Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation of genetic diversity in bitter vetch (*Vicia ervilia L.*) under normal and water deficit stress conditions using multivariate statistical methods

Zeynab Mardani[1], Abdollah Najaphy[2]*, Sohbat Bahraminejad[3]

1. MSc. Graduate of Plant Breeding, Dept. of Plant Production and genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: zeynab.mardani90@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof. Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: anajaphy@razi.ac.ir
3. Professor, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran, Iran, Email: sohbah72@hotmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-1-31
Accepted: 2023-5-30

Keywords:
Bitter vetch
genetic diversity
multivariate analysis methods
water deficit stress

ABSTRACT

Background and objectives: Bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) is one of the grain products of the legume family. The crop in Iran is one of the old legumes in the North and Northwest of the country and is grown alternately with cereal crops. Bitter vetch contains energy and protein, which makes it as a potential economic source for poultry feed. Drought is the most important abiotic stress and the most important limiting factor for crop growth which reduces the crop production in approximately 25% of the world's lands. Genetic diversity has a critical role not only for plant resistance against pests and diseases but also against the environmental stresses. In this study, the genetic diversity of 15 bitter vetch genotypes along with Kermanshah landrace was investigated using multivariate analysis methods.

Materials and methods: Fifteen bitter vetch genotypes along with Kermanshah landrace were studied in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Razi University, Kermanshah under two non-stress and water deficit stress conditions in 2016. The measured traits included phenological and morphological characters, yield and yield components. Combined analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS 9.1 software, assuming the genotype and location as fixed effects. Correlation analysis, path analysis, factor analysis and clustering method were performed using SPSS 16 software.

Results: The combined analysis of variance showed that the effect of environment was significant for all the traits except the number of sub-branches. The results of the correlation coefficient showed that there was a positive and significant correlation between the yield in non-stress conditions and the number of sub-branches, the number of seeds per pod, the number of pods per plant and the number of seeds per plant. Also, the yield under stress conditions was positively correlated with the number of seeds per pod and number of seeds per plant. Based on path analysis under non-stress conditions, the number of pods per plant had the greatest direct effect (0.54) on seed yield. Under stress conditions, the seed number in pod had the most direct effect (0.69) on the yield. The results of factor analysis in non-stress conditions led to the identification of three factors that accounted for 76.59% of the total diversity of the data. In the stress condition, four factors were identified, which determined 85.96% of the total diversity. In non-stress conditions, yield, yield components and phenological characteristics were important factors that accounted for the total variation.

In cluster analysis, the grouping of the genotypes in the two conditions of non-stress and water deficit stress was partly different, showing the different reactions of the bitter vetch genotypes to the water deficit stress.

Conclusion: The grouping of the bitter vetch genotypes under non-stress and water deficit stress was partly different in the cluster analysis, showing the different reactions of the genotypes to the water stress. Under the water deficit conditions that happens from late flowering stage, earliness along with suitable vegetative growth should be noticed to achieve higher yield. Genotypes 13 and 2 were identified as semi-early and superior accessions under the non-stress and terminal water deficit stress conditions.

Cite this article: Mardani, Z., Najaphy, A., Bahraminejad; S. 2024. Evaluation of genetic diversity in bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) under normal and water deficit stress conditions using multivariate statistical methods. *Crop Production Journal*, 17 (1), 127-144.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.22152.2617
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۳-۲۰۰۸
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

ارزیابی تنوع ژنتیکی گاودانه (*Vicia ervilia* L.) در شرایط مطلوب و تنش کمبود آب با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

زینب مردانی[۱]، عبداله نجفی[۲*]، صحبت بهرامی‌نژاد[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: zeynab.mardani90@gmail.com

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: anajaphy@razi.ac.ir

[۳] استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: sohbah72@hotmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

واژه‌های کلیدی:
تنش کم آبی
تنوع ژنتیکی
روش‌های تجزیه چند متغیره
گاودانه

چکیده

سابقه و هدف: گاودانه با نام علمی *Vicia ervilia* L. یکی از محصولات دانه‌ای از خانواده بقولات می‌باشد. این گیاه در ایران یکی از حبوبات قدیمی در شمال و شمال غرب کشور است و به صورت تناوب با غلات رشد می‌کند. گاودانه حاوی انرژی و پروتئین است که آن را به یک منبع اقتصادی بالقوه برای جیره طیور تبدیل می‌کند. خشکی مهمترین تنش غیرزیستی و مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد محصولات زراعی می‌باشد و به طور تقریبی تولید را در ۲۵ درصد از زمین‌های جهان کاهش می‌دهد. از سوی دیگر مقاومت گیاه در برابر آفات، بیماری ها و تنش‌های محیطی بستگی زیادی به تنوع ژنتیکی دارد. به این منظور، بررسی تنوع ژنتیکی ۱۵ ژنوتیپ گاودانه همراه با توده بومی کرمانشاه با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: پانزده ژنوتیپ گاودانه به همراه توده بومی کرمانشاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی، کرمانشاه در دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ویژگی‌های فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد بود. تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و مکان انجام شد. تجزیه همبستگی، تجزیه علیت، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

یافته‌ها: تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط بر تمامی صفات به جز تعداد زیر شاخه‌ها معنی‌دار بود. نتایج ضریب همبستگی نشان داد که بین عملکرد در شرایط بدون تنش و صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت همچنین بین عملکرد در شرایط تنش و صفات تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. نتایج تجزیه علیت نیز نشان داد که

در شرایط بدون تنش، تعداد نیام در بوته بیشترین تأثیر مستقیم (۰/۵٤) را بر عملکرد دانه داشت. در شرایط تنش، تعداد دانه در نیام بیشترین تأثیر مستقیم (۰/٦۹) را بر عملکرد دانه داشت. تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش منجر به شناسایی سه عامل شد که در مجموع ۷٦/۵۹ درصد از کل تنوع داده ها را به خود اختصاص دادند. در محیط تنش چهار عامل شناسایی شد که ۸۵/۹٦ درصد از کل تنوع داده ها را توجیه کردند. در شرایط بدون تنش، ویژگی‌های فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد از عوامل مهم و تعیین کننده کل تغییرات و تنوع بودند. در تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش و در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه قرار گرفتند. فرآیند گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی تا حدودی متفاوت بود.

