Research Article

Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research DOI: 10.22092/IJRFPBGR.2024.364640.1457

Vol. 31, No. 2, Page 220-239 (2024)

Evaluating the stability of forage yield in cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) populations under dryland farming using non-parametric statistics

Ali Vosough[1], Ezzat Karami[2*], Ali Ashraf Jafari[3], Hooshmand Safari[4] and Reza Talebi[5]

1- Ph.D. graduate., Dept. Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, I.R. Iran.

2*- Corresponding Author, Assist. Prof. Dept. Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, I.R. Iran. Email: ezzatut81@yahoo.com

3- Prof., Research Division of Rangland, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran.

4- Assist Prof. Forests and Rangelands Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, I.R. Iran

5- Assist. Prof. Dept. Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, I.R. Iran.

Received: 09.01.2024 Accepted: 14.02.2024

Abstract

Background and objectives:

Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) belongs to the Gramineae family, Pooideae subfamily, and Cyperales order. Nowadays, this plant is cultivated as a fodder crop to create natural pastures and rangeland restoration programs. This plant is cultivated as pure stands or mix-cropping with other grasses **or** legumes. Stability analysis of genotypes in different environmental conditions to introduce superior genotypes is one of the main goals of plant breeding programs. Considering the variation of climate conditions in different regions of Iran, studying and understanding the interaction between genotype and environment is vital. Various stability analyses, such as parametric and non-parametric methods, have been proposed to study the genotype x environment interactions. Stability analysis using non-parametric methods is much simpler than parametric methods; it reduces the deviation from outlier data and does not require normal data assumptions. Therefore, the present study aimed to investigate the stability of forage dry matter yield of 36 cocksfoot populations in different climatic conditions in the west and northwest of Iran using non-parametric methods.

Methodology:

The seeds of 36 populations of cocksfoot were sown in the field using a randomized complete block design with three replications in Kermanshah, Hamadan, Zanjan, and Ardabil provinces, Iran, in 2011. Data on forage dry matter yields were collected over two years. The genetic diversity of populations was investigated by combined analysis of variance, and mean comparison was made using Duncan's method. After ensuring the significance of the genotype ×environment interaction effect, the stability analysis was made for forage dry matter yield using different non-parametric methods such as (Ketata et al., 1989; Huehn, 1979; Thennarasu, 1995; Kang, 1988; Fox et al., 1990). Non-parametric statistics were calculated using Excel 2010 software. The cluster analysis, principal component analysis (PCA), and biplot diagrams were made using Minitab 16.

Results:

The combined analysis of variance analysis between four locations over two years showed a significant effect of genotypes, environment and genotype × environment interaction effect ($p<0.01$). A mean comparison between genotypes was done using Duncan's method, which placed them in different

Copyright: © 2024 by the authors. Published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrfpbgr.areeo.ac.ir//). This article is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0),(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

groups. Different non-parametric methods introduced different genotypes as stable genotypes. A comparison of the results of five non-parametric methods for determining the stability analysis of genotypes for dry matter yield showed that the two methods of Huehn and Thennarasu were consistent with each other in identifying stable genotypes with average yield. On the other hand, the Kang, Ketata and Fox methods were highly correlated with dry matter yield and introduced the stable genotypes having higher forage production.

Conclusion:
Based on five non-parametric methods and according to forage dry matter yield, the genotypes G14 (USA), G15 (Karaj), G29 (Urumia), G35 (Gene Bank), G20 (Malayar), and G24 (Russia) were identified as the best genotypes. Therefore, they can be introduced as selected genotypes for cultivation in similar areas, or they can be used as cocksfoot germplasm for breeding programs. Among the five non-parametric stability analysis methods, the Ketata method covered most of the stable genotypes coupled with high dry fodder yield, so using this method in investigating the stability of cocksfoot and similar plants is more appropriate.

Keywords: Cocksfoot, Forage yield, Genotype, Nonparametric, Stability Analysis.

ارزیابی پایداری عملکرد علوفه در جمعیت‌های علف باغ (*Dactylis glomerata* L.) در شرایط دیم با استفاده از آماره‌های ناپارامتری

علی وثوق[۱]، عزت کرمی[۲*]، علی اشرف جعفری[۳]، هوشمند صفری[۴] و رضا طالبی[۵]

۱- دانش‌آموخته دکتری ژنتیک و به نژادی گیاهی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

۲*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

پست‌الکترونیک: ezzatut81@yahoo.com

۳- استاد، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۴- استادیار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۵- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵

چکیده:

سابقه و هدف:

علف باغ (*Dactylis glomerata* L.) گیاهی از تیره گندمیان(Gramineae)، زیر تیره Pooideae و راسته Cyperales می‌باشد. امروزه استفاده از این گیاه به عنوان علوفه برای ایجاد چراگاه‌های طبیعی در برنامه‌های احیای مراتع، به صورت خالص یا مخلوط با سایر گراس‌ها و لگوم‌های مرتعی، مورد توجه قرار گرفته است. بررسی پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی متفاوت برای معرفی ژنوتیپ برتر جزء اهداف اصلی برنامه‌های اصلاح نباتات می باشد. با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور مطالعه و شناخت اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارای اهمیت زیادی است. روش‌های آماری متعددی از قبیل روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده است. تجزیه پایداری عملکرد در روش‌های ناپارامتری ساده‌تر از روش‌های پارامتری بوده و، سبب کاهش انحراف حاصل از داده‌های پرت شده و به پیش فرض‌های موجود در توزیع نرمال داده‌ها نیازی ندارند. بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی پایداری عملکرد علوفه خشک ۳۶ جمعیت علف باغ در شرایط متفاوت آب و هوایی شمال غرب و غرب کشور ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها:

بذر تعداد ۳۶ جمعیت علف باغ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در استان‌های کرمانشاه، همدان، زنجان و اردبیل در سال ۱۳۹۰ بصورت دیم کشت شدند و از لحاظ ظرفیت تولید علوفه خشک به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار گرفتند. بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها با تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین به روش دانکن انجام شد. پس از حصول اطمینان از معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، پایداری عملکرد علوفه خشک ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های مختلف ناپارامتری (Ketata و همکاران ، Huehn، Thennarasu، Kang و Fox و همکاران)، مورد تجزیه پایداری قرار گرفت. آماره‌های ناپارامتری در نرم‌افزار Excel 2010 محاسبه شدند و برای رسم نمودارهای بای پلات، تجزیه خوشه ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نرم افزار Minitab 16 استفاده شد.

یافته‌ها:

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های ۴ محیط در طول دو سال نشان داد که اثر ژنوتیپ، اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌دار است ($p<0.01$). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها به روش دانکن، آن‌ها را در گروه‌های مختلف قرار داد. روش‌های مختلف ناپارامتری ژنوتیپ‌های متفاوتی را به

عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. مقایسه نتایج پنج روش ناپارامتری استفاده شده برای بررسی پایداری عملکرد علوفه ژنوتیپ‌ها، نشان داد که دو روش Huehn و Thennarasu در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد متوسط و سه روش Kang و Ketata و Fox در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با میانگین عملکرد بالا کارایی داشتند.

نتیجه‌گیری:

براساس پنج روش ناپارامتری و با توجه به عملکرد علوفه خشک، ژنوتیپ‌های G۱۴ (آمریکا)، G۱۵ (کرج)، G۲۹ (ارومیه)، G۳۵ (بانک‌ژن)، G۲۰ (ملایر) و G۲۴ (روسیه) به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند. از این‌رو می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های منتخب برای کشت در مکان‌ها و مناطق مشابه معرفی کرد و یا اینکه از آنها به عنوان ژرم پلاسم‌هایی با ارزش اصلاحی بالا در برنامه‌های به‌نژادی علف باغ بهره برد. در میان پنج روش تجزیه پایداری ناپارامتری، روش Ketata و همکاران بیشتر ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد علوفه خشک بالا را پوشش داد، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از این روش در بررسی پایداری علف باغ و گیاهان مشابه می‌تواند مناسب‌تر باشد.

واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ، علف باغ، عملکرد علوفه، ناپارامتری، تجزیه پایداری.

مقدمه:

گراس‌ها از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ایی مرتعی هستند که به لحاظ تولید علوفه، احداث چراگاه‌ها، حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک دارای اهمیت فراوانی می‌باشند (Moradi & Jafari, 2006). علف باغ (*Dactylis glomerata* L.) گیاهی از تیره گندمیان، زیر تیره Pooideae و طایفه Festuceae بوده و گیاهی پایا و پرمحصول با خوشه متراکم، سفت و سنبله مانند، دارای بذرهای ریز و ساقه‌های پرپشت و پابلند است (Moghadam, 1999). این گیاه بعد از چرا یا برداشت به سرعت رشد می‌کند و عملکرد علوفه خوبی در سال‌های دوم و سوم دارد. از این‌رو امروزه استفاده از این گیاه به عنوان علوفه خالص برای ایجاد چراگاه‌های طبیعی در برنامه‌های احیای مراتع، به صورت کشت خالص و یا مخلوط با سایر گرامینه‌های مرتعی یا به همراه یک یا دو نوع از لگوم‌ها، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Dabkeviciene *et al.*, 2007; Sanderson *et al.*, 2002).

