Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Multi-Year Production Performance and multivariate analysis of Sainfoin (*Onobrychis sativa*) genotypes to identify superior genotypes for forage and seed yield

Saedeh Nateghi[1*], Mahshid Souri [2], Morteza Khodagholi[3], Ali Ashraf Jafari[3]

[1.] Corresponding author; Assistant Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: Nateghi@rifr-ac.ir

[2.] Assistant Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

[3.] Prof., Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 20, Issue 4

Article history:
Received: 21.06.2025
Revised: 22.09.2026
Accepted: 28.09.2026

Keywords:
Sainfoin (*Onobrychis sativa*),
forage yield,
genotype,
seed.

Abstract

Background and Objective: Given the accelerating degradation of rangeland ecosystems in arid and semi-arid regions of Iran, the restoration and development of these lands heavily rely on the identification and introduction of high-yielding forage cultivars adapted to the country's climatic conditions. Among herbaceous broad-leaved species, sainfoin (*Onobrychis sativa* / *Onobrychis viciifolia*) holds a prominent status in providing high-quality forage and enhancing rangeland health due to its outstanding agronomic characteristics and soil conservation attributes. Accordingly, this multi-year study was conducted to evaluate the performance and conduct a multivariate analysis of 18 sainfoin genotypes to identify superior genotypes based on key quantitative traits, particularly dry matter yield (DMY) and seed yield, for future rangeland breeding programs.

Methodology: A three-year field experiment (starting in 2022) was conducted at the Alborz Research Station using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Each experimental plot (3.5 m^2) comprised a single 7-meter row with a row spacing of 50 cm, sown at a seeding rate of 20 g per plot (equivalent to 57 kg ha^{-1}) at a planting depth of 2 cm. Based on soil test recommendations, basal fertilization consisting of 200 kg ha^{-1} of phosphate fertilizer and 100 kg ha^{-1} of nitrogen fertilizer was applied in the first year, alongside continuous manual weeding. Quantitative traits, including plant height, number of inflorescences per plant (across two cuts), dry matter yield, and seed yield, were monitored over three consecutive years. Data were analyzed using a split-plot in time arrangement, means were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT), and the structural diversity of the genotypes was evaluated using multivariate statistical approaches, including Cluster Analysis and Principal Component Analysis (PCA).

Results: The three-year evaluation revealed significant morphological diversity among the studied genotypes. Regarding seed production, genotypes 463 (Aligudarz 2), 443 (Khomein 1), and 465 (Fereydan) exhibited superior performance with annual seed yields of 769, 751, and 690 kg ha^{-1}, respectively. For dry matter yield, genotypes 463 (Aligudarz 2) with 11097 kg kg $ha^{-1}yr^{-1}$, 444 (Bonab) with 11037 kg $ha^{-1}yr^{-1}$, and 454 (Azna 1) with 8481 kg $ha^{-1}yr^{-1}$ achieved the highest production levels. These findings highlight the high potential of genotype 463 (Aligudarz 2) as a successful dual-purpose cultivar (simultaneously

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

combining high seed and forage yields) and genotype 444 (Bonab) as a top-performing candidate for biomass production. Cluster analysis grouped the 18 genotypes into six distinct clusters, among which Cluster 5 comprising genotypes 463 (Aligudarz 2), 466 (Khwansar 2), 464 (Fereydunshahr 2), 444 (Bonab), 11815, and 454 (Azna 1) was identified as the superior cluster due to its highest mean dry matter yield. Furthermore, PCA results indicated that the first five principal components collectively accounted for 83% of the total variance. Based on the first component scores, all genotypes in Cluster 5 performed at medium-to-high yield levels, demonstrating high congruence between cluster grouping and PCA in delineating high-yielding cultivars.

Conclusion: Overall, the alignment of mean comparisons with multivariate analyses confirms that the genotypes in Cluster 5 possess substantial genetic potential for improving forage production under irrigated conditions. Notably, genotypes 463 (Aligudarz 2) and 444 (Bonab) represent highly valuable germplasm for seed multiplication and cultivar release due to their yield stability over three years and dual capacity for seed and dry matter production. Utilizing these elite genotypes in rangeland improvement programs will serve as an effective step toward self-sufficiency in herbaceous broad-leaved seed supply while providing a sustainable strategy for forage production.

Cite this article: Nateghi, S., M. Souri, M. Khodagholi, A.A. Jafari, 2026. Multi-Year Production Performance and multivariate analysis of Sainfoin (*Onobrychis sativa*) genotypes to identify superior genotypes for forage and seed yield. Journal of Rangeland, 20(4): 409-426.



© The Author(s).

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1

Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

ارزیابی چندساله عملکرد و تحلیل چندمتغیره ژنوتیپ‌های اسپرس (*Onobrychis sativa*) با هدف شناسایی برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد علوفه و بذر

سعیده ناطقی*[۱]، مهشید سوری [۲]، مرتضی خداقلی [۳] و علی‌اشرف جعفری [۳]

[۱]. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
رایان‌نامه: Nateghi@ rifr-ac.ir

[۲]. ، استادیار پژوهشی بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

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

مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۵؛ جلد ۲۰، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۳/۳۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۰۶

واژه‌های کلیدی:
اسپرس،
تولید علوفه،
ژنوتیپ،
بذر.

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به روند رو به رشد تخریب اکوسیستم‌های مرتعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، توسعه و احیای این اراضی تا حد زیادی به شناسایی و معرفی ارقام علوفه‌ای با پتانسیل تولید بالا و سازگار با شرایط اقلیمی کشور وابسته است. در میان پهن‌برگان علفی، گیاه اسپرس (*Onobrychis sativa*) به دلیل داشتن ویژگی‌های برجسته علوفه‌ای و نقش حفاظتی در خاک، جایگاه ویژه‌ای در تأمین علوفه باکیفیت و بهبود وضعیت مراتع دارد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عملکردی چندساله و تحلیل چندمتغیره ۱۸ ژنوتیپ مختلف اسپرس طراحی و اجرا گردید تا از این طریق، برترین ژنوتیپ‌ها از منظر صفات کمی کلیدی، به‌ویژه عملکرد علوفه خشک و تولید بذر، جهت برنامه‌های اصلاحی آینده مراتع شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به مدت سه سال متوالی (از سال ۱۴۰۱) در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی البرز انجام شد، که طی آن ۱۸ ژنوتیپ اسپرس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی با مساحت ۳/۵ متر مربعی شامل یک ردیف کشت به طول ۷ متر با فاصله بین‌ردیفی ۵۰ سانتی‌متر، با میزان بذر ۲۰ گرم در هر کرت و عمق کاشت ۲ سانتی‌متر بود. عملیات مدیریت کاشت بر پایه آزمون خاک و با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفاته و ۱۰۰ کیلوگرم کود ازته در هکتار در سال اول همراه با وجین مستمر علف‌های هرز صورت پذیرفت و صفات کمی شامل ارتفاع پایه، تعداد گل‌آذین در پایه (در دو چین)، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بذر طی سه سال پایش شدند. داده‌های حاصل در قالب طرح کرت‌های خردشده در زمان تحلیل گردیدند، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد و در نهایت ساختار ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آمار چندمتغیره شامل تجزیه کلاستر و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) ارزیابی گردید.

نتایج: نتایج ارزیابی سه ساله نشان داد که تنوع مورفولوژیک معنی‌دار میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد. در بررسی صفت تولید بذر، ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۴۳ (خمین ۱) و ۴۶۵ (فریدن) به ترتیب با ثبت عملکرد ۷۶۹، ۷۵۱ و ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار در سال، برتری خود را نسبت به سایر ارقام نشان دادند. از سوی دیگر، در ارزیابی عملکرد علوفه خشک نیز ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲) با ۱۱۰۹۷ کیلوگرم، ۴۴۴ (بناب) با ۱۱۰۳۷ کیلوگرم و ۴۵۴ (ازنا ۱) با ۸۴۸۱ کیلوگرم در هکتار در سال، بالاترین میزان تولید را به دست آوردند. این یافته‌ها پتانسیل بالای ژنوتیپ ۴۶۳ (الیگودرز ۲) را به عنوان یک رقم دومنظوره موفق (با

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

عملکرد هم‌زمان بالا در بذر و علوفه) و ژنوتیپ ۴۴۴ (بناب) را به عنوان رقمی برجسته از نظر پتانسیل تولیدی آشکار ساخت. استفاده از تحلیل‌های چندمتغیره به منظور گروه‌بندی دقیق‌تر، ۱۸ ژنوتیپ اسپرس را در ۶ خوشه مجزا قرار داد که در این میان، خوشه شماره ۵ شامل ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۶۶ (خوانسار ۲)، ۴۶۴ (فریدون‌شهر ۲)، ۴۴۴ (بناب)، ۱۱۸۱۵ و ۴۵۴ (ازنا ۱) به دلیل دارا بودن بیشترین میانگین عملکرد علوفه خشک، به عنوان برترین گروه از نظر صفات کمی معرفی شد. در همین راستا، نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که پنج مؤلفه اولیه در مجموع ۸۳ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند. بر پایه مأخذ مؤلفه اول، ژنوتیپ‌های مستقر در این خوشه برتر (خوشه ۵) همگی در سطح عملکردی متوسط به بالا قرار گرفتند که نشان‌دهنده همخوانی بالایی میان نتایج گروه‌بندی کلاستر و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در تفکیک ارقام پربازده است.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، انطباق نتایج مقایسه میانگین‌ها با تحلیل‌های چندمتغیره تأکید می‌کند که ژنوتیپ‌های قرار گرفته در خوشه ۵، پتانسیل ژنتیکی بالایی برای بهبود تولیدات آبی دارند. در این میان، ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲) و ۴۴۴ (بناب) به دلیل پایداری عملکردی در طول سه سال و توانایی مطلوب در تولید هم‌زمان بذر و ماده خشک، گزینه‌های فوق‌العاده ارزشمندی برای برنامه‌های تکثیر بذر و معرفی رقم جدید محسوب می‌شوند. بهره‌گیری از این ژنوتیپ‌های برگزیده در پروژه‌های اصلاحی مراتع نه‌تنها گامی مؤثر در جهت خودکفایی در تأمین بذر پهن‌برگان علفی است، بلکه راهکار اجرایی پایداری را برای تولید علوفه فراهم می‌سازد.

