



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 2, No.55, (2023), P: 19-34

Received: 20/03/2023 Accepted: 22/05/2023 Publication Date: 15/1/2024

Investigating the Phenotypic Diversity of Vetch (*Vicia* L.) Genotypes from Different Species Under the Rain-fed Conditions of Maragheh City

Hossein Abdi

Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran
ho.abdi@urmia.ac.ir

Mojhgan Tabrizivand Taheri *

Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
tabrizivand@gmail.com

Khoshnood Alizadeh

Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
khoshnod2000@yahoo.com

Sadegh Shahbazi

Researcher, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
sadeqshahbazy@yahoo.com

Abstract

Vicia L. is a significant fodder plant, widely affected by drought conditions. This study aimed to identify the phenotypic diversity and select superior vetch genotypes. To this end, 120 vetch genotypes from five species: *Vicia ervilia* L., *Vicia sativa* L., *Vicia narbonensis* L., *Vicia dasycarpa* L., and *Vicia pannonica* L. were evaluated under the rain-fed conditions of Maragheh city. Data analysis revealed considerable variation among vetch species genotypes in all studied traits. Grain yield showed a positive and significant correlation with biological yield and the number of days to maturity. Principal Component Analysis (PCA) biplot demonstrated clear separation among vetch species. Furthermore, cluster analysis results classified the studied vetch genotypes into two main groups and four subgroups, with genotypes in the third and fourth subgroups exhibiting the highest values for most traits. Genotypes G1, G3, G4, G6, G7, G8, and G12, all belonging to the *V. ervilia* species, were consistently selected based on the MGIDI and Smith indices. The findings of this study provide valuable insights for the collection, preservation, and utilization of vetch germplasm resources.

Key words: Drought Stress, Selection Indices, MGIDI Index, Forage, Grain Yield.

Introduction

Vicia L., belonging to the Fabaceae family, is a special type of fodder plant well-suited for cold and dry regions (Ma et al., 2022). In terms of some quality characteristics, vetch is comparable to alfalfa (Hasanvand et al., 2010). For decades, evaluating the diversity of agronomical and morphological traits has been a fundamental step in studying plant germplasm. These traits are crucial for evolutionary and taxonomic studies. To date, the taxonomy and biosystematics of the genus *Vicia* have been explored in several studies (Hanelt & Mettin, 1989; Maxted, 1993; Jalilian et al., 2014). Although drought stress can reduce the grain and fodder yield of vetch, some species

*Corresponding author

Abdi, H., Tabrizivand Taheri, M., Alizadeh, Kh. & Shahbazi, S. (2023). Investigating the phenotypic diversity of vetch (*vicia* l.) genotypes from different species under the rain-fed conditions of Maragheh city. *Taxonomy and Biosystematics*, 15(2), 19-34.

2322-2190 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2023.137151.1227>



exhibit high tolerance to this stress (Alizadeh, 2019). Significant phenotypic variation among vetch genotypes under drought stress conditions has been reported (Mirfakhraee et al., 2010; Abbasi et al., 2014). Considering the importance of fodder production in Iran, this study was undertaken to determine the phenotypic diversity and select superior vetch genotypes from five species (*Vicia ervilia*, *Vicia sativa*, *Vicia narbonensis*, *Vicia dassycarpa*, and *Vicia panonica*) under the rain-fed conditions of Maragheh city.

Materials and Methods

In this study, 120 vetch genotypes from the ICARDA international germplasm collection were cultivated in 1m² plots using an augmented design under rain-fed conditions in the spring. Due to germination issues and insufficient growth, data from only 60 genotypes were viable for analysis. These genotypes were evaluated at the Dryland Agricultural Research Institute (DARI) in Maragheh city, located at a latitude of 37°16'12" E, a longitude of 46°27'36" N, and an altitude of 1720 meters. The total rainfall during the experimental months amounted to 58 mm. The traits assessed included plant height (PH), number of days to maturity (DM), hundred kernel weight (HKW), biological yield (BY), and grain yield (GY). A variety of statistical analyses, such as analysis of variance (ANOVA), principal component analysis (PCA), and cluster analysis using Ward's method, were conducted to explore the phenotypic variation among genotypes. Pearson's correlation coefficient was applied to assess relationships between traits. Additionally, the Smith Index (Smith, 1936) and the multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) were utilized for the selection of superior genotypes (Olivoto & Nardino, 2021). All statistical analyses were executed using SAS 9.4 and R 4.2.2 software.

Research Findings

The analysis of variance (ANOVA) results revealed significant differences between the vetch species for all studied traits at the 0.1% probability level. *Vicia panonica* exhibited the highest plant height (PH) at 42.19 cm, while *Vicia sativa* required the longest duration to reach maturity. Biological yield (BY) was significantly higher in *Vicia sativa* (1605.5 kg/ha) and *Vicia panonica* (1331.1 kg/ha) compared to other species. Although *Vicia narbonensis* recorded the highest hundred kernel weight (HKW) at 16.37 g, the greatest grain yield (GY) of 502 kg/ha was observed in *Vicia sativa*. Correlation analysis between traits indicated a positive and significant correlation of GY with BY ($r=0.81^{**}$) and days to maturity (DM) ($r=0.80^{**}$). A similar positive correlation was noted between BY and DM ($r=0.57^{**}$) as well as PH ($r=0.54^{**}$). The only negative relationship was observed between PH and HKW traits ($r=-0.45^{**}$). The first two components of the principal component analysis (PCA) explained nearly 80% of the total variation. The PCA biplot showed that genotypes of each species were similarly distributed based on the first two principal components. Cluster analysis dendrogram divided vetch genotypes into two main groups and four subgroups. According to the multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI) selection index, genotypes G6, G5, G4, G10, G9, G12, G7, G1, G8, G92, G3, and G23 were identified as the preferred genotypes. Genotypes G1, G3, G4, G6, G7, G8, G12, G77, G100, G101, G110, and G119 were selected based on the Smith Index (SH). A comparison of these two indices revealed that seven genotypes were consistently chosen, all of which belonged to the *Vicia ervilia* species. This selection underscores the potential of *V. ervilia* for specific agronomic traits, thereby contributing valuable insights for future breeding and conservation efforts.

Discussion of Results and Conclusion

The considerable diversity observed among vetch species in terms of yield and main agronomic traits aligns with previous reports (Mirfakhraee et al., 2010; Abbasi et al., 2014; Javanmard et al., 2019), highlighting the varied responses of these species to drought stress. Each species may employ different mechanisms to tolerate drought, contributing to this observed diversity. The traits evaluated in this study effectively distinguished between vetch species, particularly *Vicia ervilia*, which exhibited more distinct distribution than other species. Although cluster analysis did not group all genotypes of each species into the same subgroup, the first main group primarily comprised *Vicia narbonensis* and *Vicia sativa*, while the second main group predominantly included *Vicia panonica*, *Vicia dassycarpa*, and *Vicia ervilia*. The genotypes in the third subgroup are recommended for further development and introduction of vetch cultivars. Javadi et al. (2022) similarly classified 58 vetch genotypes into five groups, with some clusters encompassing genotypes from different species. While yield is a crucial trait, selecting genotypes based on multiple traits is essential in plant breeding (Yan & Frégeau-Reid, 2018). The common genotypes selected using the Smith Index (SH) and the Multi-Trait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI) were predominantly from the *V. ervilia* species, with limited selections from other species by one of the indices. This variation in results is attributed to the differences in the calculation methods of the indices and the definition of the ideal genotype. The diversity revealed in this study offers valuable insights for vetch taxonomy and biosystematics programs. Future studies should investigate the molecular aspects of this diversity to further understand the genetic basis of these phenotypic variations.