نتیجه‌گیری: در مجموع به نظر می‌رسد که روند گروه‌بندی متفاوت ژنوتیپ‌های گاودانه در دو محیط دارای تنش و بدون تنش ناشی از واکنش متفاوت نمونه‌های ماشک به تنش کمبود آب است. در شرایط تنش کم آبی که از اواخر گل‌دهی به بعد رخ می‌دهد، می بایست زودرسی همراه با رشد رویشی مناسب برای دستیابی به عملکرد بالاتر مورد توجه قرار بگیرد. ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۲ به‌عنوان ژنوتیپ های نسبتا زودرس و برتر در هر دو محیط واجد و فاقد تنش کمبود آب آخر فصل شناسایی شدند..

استناد: مردانی، زینب؛ نجفی، عبداله؛ بهرامی‌نژاد، صحبت (۱٤۰۳).ارزیابی تنوع ژنتیکی گاودانه (*Vicia ervilia* L.) در شرایط مطلوب و تنش کمبود آب با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۱)، ۱٤٤-۱۲۷.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22152.2617

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

گاودانه (*Vicia ervilia* L.) یکی از محصولات دانه‌ای از خانواده بقولات است و معمولا در آب و هوای مدیترانه‌ای کشت می‌شود. این گیاه با داشتن ویژگی‌های منحصربه‌فرد از جمله بازدهی بالای استخراج پروتئین، منبع ارزان قیمت پروتئین، توانایی تثبیت نیتروژن و در نهایت نیازهای تغذیه‌ای کم، معمولاً به‌عنوان منبع غذایی حیوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). این گیاه در ایران یکی از حبوبات قدیمی در شمال و شمال غرب کشور است و به صورت تناوب با محصولات غلات رشد می‌کند (۲). در سال‌های اخیر توجه به گیاهان تیره بقولات به دلیل ارزش غذایی بالا، دوره رشد کوتاه و نیاز به رسیدگی کم، از طرف کشاورزان، دامپروران و کارخانه‌های تولید خوراک دام و حتی به‌نژادگران نبات در بیشتر کشورهای جهان افزایش یافته است (۳). این گیاه دیپلوییید با فرمول ژنومی 2n=2x=14 دوره رشد کوتاهی دارد (٤). خودگشن بوده (٥) و برای کشت دیم مناسب است (٦). خشکی مهمترین تنش غیرزیستی (۷) و مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد محصولات زراعی می‌باشد و به طور تقریبی تولید را در ۲۵ درصد از زمین‌های جهان کاهش می‌دهد (۸). بارندگی سالانه در ایران حدود یک سوم میانگین جهانی (۲٦۰-۲۳٥ میلی متر) است. شرایط خشک و نیمه خشک، خشک، خشک و بیابانی به دلیل بارندگی کم در نواحی مرکزی و جنوبی حدود ۸۵ درصد از مساحت ایران را به خود اختصاص داده است (۹). بنابراین تشخیص رشد گیاه در شرایط مختلف آبیاری و تنش خشکی می‌تواند راهنمای رشد گیاهان مقاوم در مناطق خشک یا کم آب باشد (۱۰). مقاومت گیاه در برابر آفات، بیماری‌ها و تنش‌های محیطی بستگی زیادی به تنوع ژنتیکی دارد. تنوع ژنتیکی اساس اصلاح نباتات است زیرا امکان انتخاب گیاهان با ویژگی‌های مطلوب یا انتقال صفات به محصولات را فراهم می‌کند (۱۱). روش‌های مختلفی برای برآورد تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهی وجود دارد. از آن جایی که روش‌های آماری چند متغیره به طور همزمان چندین صفت یا متغیر را مدنظر قرار می‌دهند، لذا در تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی بر پایه داده‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی کاربرد وسیعی دارند (۱۲). هدف کلی از تجزیه چند متغیره، در نظر گرفتن همزمان چندین متغیر است که با یکدیگر در ارتباط بوده و هر یک از آن‌ها در ابتدای تجزیه داده‌ها از نظر محقق دارای اهمیت یکسان می‌باشد (۱۳). عباسی و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه مجموعه ماشک تلخ بر اساس صفات گیاهی و مورفولوژیکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره مانند همبستگی و تحلیل عاملی برای ارزیابی تنوع ژنتیکی مجموعه استفاده شد (١٤). ضابط و حسین زاده (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که به منظور تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ماش در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی انجام شد، از روش‌های آماری چند متغیره برای بررسی رابطه بین صفات مورفولوژیکی و کمی استفاده کردند (۱٥). عباسی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهشی با عنوان ارزیابی تنوع ژنتیکی ماشک گل خوشه‌ای بر اساس صفات مورفولوژیکی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی از روش های آماری چند متغیره مانند همبستگی و تحلیل عاملی برای بررسی تنوع ژنتیکی استفاده شد (١٦). هدف از این مطالعه بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گاودانه در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

پانزده ژنوتیپ گاودانه تهیه شده از بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع به همراه توده بومی کرمانشاه (*Vicia sativa* L.) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش کم آبی مورد مطالعه قرار گرفتند. برای سهولت، ژنوتیپ‌ها از شماره ۱۶-۱ نام‌گذاری شدند (جدول۱).