استناد: ناطقی، س.، م. سوری، م. خداقلی و ع. جعفری، ۱۴۰۵. ارزیابی چندساله عملکرد و تحلیل چندمتغیره ژنوتیپ‌های اسپرس (*Onobrychis sativa*) با هدف شناسایی برترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد علوفه و بذر. مرتع، ۲۰(۴): ۴۰۹-۴۲۶.

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

مقدمه

زیست‌بوم‌های مرتعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش کلیدی در پایداری اکوسیستم، ترسیب کربن و تأمین امنیت غذایی دام ایفا می‌کنند. در این میان، پهن‌برگان علفی چندساله به دلیل سازگاری بالا با شرایط سخت محیطی، تحمل تنش‌های زیستی و غیرزیستی و ارزش تغذیه‌ای برجسته، جایگاه ویژه‌ای در فلور این مناطق دارند. با این حال، سوءمدیریت اراضی و چرای مفرط باعث تخریب گسترده مراتع و برهم‌خوردن تعادل اکولوژیکی شده که احیای این اکوسیستم‌ها را به ضرورتی انکارناپذیر تبدیل کرده است (۱۱). یکی از راهکارهای اصلی در مدیریت احیایی مراتع، توسعه ظرفیت‌های بازتولید و کاشت بذر لگوم‌های علوفه‌ای چندمنظوره است (۱۶). در میان گونه‌های مرتعی پرپتانسیل، جنس اسپرس (Onobrychis) متعلق به تیره بقولات (Fabaceae)، زیرتیره Papilionaceae و طایفه Trifolia، گزینه‌ای استراتژیک برای احیای مراتع به شمار می‌رود. این جنس در نواحی معتدله شمالی گسترش داشته و مرکز تنوع آن شرق مدیترانه و غرب آسیا است. واژه اسپرس (Sainfoin) در زبان فرانسه به معنای «علوفه سالم» است که به نقش تاریخی آن در تغذیه و بهبود دام‌های بیمار اشاره دارد (۱۳). ایران با داشتن ۵۶ گونه از مجموع ۱۳۰ گونه شناخته‌شده این جنس (که ۲۷ گونه آن انحصاری هستند)، یکی از مهم‌ترین مراکز تنوع ژنتیکی اسپرس در جهان محسوب می‌شود و گونه‌های مختلف آن از دیرباز برای تولید علوفه، کنترل فرسایش، حفاظت خاک و جلب زنبور عسل کشت شده‌اند (۱۳). از منظر اکوفیزیولوژیک و تغذیه‌ای، اسپرس (*Onobrychis sativa* / *Onobrychis viciifolia*) گیاهی عمیق‌ریشه، پرمحصول و مقاوم به خشکی و شوری است که ارزشی هم‌تراز با یونجه دارد (۱۸و ۲۷). سیستم ریشه‌ای قوی این گیاه امکان جذب رطوبت را از عمق ۱۸۰ سانتی‌متری خاک فراهم آورده (۱۹) و سبب سازگاری آن با خاک‌های عمیق، گچی و دامنه حرارتی ۲۰- تا ۳۸+ درجه سانتی‌گراد شده است (۱۸). مهم‌تر آنکه اسپرس به دلیل برخورداری از تانن‌های متراکم (Proanthocyanidins)، برخلاف یونجه، فاقد پتانسیل ایجاد نفخ کشنده در نشخوارکنندگان بوده و از خواص ضدانگلی و راندمان جذب پروتئین بالایی برخوردار است (۱۸).

ارزیابی‌های ژنومیکس توسط هی و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثبات کرده است که افزایش تعداد نسخه‌های ژنی در مسیر بیوسنتز تانن‌های متراکم، علت اصلی بالا بودن محتوای این ترکیبات در اسپرس است.از دیدگاه اصلاح‌نژادی، ارتقای همزمان عملکرد بذر و علوفه اهمیت ویژه‌ای دارد تا زنجیره تأمین نهاده برای اصلاح مراتع تخریب شده، توجیه‌پذیر و اقتصادی شود. با این حال، بسیاری از اکوتیپ‌های بومی به دلیل ویژگی‌های نامطلوب فیزیولوژیک نظیر ریزش زودرس بذر و عدم یکنواختی در ظهور گل‌آذین‌ها، از عملکرد بذر پایینی برخوردارند. پایه و اساس رفع این موانع و اجرای برنامه‌های اصلاحی موفق، ارزیابی دقیق تنوع ژنتیکی و صفات کلیدی است. در همین راستا، عباسی (۲۰۱۲) با ارزیابی ۱۹۸ توده بومی اسپرس زراعی از سراسر ایران، تنوع بالایی را در صفات مورفولوژیک (مانند دامنه ۴۰ روزه در گلدهی و سرعت رشد مجدد) گزارش کرد. جوادی و همکاران (۲۰۱۶) نیز در بررسی ۹۹ جمعیت در کرج، تغییرات وسیعی را در ارتفاع (۴/۲۵ تا ۴/۱۲۶ سانتی‌متر)، عملکرد علوفه خشک (۳۵۵۹ تا ۱۱۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بذر (۳/۳ تا ۳۸۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده کردند. همسو با این موارد، ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵) روی ۵۶ نمونه و منیری‌فر و همکاران (۲۰۱۷) روی ۲۵ اکوتیپ آذربایجان، وجود تنوع بالا در صفات عملکردی را تأیید نموده و نشان دادند که بخش اعظم عملکرد علوفه متعلق به چین اول است. شناخت همبستگی صفات و الگوهای چندمتغیره نیز به محققان کمک می‌کند تا از طریق گزینش غیرمستقیم، عملکرد علوفه و بذر را بهبود بخشند. طبق یافته‌های جوادی و همکاران (۲۰۱۶) و ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵)، عملکرد علوفه خشک با ارتفاع پایه، تعداد ساقه، طول گل‌آذین و قطر طوقه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. در مقابل، مجیدی و ارزانی (۲۰۱۲) و جوادی و همکاران (۲۰۱۶) رابطه منفی عملکرد علوفه با درصد برگ و نسبت برگ به ساقه را گزارش کردند که نشان می‌دهد افزایش عملکرد غالباً با افزایش ساقه و کاهش کیفیت همراه است. همچنین مجیدی و ارزانی (۲۰۱۲) با نشان دادن رابطه منفی عملکرد با روز تا سبز شدن و گلدهی، برتری اکوتیپ‌های زودرس را اثبات کردند. در تحلیل‌های چندمتغیره، مجیدی و ارزانی (۲۰۱۲) با استفاده از تجزیه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