بررسی تنوع فنوتیپی ژنوتیپ‌های ماشک (*Vicia L.*) از گونه‌های مختلف تحت شرایط دیم در شهرستان مراغه

حسین عبدی، دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

ho.abdi@urmia.ac.ir

مژگان تبریزی وند طاهری*، استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

tabrizivand@gmail.com

خشنود علیزاده، استاد، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

khoshnod2000@yahoo.com

صادق شهبازی دورباش، محقق، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

sadeqshahbazy@yahoo.com

چکیده

ماشک با نام علمی *Vicia L.* از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای است و عملکرد آن به‌طور وسیع از کم‌آبی تأثیر می‌گیرد. هدف از پژوهش حاضر، تعیین تنوع فنوتیپی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر ماشک بود و بدین منظور ۱۲۰ ژنوتیپ ماشک از پنج گونه *Vicia sativa L.*، *Vicia ervilia L.*، *Vicia narbonensis L.*، *Vicia dasysepalum L.* و *Vicia panonica L.* تحت شرایط دیم در شهرستان مراغه ارزیابی شد. تجزیه داده‌ها حاکی از وجود تنوع چشمگیری بین ژنوتیپ‌های گونه‌های ماشک از نظر تمام صفات مطالعه‌شده بود. طبق نتایج، عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک و تعداد روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. ارزیابی پراکنش ژنوتیپ‌ها بر مبنای بای‌پلات PCA نشان داد گونه‌های ماشک از همدیگر به‌خوبی تفکیک شد؛ همچنین بر پایه نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های ماشک مطالعه‌شده در دو گروه اصلی و چهار زیرگروه فرعی دسته‌بندی شد که ژنوتیپ‌های موجود در زیرگروه سوم و پس از آن در زیرگروه چهارم دارای بیشترین مقدار برای اکثر صفات بود. در نهایت، ژنوتیپ‌های G1، G3، G4، G6، G7، G8 و G12 که همگی از گونه *V. ervilia* بود، به‌طور مشترک براساس شاخص MGIDI و شاخص اسمیت گزینش شد. نتایج مطالعه حاضر برای جمع‌آوری، حفظ و استفاده از منابع ژرم‌پلاس ماشک مفید است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص‌های گزینش، شاخص MGIDI، علوفه، عملکرد دانه.

مقدمه

کمبود مواد غذایی و افزایش روزافزون جمعیت، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، نگرانی‌های جدی در رابطه با تأمین غذا در آینده به وجود آورده است و در این میان نقش لگوم‌های علوفه‌ای در تعلیف دام و در نتیجه تأمین نیاز انسان

* مسئول مکاتبات

عبدی، حسین، تبریزی وند طاهری، مژگان، علیزاده، خشنود. و شهبازی دورباش، صادق. (۱۴۰۲). بررسی تنوع فنوتیپی ژنوتیپ‌های ماشک (*Vicia L.*) از گونه‌های مختلف تحت شرایط دیم در شهرستان مراغه. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۵(۵۵)، ۱۹-۳۴.



به فرآورده‌های دامی اهمیت انکارناپذیری دارد. ماشک (*Vicia L.*) از تیرهٔ بقولات (Fabaceae)، از انواع گیاهان علوفه‌ای خاص و مناسب مناطق سرد و خشک است (Ma et al., 2022). این گیاه از لحاظ پروتئین و خاکستر با یونجه مقایسه می‌شود (Hasanvand et al., 2010)؛ همچنین ماشک گیاهی مهم در کشاورزی پایدار است؛ زیرا موجب اصلاح و تقویت خاک می‌شود و ازت را در خاک تثبیت می‌کند (Ibañez et al., 2020). گزارش شده است که در میان گونه‌های علوفه‌ای، ماشک مناسب‌ترین لگوم علوفه‌ای برای کشت در سال‌های آیش مناطق دیم است (Monirifar, 2016). مطابق آمارنامهٔ رسمی کشاورزی، ۹/۶ درصد از سطح برداشت و ۲۷/۴ درصد از میزان تولید محصولات زراعی کشور به نباتات علوفه‌ای اختصاص دارد. اگرچه آمار دقیقی از سطح زیر کشت و میزان تولید ماشک در داخل کشور وجود ندارد، گزارش شده است که ۶۵ هزار هکتار از اراضی دیم کشور به محصولات علوفه‌ای به‌غیر از یونجه، شبدر و ذرت علوفه‌ای اختصاص دارد (Ministry of Jihad Agriculture, 2022).

از حدود ۱۵۰ گونهٔ مختلف ماشک شناسایی شده، تنها تعداد محدودی از آن در تولید علوفه در شرایط دیم استفاده می‌شود. بیشتر گونه‌های ماشک متحمل به خشکی هستند؛ هرچند میزان تحمل خشکی در گونه‌های مختلف ماشک متفاوت است و گونه‌های *Vicia ervilia L.* و *Vicia dassycarpa L.* در مقایسه با سایر گونه‌ها مقاومت به خشکی بیشتری دارند (Alizadeh, 2019). مهم‌ترین گونه‌های ماشک کشت‌شده در ایران شامل ماشک معمولی، ماشک گل‌خوشه‌ای و ماشک خزری است (Javanmard et al., 2019). با وجود اینکه مؤسسهٔ تحقیقات کشاورزی دیم کشور ارقام مختلفی از ماشک علوفه‌ای را برای کاشت در اراضی دیم معرفی کرده است (Alizade Dizaj et al., 2013; Alizade Dizaj et al., 2016)، برای بهره‌وری زیاد به معرفی ارقام جدیدتر نیاز است.

تنوع فنوتیپی و ژنتیکی کلید دستیابی به پیشرفت در به‌نژادی است. از دهه‌های گذشته، ارزیابی تنوع صفات زراعی و مورفولوژیکی یکی از ابتدایی‌ترین گام‌ها در بررسی ژرم‌پلاسم گیاهی است. چنین صفاتی در مطالعات تکاملی و تاکسونومیکی اهمیت دارد. هانلت و متین در یکی از نخستین مطالعات، بیوسیستماتیک جنس *Vicia L.* را بررسی کردند (Hanelt & Mettin, 1989). در پژوهشی دیگر با هدف طبقه‌بندی گونه‌های ماشک، تنوع مورفولوژی بیش از ۱۵۰۰ نمونه ماشک از گونه‌های مختلف ارزیابی شد و نتایج ۳۸ گونه و ۱۴ زیرگونه در جنس *Vicia L.* را تأیید کرد (Maxted, 1993). علاوه بر صفات مورفولوژیکی، تنوع گونه‌های جنس ماشک در سطح مولکولی نیز بررسی شده است (Sun et al., 2022a; Yildirim et al., 2022). به‌طور کلی، مطالعات انجام‌شده روی تنوع ژنتیکی ماشک‌ها در ایران محدود است. حسوند و همکاران در بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در شش تودهٔ بومی ماشک در شرایط آبی و دیم منطقهٔ لرستان، تنوع مطلوبی برای این صفات گزارش کردند و توده‌های دورود و الیگودرز، نمونه‌های متحمل به خشکی شناسایی شد (Hasanvand et al., 2010). میرفخرایی و همکاران واکنش ۱۲ ژنوتیپ ماشک کرک‌دار (*Vicia dassycarpa L.*) را نسبت به تنش خشکی بررسی کردند و نشان دادند تنش خشکی بر تمام صفات به‌جز تعداد دانه در نیام به‌طور معنی‌داری تأثیر می‌گذارد و عملکرد دانه و بیوماس بیشترین مقدار کاهش را در اثر تنش خشکی داشتند

(Mirfakhraee et al., 2010). علاوه بر زیست توده اندام هوایی، سطح برگ ماشک گل خوشه‌ای در اثر کمبود آب ناشی از افزایش دور آبیاری، کاهش می‌یابد (Rastegari et al., 2017). ارزیابی ۸۹ ژنوتیپ ماشک گل خوشه‌ای تحت شرایط نرمال و تنش خشکی نشان داد بین آنها به لحاظ خصوصیات مورفولوژیک و زراعی تنوع ژنتیکی مطلوبی وجود داشت (Abbasi et al., 2014). در پژوهشی، جوانمرد و همکاران عملکرد کمی و کیفی ۱۵ توده بومی ماشک را در شرایط دیم بررسی کردند و نتیجه گرفتند که یک توده بومی به دلیل عملکرد علوفه زیاد و یک توده بومی به دلیل دارا بودن کیفیت علوفه مطلوب، توده‌های بومی مناسب برای کشت در شرایط دیم هستند (Javanmard et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر با هدف بررسی پارامترهای مرتبط با تنش خشکی در ۴۷ ژنوتیپ از گونه *Vicia sativa L.*، تنوع زیادی در بین مواد ژنتیکی مشاهده شد (De la Rosa et al., 2021). جوادی و همکاران با بررسی عملکرد و سایر صفات مورفولوژیک در ۵۸ ژنوتیپ ماشک از گونه‌های مختلف بانک ژن منابع طبیعی ایران نتیجه گرفتند که بین ژرم پلاسم مطالعه شده از نظر تمام صفات، اختلاف آماری معنی داری وجود دارد و ژنوتیپ‌ها قابلیت گروه‌بندی در خوشه‌های مشابه را دارند (Javadi et al., 2022). نظر به اهمیت تولید علوفه در کشور، مطالعه حاضر با هدف تعیین تنوع فنوتیپی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر ماشک از پنج گونه *Vicia narbonensis L.*، *Vicia sativa L.*، *Vicia ervilia L.*، *Vicia panonica L.* و *dassycarpa L.* تحت شرایط دیم در شهرستان مراغه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

