Research Article

Iranian Journal of Range and Desert Research
Vol. 31, No. 3, Page 219-231 (2024)

DOI: 10.22092/ijrdr.2024.132032

Investigating forage yield and tolerance to powdery mildew in two populations of sainfoin *(Onobrychis sativa*) to introduce improved varieties

M. A. alizadeh [1*], A. A. Jafari [2], F. Normand Moaied [3], S. Davzdahemami [4], K. Sepahvand [5]and B. Mohammadi [6]

1*-Corresponding author, Associated Professor, Natural Resources of Gene Bank Group, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: alizadeh@rifr-ac.ir
2- Professor, Rangelands Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-Assistance Professor, Department of Natural Resource, Tabriz Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
4-Associated Professor, Department of Natural Resources, Isfahan Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
5-Researcher, Department of Natural Resources, Lorestan Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, AREEO, Lorestan, Iran
6- Researcher, Department of Natural Resources, Zanjan Agricultural & Natural Resources Research & Education Center, AREEO, Zanjan, Iran

Received: 06/18/2024 Accepted: 09/08/2024

Abstract

Background and objectives

Sainfoin is one of the important fodder plants that have a high value for feeding for livestock. This plant is cultivated for both irrigation and dry land farming systems. Many of local populations are sensitive to powdery mildew disease that decrease forage yields and quality. Feeding of infected plants with powdery mildew by livestock might cause livestock abortion. Sainfoin powdery mildew disease is caused by *Leveillula taurica* fungus, which appears as necrosis of the leaf tissue and symptom spots on the plants. Contamination of the plant with this disease, especially in its severe condition, leads to a slowdown in the growth of the plant, the small size of the inflorescence, and decrease in the forage yield. The main stage of its damage is in the second and third cuts. This project aimed to evaluate the forage yield and tolerance to powdery mildew of two populations of 15353 and 3001 compared to the native variety in 10 trail locations in the country.

Methodology

The seeds of two populations of 3001 and 15353 were sown along with the native population (susceptible to powdery mildew) as a control in 10 farms including Karaj and Taleghan (Alborz province), BostanAbad, Heris, Sarab, and Varzaghan (East Azerbaijan province), Nikpay and Saramsaghlo (Zanjan province), Dehpir (Lorestan province), and Faridan (Esfahan province) over two years (2018-2020). Data was collected for plant height and forage yield three cuts over two years, and the disease severity index of sainfoin to powdery mildew in the third cut. Since

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrdr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

infection of sainfoin to powdery mildews happens in the third cut, so, the Disease Severity Index (DSI) of the two populations of 3001 and 15353 and (control) was evaluated in the third harvest in both years.

Result

According to the evaluation of the DSI of two populations of 3001 and 15353 compared to the native population across ten locations. It was confirmed that both populations of 15353 and 3001 had a DSI below 10%, and therefore they were considered to be tolerant to powdery mildew disease. The native populations in all 10 locations had a DSI with a level of 50%, and they were considered susceptible to powdery mildew. Both 3001 and 15353 populations were tolerant to powdery mildew coupled with higher yield of 1.2 and 1 ton/ha than the control in 10 regions.

Conclusion

According to the results, the two populations of 3001 and 15353 with DSI values lower than 10% and higher yield were considered as tolerant to powdery mildew disease than to the native population (with a DSI of higher than 50%), in all locations. Then, the farms were visited by experts of the research Institute Seed and Plant Certification and Registration, Karaj, Iran. The two varieties were introduced as new cultivars known Bordbar 1 and Bordbar 2, by the authorities of the Institute. Finally, the two released varieties were suggested for cultivation in both irrigation and dryland farming systems.

Keywords: disease severity index, forage yield, *Onobrychis sativa*, powdery mildew.

بررسی عملکرد علوفه و تحمل به سفیدک سطحی در دو جمعیت اسپرس زراعی (*Onobrychis sativa*) به منظور معرفی رقم اصلاح شده

محمدعلی علی‌زاده [۱*]، علی‌اشرف جعفری [۲]، فرید نورمند موید [۳]، سعید دوازده امامی [۴]، کرم سپهوند [۵] و بهروز محمدی [۶]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه تحقیقات بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست‌الکترونیک: alizadeh@rifr-ac.ir

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

۳- استادیار، بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- محقق، بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۶- محقق، بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

چکیده

سابقه و هدف

اسپرس از گیاهان مهم علوفه‌ای است که دارای ارزش تغذیه دام و سازگاری با شرایط کشت دیم و آبی است. تغذیه دام‌ها از علوفه آلوده سفیدک اسپرس موجب بیماری دام‌ها می‌گردد. سفیدک پودری اسپرس ناشی از قارچ *Leveillula taurica* می‌باشد که نسوج برگ را در زیر لکه‌ها و پوشش قارچ به حالت نکروز درمی‌آورد. آلودگی گیاه به این بیماری به‌ویژه در حالت شدید آن باعث کندی رشد گیاه و کوچک ماندن گل‌آذین و باعث کاهش محصول می‌شود. مرحله اصلی خسارت آن در چین‌های دوم و سوم می‌باشد. هدف این پژوهش، ارزیابی عملکرد علوفه و تحمل‌پذیری به سفیدک دو جمعیت ۱۵۳۵۳ و ۳۰۰۱ در مقایسه با واریته‌های بومی در ده مکان آزمایش در سطح کشور بود.

مواد و روش‌ها

پروژه تحقیقی ترویجی به مدت ۳ سال (۱۳۹۷-۱۳۹۹) در مزارع کشاورزان در استان زنجان، تبریز، اصفهان، البرز و لرستان اجرا شد. بذر جمعیت‌های متحمل به بیماری سفیدک اسپرس ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ و جمعیت بومی (حساس به سفیدک) در ۱۰ مکان آزمایشی در استان اصفهان (فریدن)، استان آذربایجان‌شرقی (مزارع سراب، بستان‌آباد، ورزقان و هریس)، استان زنجان (مزارع روستای سارمساقلو و روستای نیک‌پی)، استان لرستان (مرکز خدمات ده پیر خرم‌آباد) و استان البرز (ایستگاه تحقیقات البرز کرج و روستای سوهان-طالقان) به صورت آبی کشت شدند. داده‌های مربوط به عملکرد علوفه، ارتفاع گیاه و شاخص شدت بیماری در سال دوم و سوم جمع‌آوری شدند. ارزیابی عملکرد علوفه و ارتفاع گیاه در سه چین در دو سال انجام شد. از آنجایی که مرحله خسارت سفیدک سطحی در چین سوم بوده، ازاین‌رو ارزیابی شاخص شدت بیماری برای چین سوم برای دو سال انجام گردید.

