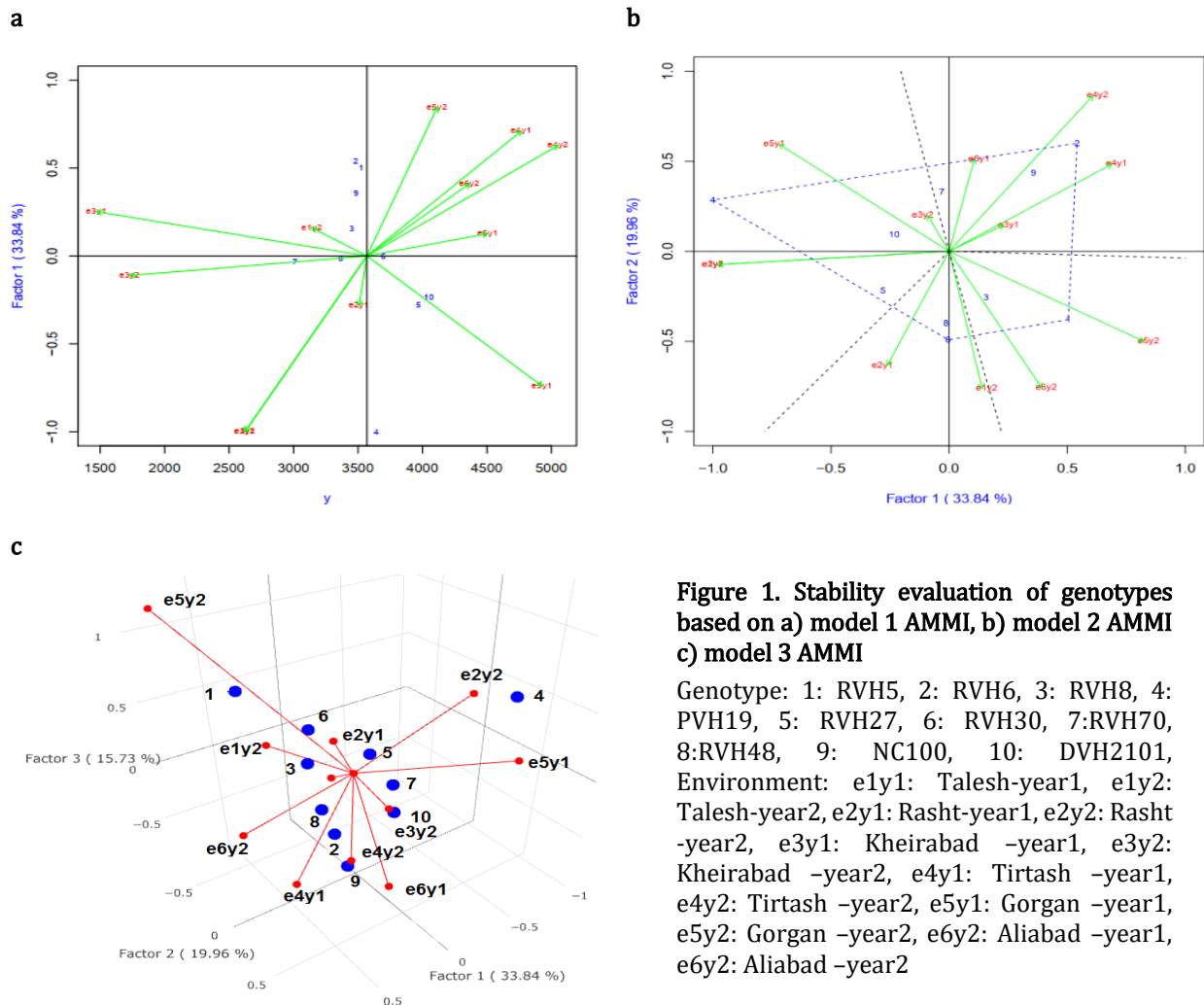
### سیاسگزارى

بدین وسیله از زحمات آقای مهندس عبدالرحیم مهدوی به خاطر همکاری در اجرای تمام مراحل طرح در استان‌های مازندران و گلستان و آقای مهندس علیرضا جبارزاده به خاطر ارزیابی توتون تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

عملکرد ۳۴۸۵ کیلوگرم در هکتار این ژنوتیپ در همه محیط‌ها) نیز به منطقه توتون‌کاری تیرتاش سازگاری خصوصی بالایی نشان دادند (شکل ۱- c).