به مؤلفه‌های اصلی، پنج عامل (شامل کیفیت، حجم بوته و اجزای عملکرد) را مسئول توجیه بیش از ۸۰ درصد تنوع کل دانستند و در رگرسیون گام‌به‌گام مشخص شد که درصد ساقه، ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و روز تا سبز شدن بیشترین سهم را در توجیه عملکرد دارند. همچنین ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵) با تجزیه خوشه‌ای، نمونه‌ها را در ۳ گروه تفکیک کرده و اکوتیپ‌های زاگرس را به دلیل ارتفاع و عملکرد بیشتر از سایر گروه‌ها متمایز ساختند. در پژوهشی مشابه، صباغ‌نیا و همکاران (۲۰۲۴) با ارزیابی ۳۲ توده بومی اسپرس، ضریب تغییرات بیش از ۷۰ درصد را در صفت وزن خشک گل‌آذین گزارش کردند و آنالیز مسیر انجام‌شده توسط صباغ‌نیا (۲۰۲۳) تأیید کرد که صفاتی نظیر تعداد برگچه در برگ و ارتفاع بلندترین ساقه، بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد وزن خشک دارند. همچنین جوادی و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی ۹۹ ژنوتیپ اسپرس، همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد علوفه و بذر با ارتفاع پایه و تعداد شاخه‌های فرعی مشاهده نمودند. علاوه بر ساختار ژنتیکی، عوامل زراعی، مدیریتی و پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک اسپرس به تنش‌ها نیز در بروز پتانسیل واقعی ژنوتیپ‌ها تعیین‌کننده‌اند. یوسفی و همکاران (۲۰۲۰) در گونه *O. subnitens* نشان دادند که کشت پاییزه نسبت به بهاره موجب استقرار، پوشش تاجی و عملکرد بهتر می‌شود. مدیریت زمان و روش کاشت در مطالعات بین‌المللی نیز تأیید شده است؛ به‌طوری که کاشت پاییزه به صورت بذرکاری خطی، عملکرد علوفه خشک بهتری را تضمین می‌کند و کاربرد کود زیستی ورمی‌کمپوست همراه با آبیاری منظم (۶ یا ۱۲ روزه) می‌تواند با بهینه‌سازی عملکرد ماده خشک در چین اول، اثرات منفی کم‌آبیاری را کاهش دهد. کربونرو (۲۰۱۱) نیز قرابت فنوتیپی قوی بین ارقام و منشأ جغرافیایی آن‌ها را نشان داد. تیشچنکو و همکاران (۲۰۲۴) بالاترین ضریب تغییرات را در صفات عملکرد بذر (۵۴/۸ درصد) و تعداد دانه در گیاه (۵۲/۳ درصد) ثبت کرده و همبستگی مثبت شدیدی میان عملکرد بذر با تعداد گل‌آذین (r= ۰/۸۵۳) و تعداد دانه در گل‌آذین (r=۰/۹۱۵) یافتند. آببه و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر معنادار تعامل ژنوتیپ × مکان را بر عملکرد ماده خشک، بذر و پروتئین خام گونه اسپرس اثبات کردند از سوی دیگر، کنترل بیماری‌ها نیز برای حفظ پتانسیل تولید ضروری است؛ چنان‌که علیزاده و همکاران (۲۰۱۹) طی بررسی در ۱۰ منطقه، دو جمعیت متحمل به بیماری سفیدک سطحی را شناسایی کردند که با داشتن برتری در ارتفاع و عملکرد علوفه، با نام‌های ارقام جدید بردبار ۱ و بردبار ۲ معرفی شدند. با وجود پتانسیل‌های ارزشمند یادشده و تحقیقات متعدد انجام‌شده، در مناطقی نظیر استان البرز که دارای تنوع اقلیمی متمایز و ظرفیت بالایی برای توسعه علوفه‌کاری است، خلاء اطلاعاتی و آماری جامعی در زمینه ارزیابی زراعی طولانی‌مدت، ارزیابی همزمان عملکرد بذر و علوفه ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش میدانی و تولید بذر گواهی‌شده وجود دارد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اکولوژیک، تکثیر بذر و سنجش عملکرد و کیفیت علوفه ژنوتیپ‌های کلیدی اسپرس انجام شد تا ضمن ارائه راهکارهای علمی به بهره‌برداران، بستری مستند برای استانداردسازی تولید بذر گواهی‌شده و اتخاذ تصمیمات مدیریتی در جهت ارتقای امنیت غذایی و پایداری مراتع فراهم گردد.

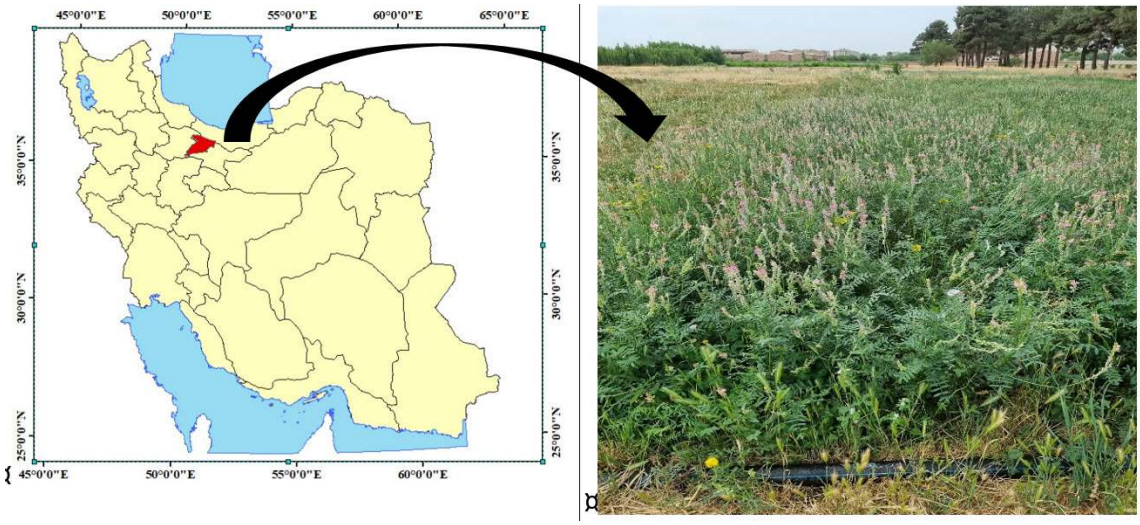
مواد و روش‌ها

مشخصات مناطق مورد مطالعه

این پژوهش در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات البرز، وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (استان البرز) با طول جغرافیایی '۵۹ °۵۰ شرقی، عرض جغرافیایی '۴۶ °۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۲۹۱ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمارهای بلندمدت هواشناسی، اقلیم منطقه دارای میانگین بارندگی سالانه ۲۰۳ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (۱۵).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

پیش از آغاز عملیات کاشت، به‌منظور تعیین وضعیت حاصلخیزی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، نمونه‌برداری از اعماق مختلف خاک ایستگاه تحقیقاتی البرز انجام گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک، کوددهی پایه‌ها در سال اول شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته اعمال شد. کنترل علف‌های هرز در طول فصول رشد به‌صورت مکانیکی و وجین دستی مکرر صورت گرفت. در این تحقیق، ۱۸ ژنوتیپ اسپرس چندساله (*Onobrychis sativa*) مورد ارزیابی قرار گرفتند که بذر آن‌ها از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تأمین شد. پیش از کشت، آزمون جوانه‌زنی جهت تعیین قوه نامیه بذور در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. عملیات کاشت در نیمه اول مهرماه سال ۱۴۰۱ انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و مجموعاً ۵۴ کرت مستقر گردید. هر کرت به طول ۷ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر از کرت مجاور (عرض مؤثر پلات ۰/۵ متر و مساحت کل کرت ۳/۵ متر مربع) در نظر گرفته شد. میزان بذر مصرفی ۲۰ گرم برای هر کرت (معادل ۵۷ کیلوگرم در هکتار) بود که در عمق ۲ سانتی‌متری کاشته شد. آبیاری مزرعه به روش قطره‌ای و با دور ۳ روز یک‌بار، در طول فصل رشد انجام شد. در طول سه سال متوالی (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳)، صفات مورفولوژیک شامل درصد استقرار، ارتفاع پایه، عملکرد علوفه خشک، عملکرد بذر و تعداد گل‌آذین ثبت گردید. برداشت در دو چین انجام شد؛ به این صورت که جهت ثبت عملکرد بذر و علوفه، در هر چین اجازه داده شد غلاف‌ها به رسیدگی کامل (قهوه‌ای شدن بیش از ۸۰ درصد غلاف‌ها) برسند. سپس ابتدا بذرگیری از گل‌آذین‌ها انجام شد و بلافاصله پوشش رویشی باقیمانده برای تعیین عملکرد علوفه خشک درو گردید (چین اول در اواخر خرداد/اوایل تیر و چین دوم در اواخر مرداد/شهریور) انجام شد. آخرین برداشت علوفه و بذر در سال سوم در شهریورماه ۱۴۰۳ انجام شد.

به‌منظور تحلیل داده‌های حاصل از ارزیابی‌های سه ساله، ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام شد و سپس داده‌ها در قالب مدل کرت‌های خردشده در زمان مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفتند. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای بررسی ساختار روابط بین صفات و گروه‌بندی فنوتیپی ژنوتیپ‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای بر اساس میانگین سه ساله صفات صورت گرفت. دسته‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها به روش وارد انجام شد و جهت بررسی موازنه صفت-ژنوتیپ، نمودار بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول ترسیم گردید. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 و رسم نمودارها در محیط نرم‌افزار Excel انجام شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

نتایج

نتایج درصد جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی جهت تعیین قوه نامیه گونه اسپرس در قالب شکل (۱) ارایه گردیده است. به منظور ارزیابی کیفیت اولیه، تعیین قوه نامیه و اطمینان از یکنواختی بذور مورد استفاده در مراحل بعدی پژوهش، آزمون جوانه‌زنی استاندارد طبق دستورالعمل ISTA در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. جهت حذف اثرات سوء و متغیرهای ناشی از انبارداری، تمام بذور بلافاصله پس از برداشت در شرایط استاندارد (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد) نگهداری شده و کلیه آزمون‌ها به‌صورت هم‌زمان انجام گرفت تا دوره انبارداری به عنوان یک عامل مخدوش‌کننده در نتایج نهایی کنترل شود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ های خمین ۱ (۴۴۳)، الیگودرز ۲ (۴۶۳) و تهران (۸۲۰۶) قوه نامیه بالای ۸۰ درصد دارند (جدول ۱).