نتایج

میانگین شاخص شدت بیماری دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ در ۱۰ مکان مورد مطالعه در طول دو سال، به ترتیب ۴/۷۴، ۴/۴۵ درصد بود و متحمل بودن این جمعیت‌ها به سفیدک سطحی محرز گردید. این در حالی بود که میانگین شاخص شدت بیماری جمعیت‌های شاهد بومی، ۴۸/۱۸ درصد بود و در گروه خیلی حساس به سفیدک دسته‌بندی شدند. نتایج نشان داد که میانگین کل عملکرد علوفه خشک دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به میزان ۷/۷ و ۷/۴ تن در هکتار نسبت به جمعیت بومی (به میزان ۶/۴ تن در هکتار)، به ترتیب

دارای افزایش عملکرد به میزان ۱۵ و ۱۰ درصد بودند.

نتیجه‌گیری

جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به دلیل متحمل بودن به سفیدک سطحی و برتری و پایداری عملکرد علوفه خشک به میزان ۱ تن بیشتر از شاهد (جمعیت بومی) در همه مراحل توسط کارشناسان مؤسسه تحقیقات ثبت، کنترل و گواهی بذر کرج مورد بازدید قرار گرفتند و در جلسه کمیته معرفی رقم به عنوان دو رقم جدید به نام بردبار ۱ و بردبار ۲ برای کشت آبی و دیم معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: *Onobrychis sativa*، بیماری سفیدک سطحی، شاخص شدت بیماری، عملکرد علوفه.

مقدمه

اسپرس یا *Sainfoin* به معنی علف سالم و گاهی به معنی علف مقدس می‌باشد. این گیاه بیشتر محصول سالانه خود را در اوایل بهار تولید می‌کند. بر این اساس، برای مناطقی که دارای بارندگی و رطوبت کافی در زمستان و اوایل بهار می‌باشند، علوفه مناسبی است و قادر است در مناطق خشک نقش مؤثری نسبت به یونجه در تأمین علوفه دام‌ها ایفا کند (Hume *et al.*, 1985). دارا بودن ویژگی‌های مطلوبی مانند مقاومت به خشکی، مقاومت به سرخرطومی یونجه، قادر به رشد در خاک‌هایی با میزان فسفر پایین، مقاومت به سرمای زمستان، عدم ایجاد نفخ در دام، خاصیت نگهداری طولانی‌تر برگ‌ها و عدم ریزش برگ‌ها، کیفیت بسیار خوب علوفه و مقاومت به خاک‌های شنی و آهکی می‌باشد (Kidambi *et al*, 1990; Fairey & Lefkovitch, 1990). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اسپرس به دلیل داشتن ترکیبات پلی فنل و تانن باعث افزایش بازدهی پروتئین و جلوگیری از نفخ در دام می‌گردد (Carbonero *et al.*, 2011). علوفه اسپرس به‌صورت تازه، خشک شده و سیلو مصرف می‌شود. امکان سیلو کردن آن بعلت بالا بودن نسبت هیدرات کربن به ازت می‌تواند باعث ارجحیت این گیاه نسبت به سایر گونه‌های علوفه‌ای از تیره بقولات باشد (Mowrey & Volesky, 1993). عسل اسپرس به‌صورت خیلی روشن، شیرین با طعم و مزه خیلی مشخص نسبت به سایر لگوم‌ها و تبلور غلیظ در هر درجه حرارت می‌باشد و عملکرد عسل آن بین ۲۰ تا ۵۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Arquillue *et al.*, 1995). در تحقیق در نواحی غرب مدیترانه، Teresa Sebastià و همکاران (۲۰۲۴) اثرهای چالشی تغییر آب و هوایی را در مزارع کشت اسپرس مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که کشت و ارزیابی اسپرس در مکان‌های مختلف آب و هوایی، برای حفاظت تنوع زیستی مفید بوده، در حالی که سیستم‌های کشت سنتی در مناطق محدود ممکن است گیاه را در برابر تنش‌های محیطی آسیب‌پذیر کند. سفیدک سطحی بیماری مهمی در مناطق عمده کشت اسپرس زراعی در ایران است که به‌طور عمده توسط قارچ *Leveillula taurica* با فرم غیرجنسی *Oidiopsis taurica* ایجاد می‌شود. طی تحقیقی در شرایط آب و هوایی فریدن اصفهان، اولین علائم بیماری ناشی از قارچ *Leveillula taurica* را به صورت لکه‌های سفید رنگ روی قسمت‌های پایینی اسپرس ذکر کرده‌اند که معمولاً اواخر اردیبهشت ظاهر شده و بتدریج تمامی اندام‌های هوایی گیاه را دربر می‌گیرد (Sharifnabi & Banihashemi,1990) در ادامه آلودگی نسوج برگ در زیر لکه‌ها و پوشش قارچ به حالت نکروز درمی‌آید. آلودگی گیاه به این بیماری به‌ویژه در حالت شدید آن باعث کندی رشد گیاه و کوچک ماندن خوشه و ریز و چروکیده شدن دانه‌ها و موجب کاهش محصول می‌شود (Bamdadian,1991). در تحقیقی دیگر که توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد نیز صفات زراعی ۳۵ جمعیت اسپرس در پنج منطقه تبریز، سنندج، خرم‌آباد، زنجان و سمیرم در دو سال بررسی گردید که در نهایت جمعیت دیرگل پلی‌کراس با کمترین درصد آلودگی (Disease incidence) و شدت بیماری (Disease severity) با مقادیر به ترتیب ۵۱ و ۲/۰۹ درصد متحمل‌ترین جمعیت نسبت به بیماری سفیدک سطحی و به‌عنوان یک رقم بومی برای کشت معرفی شد. Alizadeh و همکاران (۲۰۱۸) طی پژوهشی در زنجان تعداد ۱۷ جمعیت مختلف اسپرس را