در پژوهش حاضر، تعداد ۱۲۰ ژنوتیپ ماشک از مجموعه ژرم پلاسم بین‌المللی ارسالی از مرکز جهانی تحقیقات کشاورزی نواحی خشک (ICARDA) (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) در کرت‌هایی به اندازه یک متر مربع (با تعداد ۲۵۰ بذر در هر متر مربع) در قالب طرح آگمنت و تحت شرایط دیم به صورت بهاره کشت شد. جزئیات مربوط به ژنوتیپ‌های مطالعه شده از جمله نام، گونه و منشأ آنها در جدول ۱ تنظیم شده است. با توجه به اینکه نیمی از ژنوتیپ‌ها به طور احتمالی به دلیل نگهداری طولانی مدت در بانک ژن با نبود جوانه‌زنی مواجه بودند و رشد لازم را نداشتند، تنها اطلاعات ۶۰ ژنوتیپ ارائه شد. این ژنوتیپ‌ها در مزرعه ستاد مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور واقع در شهرستان مراغه با عرض جغرافیایی $37^{\circ}16'12''$ شمالی و طول جغرافیایی $46^{\circ}27'36''$ شرقی و ۱۷۲۰ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد ارزیابی شد. میزان بارندگی در ماه‌های اجرای آزمایش یعنی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر سال ۱۴۰۱ به ترتیب برابر با ۱۶/۸، ۳۳/۴، ۶/۳ و ۱/۵ میلی‌متر بود. صفات ارزیابی شده شامل ارتفاع بوته (میانگین ارتفاع پنج بوته تصادفی از هر کرت در زمان رسیدگی بر حسب سانتی‌متر)، تعداد روز تا رسیدگی (شمار روزها از زمان کاشت تا ۵۰ درصد رسیدگی در کرت‌ها)، وزن صد دانه (بر حسب گرم)، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (با استفاده از کل بوته‌های کرت بعد از حذف حاشیه‌ها و بیان آن به صورت کیلوگرم در هکتار) بود.

جدول ۱- اطلاعات ژنوتیپ‌های ماشک مطالعه‌شده

Table 1- The information of the genotypes of the studied vetch

کد	نام	منشأ	گونه	کد	نام	منشأ	گونه
G1	V.E Sel 2510	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G76	V.D Sel2457	Turkey	<i>V. dassycarpa</i>
G3	V.E Sel 2512	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G77	V.D Sel2562	Syria	<i>V. dassycarpa</i>
G4	V.E Sel 2513	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G78	V.D Sel2565	Australia	<i>V. dassycarpa</i>
G5	V.E Sel 2515	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G86	V.D Sel2439	Turkey	<i>V. dassycarpa</i>
G6	V.E Sel 2516	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G89	V.N Sel 2376	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G7	V.E Sel 2517	Cyprus	<i>V. ervilia</i>	G91	V.N Sel 2380	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G8	V.E Sel 2518	Syria	<i>V. ervilia</i>	G92	V.N Sel 2383	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G9	V.E Sel 2519	Syria	<i>V. ervilia</i>	G93	V.N Sel 2384	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G10	V.E Sel 2520	Syria	<i>V. ervilia</i>	G94	V.N Sel 2386	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G12	V.E Sel 2563	Syria	<i>V. ervilia</i>	G95	V.N Sel 2387	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G14	V.E Sel 2647	Bulgaria	<i>V. ervilia</i>	G96	V.N Sel 2392	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G16	V.S Sel 2003	Hungary	<i>V. sativa</i>	G97	V.N Sel 2393	Syria	<i>V. narbonensis</i>
G18	V.S Sel 2490	Syria	<i>V. sativa</i>	G98	V.N Sel 2466	Turkey	<i>V. narbonensis</i>
G20	V.S Sel 2558	Italy	<i>V. sativa</i>	G99	V.N Sel 2469	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G21	V.S Sel 2560	Syria	<i>V. sativa</i>	G100	V.N Sel 2470	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G23	V.S Sel 2616	Turkey	<i>V. sativa</i>	G101	V.N Sel 2471	Lebanon	<i>V. narbonensis</i>
G24	V.S Sel 2714	ICARDA	<i>V. sativa</i>	G102	V.N Sel 2561	Iraq	<i>V. narbonensis</i>
G25	V.S Sel 2717	ICARDA	<i>V. sativa</i>	G104	V.D Sel 2450	Unknown	<i>V. dassycarpa</i>
G41	IFVS SEL 2746	Unknown	<i>V. sativa</i>	G105	V.D Sel 2437	Unknown	<i>V. dassycarpa</i>
G42	IFVN 556 Sel 2376	Unknown	<i>V. narbonensis</i>	G106	V.D Sel 2434	Turkey	<i>V. dassycarpa</i>
G46	IFVN 121 Sel 2466	Turkey	<i>V. narbonensis</i>	G107	V.D Sel 2432	Turkey	<i>V. dassycarpa</i>
G47	IFVN 561 Sel 2469	Unknown	<i>V. narbonensis</i>	G108	V.P 3 Sel 3	Iran	<i>V. panonica</i>
G49	IFVN 67 Sel 2561	Italy	<i>V. narbonensis</i>	G109	V.P 4 Sel 4	Iran	<i>V. panonica</i>
G55	IFVS 505 Sel 2754	Unknown	<i>V. sativa</i>	G110	V.P 7 Sel 7	Iran	<i>V. panonica</i>
G56	IFVS 505 Sel 2755	Unknown	<i>V. sativa</i>	G111	V.P 14 Sel 14	Iran	<i>V. panonica</i>
G64	V.D Sel2431	Syria	<i>V. dassycarpa</i>	G113	V.P 16 Sel 16	Iran	<i>V. panonica</i>
G65	V.D Sel2433	Tukey	<i>V. dassycarpa</i>	G114	V.P 17 Sel 17	Iran	<i>V. panonica</i>
G66	V.D Sel2435	Unknown	<i>V. dassycarpa</i>	G116	V.P 19 Sel 19	Iran	<i>V. panonica</i>
G73	V.D Sel2452	Unknown	<i>V. dassycarpa</i>	G118	V.P 21 Sel 21	Iran	<i>V. panonica</i>
G75	V.D Sel2456	Japan	<i>V. dassycarpa</i>	G119	V.P 24 Sel 24	Iran	<i>V. panonica</i>

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس بین گونه‌ها در نرم‌افزار آماری SAS 9.4 انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple range test) (DMRT) در همین نرم‌افزار مقایسه شد. بای پلات‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و دندروگرام تجزیه خوشه‌ای با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی و روش Ward ترسیم شد. این تجزیه‌ها با استفاده از بسته factoextra در برنامه R نسخه 4.2.2 اجرا شد. برای اطمینان از صحت گروه‌بندی انجام‌شده در تجزیه خوشه‌ای، مقادیر AU هر خوشه که در صدهای به‌طور تقریبی بی‌طرفانه‌ای (Approximately Unbiased) هستند، از طریق نمونه‌گیری مجدد بوت‌استرپ چندمقیاسی در بسته pvclust برنامه R محاسبه شد. از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی روابط بین صفات استفاده و بدین منظور نمودار همبستگی در بسته corplot نرم‌افزار R ترسیم شد. در نهایت، از شاخص گزینش SH (Smith, 1936) و همچنین شاخص جدید فاصله ژنوتیپ - ایدئوتیپ چندصفتی (Multi-trait genotype-

برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب استفاده شد. شاخص‌های یادشده در بسته آماری metan نرم‌افزار R محاسبه شد (Olivoto & Lúcio, 2020).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مطالعه‌شده در گونه‌های مختلف ماشک

Table 2- Variance analysis of studied traits in different species of vetch

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد روز تا رسیدگی	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	عملکرد دانه
بین گونه	۴	۹۷۰/۶۷***	۱۰۷/۲***	۲۱۵۳۴۴۶/۴***	۴۳۲/۹***	۳۶۹۹۱۴/۵***
درون گونه	۵۵	۵۹/۸۳	۱/۱۰	۱۶۲۹۳۹/۵	۱۱/۷۵	۱۷۱۹۲/۹

*** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱ است.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها بین گونه‌های مختلف ماشک از لحاظ صفات مطالعه‌شده

Table 3- Comparison of averages between different species of vetch in terms of studied traits

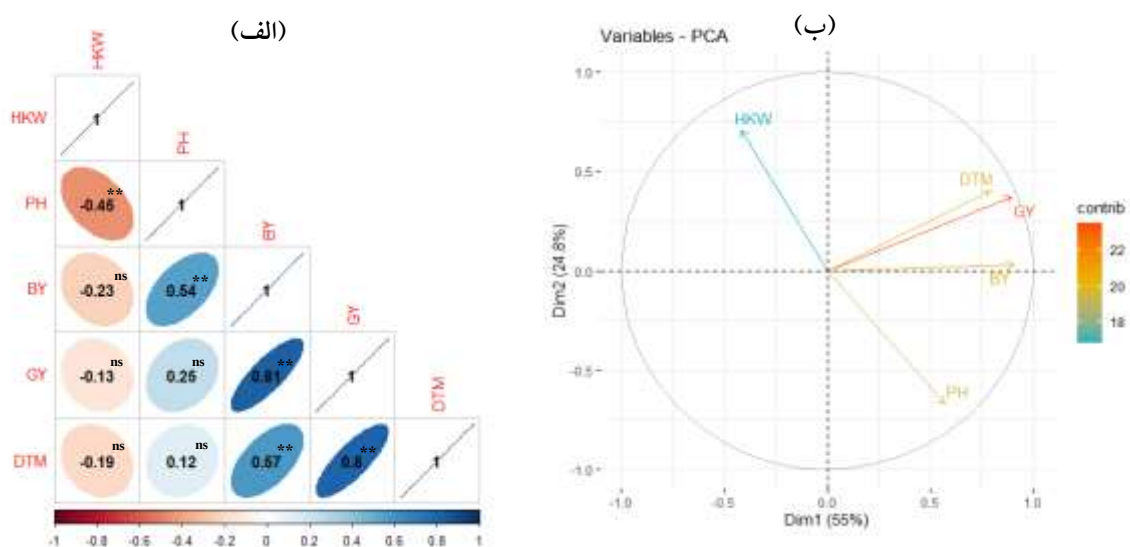
گونه	تعداد	ارتفاع بوته (cm)	تعداد روز تا رسیدگی	عملکرد بیولوژیک (kg/ha ⁻¹)	وزن صد دانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha ⁻¹)
<i>V. ervilia</i>	۱۱	۳۰/۶۷ ^b	۷۶/۲۷ ^a	۱۶۰۵/۵ ^a	۶/۲۴ ^b	۵۰۲/۰ ^a
<i>V. sativa</i>	۱۰	۱۹/۸۰ ^c	۶۹/۶۰ ^b	۵۷۸/۰ ^b	۶/۱۵ ^b	۸۰/۵ ^b
<i>V. narbonensis</i>	۱۷	۲۱/۰۸ ^c	۶۹/۴۱ ^b	۶۹۲/۹ ^b	۱۶/۳۷ ^a	۱۰۱/۶ ^b
<i>V. dassycarpa</i>	۱۳	۳۴/۴۱ ^b	۶۹/۰۰ ^b	۸۶۰/۰ ^b	۳/۲۱ ^b	۷۸/۲ ^b
<i>V. panonica</i>	۹	۴۲/۱۹ ^a	۶۹/۶۷ ^b	۱۳۳۱/۱ ^a	۳/۶۲ ^b	۱۶۵/۳ ^b

در هر ستون، میانگین‌ها با حروف نامشابه بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار از نظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

در مطالعه‌ای، با بررسی پارامترهای تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های *V. sativa*، میانگین وزن صد دانه برابر با ۶/۶ گرم گزارش شد که با مقدار به‌دست آمده در مطالعه حاضر مشابه بود (De la Rosa et al., 2021). تنوع در بین ژنوتیپ‌های ماشک از نظر صفات مختلف پیش از این گزارش شده است (Mirfakhraee et al., 2010; Abbasi et al., 2019; Javanmard et al., 2014). چنین واکنش‌های متفاوتی از گونه‌های ماشک در مواجهه با تنش خشکی امری اجتناب‌ناپذیر است؛ زیرا گونه‌های مختلف ممکن است مکانیسم‌های متفاوتی برای تحمل به خشکی داشته باشند. در همین باره، بیان شده است که گونه‌های ماشک و جمعیت‌های آنها ویژگی‌های رشد، مراحل فنولوژی، خصوصیات علوفه و بهره‌وری بذری متفاوتی دارند (Javadi et al., 2022). علاوه بر تنش خشکی، تنوع در بین اکوتیپ‌های ماشک از نظر تحمل به سایر تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری نیز گزارش شده است (Karimzadeh Negari et al., 2022; Sun et al., 2022b).

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($r=0/81^{**}$) و تعداد روز تا رسیدگی ($r=0/80^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. این همبستگی مثبت بین عملکرد بیولوژیک با تعداد روز تا رسیدگی ($r=0/57^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=0/54^{**}$) نیز مشاهده شد. تنها رابطه منفی و معنی‌دار بین صفات ارتفاع بوته و وزن صد دانه ($r=-0/45^{**}$) بود (شکل ۱-الف). روابط یادشده براساس بای‌پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نیز به‌خوبی نمایان

است؛ جایی که دو مؤلفه اول در مجموع به طور تقریبی ۸۰ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کردند. زوایای بین بردار صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد بیولوژیک کمتر و در نتیجه روابط مثبت قوی‌تری بین آنها وجود داشت؛ در سوی مقابل زاویه بین بردار صفات وزن صد دانه با ارتفاع بوته بیش از ۹۰ درجه بود که کوسینوس این زاویه تقریبی از همبستگی منفی بین این دو صفت است (شکل ۱-ب). پیش از این، نتایج ضرایب همبستگی بین صفات در ۸۹ ژنوتیپ ماشک گل خوشه‌ای تحت شرایط تنش خشکی مشخص کرد که بین عملکرد و صفات ارتفاع گیاه، تعداد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد علوفه خشک، تعداد دانه در غلاف و تعداد گل همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (Abbasi et al., 2014). Mirfakhraee et al. (2010) در تجزیه علیت بیوماس هوایی و عملکرد دانه در ماشک کرک‌دار تحت شرایط مختلف آبیاری اظهار داشتند که در شرایط کم آبیاری، تعداد دانه در نیام و چگالی دانه از اجزای اصلی بیوماس هوایی و وزن هزار دانه و طول ساقه از اجزای اصلی عملکرد دانه بود؛ همچنین در شرایط دیم نیز تعداد دانه در بوته به تنهایی از اجزای اصلی بیوماس محسوب شد جوادی و همکاران براساس تجزیه PCA مشخص کردند که تغییرات در ژنوتیپ‌های ماشک به طور عمده ناشی از صفاتی مانند روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و صفات بذر بود و سهم مهمی در تفکیک جمعیت‌ها داشتند (Javadi et al., 2022)؛ همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد ژنوتیپ‌های مربوط به هر گونه، پراکنش به طور تقریبی مشابهی براساس دو مؤلفه اصلی اول داشتند. این نتیجه حاکی از آن است که ارزیابی‌های مطالعه‌شده روی این گونه‌ها به طور تقریبی به خوبی گونه‌های ماشک را از همدیگر تفکیک کرده است؛ به ویژه گونه ماشک *V. ervilia* که به شکل متمایزتری از سایر گونه‌ها توزیع یافته است (شکل ۲).