جدول ۱: درصد جوانه زنی بذر ژنوتیپ‌های مختلف اسپرس

شماره	کد نمونه	منبع بذر (منطقه)	درصد جوانه‌زنی
۱	۳۵	ارومیه	۶۵ ab
۲	۱۰۰	لرستان	۵۲ b
۳	۴۰۲	گلپایگان	۵۲ b
۴	۴۳۱	پلی‌کلاس	۵۰ b
۵	۴۳۸	سراب	۵۰ b
۶	۴۴۳	خمین ۱	۸۲ a
۷	۴۴۴	بناب	۷۲ ab
۸	۴۵۴	ازنا ۱	۶۰ ab
۹	۴۶۳	الیگودرز ۲	۸۵ a
۱۰	۴۶۴	فریدون‌شهر ۲	۵۲ b
۱۱	۴۶۵	فریدن	۵۷ b
۱۲	۴۶۶	خوانسار ۲	۵۵ b
۱۳	۳۸۰۰	گرمسار	۷۲ ab
۱۴	۸۲۰۶	تهران	۸۰ a
۱۵	۱۱۸۱۵	خلخال	۵۷ b
۱۶	۱۲۵۴۲	کرج ۲	۶۲ ab
۱۷	۱۳۷۷۹	کرج	۷۲ ab
۱۸	۲۰۷۵۲	فریدن	۶۵ ab

میانگین ژنوتیپ‌ها که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار دارند

نتایج تجزیه واریانس داده‌های سه‌ساله در قالب طرح کرت‌های خردشده در زمان، با در نظر گرفتن ژنوتیپ به‌عنوان عامل اصلی و سال به‌عنوان عامل فرعی، در جدول (۲) ارائه شده است. اثر ژنوتیپ بر عملکرد بذر، عملکرد تر، ارتفاع گیاه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین در سطح ۱ درصد و بر عملکرد علوفه خشک در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود که بیانگر وجود تفاوت مورفولوژیکی قابل توجه بین ژنوتیپ‌های اسپرس برای این صفات است. اثر سال بر تمامی صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، به‌جز عملکرد علوفه خشک که در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای عملکرد بذر، ارتفاع گیاه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود که بیانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی سال‌های مختلف است. همچنین، اثر متقابل چین × سال برای تمامی صفات به‌جز عملکرد علوفه خشک در سطوح ۱ یا ۵ درصد معنی‌دار شد که حاکی از تغییر عملکرد چین‌ها در سال‌های مختلف است. اثر متقابل سه‌گانه ژنوتیپ × چین × سال تنها برای طول دمبرگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده وابستگی این صفت به برهم‌کنش ژنوتیپ، چین و شرایط سالانه است (جدول ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب ۱۸ ژنوتیپ اسپرس در ۲ چین و در سه سال بر اساس روش کرت‌های خرد شده در زمان در ایستگاه البرز کرج

		میانگین مربعات					
منابع	df	عملکردبذر	عملکرد علوفه‌تر	عملکرد علوفه خشک	ارتفاع گیاه	طول دمبرک	تعداد گل آذین
ژنوتیپ	۱۷	۷۱۳۱۰**	۳۶۶۱۹۶۸**	۶۴۹۳۵۷*	۱۱۳۵/۱۰**	۴۱/۸۲**	۷۹/۲**
تکرار	۱	۱۶۷۵۱۵**	۴۳۲۷۴۵۹**	۱۳۹۶۳۸۳*	۳۴۸۶/۴۷**	۴۸/۰۱**	۴۱/۵**
خطا ۱	۱۷	۸۶۳	۴۹۳۸۴۷	۲۳۶۲۶۷	۲۷/۴۶	۰/۸۶	۰/۴
چین	۱	۲۰۳۱۶۹**	۹۴۹۴۱۱۰۰**	۴۸۶۸۹۶۲**	۱۱۱۱۶/۹۱**	۱۴۵/۳۵**	۱۴۰/۰**
ژنوتیپ در چین	۱۷	۱۸۰۶**	۱۵۸۰۰۳۳*	۱۰۳۵۸۳*	۱۷/۳۱**	۰/۶۴**	۱/۲**
سال	۲	۷۱۹۹۴۷**	۱۹۲۹۳۵۶۷**	۱۵۶۵۸۹۴**	۳۹۶۲۵/۱۵**	۵۱۷/۹۹**	۴۹۹/۴**
ژنوتیپ در سال	۳۴	۳۹۹۹**	۳۸۴۱۴۵	۹۷۲۴	۶۰/۸۶**	۲/۲۴**	۴/۳**
سال در چین	۲	۱۱۳۵۲**	۲۰۸۴۱۴۸*	۱۲۲۴۷۰	۶۰۴/۵۴**	۷/۹۲**	۷/۶**
ژنوتیپ در چین در سال	۳۴	۲۷۷	۵۴۴۷۱۹	۲۰۰۲	۰/۹۴	۰/۰۳*	۰/۱
خطا ۲	۸۸	۳۳۱	۷۷۸۱۷۷	۵۴۱۵۰	۵/۷۰۵	.۰۹۰	۰/۰۶۹

** احتمال معنی‌دار بودن در سطح ۱٪، * احتمال معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ns عدم معنی داری

مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی اسپرس

الف) مقایسه میانگین ژنوتیپ ها

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های اسپرس برای صفات مورفولوژیکی در جدول ۲ ارائه شده است. در صفت عملکرد بذر، ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲) و ۴۴۳ (خمین ۱) بیشترین و ژنوتیپ‌های ۴۶۴ (فریدونشهر ۲) و ۴۳۱ کمترین عملکرد را نشان دادند. برای عملکرد علوفه تر و ماده خشک، ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲) و ۴۴۴ (بناب) به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های ۴۶۴ و ۳۵ (ارومیه) کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. بیشترین ارتفاع پایه و طول دمبرگ به ژنوتیپ ۴۰۲ (گلپایگان) تعلق داشت، در حالی‌که ژنوتیپ ۴۶۶ (خوانسار ۲) کمترین مقادیر این صفات را نشان داد. همچنین، ژنوتیپ‌های ۱۳۷۷۹ و ۸۲۰۶ بیشترین تعداد گل‌آذین را تولید کردند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های ۴۵۴ (ازنا ۱)، ۴۶۶ (خوانسار ۲) و ۳۸۰۰ کمترین تعداد گل‌آذین را داشتند. به‌طور کلی، ژنوتیپ ۴۶۳ (الیگودرز ۲) از نظر عملکرد بذر و علوفه، و ژنوتیپ ۴۰۲ (گلپایگان) از نظر برخی صفات رویشی، برتری محسوسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند که بیانگر ظرفیت بالای این ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و تولیدی است (جدول ۳).

ب) مقایسه میانگین سال‌ها

نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی اسپرس در سال‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. مقایسه سال‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بذر، عملکرد علوفه تر و عملکرد ماده خشک در سال دوم حاصل شد، در حالی‌که کمترین مقادیر این صفات در سال سوم مشاهده گردید. همچنین، صفات رویشی شامل ارتفاع پایه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین نیز روند مشابهی را نشان دادند؛ به‌طوری‌که بالاترین میانگین این صفات در سال دوم و پایین‌ترین مقادیر در سال سوم ثبت شد (جدول ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

جدول ۳: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف اسپرس از نظر عملکرد و صفات مورفولوژیکی در ایستگاه البرز

ردیف	کد نمونه	منشاء بذر	عملکرد بذر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه تر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه خشک کیلوگرم در هکتار	ارتفاع گیاه سانتی متر	طول دمبرگ میلی متر	تعداد گل آذین
۱	۳۵	ارومیه	۵۳۴/۹ ed	۳۰۳۶/۴ e	۳۹۵۳/۹ c	۶۵/۵۱c	۸/۲۸ c	۵/۲۷ h
۲	۱۰۰	لرستان	۴۸۷/۷ fg	۵۵۴۵/۸bc	۶۸۴۸/۸ abc	۶۷/۰۱c	۷/۵۳ d	۴/۵۲ i
۳	۴۰۲	گلپایگان	۵۶۴/۰ d	۳۴۱۰/۸ e	۴۷۳۹/۸ bc	۸۰/۵۶a	۱۰/۵۴ a	۴/۵۲ i
۴	۴۳۱	پلی کراس	۲۹۲/۳ k	۵۶۰۸/۶abc	۸۹۹۰/۸ abc	۶۰/۲۸def	۶/۶۲ e	۷/۳۵ e
۵	۴۳۸	سراب	۴۰۳/۷ i	۴۲۲۷/۴cd	۶۴۲۸/۳ abc	۵۱/۲۰i	۵/۲۷ g	۵/۲۷ h
۶	۴۴۳	خمین ۱	۷۵۱/۲ a	۳۶۰۷/۸ e	۵۳۸۵/۴ bc	۵۷/۹۸efg	۵/۲۷ g	۶/۷۸ f
۷	۴۴۴	بناب	۴۱۹/۶hi	۶۰۷۳/۴ a	۱۱۰۳۷/۵ ab	۵۵/۷۲gh	۹/۰۴ b	۷/۵۳ e
۸	۴۵۴	ازنا ۱	۳۱۷/۲kj	۵۷۷۴/۸ab	۸۴۸۱/۹ abc	۵۱/۲۰i	۶/۷۸ e	۳/۷۶ j
۹	۴۶۳	الیگودرز ۲	۷۶۹/۷ a	۶۱۹۹/۲ a	۱۱۰۹۷/۰ ab	۵۶/۴۷fgh	۸/۲۸ c	۶/۰۲ g
۱۰	۴۶۴	فریدونشهر ۲	۲۱۹/۰ l	۳۵۰۷/۶ e	۳۵۵۹/۲ c	۴۹/۶۹ i	۴/۵۲ h	۶/۰۲ g
۱۱	۴۶۵	فریدن	۶۹۰/۲ b	۳۷۷۷/۸edc	۵۲۱۶/۳ c	۶۶/۲۶ c	۶/۷۸ e	۸/۲۸ d
۱۲	۴۶۶	خوانسار ۲	۴۶۳/۷gh	۵۸۹۳/۴ab	۸۶۰۶/۱ abc	۳۷/۶۵ j	۳/۷۶ i	۳/۷۶۰ j
۱۳	۳۸۰۰	گرمسار	۶۱۹/۷ c	۳۷۹۸/۰edc	۵۶۳۰/۰ abc	۵۴/۴۷ h	۸/۱۷ c	۴/۰۹ j
۱۴	۸۲۰۶	تهران	۵۳۱/۷def	۳۷۹۴/۶edc	۶۰۰۰/۷ abc	۵۰/۴۵ i	۶/۴۰ e	۱۱/۲۹ b
۱۵	۱۱۸۱۵	خلخال	۳۴۷/۷ j	۵۵۳۰/۲bc	۸۴۸۰/۲ abc	۶۰/۲۴ed	۸/۲۸ c	۵/۲۷ h
۱۶	۱۲۵۴۲	کرج۲	۴۲۴/۱hi	۵۷۵۵/۲ab	۹۹۱۰/۳ abc	۶۲/۵۰ d	۵/۲۷ g	۶/۰۲ g
۱۷	۱۳۷۷۹	کرج۳	۶۶۵/۲b	۴۱۳۵/۲cd	۶۰۵۴/۶ abc	۵۴/۹۷gh	۳/۷۶ i	۱۲/۸۰ a
۱۸	۲۰۷۵۲	فریدن	۵۰۱/۸efg	۳۷۴۸/۶ed	۵۲۵۷/۳ abc	۷۲/۲۸ b	۶/۰۲ f	۹/۷۹ c