از نظر صفاتی مانند عملکرد خشک و تر و میزان تحمل به بیماری سفیدک پودری مطالعه کردند و طی سه سال آزمون به این نتیجه رسیدند که سه جمعیت پلی کراس، اشنویه، ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ از نظر صفات کمی و تحمل به بیماری برتر از جمعیت‌های دیگر بودند. Naseri و Marefat (۲۰۰۸) درصد آلودگی به میزان ۱۰٪ را از طریق قارچ عامل بیماری (*Leveillula taurica*) روی جمعیت‌های یونجه گزارش کردند. در مطالعه دیگری Hidarian و Mollaie (۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) بر روی اکوتیپ‌های محلی اسپرس زراعی تحت شرایط تنش بیماری سفیدک سطحی تفاوت معنی‌داری برای صفت درصد آلودگی گزارش نمودند. توده‌های بومی و ارقام محلی دامنه پراکنش وسیعی داشته و از صفات منحصر به فردی برخوردار می‌باشند. شناسایی این جمعیت‌ها و ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی آنها به‌ویژه صفات مؤثر بر عملکرد و بررسی آنها از لحاظ مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده در تدوین برنامه‌های اصلاحی نقش ارزشمندی دارد (Jafari, 2002). ارزیابی تنوع ژنتیکی بر مبنای صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و زراعی می‌تواند برای سازماندهی ژرم‌پلاسم، اصلاح و گزینش والدین مناسب برای دورگ‌گیری و تولید جمعیت‌های در حال تفرق سودمند باشد (Jafari *et al.*, 2014). از نظر متخصصان اصلاح نباتات، روش اصلاحی انتخاب دوره‌ای برای اصلاح گیاهان علوفه‌ای قابل توصیه می‌باشد (Hijano, *et al.*,1982). در ارزیابی گیاهان به مقاومت به بیماری گیاهی، داشتن دانش و اطلاعات عوامل مؤثر محیطی شامل: درجه حرارت، رطوبت، نور، حاصلخیزی و مراحل رشد گیاه و واکنش این عوامل نسبت به میکروارگانیسم‌ها در توسعه بیماری از نکات کلیدی هستند (Elgin *et al.*, 1988). Majidi (۲۰۰۱) تنوع ژنتیکی تعدادی از جمعیت‌های گونه *Onobrychis altissima* موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران را مطالعه کرد. در تحقیقی Mohajer و همکاران (۲۰۱۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع گیاه، تعداد ساقه و طول گل‌آذین گزارش نمودند.

از آنجا که این بیماری دارای اهمیت بوده و در صورت پیشرفت، موجب نکروز شدن و ریزش برگها و کاهش عملکرد محصول می‌گردد، انجام پژوهشی برای شناسایی جمعیت‌های متحمل به بیماری که در عین حال از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند ضروری به نظر می‌رسید. بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی عملکرد علوفه و تحمل‌پذیری به سفیدک دو جمعیت ۱۵۳۵۳ و ۳۰۰۱ در مقایسه با جمعیت بومی در ده مکان آزمایش می‌باشد. علاوه بر معرفی دو جمعیت متحمل به سفیدک به عنوان دو رقم جدید، بذر کافی در شرایط ایزولاسیون تولید گردید تا در اختیار بهره‌برداران برای کشت در اراضی مستعد علوفه‌کاری کشور به‌صورت آبی و دیم قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه

بذر دو جمعیت متحمل ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ اسپرس همراه با جمعیت‌های بومی (حساس به سفیدک) در مزارع بهره‌برداران و ایستگاه‌های تحقیقاتی در استان‌های اصفهان (مزرعه بهره‌بردار در شهرستان فریدن)، استان آذربایجان‌شرقی (مزارع بهره‌بردار در شهرستان‌های سراب، بستان‌آباد، ورزقان و هریس)، استان زنجان (مزارع بهره‌بردار روستای سارمساقلو و نیک‌پی)، استان لرستان (مزرعه مرکز خدمات کشاورزی روستای ده‌پیر خرم‌آباد) و استان البرز (ایستگاه تحقیقات البرز کرج) و مزرعه بهره‌بردار (روستای سوهان شهرستان طالقان) کشت شدند. یادآوری می‌شود که از ده سایت انتخاب شده نه سایت از مزارع بهره‌برداران انتخاب شده و فقط یک سایت در استان البرز از ایستگاه تحقیقات البرز (کرج) انتخاب گردید. با توجه به ماهیت طرح ترویجی، در هریک از مکان‌های دهگانه، بذر دو جمعیت منتخب ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ همراه با جمعیت بومی (شاهد) در سه قطعه زمین جدا از هم و بدون تکرار هریک به مساحت ۲۵۰ مترمربع کشت شدند. روش کاشت و داشت (آبیاری و وجین) براساس روش سنتی رایج در مزارع بهره‌برداران انجام شد.

اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری شاخص شدت بیماری، جمعیت‌های متحمل به صورت طبیعی در کنار جمعیت‌های حساس کشت شدند و از لحاظ آلودگی ارزیابی گردیدند. نحوه آلودگی جمعیت‌ها به سفیدک به صورت طبیعی و با شرایط یکسان دما و رطوبت در مزرعه ایستگاه‌ها انجام شد. جمعیت‌ها به صورت طبیعی مورد آلودگی قرار گرفت. ارزیابی جمعیت براساس شاخص شدت بیماری به روش (Horsfall & Cowling,1978) براساس جدول ۱ انجام شد. در این روش برای هر نمونه ارزیابی شدت بیماری بر روی سه بوته تکرار (سه شاخه از هر بوته) گردید. براساس مقیاس (جدول ۱) با ثبت درصد بافت آلوده برگها روی شاخه که با علائم کلروزه شدن و تغییر رنگ به زرد بهمراه تشکیل پوشش نمدی خاکستری رنگ متشکل از ریسه و اسپورهای غیرجنسی قارچ مشخص شده بود، یادداشت‌برداری شدند. برای محاسبه شاخص شدت بیماری (Disease Severity Index)، سه شاخه از سه بوته برای هر تکرار به صورت تصادفی از سه ردیف کرت آزمایشی انجام شد. تعداد شاخه ارزیابی شده ۹ شاخه برای یک تکرار و ۲۷ شاخه برای سه ردیف (تکرار) بود. براساس این ارزیابی، جمعیت‌های بدون هیچگونه علائم بیماری و با شاخص شدت بیماری (صفر) به‌عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند. براساس درصد پوشش میسلیومی روی برگها جمعیت‌های با شاخص شدت بیماری (۰-۲۵)٪ به‌عنوان جمعیت‌های متحمل ارزیابی شدند. جمعیت‌های با شاخص شدت بیماری (۲۵-۵۰)٪ به‌عنوان جمعیت‌های نیمه‌حساس ارزیابی گردیدند. جمعیت‌های با شاخص شدت بیماری بالاتر از ۵۰٪ به‌عنوان جمعیت‌های حساس معرفی شدند.