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1- The characteristics of the studied genotypes

Genotype name	code
TN-63-344	G1
TN-63-389	G2
TN-63-343	G3
TN-63-345	G4
TN-63-148	G5
TN-63-395	G6
TN-63-386	G7
TN-63-356	G8
TN-63-365	G9
TN-63-351	G10
TN-63-372	G11
TN-63-393	G12
TN-63-367	G13
TN-63-360	G14
TN-63-78	G15
توده بومی کرمانشاه	G16

این آزمایش در اسفند ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی، کرمانشاه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ٤ خط ۱۱۰ سانتی متری با فاصله خطوط ۲۵ سانتی متر بود. در دو خط کناری در هر کرت از توده ی بومی کشت شد. آبیاری در مرحله گلدهی برای هر دو آزمایش انجام شد و پس از مرحله گلدهی هیچ آبیاری برای آزمایش تنش کم آبی انجام نشد و آبیاری‌های بعدی در آزمایش بدون تنش در تاریخ‌های ۱و۹ خرداد ماه صورت گرفت. عملیات برداشت در مرحله‌ی رسیدگی کامل و در اواخر خرداد ماه انجام گرفت. در طول دوره‌ی اجرای طرح از هیچ نوع کودی استفاده نشد و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. به منظور برآورد صفات مورفولوژیکی هر ژنوتیپ، ۵ بوته به طور تصادفی در هر واحد آزمایشی در مرحله رسیدگی انتخاب شدند. به منظور برآورد صفات عملکرد و اجزای آن از دو خط میانی در هر کرت آزمایشی، پس از حذف خطوط حاشیه، نمونه‌برداری انجام شد. همچنین صفات فنولوژیکی شامل روز تا گلدهی (تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی)، روز تا رسیدگی (تعداد روز از زمان کاشت تا ۵۰ درصد رسیدگی) و طول دوره پر شدن دانه (تفاضل دوره ی ۵۰٪ گلدهی از کل دوره‌ی کاشت تا رسیدگی) برای هر ژنوتیپ در هر کرت ثبت شد. موقعیت جغرافیایی و برخی خصوصیات مزرعه‌ای مورد آزمایش در جدول (۲) و اختصارات و واحدهای صفات اندازه گیری شده در جدول (۳) آورده شده است. تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزارSAS 9.1 با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و مکان انجام شد. تجزیه همبستگی، تجزیه

علیت، تجزیه به عامل‌هـا و تجزیـه خوشـه‌ای (روش Ward) نیز با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام شد. شدت تنش نیز به کمک فرمول $SI=1-\bar{Y}_S/\bar{Y}_P$ تخمین زده شد.

جدول۲- موقعیت جغرافیایی و برخی خصوصیات مزرعه ای مورد آزمایش

Table2. Geographical location and some characteristics of the tested farm

طول جغرافیایی	٤٧ درجه و ٩ دقیقه شرقی
Longitude (N)	47^o 9'
عرض جغرافیایی	٣٤ درجه و ٢١ دقیقه شمالی
Latitude (E)	34^o 21'
ارتفاع از سطح دریا	١٣١٩ متر
Altitude (meters)	1319 m
متوسط بارندگی	٤٨٠-٤٥٠ میلی متر
Average rainfall	450-480mm
بافت خاک	لومی شنی
Soil texture	Loamy sandy
میانگین دمای سالیانه	١٣/٨ درجه سانتی گراد
Mean temperature of year	13.8 ^oC
وضعیت آب و هوایی	سرد معتدل، رشته کوه‌های زاگرس شمالی
Climate type	Moderately cold, northern Zagros mountain range
میزان بارندگی در سال اجرای آزمایش	٦٥٦/٦ میلی متر
Rainfall during the experiment	656.6 mm

جدول ۳- علائم اختصاری و واحد صفات اندازه‌گیری شده

Table 3- Abbreviations and units of the measured traits

ردیف	صفت مورد مطالعه	علامت اختصاری	نام لاتین
1	روز تا گلدهی	DF	Day to flowering
2	روز تا رسیدگی	DM	Day to maturity
3	طول دوره پر شدن دانه	SFP	seed filling period (day)
4	ارتفاع بوته	PH	Plant height (cm)
5	تعداد شاخه‌های فرعی	NB	Number of branches
6	تعداد نیام در بوته	NPP	Number of pods per plant
7	تعداد دانه در نیام	NSPP	Number of seeds per pod
8	تعداد دانه در بوته	NSPPL	Number of seeds per plant
9	وزن هزار دانه	TSW	Thousand seed weight (g)
10	عملکرد دانه	SY	seed yield ($g\ m^{-2}$)
11	عملکرد بیولوژیک	BY	Biological yield ($g\ m^{-2}$)
12	شاخص برداشت	HI	Harvest index

نتایج و بحث

تجزیه مرکب صفات مورد مطالعه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ۱۶ ژنوتیپ گاودانه در جدول (٤) ارائه شده است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، اختلاف معنی‌دار داشتند. اثر محیط بر همه صفات به جز تعداد شاخه‌های فرعی، معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار گردید. معنی‌دار شدن اثر متقابل برای این صفات نشان می‌دهد ژنوتیپ‌ها در دو محیط مختلف عملکرد و واکنش‌های متفاوتی داشته‌اند. مقدار شدت تنش نیز حدود ۳۱ درصد برآورد گردید که حاکی از متوسط افت ۳۱ درصدی عملکرد دانه در محیط واجد تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش بود.