آگاهی در مورد تنوع ذخایر توارثی و ارتباط ژنتیکی میان ژنوتیپ‌ها، کمک بزرگی در راستای توسعه برنامه‌های به نژادی می‌کند، در همین راستا ارزیابی جمعیت‌های زراعی و وحشی نیز در نگهداری و به کارگیری شایسته ذخایر توارثی با ارزش، ضروری به نظر می‌رسد (Santalla *et al.*,1998). لازم به یادآوری است که با وجود نقش منحصر به فرد گراس‌ها در تولید فرآورده‌های دامی، متأسفانه اطلاعات اندکی درباره تنوع ژنتیکی موجود میان ارقام و توده‌های داخلی و خارجی وجود دارد. این در حالی است که وجود تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های بومی گیاهان علوفه-ای یک منبع اساسی در جهت بهبود ساختار ژنتیکی آن‌ها است (Rahmati & Shirvani, 2018). از سوی دیگر با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور، مطالعه و شناخت برهمکنش ژنوتیپ در محیط دارای اهمیت زیادی است (Rabiei *et al.*, 2015). بر همین اساس هر ژنوتیپ تحت شرایط محیطی مختلف پاسخ متفاوتی دارد و انتخاب ژنوتیپ برتر از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی همواره کاری دشوار برای محققان علم ژنتیک و به‌نژادی گیاهی بوده است (Mohammadi *et al.*, 2012)، به هر حال زمانی که تغییرات محیطی قابل پیش‌بینی باشد، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند با اختصاص ژنوتیپ‌های مختلف به محیط‌های مختلف کاهش یابد. اما زمانی که تغییرات غیر قابل پیش‌بینی حاصل از تغییرات سال به سال موجب افزایش برهمکنش ژنوتیپ در محیط می‌شود، در این شرایط نیاز به مراحل و راه‌کارهای دیگری در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد. یکی از این راه‌کارها انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با واکنش کم به محیط (تغییرات کم در محیط‌های مختلف) است (Vaezi *et al.*, 2023).

روش‌های آماری متعددی از قبیل روش‌های آماری

پارامتری و ناپارامتری برای مطالعه اثرهای متقابل ژنوتیپ و محیط پیشنهاد شده است (Farshadfar *et al*., 2012). روش‌های ناپارامتری سبب کاهش انحراف حاصل از داده‌های پرت شده و به پیش فرض‌های موجود در توزیع داده‌ها نیازی ندارند (Mohammadi, 2021). از سوی دیگر اضافه یا حذف کردن تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها بر شاخص پایداری اثری ندارند. ضمن آنکه تجزیه، تحلیل و تفسیر معیارهای ناپارامتری بسیار ساده‌تر از معیارهای پارامتری است. چهار آماره ناپارامتری شامل میانگین اختلاف رتبه مطلق یک ژنوتیپ در تمام محیط‌ها ($S^{(1)}$)، واریانس بین رتبه‌ها در تمام محیط‌ها ($S^{(2)}$)، مجموع انحراف مطلق برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها ($S^{(3)}$) و مجموع مجذور رتبه برای هر ژنوتیپ نسبت به میانگین رتبه‌ها ($S^{(6)}$) توسط Huehn و Nassar (۱۹۸۷) پیشنهاد شد. به‌طوری‌که رتبه‌های عملکرد هر ژنوتیپ در هر محیط محاسبه شده و کمترین مقدار برای هر یک از این آماره‌ها نشان دهنده پایداری بالا برای یک ژنوتیپ خاص است (Pour-Aboughadareh *et al*., 2022). همچنین در ادامه چهار آماره ناپارامتریک دیگر شامل $NP^{(1)}$، $NP^{(2)}$، $NP^{(3)}$ و $NP^{(4)}$ بر اساس رتبه میانگین‌های تعدیل شده ژنوتیپ‌ها در هر محیط پیشنهاد شد (Thennarasu, 1995). ژنوتیپ پایدار بر اساس این چهار آماره، ژنوتیپ‌هایی هستند که موقعیت آنها نسبت به سایرین در مجموعه محیط‌های ارزیابی شده بدون تغییر باقی بماند (Pour-Aboughadareh *et al*., 2022). علاوه بر این آماره‌های ناپارامتری دیگری برای بررسی پایداری عملکرد ارائه شده است که می‌توان به آماره مجموع رتبه کنگ (Kang, 1988)، روش ارائه شده توسط Fox و همکاران (۱۹۹۰) و روش ناپارامتری گزارش شده توسط Ketata و همکاران (۱۹۸۹) اشاره کرد. به هرحال، بر اساس آماره‌های ناپارامتری در گونه‌های گیاهی مختلف گزارش‌های متعدد در مورد تنوع پایداری عملکرد وجود دارد (Vaezi *et al*., 2023; Aghakhani Khanibadi *et al*., 2011; Heydari *et al*., 2014; Mut *et al*., 2009; Zeinalzadeh –Tabrizi *et al*., 2021; Madaeni *et al*., 2017)

در تحقیقی Akçura و Kaya (۲۰۰۸) از روش‌های پایداری ناپارامتری برای تفسیر برهمکنش ژنوتیپ در محیط در گندم استفاده کردند که نتایج آنها همبستگی مثبت و معنی‌دار آماره‌های TOP ، $Si^{(3)}$ و $Si^{(6)}$ را با عملکرد بالای دانه نشان داد. آنان بر کارایی این روش‌ها در انتخاب ژنوتیپ مطلوب برای افزایش عملکرد دانه در گندم تأکید کردند. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵b) پایداری عملکرددانه و علوفه لاین‌های پیشرفته خلر (*Lathyrus sativus* L.) را با استفاده از روش‌های ناپارامتری در مناطق نیمه خشک ایران بررسی کردند. این محققان علاوه بر تأیید کارآیی روش‌های ناپارامتری تجزیه پایداری، لاین L3 را به دلیل داشتن بالاترین میزان عملکرد و بهترین رتبه Fox و سایر آماره‌های ناپارامتری به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی نمودند. بر اساس آنچه بیان شد هدف از این تحقیق بررسی تجزیه ناپارامتری پایداری عملکرد علوفه برای ۳۶ جمعیت علف باغ در شرایط متفاوت آب و هوایی غرب کشور بود.

مواد و روش‌ها:

در این پژوهش تعداد ۳۶ ژنوتیپ علف باغ (*Dactylis glomerata*) در ایستگاه‌های تحقیقاتی اکباتان (همدان)، خیرآباد (زنجان)، آلاروق (اردبیل) و اسلام آباد (کرمانشاه) (شکل ۱) به صورت دیم در فصل پاییز ۱۳۹۰ کشت شدند و از لحاظ ظرفیت عملکرد علوفه خشک ارزیابی گردیدند که مشخصات هواشناسی ایستگاه‌های تحقیقاتی محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. براساس شاخص آمبرژه آب و هوای کرمانشاه (مزرعه تحقیقاتی اسلام آباد) جزو مناطق نیمه خشک معتدل (منطقه جنگلی گزروفیل) بوده و آب و هوای سه مکان دیگر به عنوان مناطق زیر استپ سرد طبقه بندی می‌شوند.

شکل ۱- گیاه علف باغ و نقشه جغرافیایی چهار استان محل انجام آزمایش پایداری عملکرد علوفه گیاه مرتعی علف باغ

Fig. 1. Geographical map of four experimental locations in Iran and rhe pucture of cocksfoot.

جدول ۱- مکان های جغرافیایی و اطلاعات هواشناسی محیط های محل انجام آزمایش

Table 1 Geographical locations and meteorological information of the tested environments (1990–2010).

Location	Longitude	Latitude	Elevation (masl)	Average annual rainfall (mm)	Annual mean temperature (°C)
Ardabil	48°17′24″E	38°14′33″N	1351	295.5	9.2
Zanjan	48°29′87″E	36°40′30″N	1638	311.1	11.1
Hamadan	48°30′54″E	34°47′54″N	1741	317.7	11.4
Kermanshah	46°31′39″E	34°06′34″N	1350	469.5	13.7

روش تحقیق

بذر ۳۶ ژنوتیپ علف باغ (*Dactylis glomerata*) از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در شرایط دیم کشت شدند. کشت به صورت خطی انجام گردید. به این ترتیب که هر کرت آزمایشی دارای ۴ خط با فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر بوده و طول هر کرت ۲ متر انتخاب شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. اختصاص هر پلات به یک تیمار در هر تکرار به طور تصادفی انجام شد. آبیاری فقط در زمان کشت و به منظور جوانه‌زنی انجام شد و مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی انجام گردید. بعد از برداشت کل کرت آزمایشی، علوفه حاصل در هوای آزاد خشک شد و بعد با ترازو دقیق توزین گردید، که به عنوان عملکرد علوفه خشک هر کرت ثبت شد، در مرحله بعد با توجه به مساحت برداشت شده، عملکرد علوفه تولیدی در هکتار برای هر ژنوتیپ در هر تکرار محاسبه گردید.

تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد علوفه ۳۶ ژنوتیپ علف باغ مورد بررسی در چهار محیط انجام گردید. مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵ درصد برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد مطالعه انجام شد.

پنج سری از آماره‌های ناپارامتری به منظور برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها در این پژوهش استفاده گردید.

سری اول شامل آماره‌های ناپارامتری معرفی شده توسط Huehn(۱۹۷۹) بود که شامل چهار آماره $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ است. سری دوم شامل آماره‌های ناپارامتری معرفی شده توسط Thennarasu (۱۹۹۵) بود که شامل چهار آماره $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ می‌باشد. سری سوم آماره مجموع رتبه کنگ بود (Kang, 1988)، همچنین

روش ناپارامتری Fox و همکاران (۱۹۹۰) برای بررسی پایداری به عنوان چهارمین سری از آماره‌ها استفاده شد. در آخرین سری از روش ناپارامتری Ketata و همکاران (۱۹۸۹) استفاده شد.

برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره‌های ناپارامتری، نمودار بای‌پلات پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد علوفه خشک و میانگین ۴ آماره ناپارامتری هان (Huehn, 1979)، میانگین ۴ آماره ناپارامتری Thennarasu (۱۹۹۵)، آماره مجموع رتبه کنگ (Kang, 1988)، آماره فوکس و همکاران Fox *et al*., (1990) و آماره کتاتا و همکاران (Ketata *et al*., 1989) برای مقایسه پایداری عملکرد علوفه و گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا استفاده شد. با توجه به اینکه نتایج حاصل از روش‌های مختلف ناپارامتری در رابطه با برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها، متفاوت بود. روش‌های متفاوت ناپارامتری، ژنوتیپ‌های مختلفی را به عنوان ژنوتیپ پایدار و ناپایدار معرفی کردند. دلیل این موضوع نیز ماهیت تک متغیره بودن این روش‌ها می‌باشد، بنابراین تعداد ۱۳ آماره ناپارامتری در یک ساختار چند متغیره شامل تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ارزیابی شدند. آماره‌های ناپارامتری در نرم افزار Excel 2010 محاسبه شدند و برای رسم نمودارهای بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نرم افزار Minitab 16 استفاده شد.

نتایج و بحث:

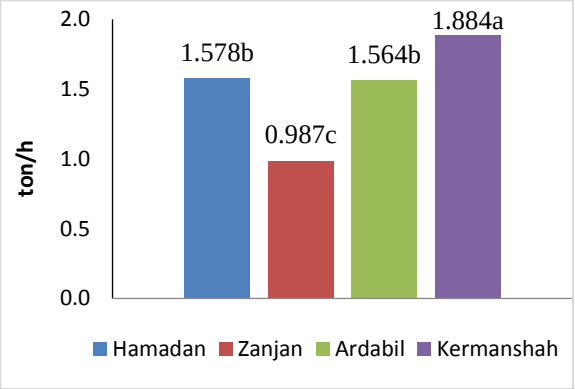
تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه

نتیجه تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد علوفه خشک، ۳۶ ژنوتیپ مورد بررسی و چهار محیط مورد آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، در تجزیه واریانس مرکب اثر متقابل ژنوتیپ × مکان در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، بنابراین می‌توان بیان کرد که ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف واکنش متفاوتی داشتند یا به عبارت دیگر در ساختار داده‌ها تنوع ضربی معنی‌دار وجود داشت. اثر اصلی محیط‌های مورد آزمایش در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید، بر همین اساس می‌توان بیان کرد که میان چهار محیط آزمایشی اختلاف معنی‌داری از لحاظ ظرفیت تولید علوفه خشک وجود دارد و شرایط متفاوت محیطی روی تولید علوفه تأثیر معنی‌دار داشته است. Farshadfar و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی پایداری گونه علف گندمی بلند *Agropyron elongatum* در دو شرایط تنش و بدون تنش بیان کردند که اختلاف شرایط محیطی سبب تفاوت معنی‌دار در عملکرد ژنوتیپ‌ها می‌گردد. Spanani و Majidi (۲۰۱۶) ، Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) و Jafari (۲۰۰۴) در ارزیابی عملکرد و صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های علف باغ تنوع ژنتیکی وسیعی میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده کردند که این مهم می‌تواند انتخاب برای اهداف مختلف در این ژرم‌پلاسم را امکان‌پذیر کند. علاوه براین، آن‌ها برهمکنش ژنوتیپ در محیط را برای این گیاه گزارش کردند و به ضرورت تجزیه پایداری تأکید نمودند. Mofidian و همکاران (2009) در یونجه، Khazaei و همکاران (۲۰۱۹) در سورگوم علوفه‌ای و Ahmadi و همکاران (2015a) در خلر، برهمکنش ژنوتیپ در محیط معنی‌دار را گزارش کردند و بر ضرورت تجزیه پایداری برای تعیین ژنوتیپ‌های سازگار تأکید کردند.

مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک

با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری ۵٪ ژنوتیپ‌های مورد بررسی گروه‌بندی گردید، که نتایج آن در جدول۳ ارائه شده است. بر این اساس، ژنوتیپ G۳ (مرند) با میانگین ۲/۰۶۳ تن در هکتار، بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشت و در گروه a قرار گرفت که با دیگر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد. ژنوتیپ‌های G۱ (کرج) وG۱۴ (آمریکا) به ترتیب با میانگین ۱/۸۷۶ و ۱/۸۶۲ تن در هکتار رتبه دوم تولید علوفه خشک را به خود اختصاص دادند که بدون اختلاف معنی‌دار با

ژنوتیپ‌های G۱۱، G۱۲، G۲، G۱۵ و G۳۴ در یک گروه قرار گرفتند. دو ژنوتیپ G۹ و G۲۸ با متوسط عملکرد ۱/۱۸۵ تن در هکتار، ظرفیت عملکرد علوفه خشک پائینی را از خود نشان دادند که اختلاف آن‌ها با ژنوتیپ‌های G۱۹، G۱۶، G۲۱، G۲۳، G۳۳، G۲۷ و G۲۵ معنی‌دار نبود. کمترین میزان عملکرد علوفه خشک با میانگین ۰/۹۰۷ تن در هکتار به ژنوتیپ G۱۷ تعلق داشت که اختلاف آن با همه ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود و به تنهایی در گروه n قرار گرفت. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک چهار محیط مورد آزمایش در شکل ۲ آمده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد بیشترین عملکرد علوفه خشک مربوط به ایستگاه اسلام آباد کرمانشاه بود که با میانگین ۱/۸۸۴ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری با دیگر مناطق در سطح احتمال آماری ۵ درصد داشت. کمترین میانگین عملکرد علوفه خشک مربوط به ایستگاه زنجان با میانگین ۰/۹۸۷ تن در هکتار بود، که اختلاف آن با دیگر مناطق در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. دو منطقه همدان و اردبیل به ترتیب با میانگین ۱/۵۷۸ و ۱/۵۶۴ تن در هکتار، عملکرد متوسطی نسبت به دو منطقه دیگر داشتند و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند.



شکل ۲- میانگین عملکرد علوفه ژنوتیپ‌ها در چهار مکان

Fig 2 Mean of DM yield in four locations

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه خشک ۳۶ ژنوتیپ در چهار محیط

Table 2. Combined ANOVA for DM yield of 36 genotypes in four environments

SOV	df	MS
Environment	3	15.170**
Error 1	8	0.058
Genotype	35	0.704**
Genotype × Environment	105	0.529**
Error 2	280	0.039
CV% =13. 4%		

**: Significant at the 1% probability level

جدول ۳- عملکرد علوفه خشک ۳۶ جمعیت علف باغ بر اساس میانگین ۴ مکان

Table 3. Dry matter performance of 36 cocksfoot populations based on the average of four locations in Iran.

Genotype No	Gen bank code	Origin	DM yield Ton/h	Genotype No	Gen bank code	Origin	DM yield Ton/h
G1	197	Karaj (IR)	1.876 b	G19	1453	Hamadan (IR)	1.223 lm
G2	199	Gene bank (IR)	1.793 bcd	G20	1455	Malayer (IR)	1.555 f-i
G3	255	Marand (IR)	2.063 a	G21	1551	Russia	1.277 klm
G4	265	Qazvin (IR)	1.416 ijk	G22	1555	Kyrgyzstan	1.475 g-j
G5	411	Ardabil (IR)	1.384 i-l	G23	1556	Estonia	1.279 klm
G6	412	Ardabil (IR)	1.500 g-j	G24	1557	Russia	1.546 f-j
G7	455	Tabriz (IR)	1.487 g-j	G25	1609	Netherlands	1.361 j-m
G8	499	Zanjan (IR)	1.659 c-g	G26	1634	USA	1.553 f-i
G9	540	Sirjan (IR)	1.185 m	G27	1668	USA	1.357 j-m
G10	628	Bejar (IR)	1.529 f-j	G28	1715	USA	1.185 m
G11	783	Qazvin (IR)	1.812 bc	G29	1761	Urmia (IR)	1.666 c-g
G12	1053	Karaj (IR)	1.807 bc	G30	1773	Sari (IR)	1.610 e-h
G13	1054	Spanish	1.449 h-k	G31	2310	Zanjan (IR)	1.176 m
G14	1058	USA	1.862 b	G32	10095	Sari (IR)	1.516 g-j
G15	1072	Karaj(IR)	1.754 b-e	G33	10112	Karaj (IR)	1.293 klm
G16	1094	Gene bank (IR)	1.271 klm	G34	10113	Karaj (IR)	1.710 b-f
G17	1250	Gene bank (IR)	0.907 n	G35	10155	Gene bank (IR)	1.618 d-h
G18	1261	USA	1.487 g-j	G36	10505	Gorgan (IR)	1.477 g-j

میانگین صفات در ستون‌ها که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

Means of genotypes within a column followed by the same letter are not significantly different (at P = 0.05).

تجزیه پایداری عملکرد علوفه به روش ناپارامتری

نتایج پایداری ژنوتیپ‌ها برای تولید علوفه خشک از طریق روش‌های ناپارامتری در جدول ۴ و رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های پایداری ناپارامتری در جدول ۵ ارائه شده است.

با رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس معیارهای چهارگانه $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ در روش ناپارامتری Thennarasu (۱۹۹۵)، ژنوتیپ‌های متفاوتی تحت عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند، به همین دلیل از میانگین رتبه چهار آماره مذکور برای انتخاب ژنوتیپ پایدار استفاده گردید که نمودار پراکنش میانگین رتبه چهار آماره به همراه میانگین عملکرد علوفه در شکل۳ ارائه شده است. از آنجایی که بر اساس آماره‌های ارائه شده توسط Thennarasu (۱۹۹۵)، ژنوتیپی پایدار است که دارای مقادیر پایینی از این آماره‌ها باشد، از این‌رو ژنوتیپ‌های G۲۹، G۲۰، G۲۲، G۴ و G۱۹ با رتبه‌بندی برتر (میانگین رتبه کمتر) به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند، اما در میان ژنوتیپ‌های مذکور تنها ژنوتیپ‌های G۲۰ (ملایر) و G۲۹ (ارومیه) با عملکرد علوفه بیشتر از میانگین کل قابل توجه بودند و دیگر ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس این چهار آماره، عملکرد علوفه پایین داشتند.

بر اساس نتایج مربوط به چهار آماره $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ در روش ناپارامتری Huehn (۱۹۷۹)، نیز ژنوتیپ‌های متفاوتی در رتبه‌بندی‌های جداگانه تحت عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند. به همین دلیل از میانگین رتبه این چهار آماره یرای انتخاب ژنوتیپ پایدار استفاده گردید. در شکل ۳ محور افقی میانگین عملکرد

علوفه بر حسب تن در هکتار و محور عمودی میانگین رتبه‌بندی چهار آماره‌ی S_i ژنوتیپ‌های مورد بررسی علف باغ می‌باشد. بر اساس نمودار پراکنشی، ژنوتیپ‌های G۲۹، G۲۰، G۲۲، G۴ و G۱۹ با رتبه‌بندی برتر به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شدند، در میان ژنوتیپ‌های مذکور تنها ژنوتیپ‌های G۲۰ (ملایر) و G۲۹ (ارومیه) با عملکرد علوفه بیشتر از میانگین کل قابل توجه بودند و دیگر ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس این چهار آماره عملکرد علوفه پایین داشتند.

نمودار پراکنش ژنوتیپ‌های علف باغ بر اساس میانگین عملکرد علوفه خشک در برابر شاخص Fox و همکاران (۱۹۹۰) در شکل۳ ارائه شده است. در این روش ژنوتیپ‌ها در هر محیط در سه گروه TOP (برتر)، MID (متوسط) LOW (ضعیف) قرار می‌گیرند و در مجموع برای هر ژنوتیپ درصدی که در هر یک از سه گروه، در محیط‌های مختلف قرار گرفته‌اند، محاسبه می‌گردد و ژنوتیپ‌هایی که در بیشتر محیط‌ها در گروه TOP قرار بگیرند، جزو ژنوتیپ‌های مطلوب محسوب می‌شوند. در شکل ۳، ژنوتیپ‌های طرف راست خط عمودی دارای عملکرد علوفه بیش از میانگین کل می باشند. محور افقی در میانه نمودار، میانگین رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر سه شاخص بیشینه (Top)، متوسط (Mid) و کمینه (Low) را نشان می‌دهد. در این نمودار ژنوتیپی که دارای بیشترین آماره بیشینه است و دارای رتبه ۱ است، ژنوتیپ مطلوبتری خواهد بود، زیرا این ژنوتیپ هم عملکرد بالایی دارد و هم پایدار است (Fox *et al.*, 1990). در این مطالعه ژنوتیپ‌های G۳، G۱۴، G۱۵، G۲۹، G۳۰ و G۳۵ بیشترین پایداری را داشتند، همچنین عملکرد علوفه همه این ژنوتیپ‌ها بیشتر از میانگین کل بود.

پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد علوفه و مقادیر مجموع رتبه کنگ (Kang, 1988) نیز در شکل۳ قابل مشاهده است. محور افقی میانگین عملکرد علوفه بر حسب تن در هکتار و محور عمودی مقادیر مربوط به مجموع رتبه کنگ (حاصل از رتبه‌بندی عملکرد ژنوتیپ‌ها و واریانس پایداری شوکلا) را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌هایی که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط زیادی داشته باشند، از مجموع رتبه بالایی برخوردار خواهند بود. در مقابل ژنوتیپ‌هایی که مجموع رتبه نزدیک به صفر داشته باشند، دارای اثر متقابل پایین و یا بدون اثر متقابل هستند(Kang, 1988). بر اساس این نمودار، ژنوتیپ‌های G۱۴، G۱۲، G۱۵، G۳۰، G۲۴ و G۶ دارای کمترین مجموع رتبه بودند، از این‌رو از پایداری بالایی برخوردار هستند که در میان آن‌ها، ژنوتیپ‌های G۱۴، G۱۲، G۱۵، G۳۰ وG۲۴ عملکرد علوفه‌ی بیشتر از میانگین کل را دارا بودند.

آخرین روش مورد بررسی روش ناپارامتری گزارش شده توسط Ketata و همکاران (۱۹۸۹) بود، که در این روش آماره‌های kr، gy و σr به ترتیب رتبه هر ژنوتیپ در محیط‌ها، مقادیر عملکرد ژنوتیپ‌ها و واریانس رتبه ژنوتیپ در محیط‌ها هستند. ژنوتیپ‌هایی با کمترین مقدار از آماره‌های kr و σr و بیشترین عملکرد علوفه در زمره پایدارترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند (Akçura and Kaya, 2008; Flores *et al.*, 1998). بر اساس آنچه که در شکل۳ مشاهده می‌شود، ژنوتیپ‌های G۱۴، G۱۵، G۲۹، G۳۵، G۲۰ و G۲۴ دارای بیشترین پایداری بودند. یادآوری می‌شود که ژنوتیپ‌های این گروه عملکرد علوفه‌ی بیشتر از میانگین کل داشتند.

مقایسه‌ی نتایج پنج روش ناپارامتری استفاده شده برای بررسی پایداری عملکرد علوفه ژنوتیپ‌ها (جدول ۶) در این پژوهش نشان داد که در دو روش Huehn و Thennarasu ژنوتیپ‌های پایدار کاملاً با همدیگر تطابق داشتند، از سوی دیگر در این دو روش از پنج ژنوتیپ پایدار معرفی شده تنها ۲ ژنوتیپ عملکرد علوفه بیشتر از میانگین کل داشتند، بنابراین می‌توان بیان کرد در بررسی ناپارامتری پایداری با دو روش Huehn و Thennarasu بیشتر ژنوتیپ‌هایی پایدار شناخته می‌شوند که عملکرد متوسط یا کمتر از میانگین کل داشته باشند و این نتیجه به این مسئله برمی‌گردد که ماهیت هر دوی این روش‌ها در

شناخت ژنوتیپ‌های پایدار براساس کم بودن تغییرات عملکرد در محیط‌ها است، در نتیجه ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایین هم دارند، فقط در صورت کم بودن تغییرات عملکرد، شانس حضور در بین ژنوتیپ‌های پایدار را خواهند داشت. همچنین مشاهده شد که دو روش Ketata و Fox نیز باهم ارتباط بالایی داشتند و بیش از ۶۶ درصد از ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس هر دو روش مشابه بودند. از سوی دیگر در این دو روش تمام ژنوتیپ‌هایی که به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی شدند، عملکرد علوفه بیشتر از میانگین کل داشتند. این نتیجه نیز ناشی از ماهیت این دو روش است. زیرا معیار اصلی در انتخاب ژنوتیپ پایدار در هر دوی این روش‌ها، میانگین عملکرد در محیط‌ها می‌باشد، از این‌رو ژنوتیپ‌هایی که میانگین عملکرد پایین در محیط‌ها دارند شانسی برای حضور در بین ژنوتیپ‌های پایدار ندارند. در نهایت روش مجموع رتبه Kang دارای ارتباط متوسطی با دو روش Ketata و Fox بود. زیرا ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌هایی که با روش مجموع رتبه Kang، پایدار شناخته شدند، با دو روش Ketata و Fox نیز پایدار بودند. در این روش نیز بیشتر ژنوتیپ‌های پایدار (۸۳٪) عملکرد بالاتر از متوسط داشتند، زیرا ماهیت این روش نیز تأکید بیشتری بر میانگین عملکرد بالا برای گزینش ژنوتیپ‌های پایدار دارد.

در نهایت براساس ۵ روش ناپارامتری و با توجه به عملکرد علوفه خشک، ژنوتیپ‌های G۱۴، G۱۵، G۲۹، G۳۵، G۲۰ و G۲۴ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند (جدول۶). همانطوری که ملاحظه می‌گردد ژنوتیپ‌های فوق تماماً با روش کتاتا برتر شناخته شده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با روش کتاتا می‌توان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد علوفه بالا را در علف باغ بهتر از دیگر روش‌ها شناسایی و معرفی کرد. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵b) با تأیید کارآیی روش‌های ناپارامتری تجزیه پایداری در خلر، لاین L3 را به دلیل عملکرد بالا و رتبه Fox و دارا بودن کمترین مقدار از دیگر آماره‌های ناپارامتری به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی کردند. Zali و همکاران (۲۰۱۱) از طریق تجزیه ناپارامتری، پایداری فنوتیپی ژنوتیپ‌های نخود در ایران را بررسی کردند. آنان گزارش نمودند از میان آماره‌های مورد بررسی تنها آماره پایداری عملکرد دانه (Ys_i) برای انتخاب همزمان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه و پایداری بالا در نخود مفید خواهد بود. بر همین اساس آن‌ها ژنوتیپ ۱۳ را پایدارترین ژنوتیپ معرفی کردند. آنان همچنین بیان کردند که ارتباط آماره‌های ناپارامتری $Si^{(1)}$، $Si^{(2)}$، $Si^{(3)}$ و $NPi^{(1)}$ با عملکرد دانه (Ys_i) مثبت و معنی‌دار و همبستگی آماره‌های $Si^{(6)}$، $NPi^{(2)}$، $NPi^{(3)}$ و $NPi^{(4)}$ با عملکرد دانه (Ys_i) منفی و معنی‌دار بوده است.