جدول ۱- ارزیابی شاخص شدت بیماری (درصد آلودگی) جمعیت‌های اسپرس به بیماری سفیدک سطحی

Table 1- Evaluation of the disease severity index (percentage of infection) of Sainfion populations to powdery mildew disease

Evaluation of plant	Percentage of Infection
Resistance	0
Tolerate	25–0%
Semi susceptible	50–26%
Susceptible	100–51%

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه، در هر چین وزن علوفه‌تر هر کرت در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی بلافاصله پس از برداشت در مزرعه توزین شد. سپس ۳۰۰ گرم علوفه‌تر از هر کرت به‌صورت تصادفی جدا و در پاکت قرار داده و برای تعیین وزن ماده خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های علوفه در آزمایشگاه در دمای $75^{o}C$ به مدت ۴۸ ساعت خشک و بلافاصله توزین شدند و براساس جمع عملکرد کلیه چین‌ها عملکرد علوفه خشک برحسب تن در هکتار محاسبه گردید. علاوه بر این، ارتفاع بوته همه جمعیت‌ها در کلیه چین‌ها برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری

داده‌های دو سال سه جمعیت (۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ و شاهد) در ۱۰ مکان و سه چین برای صفات شاخص شدت بیماری، عملکردتر و خشک علوفه با استفاده از نرم‌افزار SAS9 تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد.

نتایج

شاخص شدت بیماری

نتایج مقایسه میانگین کل شاخص شدت بیماری نشان داد که این شاخص در جمعیت بومی بسیار بالا و تقریباً ۱۱

برابر بیشتر از شاخص شدت بیماری دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ بود (جدول ۲). میانگین شاخص شدت بیماری دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به ترتیب با ۴/۷۴ و ۴/۴۵ درصد بود که در مقایسه با شاهد با آلودگی ۴۸/۱۸ درصد کمتر بودند (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص شدت بیماری جمعیت‌ها در ده مکان

Table 2- Means comparison of disease severity index of the populations in ten locations

Province	Location	Populations		
		3001	15353	Native
Alborz	Karaj	8.16 b	6.83 b	57.50 a
Alborz	Talaghan	4.66 b	4.66 b	58.33 a
East Azarbaijan	Bostanabad	4.01 b	4.16 b	45.00 a
East Azarbaijan	Haris	2.83 b	3.50 b	33.38 a
East Azarbaijan	Sarab	4.66 b	5.16 b	47.50 a
East Azarbaijan	Varzaghan	3.10 b	4.30 b	35.00 a
Esfahan	Faridan	7.17 b	5.01 b	50.00 a
Loresatan	Dehpir Khorram	4.00 b	4.50 b	39.16 a
Zanjan	Nikpay	4.16 b	2.66 b	40.97 a
Zanjan	Sarmsaghlo	4.58 b	3.66 b	70.00 a
Mean		4.74 B	4.45 B	48.18 A

میانگین بین مکان‌ها (ستون‌ها) و بین جمعیت‌ها در (ردیف آخر) که دارای حروف مشابهی هستند براساس آزمون دانکن ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means of locations (column) and the means of genotypes (in the last row) followed by the same letter are not significantly different (p=0.05)

مقایسه عملکرد و ارتفاع در جمعیت‌ها

مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک در جمعیت‌ها (میانگین ۱۰ مکان در دو سال) نشان داد که جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳، دارای افزایش عملکرد به میزان ۲۰ و ۱۶ درصد نسبت به جمعیت بومی بودند (جدول ۳). افزایش عملکرد علوفه در جمعیت ۳۰۰۱ نسبت به شاهد در مکان‌های البرز ۸٪، طالقان ۶۰٪، بستان‌آباد ۱۹٪، هریس ۱۶٪، سراب ۱۸٪، ورزقان ۲۱٪، فریدن ۱۱٪ و ده‌پیر خرم‌آباد ۸۲٪ بود (جدول ۳). افزایش عملکرد جمعیت ۱۵۳۵۳ نسبت به شاهد در مکان‌های کرج ۱۱٪، طالقان ۵۶٪، بستان‌آباد ۱۶٪، هریس ۶٪، سراب ۱۱٪، ورزقان ۱۴٪، فریدن ۲۰٪ و ده‌پیر خرم‌آباد ۸۲٪ بود. عملکرد علوفه خشک دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ در دو مکان نیک‌پی و سارمساقلو (زنجان) با جمعیت بومی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در جمعیت‌ها (میانگین ۱۰ مکان در دو سال) نشان داد که جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ دارای افزایش ارتفاع به ترتیب ۱۴ و ۲۰ درصد نسبت به جمعیت بومی بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین ارتفاع گیاه جمعیت‌ها در مکانهای آزمایش نشان داد که در جمعیت ۳۰۰۱ افزایش ارتفاع گیاه در طالقان ۱۲٪، بستان‌آباد ۱۷٪، هریس ۱۷٪، سراب ۳۳٪، ورزقان ۱۲٪، ده‌پیر خرم‌آباد ۲۴٪، نیک‌پی ۷٪ و سارمساقلو ۱۰٪ نسبت به شاهد برتری داشتند. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه جمعیت ۱۵۳۵۳ در مکان‌های آزمایشی نشان داد که افزایش ارتفاع بوته در این جمعیت به نسبت‌های ۱۳٪ در کرج، ۹٪ در بستان آباد، ۱۱٪ در هریس، ۱۷٪ در سراب، ۷٪ در ورزقان و ۷٪ در ده پیر، بیشتر از جمعیت بومی بود. بین ارتفاع گیاه جمعیت ۱۵۳۵۳ در مکان‌های آزمایش فریدن و سارمساقلو با جمعیت بومی تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد و در مقابل در مکان نیک‌پی، ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۱۰٪ کمتر بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک و ارتفاع بوته بین جمعیت‌ها در ده مکان

Table 3- Means of forage yield and Plant height between populations in ten locations.

Province	Location	DM yield (Kg/h)			**Plant height** (cm)		
		3001	15353	Native	3001	15353	Native
Alborz	Karaj	9.07[a]	9.26[a]	8.36[b]	63.12[b]	75.84[a]	67.28[b]
Alborz	Talaghan	6.87[a]	6.60[a]	4.22[b]	90.00[a]	77.33[b]	80.13[b]
East Azarbaijan	Bostanabad	5.70[a]	5.60[a]	4.84[b]	97.94[a]	91.39[a]	83.78[b]
East Azarbaijan	Haris	6.05 [a]	5.56[b]	5.26 [b]	100.61[a]	92.56[b]	83.33[c]
East Azarbaijan	Sarab	5.84[a]	5.47[a]	4.94 [a]	78.89[a]	69.22[b]	59.33[c]
East Azarbaijan	Varzaghan	5.25[a]	4.95[b]	4.35[b]	108.28[a]	103.22[a]	96.89[b]
Esfahan	Faridan	7.32[a]	7.95[a]	6.61[b]	90.72[a]	98.78[a]	93.89[a]
Loresatan	Dehpir	13.10[a]	13.05[a]	7.16[eb]	73.44[a]	62.78[b]	58.83[c]
Zanjan	Nikpay	10.12[a]	7.87 [b]	10.45[a]	102.72[a]	85.61[c]	95.56[b]
Zanjan	Sarmsaghlo	8.09[a]	8.01[a]	8.14[a]	99.13[a]	88.71[b]	89.96[b]
Mean		7.69A	7.44B	6.48C	84.46B	89.50A	74.30C