میانگین ژنوتیپ‌ها که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار دارند

جدول ۴: مقایسه میانگین بین سال‌های کشت اسپرس از نظر عملکرد و صفات مورفولوژیکی در ایستگاه البرز

سال	عملکرد بذر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه تر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه خشک کیلوگرم در هکتار	ارتفاع گیاه سانتی متر	طول دمبرگ میلی متر	تعداد گل آذین در پایه
۱	۵۵۵/۴ b	۴۷۸۸۱ b	۱۴۵۶۰ a	۶۴/۹۳ b	۷/۴۳ b	۱۰/۴ b
۲	۶۶۶/۸ a	۵۵۸۴۲ a	۱۶۵۵۳ a	۷۸/۲۱ a	۸/۹۴ a	۱۲/۲ a
۳	۲۷۸/۳ c	۳۵۳۱۸ c	۱۰۷۸۰ b	۳۲/۵۹ c	۳/۷۳ c	۶/۷۱ c

" میانگین سالها دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار دارند"

ج) مقایسه میانگین چین‌ها

نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی اسپرس در دو چین در جدول ۵ ارائه شده است. مقایسه چین‌ها نشان داد که عملکرد بذر، عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک در چین اول به‌طور قابل توجهی بیشتر از چین دوم بود.

همچنین، صفات رویشی شامل ارتفاع پایه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین نیز در چین اول مقادیر بالاتری نسبت به چین دوم داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که گیاهان در چین اول از رشد رویشی و زایشی مطلوب‌تری برخوردار بوده و در نتیجه عملکرد بیشتری تولید کرده‌اند. به‌طور کلی، چین اول برای تمامی صفات مورد بررسی برتری داشت و بیشترین میزان رشد و عملکرد اسپرس در این چین حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین بین چین‌های اسپرس از نظر عملکرد و صفات مورفولوژیکی در ایستگاه البرز

چین	عملکرد بذر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه تر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه خشک کیلوگرم در هکتار	ارتفاع گیاه سانتی متر	طول دمبرگ میلی متر	تعداد گل آذین
۱	۲۸۱/۰۴ a	۲۹۸۶ a	۸۴۹/۷ a	۶۵/۸۲ a	۷/۵۳ a	۱۲/۴ a
۲	۲۱۹/۱۴ b	۱۶۴۸ b	۵۴۶/۶ b	۵۱/۳۴ b	۵/۸۷ b	۷/۱۶ b

" میانگین این چین ها دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار دارند

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

همبستگی بین عملکرد و صفات مورفولوژیک

نتایج ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که عملکرد علوفه تر با عملکرد علوفه خشک همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت، به‌طوری‌که افزایش عملکرد علوفه تر با افزایش عملکرد علوفه خشک همراه بود. این رابطه قوی نشان می‌دهد که بخش عمده تغییرات عملکرد ماده خشک از تغییرات عملکرد علوفه تر تأثیر می‌پذیرد. همچنین، بین ارتفاع گیاه و طول دمبرگ همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد که بیانگر افزایش طول دمبرگ در ژنوتیپ‌های بلندتر است. سایر ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌دار نبودند. اگرچه عملکرد بذر با ارتفاع گیاه و تعداد گل‌آذین همبستگی مثبت و با عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک همبستگی منفی نشان داد، اما این روابط از نظر آماری تأیید نشدند. در مجموع، نتایج نشان داد که عملکرد بذر ارتباط معنی‌داری با صفات مورفولوژیکی و عملکرد علوفه نداشته و مستقل از این صفات تغییر کرده است. در مقابل، نبود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد بذر و سایر صفات بیانگر امکان بهبود مستقل عملکرد بذر و علوفه در برنامه‌های اصلاحی اسپرس است.

جدول ۶: همبستگی بین عملکرد و صفات مورفولوژیک

نام صفات	بذرعملکرد	علوفه تر	علوفه خشک	ارتفاع	طول دمبرگ	تعداد گل آذین
عملکر علوفه تر	-۰/۲۷					
عملکر علوفه خشک	-۰/۱۲	۰/۹۴**				
ارتفاع گیاه	۰/۲۲	-۰/۳۲	-۰/۲۷			
طول دمبرگ	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۵۸**		
تعداد گل آذین	۰/۲۷	-۰/۲۷	-۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۳۲	

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

تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های اسپرس

بر اساس تجزیه خوشه‌ای ۱۸ ژنوتیپ اسپرس با استفاده از میانگین تمامی صفات مورد بررسی و با برش دندروگرام در فاصله اقلیدسی ۱۲/۵، ژنوتیپ‌ها در شش کلاستر مجزا گروه‌بندی شدند (شکل ۲). مقایسه میانگین کلاسترها در جدول ۷ ارائه شده است. کلاستر اول شامل ژنوتیپ‌های ۳۵ و ۴۰۲ (گلپایگان) بود که با وجود برخورداری از بیشترین ارتفاع گیاه و طول دمبرگ، از نظر عملکرد بذر و تولید علوفه تر و خشک در سطح پایینی قرار داشتند. کلاستر دوم شامل ژنوتیپ‌های ۴۴۳ (خمین ۱)، ۲۰۷۵۲، ۴۶۵ (فریدن)، ۱۳۷۷۹ و ۸۲۰۶ بود که عملکرد نسبتاً بالایی در تولید علوفه تر و خشک داشتند، در حالی‌که صفات رویشی آن‌ها در سطح متوسط قرار گرفت. کلاستر سوم تنها شامل ژنوتیپ ۳۸۰۰ بود که با وجود عملکرد بالای علوفه، دارای ارتفاع گیاه و طول دمبرگ نسبتاً کم بود. کلاستر چهارم شامل ژنوتیپ‌های ۱۰۰، ۴۳۱ و ۱۲۵۴۲ بود و از نظر عملکرد بذر و علوفه در سطح متوسط قرار داشت، اما بیشترین تعداد گل‌آذین را در بین تمامی کلاسترها نشان داد. کلاستر پنجم شامل ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۶۶ (خوانسار ۲)، ۴۶۴، ۴۴۴ (بناب)، ۱۱۸۱۵ (خلخال) و ۴۵۴ (ازنا ۱) بود و به دلیل برخورداری از بالاترین عملکرد علوفه تر و خشک، به‌عنوان برترین کلاستر از نظر تولید علوفه شناخته شد. ژنوتیپ‌های این گروه اگرچه ارتفاع گیاه و طول دمبرگ کمتری نسبت به برخی کلاسترها داشتند، اما از نظر عملکرد علوفه برتری محسوسی نشان دادند. کلاستر ششم نیز تنها شامل ژنوتیپ ۴۳۸ بود که از نظر عملکرد علوفه در سطح متوسط و از نظر صفات رویشی در سطح نسبتاً پایین قرار گرفت. در مجموع، نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که کلاستر پنجم دارای مطلوب‌ترین ترکیب صفات مرتبط با تولید علوفه بوده و ژنوتیپ‌های این گروه می‌توانند به‌عنوان منابع ژنتیکی ارزشمند برای برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد علوفه مورد استفاده قرار گیرند.