### نتیجه گیری کلی

کمترین مقدار ضریب تغییرات مربوط به ژنوتیپ‌های DVH2101 و RVH27 بود. براساس پارامترهای واریانس پایداری شوکلا و اکووالانس ریک، ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند. کمترین مقدار مربعات انحراف از خط رگرسیون مربوط به ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 بود. با توجه به ضریب رگرسیون، ژنوتیپ‌های DVH2101 و RVH30، RVH27 دارای شیب خط نزدیک به یک بودند. با ضریب تشخیص و آماره جنکینز و پرکینز ژنوتیپ‌های RVH27، RVH30 و RVH8 در رتبه مشابهی از نظر پایداری قرار گرفتند. از نظر شاخص برتری نیز ژنوتیپ‌های RVH27 و RVH30 جزء پایدارترین ارقام بودند.



**Figure 1. Stability evaluation of genotypes based on a) model 1 AMMI, b) model 2 AMMI c) model 3 AMMI**

Genotype: 1: RVH5, 2: RVH6, 3: RVH8, 4: PVH19, 5: RVH27, 6: RVH30, 7:RVH70, 8:RVH48, 9: NC100, 10: DVH2101, Environment: e1y1: Talesh-year1, e1y2: Talesh-year2, e2y1: Rasht-year1, e2y2: Rasht-year2, e3y1: Kheirabad -year1, e3y2: Kheirabad -year2, e4y1: Tirtash -year1, e4y2: Tirtash -year2, e5y1: Gorgan -year1, e5y2: Gorgan-year2, e6y2: Aliabad -year1, e6y2: Aliabad-year2