میانگین بین مکان‌ها (ستون‌ها) و بین جمعیت‌ها در (ردیف آخر) که دارای حروف مشابهی هستند براساس آزمون دانکن ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means of locations (column) and the means of genotypes (in the last row) followed by the same letter are not significantly different (p=0.05)

مقایسه میانگین عملکرد و ارتفاع در چین‌ها

عملکرد علوفه خشک در چین اول به ترتیب ۹۷٪ و ۱۰۰٪ از چین‌های دوم و سوم بیشتر بود. از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین عملکرد علوفه چین‌های دوم و سوم مشاهده نشد (جدول ۳). روند کاهش عملکرد علوفه خشک در چین دوم نسبت به چین اول بجز مناطق فریدن و نیک‌پی زنجان بین ۳۰ تا ۷۵ درصد بود. این روند کاهشی برای چین سوم بین ۲۴ تا ۸۲ درصد بود (**جدول ۴**). ارتفاع گیاه چین اول نسبت به چین‌های دوم و سوم به ترتیب ۲۳ و ۴۳ درصد بیشتر بود. میزان ارتفاع گیاه چین اول نسبت به چین‌های دوم و سوم به ترتیب در مکان‌های کرج (۵۰٪ و ۷۹٪)، طالقان (۱۷٪ و ۱۳٪)، بستان‌آباد (۱۳٪ و ۳۳٪)، هریس (۴۹٪ و ۹۷٪)، سراب (۴٪، ۱۶٪)، ورزقان (۱۰٪ و ۶٪)، فریدن (۳۰٪ و ۶۳٪)، ده‌پیر خرم‌آباد (۷٪ و ۱۸٪)، نیک‌پی (۱۳٪ و ۲۱٪) و سارمساقلو (۵۴٪ و ۱۰۰٪) بیشتر بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین بین مکان‌ها برای عملکرد علوفه و ارتفاع گیاه در هریک از چین‌ها

Table 4- Means comparison of ten locations forage DM yield Plant height in each cut

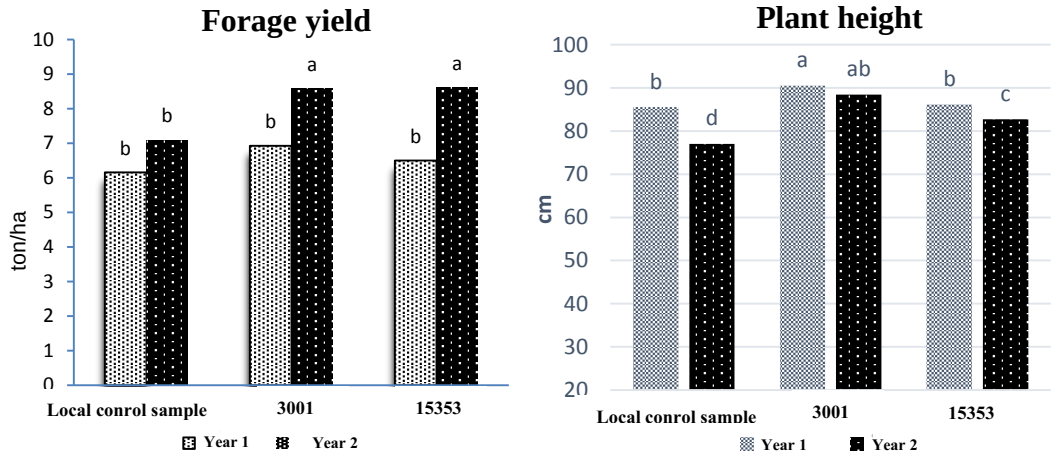
Province	Location	DM yield (Kg/h)			Plant height (cm)		
		Cut1	Cut 2	Cut 3	Cut 1	Cut 2	Cut 3
Alborz	Karaj	4.25[a]	2.99[b]	1.73[c]	92.8[a]	61.7[b]	51.7[b]
Alborz	Talaghan	2.31[a]	1.76[b]	1.76[b]	102.9[a]	88.06 [b]	91.28 [b]
East Azarbaijan	Bostanabad	3.65 [a]	0.96[b]	0.72[b]	91.33[a]	80.67[b]	68.44[c]
East Azarbaijan	Haris	3.95[a]	0.98[b]	0.69[b]	127.1[a]	85.06[b]	64.33[c]
East Azarbaijan	Sarab	3.78[a]	1.01[b]	0.65[c]	100.1[a]	96.83[a]	86.44[b]
East Azarbaijan	Varzaghan	3.18[a]	0.98[b]	0.71[b]	93.61[a]	84.83[b]	98.33[a]
Esfahan	Faridan	2.83[a]	2.43[a]	2.02[a]	114.7[a]	88.0[b]	70.30[c]
Loresatan	Dehpir	6.57[a]	1.70[c]	2.83[b]	110.8[a]	103.7[ab]	93.83[b]
Zanjan	Nikpay	3.35[a]	3.30[a]	2.93[b]	77.06[a]	68.11[b]	62.28[b]
Zanjan	Sarmsaghlo	2.21[a]	2.18[a]	2.68[a]	94.11[a]	61.00[b]	39.94[c]
Mean		3.59A	1.82B	1.77B	100.3A	81.22B	70.35C

میانگین بین مکان‌ها (ستون‌ها) و بین چین‌ها در (ردیف آخر) که دارای حروف مشابهی هستند براساس آزمون دانکن ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Means of locations (column) and means of cuts (in the last row) followed by the same letter are not significantly different (p=0.05)