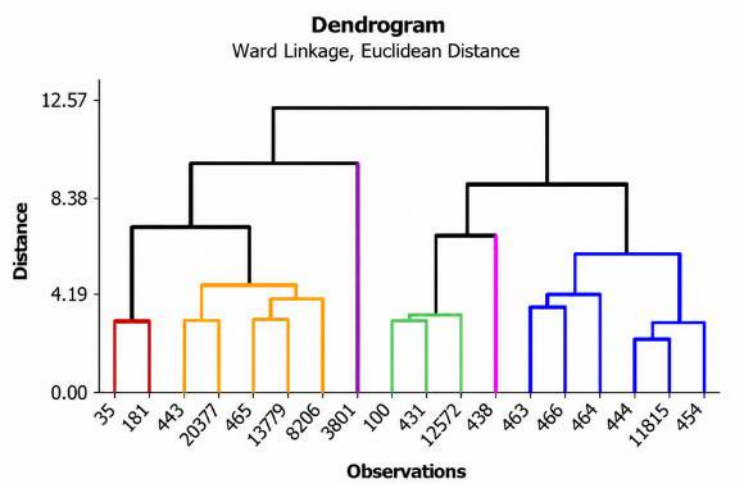
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

جدول ۷: مقایسه میانگین عملکرد و صفات مورفولوژیکی در هر یک از کلاسترهای بدست آمده اسپرس

کلاستر	ژنوتیپ ها	عملکرد بذر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه تر کیلوگرم در هکتار	عملکردعلوفه خشک کیلوگرم در هکتار	ارتفاع گیاه سانتی متر	طول دمبرگ میلی متر	تعداد گل آذین
۱	۴۰۲, ۳۵	۵۴۹/۴۴ b	۳۲۲۳/۰ c	۴۳۴۶/۹ e	۷۳/۰۳ a	۹/۴۱ a	۴/۹۰ b
۲	۴۴۳,۲۰۷۵۲ ,۴۶۵,۱۳۷۷۹ , ۸۲۰۶	۴۰۱/۳۴ c	۵۶۳۶/۸ b	۵۵۸۲/۹ d	۶۳/۲۶ b	۶/۴۷ c	۵/۹۶ b
۳	۳۸۰۰	۳۶۱/۸۱ c	۵۱۶۸/۰ b	۵۶۳۰/۰ d	۵۰/۹۵ c	۶/۳۸ c	۵/۲۷ b
۴	۱۰۰, ۴۳۱, ۱۲۵۴۲	۶۲۸/۰۲ a	۳۸۱۲/۹ c	۸۵۰۲/۳b	۶۰/۳۹ b	۵/۶۵ c	۹/۷۹ a
۵	۴۶۳, ۴۶۶, ۴۶۴, ۴۴۴,۱۱۸۱۵ , ۴۵۴	۷۶۹/۷۰ a	۶۱۹۹/۷ a	۵۸۴۳/۶ a	۵۶/۴۷ c	۸/۲۸ b	۶/۰۲ b
۶	۴۳۸	۶۱۹/۷۴ a	۳۷۹۷/۱ c	۶۴۲۸/۳ c	۵۴/۴۷ c	۸/۱۷ b	۴/۰۹ b

میانگین کلاسترها که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار دارند



شکل ۲: دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ای به روش WARD ژنوتیپ‌های اسپرس بر مبنای صفات موفولوژیکی

تجزیه به مولفه‌های اصلی علوفه اسپرس

بر اساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی(PCA) ، پنج مؤلفه اول در مجموع ۸۳ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کردند. در میان آن‌ها، مؤلفه اول عمدتاً تحت تأثیر صفات عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بذر قرار داشت، در حالی‌که مؤلفه دوم بیشتر با صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین مرتبط بود (جدول ۸).

دو مؤلفه اول بخش عمده‌ای از تغییرات بین ژنوتیپ‌ها را توجیه کردند و برای ترسیم نمودار بای‌پلات مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۴). در این نمودار، ژنوتیپ‌های واقع در سمت راست محور افقی (PC1) عموماً از عملکرد بذر و علوفه بالاتری برخوردار بودند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های قرارگرفته در سمت چپ این محور از عملکرد پایین‌تری برخوردار بودند. محور عمودی (PC2) نیز عمدتاً ژنوتیپ‌ها را بر اساس صفات مورفولوژیکی، به‌ویژه ارتفاع گیاه، طول دمبرگ و تعداد گل‌آذین از یکدیگر تفکیک کرد. پراکنش ژنوتیپ‌ها در نمودار بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ‌ها در شش گروه مجزا قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های ۳۵ (ارومیه) و ۴۰۲ (گلپایگان) در بخشی از نمودار قرار گرفتند که با عملکرد پایین‌تر و صفات رویشی بزرگ‌تر مشخص می‌شد. ژنوتیپ‌های ۴۴۳ (خمین ۱)، ۲۰۷۵۲، ۴۶۵ (فریدن)، ۱۳۷۷۹ و ۸۲۰۶ در یک گروه نسبتاً متمایز قرار گرفتند و از نظر صفات مورد بررسی مقادیر متوسط تا مطلوبی را نشان دادند. ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۴۴ (بناب) ، ۴۶۴، ۴۶۶ (خوانسار ۲)، ۱۱۸۱۵ (خلخال) و ۴۵۴ (ازنا ۱) در ناحیه مرتبط با عملکرد بالاتر علوفه متمرکز شدند که بیانگر پتانسیل بالای آن‌ها برای تولید علوفه است. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۰۰، ۴۳۱ و ۱۲۵۴۲ گروهی نسبتاً مستقل را تشکیل دادند که از نظر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی در سطح متوسط تا بالا قرار گرفتند. به‌طور کلی، نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی و بای‌پلات نشان داد که ژنوتیپ ۴۶۳

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

(الیگودرز ۲) در کنار ژنوتیپ‌های ۴۴۴ (بناب)، ۴۶۶ (خوانسار ۲) و ۱۱۸۱۵ (خلخال) از نظر عملکرد علوفه در وضعیت مطلوبی قرار دارند و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد علوفه مورد توجه قرار گیرند. همچنین، بررسی همزمان عملکرد بذر و عملکرد علوفه خشک نشان داد که ژنوتیپ ۴۶۳ (الیگودرز ۲) از برترین ژنوتیپ‌ها برای هر دو صفت بوده و از این نظر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری دارد (شکل ۳).

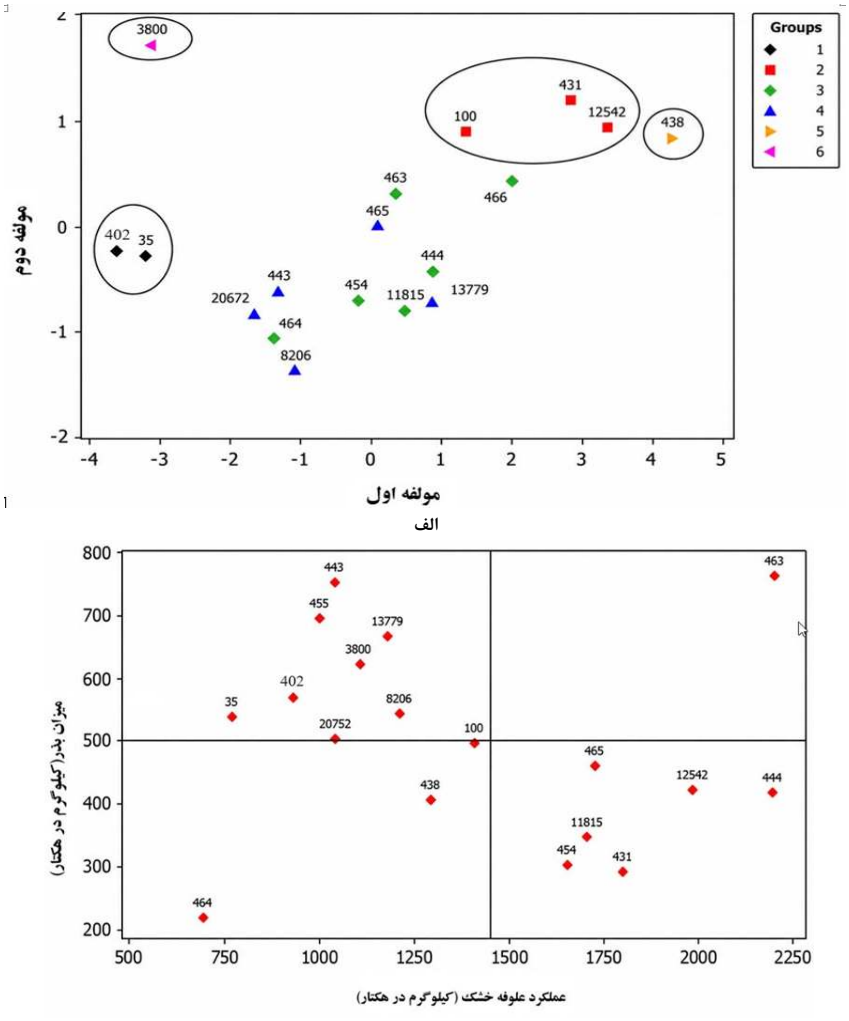
جدول ۸: مقادیر ویژه، درصد واریانس و ضرایب بردارهای ویژه مربوط به هر یک از صفات مورد مطالعه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ژنوتیپ‌های مختلف اسپرس در ایستگاه البرز