## References

- Ahmadi, J., Vaezi, B., & Naraki, H. (2013). Analysis of canola stability in rain-fed conditions and comparison of stable genotypes selection methods using stability indices. *Plant Production*, 36 (2), 13-22. [In Persian].
- Ahmadi, M., Omidi, M., Alizadeh, B., & ShahNejat Bushehri, A. K. (2021). Evaluation of adaptation and sustainability of winter oilseed rape mutant lines in cold and mild cold region of Iran by GGE biplot method. *Plant Production*, 44 (3), 345-356. [In Persian].
- Alavi, R., & Namvar Rezaee, A. (2009). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco air- cured CMS lines in west Azarbaijan and Kordestan provinces. *Annual Report of Urmia Research Center*, Pp 47-61. [In Persian].
- Chaplin, J. (1975). Genetic influence on chemical constituents of tobacco leaf and smoke. *Beiträge zur Tabakforschung/Contributions to Tobacco Research*, 8(4), 233-240.
- 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.
- Gauch, H. G. 1992. Statistical analysis of regional trials. AMMI analysis of factorial designs. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Press.
- Gauch, H. G., & Zobel, R. W., (1996). AMMI analysis of yield trials. Boca Raton, Florida, Pp. 85-122.
- Gotami, Sh. (2021). stability and adaptability of new tobacco varieties to their growing areas under rain fed conditions in Zimbabwe. *Agricultural science digest*, pp. 1-4.
- Gravos, K. A., Moldenhauer, A. K., & Rohaman, P. C. (1991). Genetic and genotype environment effects for rough rice and head rice yield. *Crop Science*, 31 (4): 907-991.
- Hosseinzadeh Fashalami, N. (2008). Investigation of quantitative and qualitative traits of several tobacco sun cured varieties. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. Pp 41-49. [In Persian].
- Hosseinzadeh Fashalami, N., Abbasi Rostami, H., Mahdavi, A. R., & Gholizadeh, A. (2016). Regional mean comparison several tobacco air- cured CMS lines varieties in Mazandaran and Golestan provinces. 1<sup>st</sup> international and 13<sup>th</sup> Iranian crop science congress and 3<sup>rd</sup> Iranian seed science and technology conference. Iran, Karaj. Pp1-4. [In Persian].
- Hosseinzadeh Fashalami, N., & Mahdavi, A. R. (2009). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco flue- cured CMS varieties in Mazandaran and Golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. Pp47-60. [In Persian].
- Hosseinzadeh Fashalami, N., & Mahdavi, A. R. (2009). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco air- cured CMS varieties in Mazandaran and Golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. Pp 61-75. [In Persian].
- Hosseinzadeh Fashalami, N., Mahdavi, A. R., Alinejhad, R., & Moarefzadeh, N. (2016). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco air- cured CMS varieties in Mazandaran and Golestan provinces. 1<sup>st</sup> international and 13<sup>th</sup> Iranian crop science congress and 3<sup>rd</sup> Iranian seed science and technology conference. Iran, Karaj. Pp1-4. [In Persian].
- Li, G., Xiao, H., & Fang, H. (2001). Analysis on stability of the main economic characters of flue cured tobacco cultivars. *Acta Tabacaria*, 7-1, ISSN.1004-5708, p.13-8.
- Lin, C. S., Binns, M. R., & Lef Kovith, L. P., (1986). Stability analysis, where do we stand? *Crop Science*, 26: 894-900.
- Lorencetti, C., Santos, M., Mallmann, I. L., Jackishch, R. M., Rovedder, J. H., & Paniz, C. (2007). Adaptability and stability of burlet varieties in Brazil. Coresta Meeting, Agro-Phyto Groups, Krakow, APPOST 05.
- Mokhtarifar, Kh., Abdolshahi, R., & Pour Seyyedy, Sh. (2016). Yield stability analysis of eight bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Kerman province condition. *Journal of Crop Breeding*, 8 (17), 96-103. [In Persian].
- Motzo, R., Guinta, F., & Deidda, M. (1962). Factors affecting the genotype × environment interaction in spring triticale grown in Mediterranean environment. *Euphytica*, 121: 317-324.
- 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 (2), 4358-4364.
- Sadeghi, S. M., & Samizadeh, H. (2011). Evaluation of yield stability of Virginia tobacco hybrids using stability parameters and pattern analysis via AMMI model. *Journal of Crop Production*, 4 (2), 103-119. [In Persian].
- Salavati, R., & Hosseinzadeh Fashalami, N. (2010). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco flue- cured CMS lines in Mazandaran and Golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. Pp 89-104. [In Persian].
- Semwal, D., Mishra, S., Chauhan, A., & Semwal, B. (2015). Adverse health effects of tobacco and role of ayurveda in their reduction. *Journal of Medicinal Science*, 15 (3): 139-146
- Shadpour, S. (2011). Investigation of yield stability and adaptability of breeding tobacco flue- cured lines tolerant to PVY diseases. M.Sc. Thesis of plant breeding, Islamic Azad University, Karaj. 155 p. [In Persian].

- Shadpour, S., Peyghambari, S. A., Mohammadi, A., Shoaie Deylami, M., Jahromi, M. H. M., & Mahdavi, A. R. (2011). Study of genotype  $\times$  environment interaction and yield stability of tobacco genotypes using AMMI and Tai analysis. *Journal of crop breeding*, 5 (2), 78 – 90. [In Persian].
- Shoaie Deylami, M., & Asimi, M. H. (2009). Investigation of yield stability and adaptability of tobacco flue-cured CMS varieties in Guilan province. Annual Report of Rasht Research Center. Pp 63-80. [In Persian].
- Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Wood, S. & Cornelious. P. L. (2007). GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science*, 47: 643-655.
- Zamani, P. (2010). Agronomy and curing of tobacco. Beh Andishan Publishers, 160 p. [In Persian].