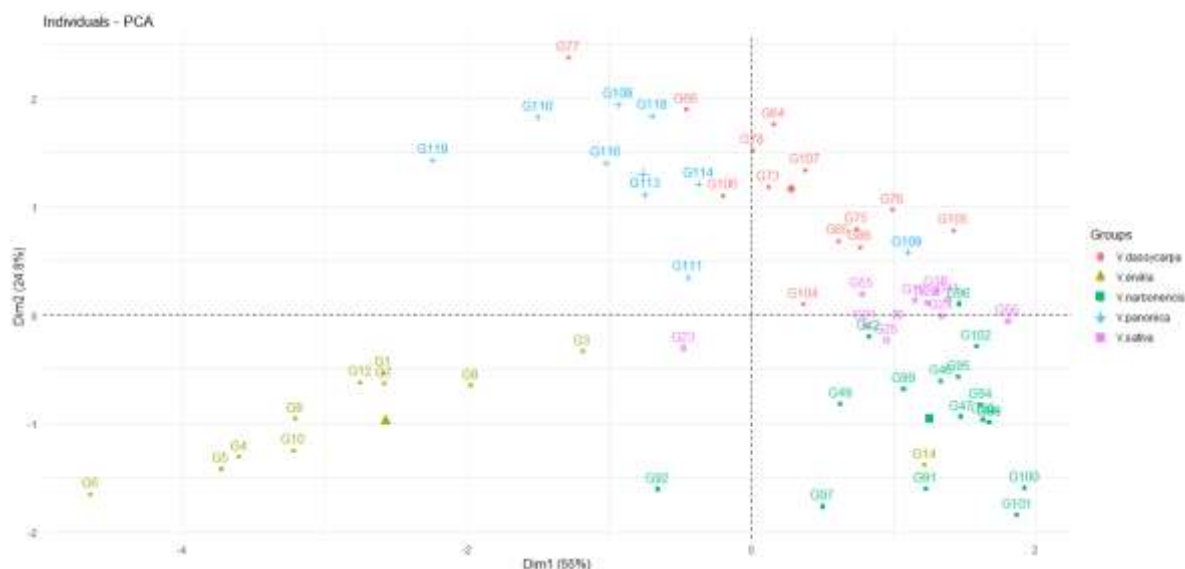
شکل ۱- روابط بین صفات مطالعه‌شده براساس ضرایب همبستگی پیرسون (A) و بای‌پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (B). ns و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.

HKW: وزن صد دانه، PH: ارتفاع بوته، BY: عملکرد بیولوژیک، GY: عملکرد دانه و DTM: تعداد روز تا رسیدگی.

Figure 1- Relationships between the studied traits based on Pearson correlation coefficients (A) and biplot decomposition into principal components (B).

ns and ** indicate non-significance and significance at the one percent probability level, respectively.

HKW: hundred seed weight, PH: plant height, BY: biological yield, GY: seed yield and DTM: number of days to maturity.



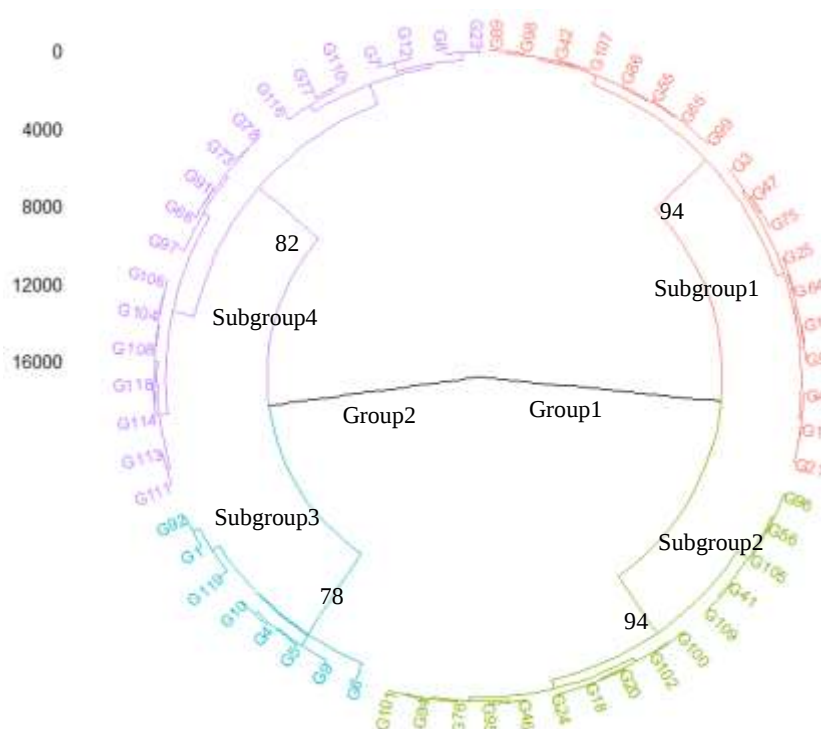
شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های ماشک از پنج گونه مختلف بر مبنای دو مؤلفه اول تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Figure 2- Distribution of vetch genotypes from five different species based on the first two components of the decomposition into main components

بر پایه نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های ماشک مطالعه‌شده در دو گروه اصلی و چهار زیرگروه فرعی دسته‌بندی شد. در زیرگروه اول ۱۸ ژنوتیپ (۳۰ درصد)، در زیرگروه دوم ۱۵ ژنوتیپ (۲۵ درصد)، در زیرگروه سوم هشت ژنوتیپ (۱۳/۳ درصد) و در نهایت در زیرگروه چهارم ۱۹ ژنوتیپ (۳۱/۷ درصد) قرار گرفت (شکل ۳). دامنه مقادیر AU خوشه‌ها از ۷۸ درصد تا ۹۴ درصد متغیر بود؛ بنابراین دندروگرام اعتبار لازم را دارد و گروه‌بندی با صحت زیادی انجام شده است. اگرچه تجزیه خوشه‌ای، تمام ژنوتیپ‌های مربوط به هر گونه را در زیرگروهی یکسان قرار نداد، گروه اصلی اول به‌طور عمده شامل گونه‌های ماشک *V. narbonensis* و *V. sativa* بود؛ در حالی که گروه اصلی دوم بیشتر حاوی گونه‌های ماشک *V. panonica*، *V. dasycarpa* و *V. ervilia* بود. ژنوتیپ‌های موجود در زیرگروه سوم و پس از آن زیرگروه چهارم دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته بود. اگرچه موفقیت در زراعت دیم به میزان و توزیع بارندگی بستگی دارد، استفاده از ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط تنش کم‌آبی عملکرد زیادی دارند، تأثیر عمده‌ای در بهبود تولید خواهد داشت؛ از این رو طبق نتایج این پژوهش، لازم است از ژنوتیپ‌های موجود در زیرگروه سوم برای کشت و توسعه ارقام زراعی ماشک بیشتر استفاده شود. ژنوتیپ‌های این خوشه به‌طور عمده از گونه *V. ervilia* است. در همین ارتباط، گزارش شده است که امکان استفاده از ماشک اروپا با منشأ خاورمیانه برای تولید دانه و علوفه خشک وجود دارد و دارای تپسی ایستاده، نیمه مقاوم به سرما، بسیار مقاوم به خشکی، مناسب برای خاک‌های خنی و حتی کمی اسیدی است (Alizadeh, 2019).