جدول ۴- مقادیر محاسبه شده آماره‌های پایداری ناپارامتریک برای ۳۶ ژنوتیپ مورد مطالعه در ۴ مکان

Table 4. Non-parametric stability statistics for DM yields of 36 genotypes in four environments of Iran.

Genotype	Yield t/h	Ketata *et al*. (1989)			Huehn (1979)				Thennarasu (1995)				Kang (1988)	Fox (1990)
		δgy	kr	δr	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(6)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$	RS	TOP
G1	1.88	1.10	58.0	54.9	33.0	3014.6	155.9	2.69	40.25	0.81	0.90	0.74	38	50
G2	1.79	0.58	55.7	54.4	17.5	2962.9	159.4	3.35	51.50	0.99	0.93	0.50	35	50
G3	2.06	0.77	39.0	49.5	35.5	2459.3	189.1	3.74	37.00	1.76	1.24	1.31	36	75
G4	1.42	0.19	83.7	25.4	15.8	646.9	23.1	1.01	24.00	0.28	0.29	0.31	36	0
G5	1.38	0.53	87.0	51.1	22.3	2620.6	90.3	1.72	31.50	0.30	0.51	0.41	36	25
G6	1.50	0.51	74.5	46.8	26.3	2197.6	88.50	1.70	31.75	0.39	0.57	0.53	23	25
G7	1.49	0.30	78.0	34.9	22.6	1220.6	46.95	1.36	27.75	0.32	0.42	0.45	37	25
G8	1.66	0.83	77.5	53.8	28.1	2895.0	112.0	2.06	37.00	0.40	0.65	0.50	42	25
G9	1.18	0.60	95.7	44.3	24.6	1964.9	61.56	1.28	37.00	0.35	0.46	0.54	42	25
G10	1.53	0.30	72.7	36.1	19.1	1304.2	53.78	1.50	28.00	0.34	0.44	0.39	33	25
G11	1.81	0.70	57.2	59.4	19.1	3530.2	184.9	3.55	56.00	1.09	0.98	0.58	37	50
G12	1.81	0.57	53.7	44.1	15.6	1944.9	108.5	2.73	42.75	0.77	0.88	0.54	26	50
G13	1.45	0.62	71.2	49.4	42.5	2447.5	103.0	1.89	34.50	0.50	0.63	0.92	48	25
G14	1.86	0.36	38.5	31.5	25.6	993.6	77.43	2.31	28.25	0.91	0.91	1.36	17	75
G15	1.75	0.25	43.7	28.4	20.0	808.9	55.47	1.89	24.75	0.74	0.64	0.78	26	75
G16	1.27	0.45	95.5	42.8	20.0	1833.0	57.58	1.31	29.00	0.26	0.41	0.40	33	25
G17	0.91	0.55	112.2	40.1	17.1	1610.9	43.05	1.06	33.75	0.27	0.39	0.35	43	0
G18	1.49	0.54	68.5	49.0	33.6	2409.0	105.5	2.31	41.75	0.71	0.64	0.75	30	50
G19	1.22	0.27	103.7	32.6	11.6	1064.9	30.7	0.94	22.50	0.19	0.28	0.20	38	0
G20	1.55	0.13	66.5	19.7	14.5	389.67	17.5	0.96	17.50	0.28	0.28	0.36	36	0
G21	1.28	0.50	87.0	34.1	22.5	1164.6	40.1	1.13	25.25	0.33	0.46	0.53	33	0
G22	1.47	0.11	77.5	16.8	9.67	284.3	11.01	0.62	12.75	0.16	0.20	0.20	37	0
G23	1.28	0.40	91.5	28.6	19.6	821.6	26.9	0.89	24.75	0.29	0.38	0.46	30	0
G24	1.55	0.23	68.5	28.1	23.6	793.00	34.73	1.09	20.25	0.31	0.37	0.55	28	25
G25	1.36	0.38	85.5	42.2	15.1	1784.3	62.61	1.68	37.00	0.42	0.44	0.30	30	25
G26	1.55	0.35	68.7	41.7	33.5	1742.9	76.05	2.02	36.50	0.50	0.55	0.76	38	50
G27	1.36	0.62	83.2	49.4	28.1	2442.9	88.03	1.62	32.25	0.35	0.54	0.58	55	25
G28	1.19	0.64	92.5	45.7	39.6	2089.0	67.75	1.66	44.50	0.50	0.52	0.78	60	0
G29	1.67	0.11	52.0	14.1	6.33	200.67	11.58	0.81	10.50	0.23	0.29	0.23	29	75
G30	1.61	0.62	52.7	54.2	41.1	2946.9	167.60	3.04	31.50	1.07	0.85	1.12	28	75
G31	1.18	0.68	93.7	47.0	29.0	2216.2	70.92	1.57	41.00	0.42	0.51	0.62	57	25
G32	1.52	0.79	57.2	57.4	46.6	3300.9	172.9	2.89	40.00	1.08	0.89	1.25	47	50
G33	1.29	0.54	83.5	36.57	25.33	1337.00	48.04	1.31	25.50	0.38	0.50	0.58	37	0
G34	1.71	1.01	62.0	62.7	42.1	3942.0	190.7	3.32	54.50	1.01	0.92	1.01	42	50
G35	1.62	0.21	59.2	29.8	20.0	892.92	45.21	1.51	15.25	0.34	0.39	0.45	37	75
G36	1.48	0.79	62.0	56.7	45.5	3223.3	155.9	2.61	41.00	0.87	0.81	1.14	52	50

δgy, kr and δr Ketata et al.(1989) non-parametric stability indices;

Si: Huehn's (1979) non-parametric stability indices;

NP: Thennarasu's (1995) non-parametric stability indices;

RS: Kang's (1988) stability index,

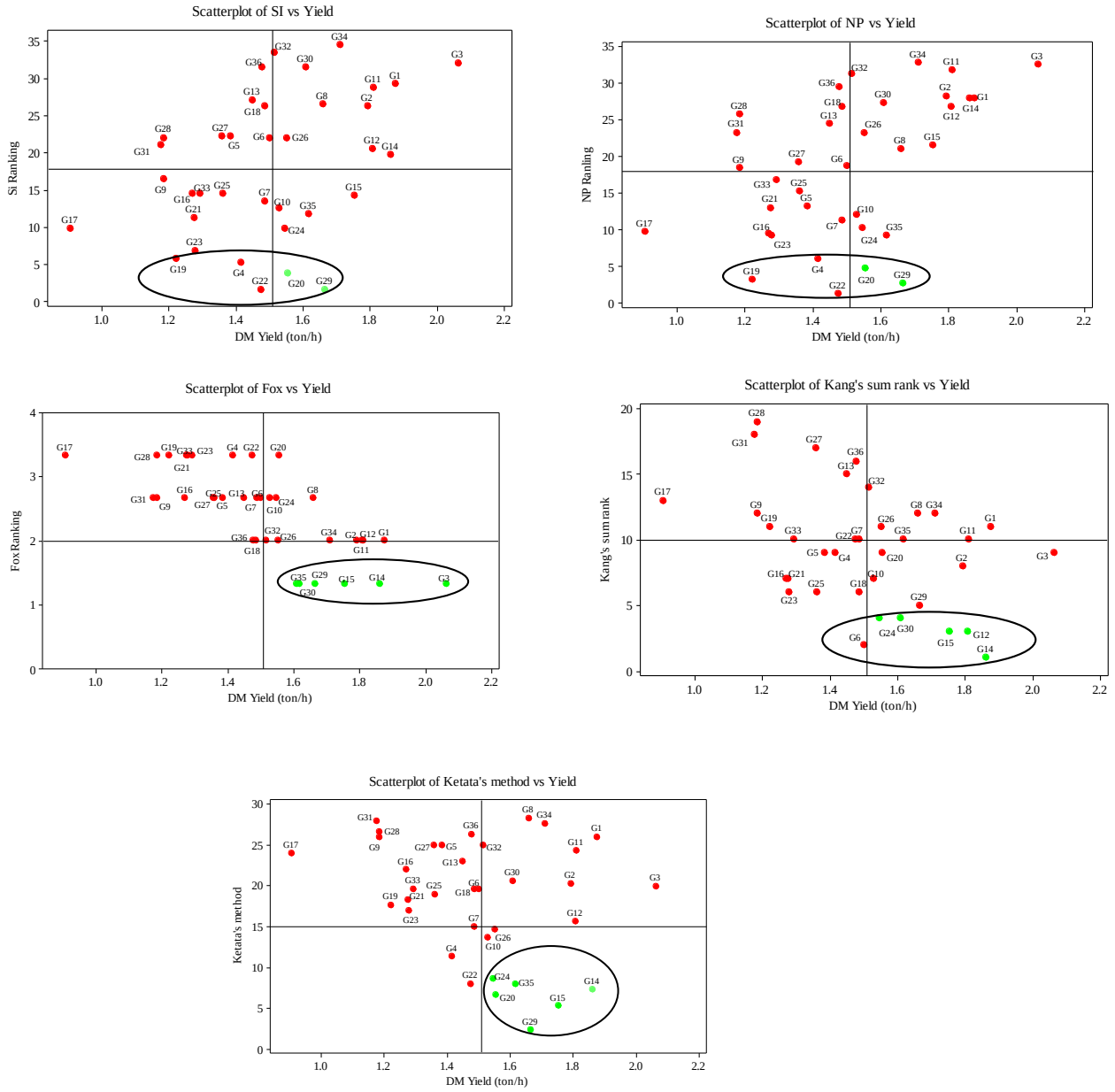
TOP: Fox *et al*. (1990) stability index.