جدول٤- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه

Table 4- Combined analysis of variance for the studied traits

منابع تغییرات SV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		DF	DM	SFP	PH	NB	NPP
محیط Environment	1	322.66**	216**	12.76**	82.51**	15.60^{ns}	571.15**
تکرار در محیط Rep/Env	4	2.97	0.80	3.01	25.45	16.24	84.79
ژنوتیپ Genotype	15	3.66**	2.94**	1.08^{ns}	13.54^{ns}	20.21**	116.25^{ns}
ژنوتیپ× محیط Genotype× Environment	15	1.97**	1.40**	1.89**	10.41^{ns}	6.86^{ns}	47.11^{ns}
خطا Error	60	0.64	0.42	0.59	7.53	5.48	56.44
ضریب تغییرات (درصد) CV%		1.24	0.70	2.78	10.96	11.76	24.66

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: طول دوره پر شدن دانه، PH: ارتفاع بوته، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، NPP: تعداد نیام در بوته

ns، * و**به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns} Non Significant, *Significant at P≤0.05, **Significant at P≤0.01

ادامه جدول ٤

Table 4, continued

منابع تغییرات SV	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		NSPP	NSPPL	TSW	SY	BY	HI
محیط Environment	1	0.02**	3323.73**	15.64*	11717.64**	62299.11**	0.02**
تکرار در محیط Rep/Env	4	0.02	427.41	4.00	97.91	97.34	0.001
ژنوتیپ Genotype	15	0.03**	899.97^{ns}	11.13**	733.27**	3657.95**	0.01**
ژنوتیپ×محیط Genotype× Environment	15	0.02**	512.86^{ns}	5.60*	533.09**	2510.49**	0.01**
خطا Error	60	0.01	465.64	2.92	3.90	7.41	0.000
ضریب تغییرات (درصد) CV%		5.41	38.60	4.61	3.21	1.29	4.39

NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت

ns، * و**به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns} Non Significant, *Significant at P≤0.05, **Significant at P≤0.01

تجزیه همبستگی: همبستگی فنوتیپی برای صفات ارزیابی شده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون برآورد شد. مطالعه همبستگی صفات در شرایط بدون تنش (جدول ۵) نشان داد که بین صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌دار و با طول دوره پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. تعداد شاخه‌های فرعی با تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. تعداد نیام در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت نشان داد. همبستگی بین تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نشان داد. بین وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. همچنین عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نشان داد. بر اساس جدول همبستگی صفات در شرایط تنش (جدول ٦)، روز تا گلدهی با روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته و وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. بین روز تا رسیدگی و تعداد نیام در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده گردید. ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته نشان داد. همبستگی بین تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود. تعداد نیام در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه نشان داد. بین تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده گردید. همبستگی بین تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه،

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود. همچنین عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. نتایج عباسی و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که بین عملکرد در شرایط بدون تنش و صفات ارتفاع گیاه، تعداد نیام، وزن صد دانه، عملکرد علوفه خشک، تعداد دانه در نیام، ارتفاع میانگره و تعداد گل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین عملکرد در شرایط تنش و صفات ارتفاع گیاه، تعداد نیام، وزن صد دانه، عملکرد علوفه خشک، تعداد دانه در نیام و تعداد گل همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (۱۶

جدول ۵- ماتریس همبستگی صفات مورد مطالعه در ۱۶ ژنوتیپ گاودانه برای محیط بدون تنش

Table 5- Correlation matrix of the studied traits in 16 bitter vetch genotypes for non-stress environment

	DF	DM	SFP	PH	NB	NPP	NSPP	NSPPL	TSW	SY	BY	HI
DF	1											
DM	**.78	1										
SFP	**-0.76	-0.20	1									
PH	-0.39	-0.40	0.16	1								
NB	-0.14	-0.19	0.04	-0.08	1							
NPP	-0.15	-0.11	0.12	-0.34	0.49*	1						
NSPP	-0.22	-0.04	0.34	-0.18	0.61*	0.54*	1					
NSPPL	-0.10	-0.14	0.00	-0.45	0.47	0.73**	0.59*	1				
TSW	0.10	0.37	0.28	-0.31	0.32	0.19	0.69**	0.37	1			
SY	-0.26	-0.26	0.14	-0.31	0.56*	0.64**	0.58*	0.77**	0.43	1		
BY	-0.27	-0.30	0.07	-0.08	0.53*	0.43	0.44	0.63**	0.11	0.79**	1	
HI	-0.18	-0.13	0.18	-0.32	0.32	0.56*	0.44	0.49	0.54*	0.67**	0.09	1

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: طول دوره پر شدن دانه، PH: ارتفاع بوته، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، NPP: تعداد نیام در بوته، NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت

* و**به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns Non Significant, *Significant at P≤0.05, **Significant at P≤0.01

جدول ٦_ ماتریس همبستگی صفات مورد مطالعه در ۱۶ ژنوتیپ گاودانه برای محیط دارای تنش

Table 6- Correlation matrix of the studied traits in 16 bitter vetch genotypes for the stress environment

	DF	DM	SFP	PH	NB	NPP	NSPP	NSPPL	TSW	SY	BY	HI
DF	1											
DM	0.69**	1										
SFP	-0.30	0.47	1									
PH	-0.51*	-0.24	0.29	1								
NB	-0.32	-0.10	0.26	0.65**	1							
NPP	-0.73**	-0.51*	0.21	0.64**	0.34	1						
NSPP	-0.44	-0.10	0.38	0.76**	0.58*	0.67**	1					
NSPPL	-0.48	-0.25	0.25	0.74**	0.43	0.75**	0.83**	1				
TSW	-0.58*	-0.48	0.06	0.41	0.63**	0.54*	0.39	0.61*	1			
SY	-0.04	0.01	0.08	0.39	0.32	0.31	0.60*	0.81**	0.49	1		
BY	-0.32	0.01	0.44	0.43	0.10	0.36	0.31	0.57*	0.28	0.41	1	
HI	0.13	-0.03	-0.21	0.18	0.34	0.12	0.49*	0.50*	0.34	0.78**	-0.22	1

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: طول دوره پر شدن دانه، PH: ارتفاع بوته، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، NPP: تعداد نیام در بوته، NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت

* و**به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns Non Significant, *Significant at P≤0.05, **Significant at P≤0.01

نتایج لیوانیوس و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که بین تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن خشک ماشک تلخ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین آن‌ها بیان کردند که همبستگی بین تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت مثبت بوده است (۱۷). با توجه به اینکه صفات تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد هستند، برای دستیابی به اطلاعات بیشتر درباره ارتباط این صفات و تاثیر آن‌ها بر عملکرد دانه از روش تجزیه علیت استفاده شد.