استفاده از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های ماشک تحت تنش‌های محیطی از جمله خشکی (Hasanvand et al., 2010) و شوری (Karimzadeh Negari et al., 2022) پیش از این گزارش شده است. در ارزیابی تنوع ژنتیکی و تجزیه خوشه‌ای کلکسیون ماشک تلخ (*Vicia ervilia*) براساس صفات زراعی و مورفولوژیکی نشان داده شد که

توده‌های استان‌های کردستان، لرستان و مرکزی در خوشه اول، توده‌های استان‌های ایلام، همدان و اصفهان در خوشه دوم و نمونه‌های استان‌های کرمان و آذربایجان شرقی در خوشه سوم قرار دارند (Abbasi et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر، ۵۸ ژنوتیپ ماشک از گونه‌های مختلف در پنج خوشه گروه‌بندی شد که مشابه نتایج پژوهش حاضر برخی از خوشه‌ها شامل ژنوتیپ‌هایی از گونه‌های متفاوت بود (Javadi et al., 2022). ون در وو و همکاران ضمن مشاهده تنوع مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های گونه *V. sativa* نتیجه گرفتند که امکان شناسایی تعداد شش زیرگونه براساس تجزیه خوشه‌ای وجود دارد (Van de Wouw et al., 2003)؛ علاوه بر صفات مورفولوژیک، براساس اطلاعات مولکولی نیز تمایز روشنی بین گونه‌های مختلف ماشک گزارش شده است (Yildirim et al., 2022).



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مطالعه‌شده در ۶۰ ژنوتیپ ماشک. مقادیر روی هر خوشه، درصدی به‌طور تقریبی بی‌طرفانه‌ای (AU) هستند که با نمونه‌گیری مجدد ($n=1000$) بوت‌استرپ چندمقیاسی محاسبه شده است.

Figure 3- Dendrogram resulting from cluster analysis based on the traits studied in 60 vetch genotypes. Values on each cluster are approximately unbiased percentages (AU) calculated by multiscale bootstrap resampling ($n = 1000$).

با وجود آن‌که عملکرد، مهم‌ترین صفت تلقی می‌شود، انتخاب ژنوتیپ‌ها برپایه چندین صفت موضوعی اساسی و مهم در اصلاح نباتات است (Yan & Frégeau-Reid, 2018). به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های برتر از نظر تمام صفات، در پژوهش حاضر از شاخص فاصله ژنوتیپ - ایدئوتیپ چندصفتی (MGIDI) و شاخص اسمیت (SH) استفاده شد. در شاخص MGIDI، تجزیه به عامل‌ها برای کاهش ابعاد داده‌ها ضروری است؛ از این رو تجزیه به عامل‌ها روی تمام صفات انجام شد و نتایج نشان داد دو عامل اول ۷۹/۸ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کنند. بزرگ‌ترین ضرایب عاملی منفی در عامل اول به ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع

بوته بود؛ در حالی که وزن صد دانه در این عامل ضریب ناچیز مثبت داشت. عامل دوم به‌طور مثبت تحت تأثیر صفات ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک و به‌صورت منفی متأثر از وزن صد دانه بود (جدول ۴)؛ همچنین شاخص اسمیت به‌وسیلهٔ تابع خطی از ارزش‌های فنوتیپی تخمین شد که ضرایب مربوط به هر صفت در جدول ۴ ارائه شده است. در این شاخص وزن همهٔ صفات برابر با واحد (یک) در نظر گرفته شد. براساس نتایج شاخص گزینش MGIDI، ژنوتیپ‌های G6، G5، G4، G10، G9، G12، G7، G1، G8، G92، G3 و G23 به ترتیب ژنوتیپ‌های مطلوب گزینش شد (شکل ۴)؛ همچنین برپایهٔ شاخص SH نیز ژنوتیپ‌های G1، G3، G4، G6، G7، G8، G12، G77، G100، G101، G110 و G119 انتخاب شد. با مقایسهٔ نتایج این دو شاخص مشخص می‌شود که هفت ژنوتیپ در هر دو شاخص به‌طور مشترک گزینش شده است (شکل ۵). این ژنوتیپ‌های مشترک که همگی متعلق به گونهٔ *V. ervilia* است، منابع ژنتیکی ارزشمندی برای اصلاح ماشک در داخل کشور هستند؛ همچنین ژنوتیپ‌هایی از سایر گونه‌ها نظیر *V. panonica*، *V. narbonensis*، *V. dassycarpa* و *V. sativa* به شکل محدود توسط یکی از شاخص‌ها گزینش شد. به نظر می‌رسد، اختلاف در نتایج دو شاخص ناشی از نحوهٔ محاسبهٔ آنها و چگونگی تعریف ژنوتیپ ایده‌آل باشد. در نهایت، دیفرانسیل گزینش (تفاوت میانگین افراد برگزیده شده از میانگین کل) تحت هر دو شاخص حاکی از آن بود که این آماره برای صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته مثبت و برای وزن صد دانه منفی بود (جدول ۵). شاخص MGIDI در مقایسه با شاخص SH برای تمام صفات به‌جز ارتفاع بوته، درصد دیفرانسیل گزینش بزرگ‌تری داشت. منفی بودن دیفرانسیل گزینش برای وزن دانه پیش از این در گیاه جو نیز گزارش شده است (Shirzad et al., 2023).

جدول ۴- بارهای عاملی حاصل از چرخش واریماکس و آماره‌های مربوط به شاخص گزینش MGIDI و شاخص گزینش اسمیت
Table 4- Factor loadings resulting from varimax rotation and statistics related to MGIDI selection index and Smith selection index

شاخص گزینش SH		شاخص گزینش چندصفتی MGIDI					متغیر
وزن	ضریب	یکتایی	اجتماع	عامل دوم	عامل اول	اختصار	Variable
Weight	B	Uniqueness	Communality	FA2	FA1	Abb.	
۱	۳۱/۶۲	۰/۲۳	۰/۷۷	۰/۸۶	-۰/۱۹	PH	ارتفاع بوته
۱	۰/۵۴۹	۰/۱۸	۰/۸۲	۰/۴۰	-۰/۸۱	BY	عملکرد بیولوژیک
۱	-۲/۹۹	۰/۰۶	۰/۹۴	۰/۰۹	-۰/۹۶	GY	عملکرد دانه
۱	۵۸/۵۲	۰/۳۳	۰/۶۷	-۰/۸۲	۰/۰۴	HKW	وزن صد دانه
۱	۲۷۸/۳	۰/۲۱	۰/۷۹	۰/۰۲	-۰/۸۹	DTM	تعداد روز تا رسیدگی

تاکنون، کاربرد مؤلف شاخص گزینش MGIDI در انتخاب گیاهانی نظیر گندم (Nardino et al., 2022; Lima et al., 2022)، جو (Shirzad et al., 2023)، بادمجان (Uddin et al., 2021) و ... گزارش شده است؛ همچنین توانایی شاخص یادشده در غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی به اثبات رسیده است (Pour-Aboughadareh & Pocza, 2021). در طیفی از گیاهان علوفه‌ای برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از شاخص‌های گزینش چندصفتی استفاده شده است. علیزاده و شهبازی در انتخاب ژنوتیپ‌های ماشک مناسب کشت پاییزه نتیجه گرفتند که معیار انتخاب براساس تمام اطلاعات موجود در داده‌های آزمایشی و تصحیح نتایج از لحاظ تغییرات موجود در مزرعه، اطمینان بیشتری در