جدول ۵- رتبه ۳۶ ژنوتیپ مورد بررسی برای آماره پایداری ناپارامتری و عملکرد علوفه خشک

Table 5. Ranking of 36 genotypes for DM yield and Non-parametric stability statistics in four environments of Iran.

Genotype	Yield Ranking	Ketata *et al.*(1989)			Huehn (1979)				Thennarasu(1995)				Kang (1988)	Fox *et al* (1990)
		kr	δr	δgy	$S_i^{(1)}$	$S_i^{(2)}$	$S_i^{(3)}$	$S_i^{(6)}$	$NP_i^{(1)}$	$NP_i^{(2)}$	$NP_i^{(3)}$	$NP_i^{(4)}$	RS	TOP
G1	2	10	32	36	27	32	29	29	28	28	31	25	11	2
G2	6	7	31	23	9	31	31	34	34	31	34	14	8	2
G3	1	2	27	31	30	27	35	36	23	36	36	35	9	1
G4	24	26	4	4	7	4	4	6	7	7	5	5	9	4
G5	25	29	28	18	16	28	24	21	17	9	17	10	9	3
G6	18	20	22	17	23	22	23	20	18	18	22	17	2	3
G7	19	23	12	10	18	12	11	13	12	11	11	11	10	3
G8	10	22	29	34	24	29	28	25	24	19	26	15	12	3
G9	34	34	20	24	20	20	16	10	26	15	15	18	12	3
G10	16	19	13	9	10	13	13	14	13	14	13	8	7	3
G11	4	8	35	30	11	35	34	35	36	35	35	21	10	2
G12	5	6	19	22	6	19	27	30	32	27	29	19	3	2
G13	23	18	26	25	34	26	25	23	21	24	23	30	15	3
G14	3	1	9	12	22	9	21	27	14	30	32	36	1	1
G15	7	3	6	7	15	6	14	22	8	26	24	28	3	1
G16	31	33	18	15	13	18	15	12	15	4	10	9	7	3
G17	36	36	15	21	8	15	9	7	20	5	8	6	13	4
G18	20	16	24	19	29	24	26	26	31	25	25	26	6	2
G19	32	35	10	8	3	10	6	4	6	2	3	2	11	4
G20	13	14	3	3	4	3	3	5	4	6	2	7	9	4
G21	30	28	11	16	17	11	8	9	10	12	14	16	7	4
G22	22	21	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	10	4
G23	29	30	7	14	12	7	5	3	9	8	7	13	6	4
G24	15	15	5	6	19	5	7	8	5	10	6	20	4	3
G25	26	27	17	13	5	17	17	19	25	20	12	4	6	3
G26	14	17	16	11	28	16	20	24	22	23	21	27	11	2
G27	27	24	25	26	25	25	22	17	19	16	20	22	17	3
G28	33	31	21	28	31	21	18	18	33	22	19	29	19	4
G29	9	4	1	2	1	1	2	2	1	3	4	3	5	1
G30	12	5	30	27	32	30	32	32	16	33	28	32	4	1
G31	35	32	23	29	26	23	19	16	30	21	18	24	18	3
G32	17	9	34	32	36	34	33	31	27	34	30	34	14	2
G33	28	25	14	20	21	14	12	11	11	17	16	23	10	4
G34	8	12	36	35	33	36	36	33	35	32	33	31	12	2
G35	11	11	8	5	14	8	10	15	3	13	9	12	10	1
G36	21	13	33	33	35	33	30	28	29	29	27	33	16	2

δgy, kr and δr Ketata et al.(1989) non-parametric stability indices;
Si: Huehn's (1979) non-parametric stability indices;
NP: Thennarasu's (1995) non-parametric stability indices;
RS: Kang's (1988) stability index,
TOP: Fox *et al*. (1990) stability index.



شکل ۳ – نمودار پراکنش عملکرد علوفه ۳۶ ژنوتیپ علف باغ و میانگین رتبه آماره‌های روش هان (Si)، میانگین رتبه آماره‌های روش تنارازو (*NP*)، آماره مجموع رتبه کنگ، میانگین رتبه آماره‌های روش فاکس و میانگین رتبه آماره های روش کتاتا

Figure 3. Scatter plot of DM yield of 36 cocksfoot genotypes and the average rank of Huehn's statistics (Si), the average rank of Thennarasu's statistics (NP), the sum rank of Kong's statistics, the average rank of Fox's statistics and the average rank of Katata's statistics

جدول ۶- لیست ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس هر یک از روش‌های ناپارامتری مورد بررسی

Table 6. List of stable genotypes based on each of the investigated non-parametric methods.

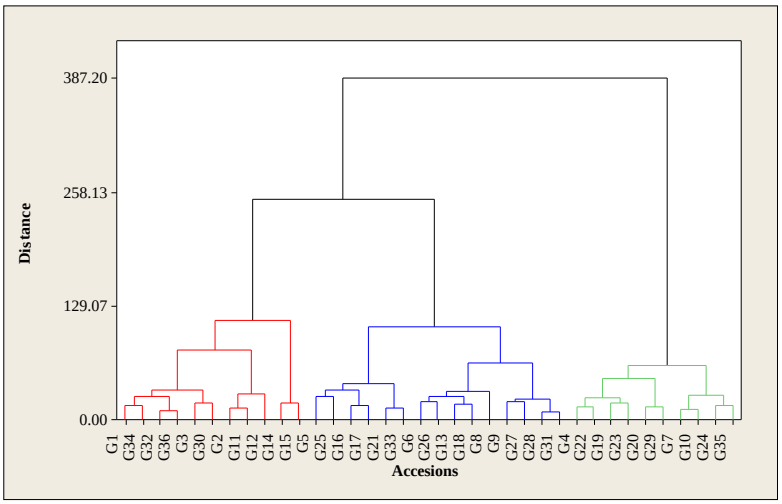
Huehn (1979)	Thennarasu (1995)	Kang (1988)	Fox *et al* (1990)	Ketata *et al.*(1989)
G29	G29	G14	G3	G14
G20	G20	G12	G14	G15
G22	G22	G15	G15	G29
G4	G4	G30	G29	G35
G19	G19	G24	G31	G20
-	-	G6	G35	G24

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس روش‌های ناپارامتری

نتایج حاصل از روش‌های مختلف تجزیه ناپارامتری در رابطه با برآورد پایداری ژنوتیپ‌ها متفاوت بود و به نحوی‌که روش‌های متفاوت ناپارامتری، ژنوتیپ‌های مختلفی را به عنوان ژنوتیپ پایدار و ناپایدار معرفی کردند. دلیل این موضوع نیز ماهیت تک متغیره بودن این روش‌ها می‌باشد، بنابراین لازم است در یک ساختار چند متغیره ارزیابی شوند. با توجه به روند مختلف پایداری ژنوتیپ‌ها بر اساس انواع روش‌های مختلف ناپارامتری تجزیه پایداری، به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward روی ۱۳ آماره محاسبه شده ناپارامتری برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی، استفاده شد (شکل ۴) و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه گروه مجزا قرار گرفتند.

گروه اول شامل ژنوتیپ‌های G۴، G۷، G۱۰، G۱۹، G۲۰، G۲۲، G۲۳، G۲۴، G۲۹ و G۳۵ بود. عملکرد علوفه خشک ژنوتیپ‌های این گروه در حد متوسط بود و براساس تمام آماره‌ها به استثناء دو آماره TOP وkr بیشترین پایداری عملکرد علوفه را از خود نشان دادند و بر اساس دو آماره TOP و kr نیز دارای پایداری متوسطی بودند.

گروه دوم ژنوتیپ‌های G۱، G۲، G۳، G۱۱، G۱۲، G۱۴، G۱۵، G۳۰، G۳۲، G۳۴ و G۳۶ را شامل گردید که بیشتر آن‌ها عملکرد علوفه خشک بالایی داشتند، اما ناپایدارترین گروه بر اساس بیشتر آماره‌های محاسبه شده برای تولید علوفه خشک بودند و از میان همه آماره‌های محاسبه شده تنها بر اساس دو آماره kr و TOP پایداری بالایی را نشان دادند. بر اساس آماره RS نیز پایداری متوسطی در این گروه مشاهده شد. دیگر ژنوتیپ‌ها در گروه سوم قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه ظرفیت عملکرد علوفه خشک ضعیفی از خود بروز دادند و برای بیشتر آماره‌های ناپارامتری، پایداری متوسطی داشتند. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵b) به منظور گروه‌بندی لاین‌های پیشرفته خلر از لحاظ پایداری و عملکرد بالا، لاین‌های مورد بررسی را بر اساس میانگین عملکرد و آماره‌های ناپارامتری تجزیه خوشه‌ای نمودند. آنان بیان کردند تجزیه خوشه‌ای لاین‌های مورد بررسی را در سه گروه اصلی قرار داد، به‌طوری‌که گروه ۱ لاین‌هایی با عملکرد پایین و ناپایدار نام گرفتند. گروه۲ نیز از عملکرد پائینی برخوردار بودند. اما گروه سوم بر اساس شاخص‌های پایداری رتبه Fox و همکاران (۱۹۹۰)، Huehn (۱۹۷۹) و Thennarasu (۱۹۹۵) به‌عنوان لاین‌های پایدار شناخته شدند.