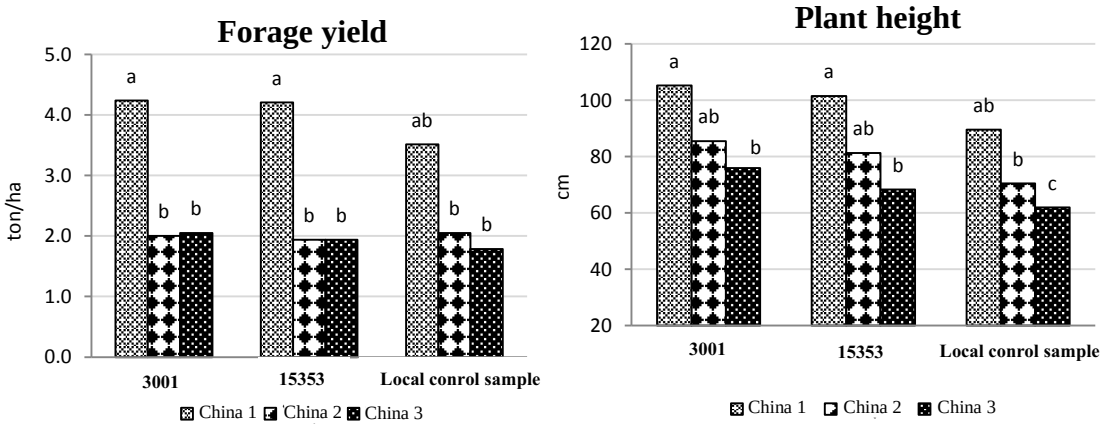
اثر متقابل جمعیت در سال

مقایسه میانگین اثرهای متقابل ژنوتیپ در سال برای عملکرد علوفه معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه جمعیت‌های ۱۵۳۵۳ و ۳۰۰۱ و شاهد بومی در سال دوم به‌میزان ۲۵، ۳۲ و ۱۵ درصد نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل ۱). از لحاظ ارتفاع گیاه، نتایج نشان داد که در جمعیت‌های منتخب تفاوت معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد ولی در جمعیت بومی میانگین ارتفاع در سال دوم به میزان ۱۰ درصد نسبت به سال اول کمتر بود. بنابراین می‌توان گفت بعلت وجود اثرهای متقابل، روند کاهش ارتفاع گیاه در جمعیت‌ها در سال دوم متفاوت بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در سال برای عملکرد علوفه و ارتفاع بوته (میانگین ۳ ژنوتیپ در ده مکان آزمایشی)

Figure 1- Means comparison of genotype × year interaction on forage DM yield and plant height (Average of three genotypes in 10 locations)



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در چین برای عملکرد علوفه و ارتفاع بوته (میانگین ده مکان آزمایشی در دو سال)

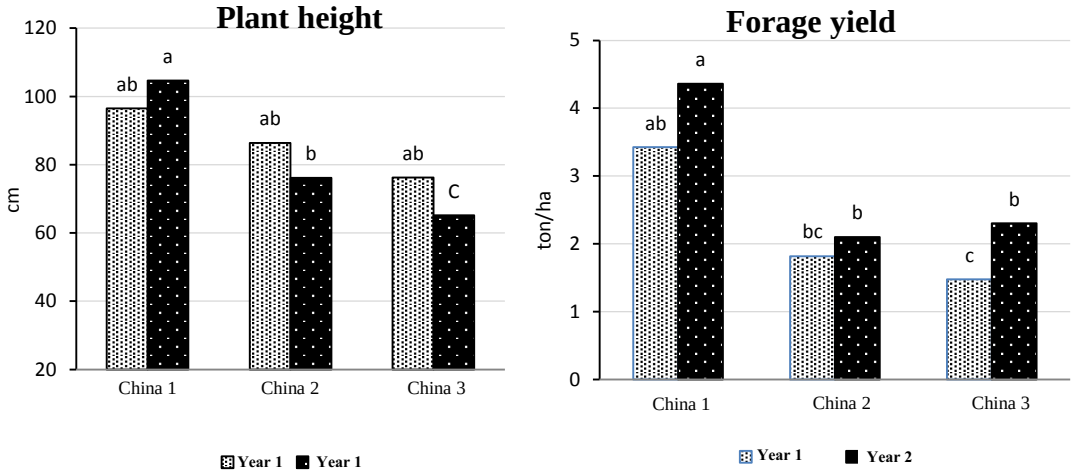
Figure 2- Means genotype × year interaction on forage DM yield and plant height (Mean of three (Average of 10 locations in two years)

اثر متقابل جمعیت در چین

نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل جمعیت در چین برای عملکرد علوفه نشان داد که میانگین عملکرد علوفه جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ و شاهد بومی در چین‌های دوم و سوم نسبت به چین اول به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۳۷ درصد کمتر بود (شکل ۲). در چین اول عملکرد علوفه دو جمعیت منتخب ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ از جمعیت بومی بیشتر بود ولی در چین‌های دوم و سوم تفاوت معنی‌داری بین عملکرد علوفه سه جمعیت مشاهده نشد (شکل ۲). ارتفاع گیاه جمعیت ۳۰۰۱ در چین اول به میزان ۱۸ و ۲۷ درصد از چین دوم و سوم بیشتر بود. ارتفاع گیاه جمعیت ۱۵۳۵۳، در چین اول به میزان ۲۰ و ۳۳ درصد نسبت به چین دوم و سوم بیشتر بود (شکل ۲).

اثر متقابل چین در سال

نتایج مقایسه میانگین اثرهای متقابل چین در سال نشان داد که عملکرد علوفه در سال دوم در چین‌های ۱ و ۲ و ۳ به میزان ۱۸، ۷ و ۴۴ درصد نسبت به سال اول بیشتر بود (شکل ۳). با توجه به وجود اثرهای متقابل، بیشترین افزایش عملکرد علوفه در چین ۱ بدست آمد (شکل ۳). ارتفاع گیاه در چین ۱ در سال دوم به میزان ۸ درصد نسبت به سال اول بیشتر بود ولی در چین‌های ۲ و ۳ روند بعکس بود و میانگین ارتفاع در سال اول بیشتر بود (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین اثر متقابل چین در سال برای عملکرد علوفه خشک و ارتفاع گیاه (میانگین سه جمعیت در ده مکان آزمایشی)

Figure 3- Means of cut by year interaction effect for DM yield and plant height of three genotypes in 10 locations.