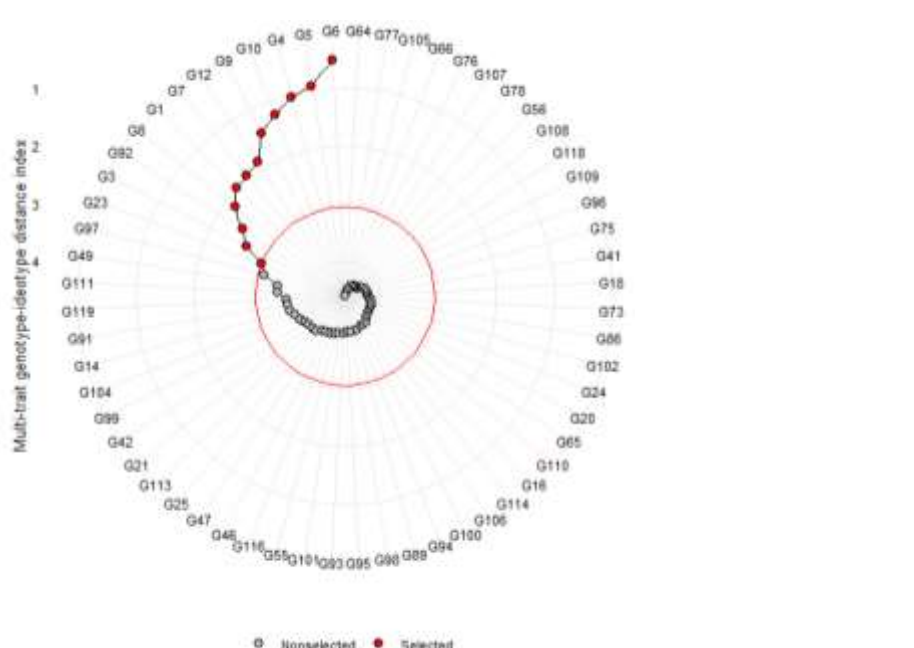
انتخاب لاین‌ها نسبت به تجزیه‌های رایج دارد (Alizadeh & Shahbazi, 2016). ژنی و همکاران بهره‌گیری از صفات مختلف شامل قدرت بذردهی و وزن خشک علوفه در انتخاب ژنوتیپ‌های شبدر قرمز با عملکرد علوفه زیاد را توصیه کردند (Xie et al., 1997). ایمانی و همکاران افزایش تعداد صفات در شاخص‌های گزینش را برای بهبود عملکرد علوفه فستوکای بلند ضروری دانستند و اظهار داشتند که بیشترین بهره ژنتیکی مورد انتظار از طریق وارد کردن اطلاعات حاصل از تمام صفات در چرخه انتخاب به دست می‌آید (Imani et al., 2009). در رابطه با اهمیت صفات در شاخص‌های گزینش نتیجه‌گیری شده است که عملکرد، ارتفاع بوته و تعداد ساقه به ترتیب بیشترین اهمیت را در گزینش ژنوتیپ‌های یونجه دارند (Monirifar, 2010). نتایجی مشابه توسط مجیدی و همکاران برای افزایش عملکرد علوفه اسپرس تحت شرایط نرمال و تنش خشکی گزارش شده است (Majidi et al., 2014). در مطالعه‌ای، جاهوفر و کاسلر استفاده از شاخص‌های وزن‌دهی شده را برای بهبود زیست‌توده در گونه علوفه‌ای *Panicum virgatum* L. پیشنهاد کردند (Jahufar & Casler, 2015).

جدول ۵- پیشرفت گزینش براساس شاخص چندصفتی MGIDI و شاخص اسمیت

Table 5- Selection progress based on MGIDI multi-attribute index and Smith index

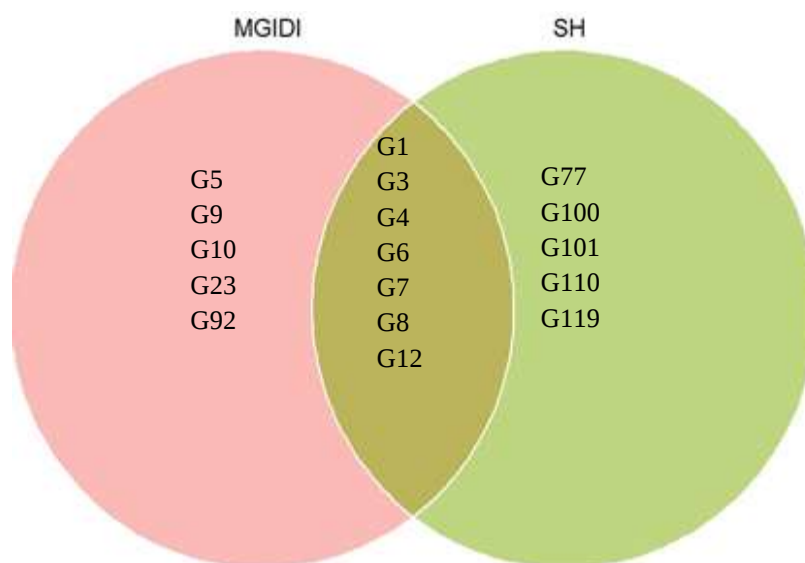
شاخص گزینش اسمیت (SH)				شاخص گزینش چندصفتی (MGIDI)				عامل	متغیر
SDp	SD	Xs	Xo	SDp	SD	Xs	Xo		
۵۴/۰۵	۴۷۶/۲	۱۳۵۷	۸۸۱	۷۸/۴	۶۹۰	۱۵۷۱	۸۸۱	FA1	عملکرد بیولوژیک
۷۱/۹۳	۱۶۱/۱	۳۸۵/۱	۲۲۴	۱۵۰	۳۳۶	۵۶۰	۲۲۴	FA1	عملکرد دانه
۴/۸۶	۳/۴۳	۷۴/۰۸	۷۰/۶۵	۷/۱۰	۵/۱۰	۷۵/۷	۷۰/۶	FA1	تعداد روز تا رسیدگی
۲۶/۳۱	۷/۵۴	۳۶/۲۲	۲۸/۶۸	۸/۴۹	۲/۴۳	۳۱/۱	۲۸/۷	FA2	ارتفاع بوته
-۰/۸۹۵	-۰/۰۸۴	۹/۲۵	۹/۳۴	-۱۴/۸	-۱/۳۸	۷/۹۶	۹/۳۴	FA2	وزن صد دانه

Xo: میانگین کل، Xs: میانگین ژنوتیپ‌های گزینش شده، SD: دیفرانسیل گزینش و SDp: درصد دیفرانسیل گزینش



شکل ۴- رتبه و ژنوتیپ‌های گزینش شده ماشک براساس شاخص MGIDI و شدت گزینش ۲۰ درصد

Figure 4- The ranking and selected genotypes of the vetch based on the MGIDI index and the selection intensity of 20%



شکل ۵- ژنوتیپ‌های ماشک گزینش شده توسط شاخص‌های MGIDI و SH براساس شدت گزینش ۲۰ درصد
Figure 5- The vetch genotypes selected by MGIDI and SH indices based on 20% selection intensity

جمع‌بندی

طبق نتایج پژوهش حاضر، تنوع چشمگیری بین گونه‌های ماشک به لحاظ عملکرد و صفات زراعی مشاهده شد که برای تفکیک کردن گونه‌های ماشک کافی بود. برخی از ژنوتیپ‌ها عملکرد و خصوصیات زراعی مناسب‌تری از خود نشان دادند؛ به طوری که توسط شاخص‌های گزینش چندصفتی به راحتی انتخاب شدند و امکان استفاده از آنها در برنامه‌های به‌نژادی آتی وجود دارد؛ همچنین پیشنهاد می‌شود به تنوع موجود در ژرم‌پلاسما ماشک در مطالعات تاکسونومی و بیوسیستماتیک توجه و در پژوهش‌های آتی جنبه‌های مولکولی چنین تنوعی بیشتر مطالعه شود؛ همین‌طور لازم است واکنش این ژنوتیپ‌ها به سایر تنش‌های محیطی از جمله سرما و شوری نیز بررسی شود.

References

- Abbasi, A., Mohammadi Nargesi, B., Keshavarz Niya, R., & Ghorbanpour, E. (2014). The study of genetic variation of common vetch (*vicia sativa* L.) based on morphological traits under normal and stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(3), 359-370. [10.22059/IJFCS.2013.36146](#) [In Persian].
- Abbasi, M. R., Vaezi, S., & Baghaie, N. (2007). Genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collection of the National Plant Gene Bank of Iran based on agro-morphological traits. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 15(2), 113-128. [10.22092/IJRFPGR.2007.114958](#) [In Persian].
- Alizad Dizaj, K., Fakhrevaizi, A., Lameie, J., Bahrami, S., Neyestani, E., Shaabani, A., ... & Dorri, M. A. (2013). Golsefid, a new winter type forage cultivar for cold and moderate cold drylands of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29(3), 617-619. [10.22092/SPIJ.2017.111179](#) [In Persian].