تجزیه علیت: نتایج تجزیه علیت برای عملکرد و اجزای آن در دو محیط بدون تنش و دارای تنش کم آبی به ترتیب در جدول‌های ۷ و ۸ درج شده است. برای این تجزیه تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه وارد مدل شدند. در محیط بدون تنش تعداد نیام در بوته با بیشترین همبستگی با عملکرد دانه، بیشترین اثر مستقیم را نیز بر این صفت داشت و اثر غیر مستقیم آن از طریق وزن هزار دانه و تعداد دانه در نیام ناچیز بود. اگرچه تعداد دانه در نیام همبستگی بالایی با عملکرد داشت، اما بخش عمده این همبستگی متأثر از تعداد نیام در بوته بود. وزن هزار دانه نیز اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه داشت و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام کم بود. با توجه به اثر مستقیم تعداد نیام در بوته و اثر غیر مستقیم بالای تعداد دانه در نیام از طریق آن، افزایش تعداد نیام در بوته در محیط بدون تنش می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود.

در محیط دارای تنش، تعداد دانه در نیام با بیشترین همبستگی با عملکرد دانه، بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. تعداد نیام در بوته با وجود اثر مستقیم منفی بر عملکرد، اثر غیر مستقیم مثبت و بالایی از طریق تعداد دانه در نیام و پس از آن از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد دانه داشت. وزن هزار دانه نیز با وجود اثر مستقیم و همچنین اثر غیر مستقیم بالا از طریق تعداد دانه در نیام بر عملکرد دانه، اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد نیام در بوته بر عملکرد دانه داشت. با توجه با اثر مستقیم تعداد دانه در نیام و اثرات غیر مستقیم بالای وزن هزار دانه و تعداد نیام در بوته از طریق آن، می‌توان با افزایش تعداد دانه در نیام در محیط تنش، عملکرد دانه را بهبود بخشید. شایان ذکر است که چون تنش کمبود آب از مرحله گلدهی به بعد اعمال شد، ارقامی که بتوانند تعداد دانه در نیام بیشتر همراه با وزن بالایی تولید کنند، از عملکرد و تحمل تنش بالاتری برخوردار خواهند بود. در مطالعه دهقانی و همکاران (۲۰۲۱) بر روی اکوتیپ‌های گاودانه، نتایج تجزیه علیت نشان داد که بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه مربوط به وزن هزار دانه و در مرتبه بعدی صفت تعداد دانه در بوته قرار داشت (۱۸).

جدول ۷- تجزیه علیت در شرایط بدون تنش

Table 7- Path analysis in non-stress conditions

متغیر Variable	اثر مستقیم direct effect	اثر غیر مستقیم به وسیله indirect effect by			همبستگی کل با عملکرد Total correlation with yield
		TSW	NPP	NSPP	
TSW	0.27	-	0.10	0.05	0.43
NPP	0.54	0.05	-	0.04	0.64**
NSPP	0.08	0.18	0.28	-	0.55*

جدول ۸- تجزیه علیت در شرایط تنش

Table 8- Path analysis in stress conditions

متغیر Variable	اثر مستقیم direct effect	اثر غیر مستقیم به وسیله indirect effect by			همبستگی کل با عملکرد Total correlation with yield
		TSW	NPP	NSPP	
TSW	0.43	-	-0.21	0.27	0.49
NPP	-0.39	0.23	-	0.47	0.31
NSPP	0.69	0.17	-0.26	-	0.60*

تجزیه به عامل‌ها: بر اساس نتایج تجزیه به عامل ها، در محیط بدون تنش سه عامل شناسایی شد که در مجموع ۷٦/۵۹ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه می‌کرد (جدول ۹). عامل اول با تاکید بیشتر روی تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با بارهای عاملی مثبت، ٤۰/٦۵ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داد. این عامل با عنوان عملکرد و اجزای عملکرد نام‌گذاری شد. در عامل دوم با توجیه ۲۲/۷٦ درصد از کل تغییرات، بیشترین ضرایب عاملی متعلق به روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی با بار عاملی مثبت و طول دوره پر شدن دانه و ارتفاع بوته با بار عاملی منفی بود و عامل فنولوژیک نامیده شد. در عامل سوم طول دوره پر شدن دانه، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه بیشترین ضرایب عاملی را داشتند و ۱۳/۱۷ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند و می‌توان آن را عامل موثر بر وزن دانه نام‌گذاری کرد. با توجه به اینکه عامل اول و دوم بیشترین میزان تغییرات را توجیه می‌کند از صفاتی که در این عامل بزرگترین بار عاملی را دارند، می‌توان در انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها استفاده نمود. لذا با توجه به صفات موثر در عوامل مذکور می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای تولید گاودانه‌هایی با عملکرد دانه بالا در شرایط بدون تنش، گیاهانی با طول دوره پر شدن دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک بالاتر را باید انتخاب نمود. صفات تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک در محیط بدون تنش در تجزیه همبستگی نیز دارای ارتباط قوی و معنی‌داری با عملکرد بودند.

در محیط تنش چهار عامل شناسایی شد که در مجموع ۸۵/۹٦ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه می‌کرد (جدول ۱۰). عامل اول با تاکید بیشتر روی تعداد نیام در بوته و وزن هزار دانه با بار عاملی مثبت و روز تاگلدهی و روز تا رسیدگی با بار عاملی منفی در مجموع ٤۸/٦۷ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داد، بنابراین در شرایط تنش کمبود آب صفات فنولوژیک شامل روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی منفی با تعداد نیام در بوته و وزن هزار دانه دارند. به عبارت دیگر در شرایط تنش کمبود آب انتهای دوره رشد، ارقام زودرس (روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی کمتر)، از اجزای عملکرد بالاتری برخوردار خواهند بود. برای عامل دوم با تبیین ۱۷/۲٤ درصد از واریانس کل، بیشترین ضرایب عاملی متعلق به عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در نیام بود و به این ترتیب، عامل عملکرد نام‌گذاری شد. در عامل سوم ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در نیام بیشترین ضرایب عاملی را داشتند و ۱۰/۸٤ درصد از واریانس

کل را توجیه نمود و عامل رشد رویشی نام گرفت. بیشترین ضرایب عاملی در عامل چهارم متعلق به طول دوره پر شدن دانه و عملکرد بیولوژیک بود و ۹/۲۰ درصد از تغییرات کل به این عامل اختصاص یافت.