بحث

شاخص شدت بیماری سفیدک سطحی

میانگین کل شاخص شدت بیماری (میانگین ۱۰ مکان) در جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به ترتیب ۴/۷۴ و ۴/۴۵ درصد بود که نشان‌دهنده متحمل بودن دو جمعیت منتخب نسبت به بیماری سفیدک سطحی اسپرس می‌باشد. شاخص شدت بیماری جمعیت‌های بومی بالا (بین ۲۵ تا ۵۰ درصد) بود و بر این اساس جمعیت‌های ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ متحمل به سفیدک ارزیابی شدند. این نتایج در جمعیت‌های برتر در ۱۰ مکان و در هر دو سال نشانگر ثبات در واکنش تحمل به بیماری است. نتایج این تحقیق با نتایج Jamali Zavvareh و Tadayyon (۲۰۰۶) مطابقت داشت. آنان با انجام پژوهشی روی واکنش ۱۲ اکوتیپ اسپرس به بیماری سفیدک پودری اسپرس در شرایط طبیعی در مزرعه در شهرکرد، تفاوت معنی‌داری را بین اکوتیپ‌ها در واکنش به بیماری مشاهده نمودند و گزارش کردند که اکوتیپ گلپایگان با ۶۱٪ شدت آلودگی به‌عنوان حساس به بیماری و اکوتیپ فریدن با ۳/۵٪ کمترین شدت آلودگی به‌عنوان

متحمل به بیماری شناسایی شدند. در این راستا Alizadeh و همکاران (۲۰۱۲)، در یک پروژه ارزیابی مقدماتی ۶۰ جمعیت اسپرس در ایستگاه البرز کرج به این نتیجه رسیدند که شاخص شدت بیماری دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به میزان ۴/۳ و ۷/۳ درصد نسبت به سایر جمعیت‌ها کمتر بوده و به‌عنوان دو توده متحمل به سفیدک سطحی انتخاب شدند. در ادامه تحقیق آنها، در مرحله دوم ۱۹ جمعیت منتخب به مدت ۴ سال در ۵ مکان کشت شدند و از لحاظ تحمل به بیماری سفیدک سطحی بررسی گردیدند. نتایج نشان داد که دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ با شاخص شدت بیماری به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد به عنوان دو جمعیت متحمل در هر ۵ مکان شناسایی شدند (Alizadeh., *et al.*, 2017). تحمل‌پذیری به این بیماری علاوه بر شرایط محیطی و مراحل رشدی گیاه، وابسته به رقم و گونه اسپرس است که برای کاشت انتخاب می‌شود. به‌طورکلی اسپرس‌هایی با منشأ اروپایی و مدیترانه‌ای حساسیت بیشتری به سفیدک دارند (Marais *et al.*, 2000; Morrill, *et al.*, 1998). گونه‌های حساس میزان آلکالوئید کمتری نسبت به سایر گونه‌های اسپرس داشته و این کمبود آلکالوئید سبب حساسیت بالای این گونه از گیاهان به بیماری می‌شود. بر خلاف گونه‌های اروپایی، گونه‌هایی با منشأ کوهستانی دارای تحمل‌پذیری بیشتری به بیماری سفیدک هستند که علت این موضوع، توانایی تولید متابولیت‌های ثانویه بیشتر در آنهاست (Rahjo *et al.*, 2024).

عملکرد علوفه و ارتفاع گیاه

براساس مقایسه میانگین کل عملکرد علوفه جمعیت‌ها در ده مکان آزمایشی، دو جمعیت متحمل به سفیدک ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به‌ترتیب دارای افزایش تولید به میزان ۲۰ و ۱۶ درصد نسبت به جمعیت بومی شاهد بودند. اثر متقابل ژنوتیپ در سال معنی‌دار بود و عملکرد علوفه سه جمعیت ۱۵۳۵۳، ۳۰۰۱ و جمعیت بومی در سال دوم به ترتیب ۲۵، ۳۲ و ۱۵ درصد نسبت به سال اول بیشتر بود. دلیل افزایش عملکرد در سال دوم این است که در سال اول که سال استقرار بوده گیاه تلاش می‌کند تا با توسعه ریشه مستقر شود و به همین دلیل رشد اندام هوایی آن کاهش می‌یابد و در سال دوم میزان عملکرد علوفه به مراتب بیشتر است (Jafari *et al.*, 2014). نتایج مقایسه میانگین چین‌ها نشان داد که عملکرد چین اول دارای افزایش ۹۹ و ۱۰۰ درصدی به عملکرد چین‌های دوم و سوم بود. این نتایج با نتایج Jafari و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت، زیرا آنها عملکرد علوفه بیشتر را در چین اول مشاهده کردند و دلیل آن را افزایش فتوسنتز گیاه با طولانی شدن طول روزها در فصل بهار و افزایش عملکرد اسپرس در مرحله گلدهی دانسته‌اند. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ با جمعیت بومی نشان داد که افزایش ارتفاع دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به میزان ۲۰ و ۱۰ درصد نسبت به جمعیت بومی بیشتر بود. در جمعیت‌های منتخب تفاوت معنی داری بین میانگین ارتفاع گیاه در دو سال مشاهده نشد ولی میانگین ارتفاع جمعیت بومی در سال دوم به میزان ۱۰ درصد نسبت به سال اول کاهش یافت. در مقایسه بین چین‌ها، ارتفاع گیاه در چین اول از چین دوم و سوم بیشتر بود. علت این پدیده، استقرار مناسب و برخوردار بودن گیاه از شرایط مناسب رشد در چین اول می‌باشد.

براساس یافته‌های این تحقیق، دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ به‌دلیل دارا بودن شاخص شدت بیماری زیر ۱۰٪ و افزایش عملکرد به ترتیب ۲۰٪ و ۱۶٪ نسبت به جمعیت بومی و متعاقب بازدید کارشناسان مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال از مزارع تحقیقی ترویجی، در جلسه کمیته معرفی رقم به عنوان دو رقم جدید به نام بردبار ۱ و بردبار ۲ برای کشت آبی و دیم معرفی شدند.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود بذر گواهی شده به‌صورت انبوه توسط شرکت‌های دانش بنیان یا کشاورزان پیشرو زیر نظر اصلاح‌گر تولید گردد. بذر گواهی شده این دو رقم جدید اسپرس توسط معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی به منظور کشت آبی و توسط دفتر مرتع سازمان منابع طبیعی کشور برای کشت دیم

در اختیار بهره‌برداران قرار گیرد.

سپاسگزاری

از رئیس و معاون محترم پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، مسئول محترم و کارشناسان آزمایشگاه تکنولوژی بذر بانک ژن منابع طبیعی قدردانی می‌گردد.