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها به روش Ward بر اساس آماره‌های ناپارامتری

Figure 4. Dendrogram of genotypes cluster analysis by Ward's method based on non-parametric statistics

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

به منظور به دست آوردن اطلاعاتی در مورد روابط، شباهت‌ها و تفاوت‌های بین آماره‌های پایداری ناپارامتری، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر اساس ماتریس همبستگی رتبه انجام شد. مزیت اصلی استفاده از PCA نسبت به تجزیه خوشه‌ای این است که هر آماره را می‌توان تنها به یک گروه اختصاص داد. روابط بین آماره‌های مختلف ناپارامتری و پراکنش ژنوتیپ‌ها به صورت گرافیکی در یک نمودار بای‌پلات نمایش داده شده است (شکل۵). دو مؤلفه اول در مجموع ۸۳/۹ درصد از کل تغییرات برای رتبه‌های آماره‌های پایداری و میانگین عملکرد علوفه ژنوتیپ‌های مورد بررسی را توجیه کردند. در مؤلفه اول تمام آماره‌ها به استثنای آماره‌های TOP و kr به همراه عملکرد علوفه خشک(gy) دارای سهم مثبت بودند. در مؤلفه دوم آماره‌های TOP، RS و kr به همراه عملکرد علوفه خشک (gy) دارای بیشترین سهم منفی بودند (جدول ۷). بنابراین این آماره‌های ناپارامتری TOP، kr و RS با عملکرد علوفه خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند، در حالیکه ارتباط دیگر آماره‌های مورد بررسی با عملکرد علوفه خشک منفی بود.

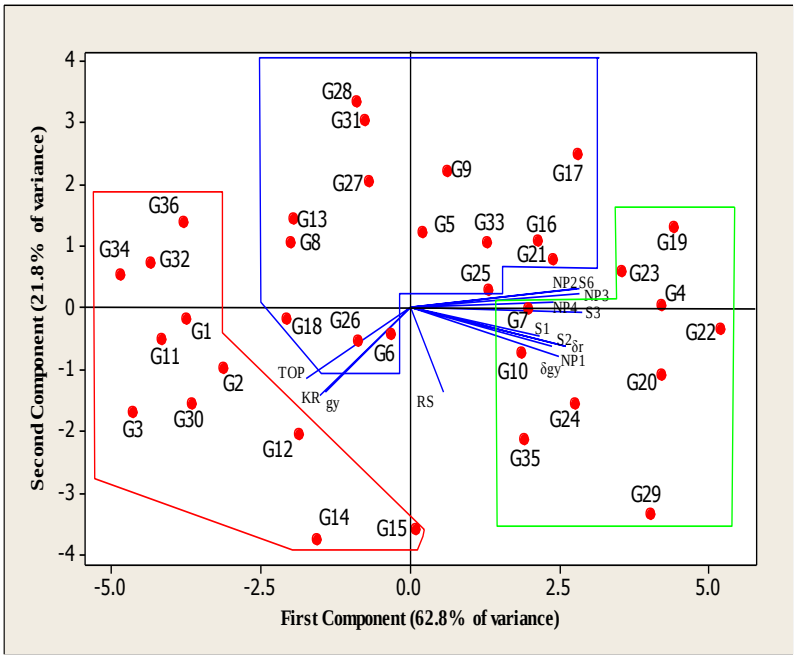
بای پلات مقادیر مؤلفه اول و دوم برای آماره‌های ناپارامتری در شکل ۵ نشان داد که بردارهای آماره‌های S_i $S_i^{(1)}$، $S_i^{(2)}$، $NP_i^{(1)}$، δr و δgy و $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$، $NP_i^{(4)}$، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(6)}$ در یک راستا به جهت مثبت نمودار قرار داشتند. بردارهای آماره‌های TOP، kr به همراه بردار عملکرد علوفه خشک (gy) در خلاف جهت بردارهای آمارهای مذکور قرار گرفتند. بردار آماره RS به تنهایی در حد واسط دو گروه در جهت نزولی قرار گرفت (شکل ۵). گروه‌بندی این آماره-های ناپارامتری در نمودار بای پلات، مربوط به مفهوم پایداری استاتیکی است و با میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها ارتباطی ندارد. همراستایی بردار میانگین عملکرد علوفه خشک(gy) به همراه بردارهای آماره‌های TOP و kr نشان می‌دهد که میانگین عملکرد تأثیر اصلی را بر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های چهار محیط بر اساس این دو آماره داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵b) و یافته‌های Zali و همکاران (۲۰۱۱) انطباق و همخوانی داشت.

در تفسیر پایداری ژنوتیپ‌ها بر اساس مؤلفه‌ها، ژنوتیپ-هایی که بیشترین مقدار از مؤلفه اول را داشتند، بیشترین

پایداری را بر اساس تمام آماره‌ها (به استثناء آماره‌های TOP، kr و عملکرد علوفه خشک) نشان دادند و به لحاظ آماره‌های TOPو kr دارای کمترین پایداری بودند. همچنین این ژنوتیپ‌ها عملکرد علوفه پایینی نیز داشتند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌هایی که کمترین مقدار بر اساس مؤلفه دوم داشتند، بیشترین پایداری را بر اساس آماره‌های TOP، RS و kr از خود بروز دادند و عملکرد علوفه خشک بالایی نیز داشتند(شکل ۵).

پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر مؤلفه اول و دوم با نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها به روش Ward روی مقادیر آماره‌های ناپارامتری برآورد شده برای ژنوتیپ-ها (شکل۴) به خوبی انطباق داشت. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های G۴، G۷، G۱۰، G۱۹، G۲۰، G۲۲، G۲۳، G۲۴، G۲۹ و G۳۵ بود که مقادیر بالایی از مؤلفه اول و مقادیر پائینی از مؤلفه دوم را به خود اختصاص دادند.

بنابراین این گروه بر اساس تمام آماره‌های ناپارامتری مورد بررسی به استثناء آماره‌های TOP، kr و RS پایدار بودند، در حالیکه ظرفیت ژنتیکی تولید علوفه پائینی داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌های G۱، G۲، G۳، G۱۱، G۱۲، G۱۴، G۱۵، G۳۰، G۳۲، G۳۴ و G۳۶ در گروه دوم قرار گرفتند بر اساس آماره‌های kr و TOP دارای بالاترین پایداری برای تولید علوفه بودند. این گروه عملکرد علوفه‌ی بالایی هم داشتند. با توجه به ضرایب منفی آماره‌های kr و TOP RS در مؤلفه دوم ژنوتیپ های مذکور که با این بردارها هم جهت بودند دارای پایداری بالایی نیز بودند. در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های Vosough و همکاران (۲۰۲۳) که پایداری ژنوتیپ‌های علف باغ را با استفاده از روش‌های چند متغیره و تک متغیره پارامتری مورد بررسی قرار دادند، مطابقت و همخوانی داشت.



شکل ۵- بای پلات مقادیر مؤلفه اول و دوم برای آماره‌های ناپارامتری و ۳۶ ژنوتیپ علف‌باغ

Figure 5. Biplot (PC1 vs. PC2) of non-parametric stability parameter in 36 genotypes in four environments

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد از واریانس، مقادیر بردارهای ویژه حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Table 7. Eigenvectors, eigenvalues and variance of the first two principal components

Statistics	PCA1#	PCA2
$NP_i^{(1)}$	**0.273**	-0.209
$NP_i^{(2)}$	**0.320**	0.100
$NP_i^{(3)}$	**0.327**	0.075
$NP_i^{(4)}$	**0.274**	0.029
$S_i^{(1)}$	**0.249**	-0.154
$S_i^{(2)}$	**0.301**	-0.201
$S_i^{(3)}$	**0.331**	-0.025
$S_i^{(6)}$	**0.326**	0.098
δr	**0.301**	-0.201
δgy	**0.285**	-0.256
gy	-0.164	**-0.451**
kr	-0.173	**-0.462**
RS	0.064	**-0.444**
TOP	-0.200	**-0.379**
Eigenvalue	8.69	3.04
Variance%	62.1	21.8
Cum. Var%	62.1	83.9

اعداد با فونت درشت همبستگی معنی‌دار با مؤلفه دارند

#, The bold and underlined values have a significant correlation with the relevant axis

نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اختلاف ژنتیکی معنی‌دار در سطح ۱٪ میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش از لحاظ ظرفیت ژنتیکی عملکرد علوفه خشک وجود دارد. از آنجایی که پایه و اساس به‌نژادی گیاهی بر وجود تنوع ژنتیکی استوار است، ازاین‌رو در این میان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر علف‌باغ و معرفی آن‌ها بعنوان ارقام تجاری جدید محتمل خواهد بود. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک به روش دانکن در سطح ۵٪، ژنوتیپ‌ها را در گروه‌های مختلف قرار داد که بر وجود تنوع ژنتیکی بالا در میان آنها دلالت می‌کند، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های G۳، G۱، G۱۴، G۱۱، G۱۲ و G۲ به ترتیب بیشترین و ژنوتیپ‌های G۱۷، G۳۱ و G۹ به ترتیب کمترین مقدار عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص دادند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب، حکایت از معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود و به همین دلیل نیز، تجزیه پایداری عملکرد علوفه خشک با استفاده از روش‌های ناپارامتری انجام گردید. براساس پنج روش تجزیه پایداری ناپارامتری، ژنوتیپ‌های G۱۴ (آمریکا)، G۱۵ (کرج)، G۲۹ (ارومیه)، G۳۵ (بانک ژن)، G۲۰ (ملایر) و G۲۴ (روسیه) بیشترین پایداری را داشتند و در میان پنج روش تجزیه‌ی پایداری ناپارامتری، روش Ketata و همکاران (۱۹۸۹) بیشتر ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد علوفه خشک بالا را پوشش داد، از این‌رو بر همین اساس به نظر می‌رسد که استفاده از این روش در بررسی پایداری علف باغ و گیاهانی از این قبیل می‌تواند مناسب‌تر باشد.

خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر آماره‌های ناپارامتری محاسبه شده، آن‌ها را در سه گروه مجزا قرار داد، به‌طوریکه ژنوتیپ‌های با عملکرد علوفه خشک متوسط و کمتر از آن با پایداری بالا از لحاظ اکثر آماره‌ها در یک گروه، ژنوتیپ‌های با عملکرد علوفه خشک بالا و ناپایدار از لحاظ بیشتر آماره‌ها بجز دو آماره kr و TOP در یک گروه و در نهایت ژنوتیپ‌های با عملکرد علوفه خشک کم و پایداری متوسط از لحاظ بیشتر آماره‌ها در گروه بعدی قرار گرفتند. نتایج این تحقیق کارآیی آماره‌های ناپارامتری برای تفکیک، تمایز و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول علف باغ را نشان داد. به طور کلی، ژنوتیپ‌های G۳ (مرند)، G۱ (کرج)، G۱۴ (آمریکا)، G۱۱ (قزوین)، G۱۲ (کرج) و G۲ (بانک ژن) به عنوان پرمحصول‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند که در میان آن‌ها، ژنوتیپ G۱۴ (آمریکا) پایداری بالایی نیز داشت. علاوه بر ژنوتیپ G۱۴، ژنوتیپ‌های G۱۵، G۲۹، G۳۵، G۲۰ و G۲۴ با میانگین عملکرد علوفه خشک بالاتر از میانگین کل، پایداری عملکرد بالایی را از خود نشان دادند. بنابراین می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ-های منتخب برای کشت در مکان‌ها و مناطق مشابه معرفی کرد و یا اینکه از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی علف باغ، بعنوان ژرم پلاسم‌های با ارزش اصلاحی بالا بهره برد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاران بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های کرمانشاه، اردبیل، زنجان و همدان و معاونت پژوهشی و فناوری اطلاعات دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج به‌دلیل مساعدت و همکاری در راستای انجام هر چه بهتر این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

References:

– Aghakhani Khanibadi, N., Sorkhi Lelelu, B. and Nakhjavan, S., 2011. Investigation of non-parametric stability and yield comparison of promising oat lines in Karaj region. The first regional conference on crop ecophysiology, Shoshtar, IRAN. https://civilica.com/doc/160886. (In Persian).

– Ahmadi, J., Vaezi, B. and Pour-Abughadare, A., 2015a. Investigating the stability of advanced fodder lines of grass pea (*Lathyrus sativa* L.)

29 cultivars and ecotypes of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 35(4): 825-817. (In Persian).
– Kang, M. S., 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. Cereal Res Comm. 16:113-115.
– Ketata, H. Y., Yau, S. K. and Nachit, M., 1989. Relative consistency performance across environments. International Symposium on Physiology and Breeding of Winter Cereals for stressed Mediterranean Environments, Montpellier, pp 391-400. France.
– Khazaei, A., M. Torabi, Mokhtarpour, H. and Beheshti, A. R., 2019. Evaluation of yield stability of fodder sorghum [*Sorghum bicolor (*L.) Moench] genotypes using AMMI analysis. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(3): 225-236. (In Persian).
– Madaeni, H. S., Jafari, A. A., Safari, H. and Shirvani, H., 2017. Evaluation of herbage yield stability in several accessions of Agropyrontrichophorumin drought stress and non-stress environments, using AMMI model and other stability analysis methods. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 25(2): 358-379. (In Persian).
– Mofidian, M.A., Movahedi, Z. and Dehghani, H., 2009. Yield stability analysis for superior alfalfa ecotypes from cold regions in iran- using univariate methods. Iranian Journal of Crop Sciences, 11(2 (42)): 162-173. SID. https://sid.ir/paper/57404/en. (In Persian).
– Moghadam, M. R., 1999. Pasture and grazing. Tehran University Press, Tehran, IRAN, 470 p.
– Mohammadi, M., Karimizadeh, R., Sabaghnia, N. and Shefazadeh, M. K., 2012. Genotype-Environment Interaction and Yield Stability Analysis of New Improved Bread Wheat Genotypes. Turkish Journal of Field Crops, 17: 67-73.
– Mohammadi, R., 2021. Investigation of genetic variation of forage yield, and clustering of some selected *Phalaris aquatica* L. genotypes by clonal evaluation. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 28 (2): 221-235. (In Persian).
– Mohammadi, R., Khayyam Nekouei, M., Majidi, M. M. and Mirlohi, A., 2011. Investigating the with parametric and non-parametric methods. Journal of Crop breeding. 8 (17): 159-149.
– Ahmadi, J., Vaezi, B., Shaabani, A., Khademi, K., Fabriki Ourang, S. and Pour-Aboughadareh, A., 2015b. Non-parametric Measures for Yield Stability in Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Advanced Lines in Semi Warm Regions. Jour. Agr. Sci. Tech., 17: 1825-1838.
– Akçura, M., and Kaya, Y., 2008. Nonparametric stability methods for interpreting genotype by environment interaction of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). Genetics and Molecular Biology, 31. 10.1590/S1415-47572008000500018.
– Dabkeviciene, G., Paplauskiene, V., Trakanovas, P., Lemeziene, N. and Liatukiene, M., 2007. Wild population of *Dactylis polygama* L. for the formation of genetic collection and breeding. Biology, 53: 12-15.
– Fahey, T. J and Hughes, J.W. 1994. Fine Root Dynamics in a Northern Hardwood Forest Ecosystem, Hubbard Brook Experimental Forest, NH. Journal of Ecology. 82(3): 533-548.
– Farshadfar, M., Jafari, A. A., Moradi, F., Safari, H. 2012. Evaluation of genetic diversity in populations of *Dactylis glomerata* species in the climatic conditions of Kermanshah province. Iranian journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 21(2): 328-315. (In Persian).
– Flores, E., Moreno, M. T. and Cubero, J. I., 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments. Field Crops Res. 56:271-286.
– Fox, P. N., Skovmand, B., Thompson, B. K., Braun, H. J. and Cormier, R., 1990. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. Euphytica, 47: 57-64. http://dx.doiorg/10.1007/BF00040364.
– Heydari, S., Farshadfar, M. and Safari, H., 2014. Nonparametric stability analysis of forage yield for Agropyron elongatum accessions under different environments. International Journal of Biosciences, 5(4): 94-98.
– Huehn, V. M., 1979. Contributions to the measurement of phenotypic stability. E. D. V. Med. Biol. 10: 112-117. (In German).
– Jafari, A. A., 2004. Investigating the diversity of seed yield and determining genetic distance in

production capacity and genetic diversity in the genotypes of the forage species of garden grass (*Dactylis glomerata*). Electronic Journal of Crop Production. 3(2): 139-158. (In Persian).

– Moradi, P. and Jafari, A. A., 2006. Comparative study of forage quality in 26 *Dactylis glomerata* genotypes in order to produce synthetic varieties in Zanjan province. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 14(3): 175-180. (In Persian)

– Mut, Z., Aydin, N., Bayramoğlu, H. O. and Özcan, H., 2009. Interpreting genotype× environment interaction in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using nonparametric measures. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33: 127-137.

– Nassar, R. and Huehn, M., 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics, 43: 45–53.

– Pour-Aboughadareh, A., Etminan, A., Abdelrahman, M. Siddique, K. H. M. and Phan Tran, L. S., 2020. Assessment of biochemical and physiological parameters of durum wheat genotypes at the seedling stage during polyethylene glycolinduced water stress. Plant Growth Regulation, 1-14.

– Rabiei, M., Akbari, L. and Khodambashi, M., 2015. Stability Analysis in Oat Cultivars Using Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Effects (AMMI). Journal of Crop production and processing. 5(16): 75-84. (In Persian).

– Rahmati, H. and Shirvani, H., 2018. The study of genetic diversity Dactylis glumerata ecotype using ISSR molecular marker. Cellular and Molecular Research (Iranian Journal of Biology), 31(1): 27-35. (In Persian)

– Sanderson, M. A., Skinner, R. H. and Elwinger, G. F., 2002. Seedling development and field performance of prairiegrass, grazing bromegrass, and orchadgrass. Crop Science, 42: 224-230.

– Santalla, M., Power, J. and Band, D., 1998. Genetic diversity in mung bean gerplasm revealed by RAPD marker. Plant Breeding, 117: 473-487.

– Spanani, S. and Majidi, M. M. 2016. Effects of self and cross pollination on morphological and agronomic traits in orchadgrass. Iranian Journal of Field Crop Science, 47*(1)*, 9-17. doi: 10.22059/ijfcs.2016.63584. (In Persian).

– Thennarasu, K., 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype environment interactions and yield stability. Ph.D. Thesis. P. J. School, IARI, New Delhi, India.

– Vaezi, B., Mohtashami, R., Jozian, A. and Mirzaei, A., 2023. Evaluation of Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis of Grain and Forage Yield of Grass Pea (*Lathyrus sativa* L.) Genotypes. Journal of Crop Breeding, 15 (45):183-193. (In Persian).

– Vosough, A., Jafari, A. A., Karami, E., Talebi, R., Safari, H. 2023. Herbage yield stability of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) genotypes across rain-fed environments The Rangeland Journal. 45(3): 109-122 https://doi.org/10.1071/RJ23015.

– Zalia, H., Farshadfara, E. and Sabaghpourb, S. H., 2011. Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in Iran. Crop Breeding Journal. 1(1): 89-100.

– Zeinalzadeh -Tabrizi, H., Mansouri, S. and Fallah –Toosi, A., 2021. Evaluation of Seed Yield Stability of Promising Sesame Lines using Different Parametric and Nonparametric Methods. Plant Genetic Researches, 8 (1):43-60. (In Persian).