عباسی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند در شرایط نرمال برای ژنوتیپ‌های ماشک گل خوشه‌ای پنج عامل در مجموع ۸۰/۷ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نموده‌اند. عامل اول که متشکل از ارتفاع گیاه در زمان گلدهی، تعداد گل در خوشه و فاصله میانگره‌ها بود، عامل رویشی نام‌گذاری شد و ۳۰/۱ درصد از واریانس کل را توجیه نمود. عامل دوم با توجیه ۱۶ درصد از واریانس کل، شامل صفات تعداد غلاف، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی بود که عامل عملکرد نامیده شد. در عامل سوم صفات روز تا غلاف‌دهی، تعداد روز تا گلدهی و تاریخ جوانه‌زنی قرار داشت. عامل چهارم شامل صفات تعداد دانه در غلاف و عملکرد اقتصادی بودند. بالاخره در عامل پنجم این بررسی، صفات وزن صد دانه قرار داشت و عامل وزن دانه نام‌گذاری شد (۱۶). ضابط و حسین‌زاده (۲۰۱۱) بیان کردند که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی چهار عامل بیشترین تغییرات موجود در گیاه ماش را توجیه می‌کنند. در این آزمایش همچنین عامل دوم که شامل صفات تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد اقتصادی بود مهمتر از سایر عوامل تشخیص داده شد (۱۵).

با مروری بر تجزیه عامل‌های انجام شده در پژوهش حاضر (جدول‌های ۹ و ۱۰) می‌توان دریافت که در شرایط نرمال (بدون تنش) به ترتیب عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فنولوژیک از عوامل مهم و تعیین کننده کل تغییرات و تنوع می‌باشند. اما در شرایط تنش کمبود آب که از اواخر گلدهی به بعد رخ داد، برای نیل به عملکرد بالاتر، می‌بایست ژنوتیپ‌های زودرس و با رشد رویشی مناسب گزینش شوند.

جدول ۹- عامل‌های چرخش‌یافته به روش واریماکس برای صفات مورد مطالعه درمحیط بدون تنش

Table 9- Varimax rotated factors for the studied traits in non-stress environment

صفات Traits	عامل‌ها Factors		
	1	2	3
DF	-0.17	0.93	-0.21
DM	-0.35	0.82	0.30
SFP	-0.04	-0.61	0.69
PH	-0.34	-0.65	-0.15
NB	0.70	-0.05	0.17
NPP	0.77	0.04	0.13
NSPP	0.60	-0.02	0.66
NSPPL	0.88	0.13	0.13
TSW	0.24	0.31	0.83
SY	0.89	-0.06	0.19
BY	0.81	-0.18	-0.06
مقدار ویژه Eigen value	4.47	2.50	1.45
واریانس (درصد) Variance (%)	40.65	22.76	13.17
واریانس تجمعی(درصد) Accumulative variance (%)	40.65	63.41	76.59

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: طول دوره پر شدن دانه، PH: ارتفاع بوته، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، NPP: تعداد نیام در بوته، NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت.

جدول۱۰- عامل‌های چرخش‌یافته به روش واریماکس برای صفات مورد مطالعه درمحیط واجد تنش

Table 10- Varimax rotated factors for the studied traits in the stress environment

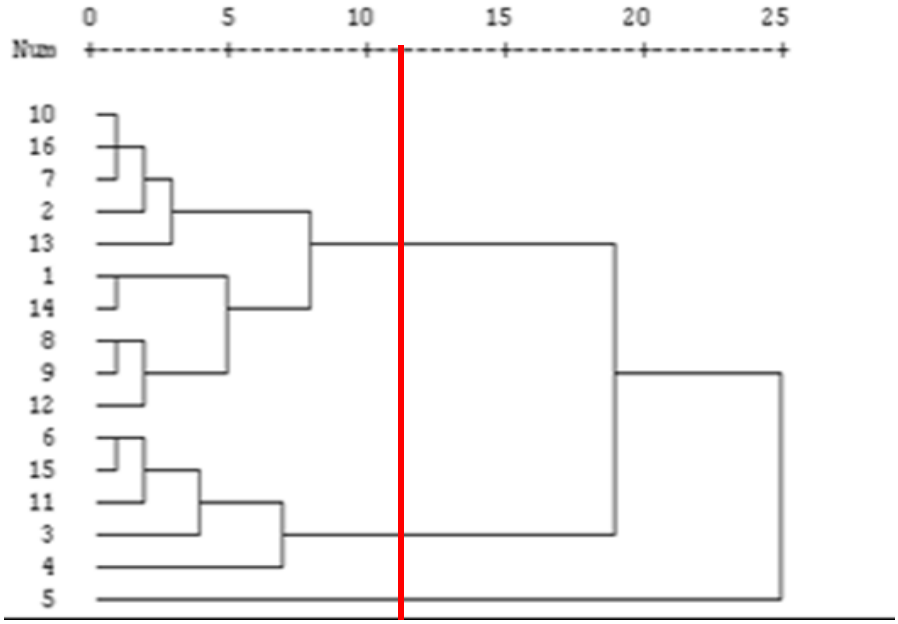
	عامل‌ها Factors			
	1	2	3	4
DF	**-0.91**	-0.02	-0.21	-0.26
DM	**-0.87**	-0.01	0.01	0.45
SFP	0.04	0.02	0.24	**0.92**
PH	0.39	0.38	**0.59**	0.29
NB	0.12	0.12	**0.93**	0.06
NPP	**0.74**	0.36	0.27	0.20
NSPP	0.24	**0.53**	**0.61**	0.28
NSPPL	0.37	**0.82**	0.34	0.18
TSW	**0.51**	0.39	0.47	-0.14
SY	-0.07	**0.93**	0.25	-0.06
BY	0.25	**0.59**	-0.18	**0.58**
مقدار ویژه Eigen value	5.35	1.89	1.19	1.01
واریانس (درصد) Variance (%)	48.67	17.24	10.84	9.20
واریانس تجمعی(درصد) Accumulative variance (%)	48.67	65.91	76.79	85.96

DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدگی، SFP: طول دوره پر شدن دانه، PH: ارتفاع بوته، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، NPP: تعداد نیام در بوته، NSPP: تعداد دانه در نیام، NSPPL: تعداد دانه در بوته، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه، BY: عملکرد بیولوژیک و HI: شاخص برداشت.

تجزیه خوشه‌ای: بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ١٦، ۷، ۲، ۱۳، ۱، ١٤، ۸، ۹ و۱۲ بود. این گروه عمدتاً دارای میانگین طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالا بود. ژنوتیپ‌های شماره ٦، ۱۵، ۱۱، ۳ و ٤ در گروه دوم قرار گرفتند. این گروه دارای بیشترین میانگین‌های روز تا رسیدگی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. ژنوتیپ شماره ۵ به تنهایی گروه سوم را تشکیل داد. این ژنوتیپ، دیررس بوده و همچنین کمترین طول دوره پر شدن دانه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را داشت.

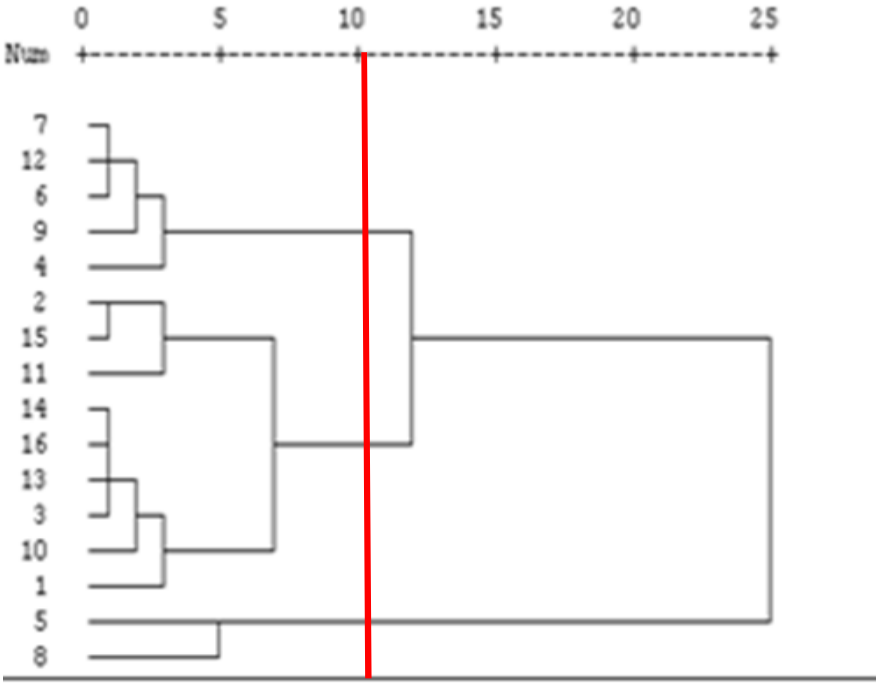
در شرایط تنش نیز ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۲، ٦، ۹ و ٤ بوده که ژنوتیپ شماره ٦ بیشترین میانگین تعداد نیام در بوته را دارا بود. کمترین میانگین روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی و شاخص برداشت مربوط به ژنوتیپ شماره ۹ بود. ژنوتیپ‌های شماره ٦ و ۹ کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. گروه دوم ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۵، ۱۱، ١٤، ١٦، ۱۳، ۳، ۱۰ و ۱ را در بر گرفت که به طور نسبی بیشترین میانگین روز تا رسیدگی، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالاتری داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۸ در گروه سوم قرار گرفتند. ژنوتیپ شماره ۵ بیشترین میانگین روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی و کمترین میانگین مربوط به صفات تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن

هزار دانه را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ شماره ۸ نیز کمترین میانگین طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در نیام و تعداد دانه در بوته را دارا بود. عباسی و همکاران (۲۰۰۷) به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی در کلکسیون گاودانه بانک ژن گیاهی ملی ایران، تعداد ۱۲۶ توده را از لحاظ صفات زراعی- مورفولوژیک مورد بررسی قرار دادند و توده‌های مورد مطالعه در سه گروه دسته بندی شدند (۱۴). در مطالعات صحافی و ملکی زنجانی (۲۰۱۶) نیز برای شناسایی تنوع ژنتیکی و ارزیابی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد ۴۸ توده بومی گاودانه جمع آوری شده از استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان از صفات زراعی- مورفولوژیک استفاده کردند و با مشاهده تنوع ژنتیکی، توده‌های مورد بررسی را طبقه بندی کردند (۱۹). صحافی و همکاران(۲۰۱۷) نیز روابط ژنتیکی بین ۱۹ توده بومی گاودانه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای مورد بررسی قرار دادند، تجزیه خوشه‌ای توده‌های بومی را به پنج گروه تقسیم کرد (۲۰). حسن‌پور و صحافی (۲۰۲۰) در بررسی تنوع ژنتیکی در برخی از توده‌های ماشک تلخ ایرانی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، توده‌های بومی به چهار گروه تقسیم شدند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای و مقایسه میانگین در چهار گروه، توده‌های امیدبخش با صفات برتر از قبیل تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، زیست توده و عملکرد دانه شناسایی شدند (۲۱). در مجموع به نظر می‌رسد که روند گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو محیط دارای تنش و بدون تنش تا حدودی متفاوت است که ناشی از واکنش متفاوت نمونه‌های ماشک به تنش کمبود آب است.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ های گاودانه در شرایط بدون تنش به روش Ward