نام صفت	مولفه ۱	مولفه ۲	مولفه ۳	مولفه ۴	مولفه ۵
عملکرد علوفه تر	**۰/۳۸**	۰/۰۶	۰/۰۸	-۰/۳۶	۰/۰۷
عملکرد علوفه خشک	**۰/۳۷**	۰/۰۷	-۰/۰۱	-۰/۳۲	۰/۰۴
عملکرد بذر	-۰/۰۴	۰/۱۱	**-۰/۵۳**	۰/۲۹	۰/۱۲
طول دمبرگ	-۰/۱۳	۰/۱۲	-۰/۲۹	**-۰/۵۳**	-۰/۳۱
تعداد گل آذین	۰/۰۳	-۰/۲۴	-۰/۱۳	**۰/۵۲**	-۰/۱۸
ارتفاع گیاه	-۰/۱۵	-۰/۰۳	-۰/۳۹	-۰/۱۳	**-۰/۶۳**
مقادیر ویژه	۴/۸۴	۲/۶۹	۲/۰۸	۱/۷۱	۱/۱۸
درصد واریانس نسبی	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۸
درصد واریانس تجمعی	۰/۳۲	۰/۵۰	۰/۶۴	۰/۷۶	۰/۸۳

اعداد که با فونت درشت دارای ضرایب بردارهای بیشتری در مولفه مورد نظر هستند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]



شکل ۳ : پراکنش ۱۸ ژنوتیپ اسپرس بر اساس دو مؤلفه اصلی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (الف) پراکنش ۱۸ ژنوتیپ اسپرس بر اساس عملکرد علوفه و عملکرد بذر(ب)

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اثر عوامل اصلی شامل ژنوتیپ، سال و چین برداشت بر اکثر صفات کمی مورد ارزیابی از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین، معنی‌دار شدن اثرات متقابل ژنوتیپ × سال و ژنوتیپ × چین حاکی از آن است که عملکرد و صفات مورفولوژیک ژنوتیپ‌ها در پاسخ به تغییرات زمانی و شرایط اقلیمی سالانه یکسان عمل نکرده‌اند. این عدم یکنواختی با مفاهیم بنیادی برهم‌کنش ژنوتیپ × محیط مطابقت داشته و بر ضرورت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و محیط‌های متعدد جهت شناسایی ارقام پایدار و دارای سازگاری عمومی تأکید می‌کند. این نتایج کاملاً همسو با یافته‌های آببه و همکاران (۲۰۲۴) است که تأثیر معنادار تعامل ژنوتیپ × مکان را بر عملکرد ماده خشک، بذر و پروتئین خام گونه اسپرس اثبات کردند. همچنین در ارزیابی ۳۸ ژنوتیپ اسپرس در پنج محیط مختلف ایران طی دو سال، اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار گزارش شد و ژنوتیپ‌های دارای پایداری بیشتر تفکیک گردیدند (۳). به‌طور مشابه، در ارزیابی ۱۲ جمعیت اسپرس طی سه سال، اثر سال و برهم‌کنش سال × ژنوتیپ بر صفات زراعی معنی‌دار ارزیابی شد و نویسندگان بر لزوم آزمون‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

چندساله برای اتخاذ تصمیمات اصلاحی تأکید نمودند (۲۴). علاوه بر این، بررسی ارزیابی فنوتیپی ۳۸ نمونه ژرم‌پلاسم اسپرس از ۲۱ کشور جهان، تفاوت‌های معنی‌دار ژنوتیپی را از نظر عملکرد ماده خشک، درصد بقا، ارتفاع پایه و سرعت رشد تأیید کرد (۴). الگوی مشابهی از تأثیر برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط بر عملکرد در سایر گیاهان زراعی و علوفه‌ای نیز به اثبات رسیده است (۲۰). همچنین، وجود تنوع بالای فنوتیپی و ساختار ژنتیکی در میان اکوتیپ‌ها و تأثیر منشأ جغرافیایی بر پاسخ‌های آن‌ها، توسط کربونرو (۲۰۱۱) که قرابت فنوتیپی قوی بین ارقام و منشأ جغرافیایی آن‌ها را نشان داد، تأیید شده است. از سوی دیگر، برتری معنی‌دار چین اول در اغلب صفات کمی (شامل عملکرد علوفه، عملکرد بذر و صفات مورفولوژیک) و همچنین دستیابی به بیشترین عملکرد بذر، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و صفات مورفولوژیک در سال دوم، نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه توزیع زمانی عوامل محیطی بر رشد و عملکرد اسپرس است. در مقابل، کاهش عملکرد در سال سوم احتمالاً ناشی از کاهش تدریجی ذخایر تاجی، افزایش سن پایه‌ها و افت مطلوبیت شرایط محیطی بوده است. عملکرد بهتر چین اول احتمالاً به دلیل بهره‌مندی گیاه از ذخایر کربوهیدراتی تجمع‌یافته در ریشه، استقرار بهتر اندام‌های رویشی و شرایط رطوبتی مناسب‌تر در ابتدای فصل رشد است. این نتایج به‌طور کامل با یافته‌های ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵)، منیری‌فر و همکاران (۲۰۱۷)، کریمی و آقاعلیخانی (۲۰۱۸)، زمانیان و هاشمی (۱۹۹۹) و لک و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد که نشان دادند بخش اعظم عملکرد علوفه اسپرس متعلق به چین اول است. علاوه بر این، ارتقای عملکرد در چین اول را می‌توان با یافته‌های مدیریت زراعی مرتبط دانست؛ چنان‌که آبیاری منظم و بهینه‌سازی تغذیه می‌تواند با بهبود عملکرد ماده خشک در چین اول، اثرات منفی شرایط محیطی را کاهش دهد. همچنین بهاترای و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که توسعه بهتر صفات رویشی، به‌ویژه ارتفاع ساقه، تعداد برگ و تعداد برگچه‌ها، با افزایش تولید زیست‌توده و عملکرد علوفه ارتباط مستقیم دارد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۴۳ (خمین ۱) و ۴۶۵ (فریدن) از نظر عملکرد بذر و ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۴۴ و ۴۵۴ (ازنا ۱) از نظر عملکرد علوفه خشک در میان ژنوتیپ‌های برتر قرار داشتند. همچنین ژنوتیپ‌های ۴۴۴، ۴۵۴ (ازنا ۱) و ۴۶۶ (خوانسار ۲) نیز از نظر تولید علوفه عملکرد مطلوبی داشتند. ژنوتیپ ۱۸۱ (کرج) بیشترین ارتفاع گیاه و طول دمبرگ را نشان داد، در حالی که ژنوتیپ‌های ۱۳۷۷۹ و ۸۲۰۶ دارای بیشترین تعداد گل‌آذین بودند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی مناسب برای بهره‌برداری در برنامه‌های اصلاحی است. مطالعات انجام‌شده روی اسپرس نشان داده‌اند که ژنوتیپ‌های دارای ارتفاع بیشتر و توان رویشی قوی‌تر، معمولاً عملکرد علوفه بیشتری دارند و از ظرفیت بالاتری برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی برخوردار هستند (۱۸ و ۴). برتری برخی ژنوتیپ‌ها نظیر ۴۶۳ (الیگودرز ۲) و ۴۴۳ (خمین ۱) در شرایط زمانی خاص، بیانگر سازگاری اختصاصی و توانایی متفاوت آن‌ها در بهره‌برداری از شرایط محیطی است. بررسی اکوتیپ‌های اسپرس ایرانی نیز نشان‌دهنده وجود تنوع بالایی از نظر ویژگی‌های زراعی و توان زنده‌مانی کلون‌ها بوده است (۱۲). نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد علوفه تر و عملکرد علوفه خشک دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار ($r = 0.94$) بودند که بیانگر وابستگی شدید این دو صفت است. همچنین ارتفاع گیاه و طول دمبرگ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری (r = 0.58) نشان دادند. این یافته‌ها که اهمیت صفات رویشی را به عنوان شاخص‌های گزینش غیرمستقیم برای بهبود عملکرد علوفه اثبات می‌کنند، با گزارش‌های جوادی و همکاران (۲۰۱۶)، ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵)، آتومو و همکاران (۲۰۲۶)، بهاترای و همکاران (۲۰۱۸)، علیزاده و همکاران (۲۰۱۹) و فرشادفر و همکاران (۲۰۲۲) همخوانی کامل دارند؛ زیرا این پژوهشگران نیز نشان دادند که عملکرد علوفه خشک با ارتفاع پایه، تعداد ساقه، طول گل‌آذین و قطر طوقه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. همچنین نتایج صباغ‌نیا (۲۰۲۳) تأیید کرد که صفاتی نظیر ارتفاع بلندترین ساقه و تعداد برگچه در برگ بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد وزن خشک دارند. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های دارای رشد رویشی قوی‌تر و ساختار فتوسنتزی توسعه‌یافته‌تر، از ظرفیت بیشتری برای تولید زیست‌توده و دستیابی به عملکرد علوفه بالاتر برخوردارند. با این حال، در