- Alizad Dizaj, K., Lamei, J., Bahrami, S., Neyestani, E., Shabani, A., Shahbazi, S., & Ebn-Abbasi, R. (2016). New forage cultivar from *vicia panonica* entitle Lamei suitable for autumn planting in cold temperate drylands of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 5(1), 61-69. [10.22092/RAFHC.2016.109598](#) [In Persian].
- Alizadeh, K. (2019). The annual forage crops under dryland conditions - A review. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 8(1), 95-113. [10.22092/IDAJ.2019.124675.245](#) [In Persian].
- Alizadeh, K., & Shahbazi, S. (2016). Selection of suitable local vetch genotypes for winter planting under Maragheh rainfed conditions. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 4(2), 181-188. [10.22092/IDAJ.2016.106100](#) [In Persian].
- De la Rosa, L., López-Román, M. I., González, J. M., Zambrana, E., Marcos-Prado, T., & Ramírez-Parra, E. (2021). Common vetch, valuable germplasm for resilient agriculture: Genetic characterization and Spanish core collection development. *Journal of Frontiers in Plant Science*, 12, 617873. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.617873>
- Hanelt, P. & Mettin, D. (1989). Biosystematics of the genus *Vicia* L.(Leguminosae). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1), 199-223. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001215>
- Hasanvand, M., Ashraf Jafari, A., Sepahvand, A., & Nakhjavan, S. (2010). Study for yield and quality traits in 6 domestic populations of common vetch (*Vicia sativa*) grown under optimum and dry land farming system in Lorestan, Iran. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 46(4), 517-535. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103275627> [In Persian].
- Ibañez, S., Medina, M. I., & Agostini, E. (2020). *Vicia*: A green bridge to clean up polluted environments. *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 13-21. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10222-5>
- Imani, A. A., Jafari, A. A., Chokan, R., Asgari, A., & Darvish, F. (2009). Selection indices application to improve tall fescue synthetic varieties for yield and quality traits in Ardebil province. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 16(2), 273-284. https://ijrfpbgr.areeo.ac.ir/article_9675_en.html [In Persian].
- Jahufer, M. Z. Z., & Casler, M. D. (2015). Application of the Smith-Hazel selection index for improving biomass yield and quality of switchgrass. *Journal of Crop Science*, 55(3), 1212-1222. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.08.0575>
- Javadi, H., Shanjani, P. S., Hoseini, L. F., & Yeganeh, M. R. (2022). Evaluation of morphological and yield traits in the populations of *Vicia* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(4), 846-865. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.6125>
- Javanmard, A., Nikdel, H., & Amani Machiani, M. (2019). Evaluation of forage quantity and quality in domestic populations of hairy vetch (*vicia villosa* L.), vetch (*vicia sativa* L.) and caspian vetch (*vicia hyrcanica*) under rainfed condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(1), 15-31. https://sustainableagriculture.tabrizu.ac.ir/article_8747.html [In Persian].
- Karimzadeh Negari, Z., Sahhafi, S. R., & Dahajipour Heidarabadi, M. (2022). Salinity tolerance in some bitter vetch ecotypes in germination stage. *Journal of Crop Breeding*, 14(42), 43-52. [10.52547/jcb.14.42.43](#) [In Persian].

- Lima, G. W., Silva, C. M., Mezzomo, H. C., Casagrande, C. R., Olivoto, T., Borem, A., & Nardino, M. (2022). Genetic diversity in tropical wheat germplasm and selection via multitrait index. *Agronomy Journal*, 114(2), 887-899. <https://doi.org/10.1002/agj2.20991>
- Ma, L., Wang, X., Yan, M., Liu, F., Zhang, S., & Wang, X. (2022). Genome survey sequencing of common vetch (*Vicia sativa* L.) and genetic diversity analysis of Chinese germplasm with genomic SSR markers. *Molecular Biology Reports*, 49(1), 313-320. <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06875-z>
- Majidi, M. M., Dehghan Kouhestani, R., & Veisipoor, A. (2014). Direct and indirect selection for forage yield and its components in sainfoin under normal and drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(12), 307-319. <https://jcnp.iut.ac.ir/article-1-2162-en.html> [In Persian].
- Maxted, N. (1993). A phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 111(2), 155-182. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1993.tb01897.x>
- Ministry of Jihad Agriculture (2022). *Agricultural statistics. Vol. 1: Crops. Statistics and information technology office, deputy of planning and economy*. Ministry of Jihad Agriculture. [In Persian].
- Mirfakhraee, N., Moghaddam, M., Aharizad, S., & Razban Haghighi, A. (2010). Evaluation of *Vicia dassycarpa* genotypes under drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 2(20), 133-141. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_1408.html?lang=en [In Persian].
- Monirifar, H. (2010). Evaluation of selection indices for Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 84-87. <https://doi.org/10.15835/nsb213563>
- Monirifar, H. (2016). Identification of suitable forage legumes for planting during fallow in rainfed land areas. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(4), 47-58. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_4490.html?lang=en [In Persian].
- Nardino, M., Perin, E. C., Aranha, B. C., Carpes, S. T., Fontoura, B. H., de Sousa, D. J. P., & Freitas, D. S. D. (2022). Understanding drought response mechanisms in wheat and multi-trait selection. *Plos One*, 17(4), e0266368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266368>
- Olivoto, T., & Lúcio, A. D. C. (2020). Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Journal of Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 783-789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>
- Olivoto, T., & Nardino, M. (2021). MGIDI: Toward an effective multivariate selection in biological experiments. *Bioinformatics*, 37(10), 1383-1389. [10.1093/bioinformatics/btaa981](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btaa981)
- Pour-Aboughadareh, A., & Pocza, P. (2021). Dataset on the use of MGIDI index in screening drought-tolerant wild wheat accessions at the early growth stage. *Data in Brief*, 36, 107096. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107096>
- Rastegari, E., Maddah Hosseini, S., & Azari, A. (2017). The effect of irrigation intervals on vegetative growth and grain yield of grass pea and hairy vetch. *Journal of Crops Improvement*, 19(1), 55-68. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.60392> [In Persian].

- Shirzad, A., Asghari, A., Zali, H., Sofalian, O., & Mohammaddoust Chamanabad, H. R. (2023). Application of the multi-trait genotype-ideotype distance index in the selection of top barley genotypes in the warm and dry region of Darab. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), 65-76. [10.52547/jcb.14.44.65](https://doi.org/10.52547/jcb.14.44.65) [In Persian].
- Smith, H. F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7(3), 240-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x>
- Sun, W. H., Wu, F. F., Cong, L., Jin, M. Y. & Wang, X. G. (2022a). Assessment of genetic diversity and population structure of the genus *Vicia* (*Vicia* L.) using simple sequence repeat markers. *Grassland Science*, 68(3), 205-213. <https://doi.org/10.1111/grs.12356>
- Sun, Y., Li, J., Xing, J., Yu, X., Lu, Y., Xu, W., ... & Guo, Z. (2022b). Evaluation of salt tolerance in common vetch (*Vicia sativa* L.) germplasms and the physiological responses to salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 278, 153811. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153811>
- Uddin, M. S., Billah, M., Afroz, R., Rahman, S., Jahan, N., Hossain, M. G., ... & Hossain, N. (2021). Evaluation of 130 Eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes for future breeding program based on qualitative and quantitative traits, and various genetic parameters. *Horticulturae*, 7(10), 376. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100376>
- Van de Wouw, M., Maxted, N. & Ford-Lloyd, B.V. (2003). A multivariate and cladistic study of *Vicia* L. ser. *Vicia* (Fabaceae) based on analysis of morphological characters. *Plant Systematics and Evolution*, 237, 19-39. <https://doi.org/10.1007/s00606-002-0247-4>
- Xie, C., Xu, S., & Mosjidis, J. A. (1997). Multistage selection indices for maximum genetic gain and economic efficiency in red clover. *Euphytica*, 98, 75-82. <https://doi.org/10.1023/A:1003074814916>
- Yan, W., & Frégeau-Reid, J. (2018). Genotype by yield*trait (GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Journal of Scientific Reports*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>
- Yildirim, C., Okuus, O., Satı, U. Z. U. N., Turkay, Ş. N., Ahmet, S. A. Y., & Bakir, M. (2022). Genetic characterization of some species of vetch (*vicia* L.) grown in Turkey with SSR markers. *Journal of Agricultural Sciences*, 28(3), 518-524. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.934655>