Figure 1- Ward dendrogram for clustering the bitter vetch genotypes under non-stress conditions



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش کمبود آب به روش Ward

Figure 2- Ward dendrogram for clustering the bitter vetch genotypes under water deficit stress conditions

نتیجه‌گیری

روند متفاوت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو محیط دارای تنش و بدون تنش ناشی از واکنش متفاوت نمونه‌های ماشک به تنش کمبود آب آخر فصل و تفاوت در حساسیت یا مقاومت نسبی آن‌ها به این تنش است. تجزیه به عامل ها نشان داد در شرایط بدون تنش به ترتیب عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های فنولوژیک از عوامل مهم و تعیین کننده کل تغییرات و تنوع بودند. اما در شرایط تنش کمبود آب که از اواخر گلدهی به بعد رخ داد، برای نیل به عملکرد بالاتر، می‌بایست ژنوتیپ‌های زودرس و با رشد رویشی مناسب گزینش شوند. ژنوتیپ های ۱۳ و ۲ به عنوان ژنوتیپ‌های نسبتا زودرس و برتر در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های گاودانه مورد مطالعه در دو شرایط رطوبتی وجود داشته و بستر مناسبی برای برنامه‌های به نژادی فراهم می‌کند.

References

1. Vioque, J., Girón-Calle, J., Torres-Salas, V., Elamine, Y., & Alaiz, M. (2020). Characterization of *Vicia ervilia* (bitter vetch) seed proteins, free amino acids, and polyphenols. *Journal of Food Biochemistry*, *44*(7), e13271.
2. Moini, M. M., Azari Torbat, M., & Amanlou, H. (2010). Investigating the nutritional value, degradability characteristics and determining the optimal level of bovine fat in the diet of lactating Holstein cows. *Animal production*, *12* (2), 51-59. [In Persian]
3. Rotger, A., Ferret, A., Calsamiglia, S., & Manteca, X. (2006). In situ degradability if seven plant protein supplements in hifers fed high concentration diet with different forage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*, *125*(1), 73-87.
4. Hernando, B. J. E. & Leon, J. (1994). Grain legumes for animal feed. *Plant Production and Protection*, *26*, 273-288.

5. Zohary, D, & Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the Old World, 3rd edn. Oxford University Press Inc, New York.
6. Melero, B. Mozes P, Delos M, Lopez, B., & Castillo, G. (2003). Rotation in drought in Castilla- Lamancha vetch as an alternative. *Agricultura Revista Agropauania, 72*, 598- 603.
7. Debaeke, P., & Abdellah, A. (2004). Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy, 21*(4), 433-446.
8. Bacem, M., Aouani. M. E. & Mohamadi, R. (2007). Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. *Soil Biology and Biochemistry, 39*, 1744-1750.
9. Arab Khadri, M. & K. Kamali. (2017). Bandsar, Traditional Soil Conservation Methods. Agricultural Research, Training and Promotion Organization. 70pp. [In Persian]
10. Peghambi, S. A., Khani, M. T., Babaei, H. R., & Alipour, H. (2017). Evaluation of tolerance to water deficit stress in diverse soybean genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science, 48*(4), 933-943. [In Persian]
11. Roudbarkalary, F., Farshdfar, E. & Ghareyazy, B. (2001). Evaluation of genetic diversity in Iranian rice based on RADP. *Journal of Agricultural Sciences, 3*(4), 8-15.
12. Mohammadi, S. A., & Prasanna, B. M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science, 43*(4), 1235-1248.
13. Johnson, R. A. & Wichern, D. W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. (4th ed.). *Prentice and Hall International*, INC, New Jersey.
14. Abbasi, M. R., Vaezi, Sh. & Baghaei, N. (2007). Evaluation of genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collection of National Plant Gene Bank of Iran based on morphological agronomic traits. *The scientific-research quarterly of genetic research and improvement of pasture and forest plants of Iran, 15* (2), 128-113. [In Persian]
15. Zabat, A. & Hosseinzadeh, A. (2011). Determining of the most effective traits on yield in mung bean (Vigna radiata L. wilczek) by multivariate analysis in stress and non-stress conditions. *Iranian Legumes Research Journal, 2* (1), 89-87. [In Persian]
16. Abbasi, A. L., Mohammadi Nargesi, B., Keshavarznia, R. & Ghorbanpour, A. (2013). 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), 370-359. [In Persian]
17. Livanios, I., Lazaridi, E. & Bebeli, P. J. (2017). Assessment of phenotypic diversity in bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) Wild populations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-17.
18. Dehghani, M. R., Sahafi, S. R., & Hassanpour, F. (1400). Studying effect of phenological and morphological traits on grain yield of cowpea ecotypes using path analysis and biplot. *Crop breeding research Journal, 38*(13), 221-210. [In Persian]
19. Sahhafi, S. R., Maleki Zanjani, B., Talebi, M., & Fotovat, R. (2016). Evaluation of the genetic diversity of some indigenous populations of Iranian bitter vetch using microsatellite markers. *Journal of crop breeding*, 9(21), 18-26. [In Persian]
20. Sahhafi, S. R., Maleki Zanjani, B., Talebi, M., & Fotovat, R. (2017). Evaluation of genetic diversity in some Iranian bitter vetch landraces using microsatellite markers. *Crop breeding research Journal, 9*(21),18-26. [In Persian]
21. Hassanpour, F., & Sahhafi, S. R. (2020). Genetic variation in some Iranian bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) landraces based on agronomic-morphological traits for use in breeding program in Rafsanjan. *Genetic Resources and Crop Evolution, 67*(8), 2087-2100.