References

- Alizadeh, M.A., Amirkhani, M., Saiedian, S.E. and Pahlevani, M.R. 2021: On farm Research and Extension projects of cultivation in tolerant populations of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*) to powdery mildew in Loresatan province, Iran, Final Report, Publish: Research Institute of Forests and Rangelands, Pp: 1-29.
- Alizadeh, M.A., Jafari, A.A, Sepavand, K., Davazdahemami,S., Moeini., M.R.and Moaied, Normand, F. 2017. The assessment and seed production in some tolerant populations in sainfoin (*Onobrychis sativa*) to powdery mildew in stations: Alborz, Zanjan, Esphahan, West Azabijan state and Lorestan (II phase), Final report, (In Persian-Abstract in English, PP: 1-62.
- Alizadeh, M.A., Jafari, A.A., Hesamzadeh Hejazi, M., Sadeghi, S.E., Arefipour, M.R. and. Amirkhani, M. 2012. The assessment for powdery mildew resistance in populations of *Onobrychis sativa*, Publication of Research Institute of Forest and Rangeland. Final report, (In Persian-Abstract in English, PP: 1-158.
- Alizadeh, M.A., Jafari, A.A., Sayedian S.E., Amirkhani M., Pahlevani M. R., Fallah Hoseini L. and Ramezani Yeganeh M. 2018. Evaluation of yield and quality traits of tolerant and semi tolerant populations to powdery mildew in sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 26 (2):311- 326.. DOI 10.22092/ijrfpbgr.2017.115417.1273
- Arquillue, C.P., Conchello, P. Arino, A., Juan, T. and Herrera.,A. 1995. Physiochemical attributes and pollen spectrum of some unifloral Spanish honeys. Food Chemistry 54: 167-17. 0308-8146/95/$9.50
- Bamdadian F. 1991. Importance of forage plant disease in Iran. Research Institute of Plant Pest and Disease, Tehran, Iran. (In Persian).
- Bolger, T. P.; Matches, A. G. and Kidambi, S. P. 1990: Mineral concentration in alfalfa and sainfoin as influenced by soil moisture level. Agron. J. 82: 229-234.
- Carbonero, C, H., -Harvey, I M., Terence, A., Brown, T.A. and Smith, L. 2011: Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): A beneficial forage legume. Plant Genet, Plant Genetic Resources 9(01):70–85. doi:10.1017/S1479262110000328
- Elgin,. J. H. Wetly, R. E. and Gitchrist, D. B. 1988. Breeding for disease and nematode resistance. Alfalfa and alfalfa improvement, C.H. Hanson, pp. 827-837.
- Fairey, N.A. and Lefkovitch, L.P.. 1990. Herbage production conventional mixtures Vs. Alternating strips of grass and legume. J. Agron. 82: 737-744. /doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200040018x
- Hidarian, A. and Mollaie, A.R., 2001. Evaluation and comparing of endemic forage sainfoin ecotypes under Powdery mildew disease stress, Final Report, Agriculture Research Location of Charmohal Bakhtiari, Publication of Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. (In Persian).
- Hidarian, A.and Mollaie, A.R., 2002. Evaluation and comparing of endemic forage yield sainfoin ecotypes under Powdery mildew disease stress, 15th Plant Protection Congress, Tehran, Iran. P81. (In Persian).
- Hijano, E. H., Barners, D. K. and Frosheiser, F. I. 1982. Inheritance of Fusarium wilt resistance in alfalfa. Report of 28 alfalfa improvement conferences. University of California.pp.39.
- Horsfall, J. G. and Cowling, E. B. 1978. Pathometry: the measurement of plant disease, in J. G. Horsfall & E. B. Cowling (Ed.): Plant disease: An advanced treatise. II. How disease develops in populations. Academic Press, New York, p. 119-136.
- Hume, L.G., Withers, N.J. and Rhoades, D.A. 1985. Nitrogen fixation in sainfoin. Effectiveness of the nitrogen-fixing system. New Zealand. J. Agric. Res. 28: 337-348. Doil 20.1001.1.15625540.1381.4.1.2.3
- Jafari, A. A. 2002: Genetic variation for fodder yield and quality in half-sib families of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) grown as spaced plants and swards, Iranian Journal of Crop Sciences,4(1): 9-24. (In Persian). Doil: 20.1001.1.15625540.1381.4.1.2.3
- Jafari, A. A., Rasoli, M., Tabaei-Aghdaei, S.A., Salehi Shanjani, P. and Alizadeh, M.A. 2014. Evaluation of herbage yield, agronomic traits and powdery mildew disease in 35 populations of sainfoin *(Onobrychis sativa*) across 5 environments of Iran. Romanian Agricultural Research, No. 31, 42-48. www.incda-fundulea.ro. DII 2067-5720 RAR 2014-383.
- Jamali Zavvareh, A. and Tadayyon, A. 2006. Reaction of different sainfoin ecotype to powdery mildew. Abstract of the 9th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Tehran, Iran. 27 Sep 2006: (In Persian).
- Kidambi, S.P., Matches, A. G. and Bolger, T.P 1990.

Mineral Concentrations in Alfalfa and Sainfoin as Influenced by Soil Moisture Level J, Agron. 82:229-236.
- Majidi, M. M. 2001. Evaluation of genetic diversity for agronomical and qualitative traits and effect of induced mutation via Ethyl-Methan Sulfonat (EMS) in Sainfoin. MSc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Industry, Isfahan, Iran (in Persian).
- Marais, J.P., Mueller-Harvey, I., Brandt, E.V. and Ferreira, D. 2000. Polyphenols, condensed tannins, and other natural products in *Onobrychis viciifolia* (sainfoin). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(8): 3440-3447.
- Mazahery-Laghab, H. 2015. Introduction to forage crops. Bu-Ali Sina University Press. 290pp. (In Persian)
- Mohajer, S., Jafari, A. A. and Taha, R. M. 2011. Studies on seed and forage yield in 10 populations of sainfoin (Onobrychis sativa) grown as spaced plants and swards. J. Food Agric. Environ. 9: 222-227. doi10.5958/j.0976-0571.37.3.037
- Morrill, W.L., Ditterline, R.L. and Cash, S.D. 1998. Insect pests and associated root pathogens of sainfoin in western USA. Field Crops Research, 59(2): 129-134.
- Mowrey, D. P. and Volesky, J. D. 1993. Feasibility of grazing sainfoin on the southern Great Plains. Journal of Range Management, 46(6), 539-542. DOI 10.2307/4002868
- Naseri B and Marefat A. 2008, Seasonal dynamics and prevalence of alfalfa fungal pathogens in Zanjan province, Iran. International Journal of Plant Production 2(4):327-340. 1735-8043 (Online).
- Rahjo, V., Ghobi, V., Moghadam,A. and Abbasi, M.R: 2024: Evaluation of the tolerance of 10 different sainfoin populations to powdery mildew disease in the climatic conditions of Karaj, Iran, Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 31(2),:205-219: DOI: 10.22092/IJRFPBGR.2024.363510.1450.
- Sharifnabi B and Banihashemi Z. 1990. Study of the *Leveillula taurica*, the incident of sainfoin powdery mildew in Esfahan, province. Iranian Journal of Plant Pathology 26:7–9. (In Persian).
- Teresa Sebastià, M., Banagar, F., Palero, N., Ibáñez, M. and Plaixats J. 2024. Quality production of *Sainfoi*n Swards Challenged by Global Change in Mountain Areas in the Western Mediterranean, Agronomy 2024, 14(1), 6; https://doi.org/10.3390/agronomy14010006