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

پژوهش حاضر عملکرد بذر با سایر صفات همبستگی معنی‌داری نداشت که می‌تواند بیانگر کنترل ژنتیکی نسبتاً مستقل این صفت باشد. تجزیه خوشه‌ای و تجزیه مؤلفه‌های اصلی نیز وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین ژنوتیپ‌ها را تأیید کرد. پنج مؤلفه اول توانستند ۸۳ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین کنند که بیانگر کارایی مناسب روش PCAدر توصیف تنوع موجود است. این نتیجه کاملاً منطبق بر یافته‌های مجیدی و ارزانی (۲۰۱۲) است که با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، پنج عامل را مسئول توجیه بیش از ۸۰ درصد تنوع کل دانستند. در تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های ۴۶۳ (الیگودرز ۲)، ۴۶۶ (خوانسار ۲)، ۴۴۴، ۴۵۴ (ازنا ۱)، ۴۶۴ و ۱۱۸۱۵ در یک خوشه قرار گرفتند و عملکرد علوفه بالاتری را نشان دادند. تطابق نتایج PCA با تجزیه خوشه‌ای و قرار گرفتن ژنوتیپ‌های برتر نظیر الیگودرز ۲، ازنا ۱ و خوانسار ۲ در یک گروه، کارایی روش‌های چندمتغیره را در تفکیک ژرم‌پلاسم و شناسایی ژنوتیپ‌های امیدبخش نشان داد. دسته‌بندی ژنوتیپ‌های برتر در خوشه‌های مجزا بر اساس ارتفاع و عملکرد، با نتایج ضرابیان و همکاران (۲۰۱۵) که نمونه‌ها را در ۳ گروه تفکیک نموده و اکوتیپ‌های دارای ارتفاع و عملکرد بیشتر را متمایز ساختند، همسو است. علاوه بر این، صباغ‌نیا و همکاران (۲۰۲۴) نیز وجود تنوع بالا (ضریب تغییرات بیش از ۷۰ درصد در وزن خشک گل‌آذین) را در توده‌های بومی اسپرس گزارش کردند. در همین رابطه، مهاجر و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که می‌توان با استفاده از تحلیل عاملی و روش‌های چندمتغیره، گروه‌های متمایز ژنتیکی را در ژرم‌پلاسم اسپرس شناسایی کرده و صفات مورفولوژیک را ابزاری مؤثر برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی کردند.

در مجموع، استفاده همزمان از تجزیه واریانس و روش‌های چندمتغیره در پژوهش حاضر، علاوه بر تأیید وجود تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی قابل توجه در ژرم‌پلاسم مورد بررسی، درک دقیق‌تری از روابط میان صفات و پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها فراهم ساخت و اهمیت اجرای آزمایش‌های چندساله و چندمحیطی را برای تفکیک ژنوتیپ‌های پرمحصول از ژنوتیپ‌های دارای پایداری عملکرد برجسته ساخت. در این راستا، ژنوتیپ ۴۶۳ (الیگودرز ۲) به دلیل برخورداری همزمان از عملکرد بالای بذر و علوفه، یکی از امیدبخش‌ترین ژنوتیپ‌ها برای کشت در برنامه‌های اصلاحی مرتع محسوب و توصیه می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

References

1. Abbasi, M., 2012. Genetic diversity in Iranian sainfoin germplasms with emphasis on agronomic traits. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 20(1): 160–171.
2. Abebe, D.G., S.D. Cherkos, T.T. Ejeta, M. Dejene, T.K. Shignato & A.S. Geletu, 2024. Nutritional and chemical composition of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) accessions in mid-altitude of Soddo and Abeshgie Woredas of Ethiopia. Online Journal of Animal and Feed Research, 14(3): 171–178.
3. Alizadeh, M., M.R. Moeini, A.A. Jafari & M. Kamel, 2019. Evaluation of quantitative and qualitative traits and resistance populations to powdery mildew in sainfoin plant (Onobrychis viciifolia). Applied Field Crops Research, 32(2): 25–41.
4. Atumo, T.T., T.Y. Samago, T.A. Yada, O.O. Teko, G.K. Kalsa, D.K. Hibebo, M.F. Heliso, M.Z. Ekule & J. Wamatu, 2026. Genotype by environment interaction effect on yield and forage quality of native panic grasses: AMMI, GGE biplot and correlation analysis. Discover Sustainability, 7(1): 224.
5. Bhattarai, S., B. Coulman, A.D. Beattie & B. Biligetu, 2018. Assessment of sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.) germplasm for agro-morphological traits and nutritive value. Grass and Forage Science, 73(3): 672–682.
6. Hayot Carbonero, C., Mueller-Harvey, I., Brown, T. A., & Smith, L. (2011). Sainfoin (Onobrychis viciifolia): a beneficial forage legume. Plant Genetic Resources, 9(1), 70–85.
7. Cicek, H., K. Wittenberg, D. Flaten, M.H. Entz, R.A. Holley & K.H. Ominski, 2020. Effect of nurse crops and seeding rate on the persistence, productivity and nutritive value of sainfoin in a cereal-based production system. Grass and Forage Science, 75(1): 86–95.
8. Faraji-Hajibaba, F., E. Sheidai-Karkaj & M. Mofidi-Chelan, 2025. The role of using vermicompost in seed ball composition on the growth of Medicago scutellata (L.) Mill. and Onobrychis viciifolia Scop. seeds. Rangeland, 18(4): 599–616.
9. Farshadfar, M., M. Kakaei, Y. Salehaabdi, Z. Abghaeifar & A.A. Jaffari, 2022. Study of diversity for yield and quality traits in alfalfa (Medicago sativa L.) and determination of the best population for cultivation in dryland farming in Iran. Journal of Rangeland Science, 12(1): 87–101.
10. Food and Agriculture Organization, 2005. Quality Declared Seed System. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
11. Habibyian, S.M. & H. Abrani, 2019. Prioritizing of affecting factors on grazing management using AHP method in nomad's rangelands at Fars Province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 26(4): 809–823.
12. He, J., X. Wang, Y. Zhang, Z. Liu, L. Chen & C. Zhao, 2024. A chromosome-level genome assembly for Onobrychis viciifolia reveals gene copy number gain underlying enhanced proanthocyanidin biosynthesis. Communications Biology, 7: 45.
13. Hesamzadeh Hejazi, S.M. & M. Ziaei Nasab, 2009. Cytogenetic study on several populations of diploid species of Onobrychis in natural gene bank of Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 16(2): 158–179 (In Persian).
14. Irani, S., A.A. Jafari & S.R. Tabaei-Aghdaei, 2016. Evaluation of genetic diversity and relationships among Iranian sainfoin (Onobrychis viciifolia) ecotypes for forage yield and morphological traits. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 4(1): 38–46.
15. Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, 2021. Long-term Climatological Data of Karaj Synoptic Weather Station. Alborz Meteorological General Administration, IRIMO Publications.
16. Javadi, H., A.A. Jafari, M. Ramezani Yeganeh & M. Amirkhani, 2016. Evaluation of diversity in agronomic traits and forage quality of different sainfoin (Onobrychis sativa) genotypes. Iranian Journal of Range and Desert Research, 23(3): 417–429.
17. Karami, M. & M. Aghaalikhani, 2018. The quantitative and qualitative characteristics of sainfoin (Onobrychis viciifolia) under different irrigation and nutrient regimes. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(3): 203–216.
18. Karimi, A., 2000. Cultivation and Improvement of Forage Plants. Tehran University Press, 414 pp.
19. Koch, D.W., A.D. Dotzenko & G.O. Hinze, 1972. Influence of three cutting systems on the yield, water use efficiency, and forage quality of sainfoin. Agronomy Journal, 64(4): 463–467.
20. Lak, S., G. Eabdouz & Z. Nikouianfar, 2016. Evaluation of alfalfa varieties harvest management within and across seasons under hot and dry conditions of Khuzestan. Agricultural Crop Management, 18(3): 683–699.
21. Majidi, M.M. & A. Arzani, 2012. Study of relationship between morphological, agronomic and qualitative traits in sainfoin populations (Onobrychis viciifolia Scop). Journal of Plant Production Research, 16(2): 159–173.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]

22. Mohajer, S., A.A. Jafari, R. Mat-Taha, J.S. Yaacob & A. Saleh, 2013. Genetic diversity analysis of agro-morphological and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*). Australian Journal of Crop Science, 7(7): 1024–1031.
23. Monirifar, H., H. Bagheri Aghbolagh & M. Khorshidi Benam, 2017. Selection superior sainfoin ecotypes for quantity and quality traits. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 25(2): 302–313.
24. Sabaghnia, N., A. Ahadnezhad, F.N. Moayed & M. Janmohammdi, 2024. Genetic variability in Iranian sainfoin (Onobrychis viciifolia Scop.) landraces by morphological characteristics [Preprint]. Research Square.
25. Soares, M.I., M. Kakhimov & S.Z. Shakirov, 2000. Productivity of the desert legume (Onobrychis sativa L.). Dryland Biotechnology, 6: 117–134.
26. Uçar, R., M. Tan, E. Çaçan & U. Şimşek, 2026. Determination of the potential of some legume forage crops as bee pasture. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. Advance online publication.
27. Yousefi, B., J. Hassani & M. Fayaz, 2020. The effect of time and method of planting on the establishment and forage yield of Onobrychis subnitens in dry land condition of Sanandaj. Iranian Journal of Range and Desert Research, 27(3): 410–420.
28. Zamanian, M. & A. Hashemi, 1999. Physiological indices affecting growth and forage yield of seven alfalfa cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 1(4): 45–58.
29. Zarabiyan, M., M.M. Majidi & F. Bahrami, 2015. Relationship of morphological and agronomic traits in Iranian and exotic sainfoin populations using multivariate statistical analysis. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 22(2): 278–290.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.5.1]