Research Article

Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research DOI: 10.22092/IJRFPBGR.2024.363510.1450

Vol. 31, No. 2, Page 205-219 (2024)

Evaluation of the tolerance of 10 different Sainfoin (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) populations to powdery mildew disease in the climatic conditions of Karaj, Iran

Vahid Rahjoo[1*], Vida Ghotbi[2], Ali Moghaddam[3] and Mohammad Reza Abbasi[4]

1. * Corresponding author, Assistant. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: v.rahjoo@areeo.ac.ir
2. Assistant. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Associate. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Associate. Prof., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

Received: 13.09.2023 Accepted: 26.11.2023

Extended Abstract

Background and objectives

Powdery mildew of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia* Scop) is one of the most important diseases of this crop, which primarily spreads in the last cuts and causes loss. If this disease spreads widely on plants, it will cause the loss of leaves and, as a result, reduce the crop's forage yield. On the other hand, because there is little research in this field in the country, it was necessary to conduct research to identify the superior populations that are tolerant to the disease and have desirable agronomic traits, which was the goal of this study.

Methodology

For investigating the reaction of different populations of sainfoin (*Onobrychis viciaefolia*) to powdery mildew, an experiment was conducted using a randomized complete block design in three replications in Karaj, Iran, with ten treatments including two improved populations and eight ecotypes of cultivated sainfoin collected from its habitat and identified from different regions of the country. Evaluation of powdery mildew disease was done in natural conditions in the last cut of plants in the summer of 2021. Disease evaluation of treatments in the field was done by recording traits such as disease incidence and severity. Also, a greenhouse experiment was conducted on the same populations using a completely randomized design with four replications of the treatments, and at least five plants were considered for each ecotype in each replication.

The inoculum was prepared by creating a spore suspension with a concentration of 106 spores per ml and sprayed on sainfoin seedlings of different ecotypes at the four to five-week stage that had eight to ten leaves in a greenhouse with a temperature of 23 to 29°C and relative humidity of about 75%. The reaction of ecotypes to the disease was evaluated two weeks after inoculation, and the infection percentage of each population was recorded. The evaluation in the greenhouse and the scoring scale similar to the field evaluation was conducted following a scoring scale of one to four based on the treatments' disease severity percentage. Also, the dry matter (DM) yield of populations for four cuts was calculated.

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)

Results

Based on the variance analysis data of the field trial in Karaj over two years, it was concluded that there was a significant difference for both disease severity and disease incidence at α=1% level. Also, there was a significant difference in disease severity and incidence at α=1% level among all populations in greenhouse trials. The results related to the disease incidence of the populations in both years showed that in the field trials among all the populations in the first and second years of the research, population number 2 had the minor disease incidence in the field, with values of 33 and 30 percentages, respectively. In the greenhouse test, the same population with values of 47 and 60 percent, respectively, had the lowest DI rate among the populations. Also, the results related to the disease severity (DS) of the populations in two years showed that population number 2 was known to be the most tolerant to the disease, with values of 18 and 10 percent in the first and second years, respectively, and other populations were considered as susceptible to the disease. In greenhouse trials, population number 2 was recognized as the most tolerant population, with 23% and 22% disease severity in the first and second years, respectively, and other populations showed a semi-susceptible to susceptible reaction to the disease.

Conclusion

In total, by comparing the average data in field and greenhouse tests over two years, it was concluded that population number 2, with an average disease severity of 14% and an average dry matter yield of 14.68 tons per hectare, was known as a disease-tolerant population coupled with desirable dry matter yield. Although this population was not completely resistant to powdery mildew, it was introduced as a semi-resistant variety (MR) to the disease, as its disease severity was less than 25% in all experiments.

Keywords: Disease severity, *Leveillula taurica*, powdery mildew, sainfoin, susceptibility.

ارزیابی میزان تحمل‌پذیری ده جمعیت مختلف اسپرس به بیماری سفیدک پودری در شرایط اقلیمی کرج

وحید رهجو[۱*]، ویدا قطبی[۲]، علی مقدم[۳] و محمدرضا عباسی [۴]

۱*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

پست‌الکترونیک: v.rahjoo@areeo.ac.ir

۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- دانشیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۵

چکیده

سابقه و هدف:

بیماری سفیدک پودری یا سطحی اسپرس (*Onobrychis viciaefolia* Scop) یکی از مهمترین بیماری‌های این محصول است که بیشتر در چین‌های آخر شیوع پیدا می‌کند. این بیماری در صورتی که به‌طور وسیعی روی محصول گسترش یابد موجب نکروز شدن و ریزش برگ‌ها و کاهش عملکرد محصول می‌گردد. از سویی به دلیل اینکه تحقیقات محدودی در داخل کشور در این زمینه وجود دارد، انجام پژوهشی به منظور شناسایی جمعیت‌های متحمل به بیماری که در عین حال از خصوصیات زراعی مطلوبی نیز برخوردار باشند ضروری به نظر می‌رسید که در این تحقیق بررسی شده است.

مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی واکنش جمعیت‌های مختلف اسپرس (*Onobrychis viciaefolia*) به بیماری سفیدک پودری آزمونی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با ۱۰ تیمار شامل دو جمعیت بهبود یافته و هشت اکوتیپ جمع‌آوری شده از رویشگاه و شناسایی شده اسپرس زراعی از مناطق مختلف ایران به مدت دو سال در منطقه کرج اجرا گردید. ارزیابی بیماری سفیدک پودری در شرایط طبیعی در تابستان هر دو سال در چین چهارم انجام گردید. ارزیابی آلودگی در تیمارها در مزرعه با ثبت صفاتی مانند درصد آلودگی و شدت بیماری انجام شد. همچنین یک آزمون گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بر روی تیمارها انجام و برای هر جمعیت در هر تکرار حداقل پنج بوته در نظر گرفته شد. زادمایه با ایجاد سوسپانسیون اسپوری به غلظت 10^6 کنیدیوم در میلی‌لیتر تهیه شده و بر روی گیاهچه‌های اسپرس مربوط به جمعیت‌های مختلف در مرحله چهار تا پنج هفتگی که دارای هشت تا ده برگچه بودند در گلخانه‌ای با شرایط دمای ۲۳ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد اسپورپاشی شدند. ارزیابی واکنش جمعیت‌ها به بیماری دو هفته پس از مایه‌زنی انجام و میزان درصد آلودگی هر جمعیت ثبت شد. ارزیابی در گلخانه و مقیاس نمره‌دهی مشابه ارزیابی در مزرعه براساس یک مقیاس نمره‌دهی یک تا چهار مبتنی بر درصد شدت بیماری تیمارها انجام شد. همچنین عملکرد ماده خشک علوفه برای جمعیت‌ها در کل چهار چین محاسبه گردید.

نتایج:

به استناد داده‌های تجزیه واریانس آزمون مزرعه‌ای در کرج، طی دو سال جمعیت‌های یادشده، هم از لحاظ شدت بیماری و هم درصد آلودگی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪= α نشان دادند. در آزمون‌های گلخانه‌ای نیز کلیه جمعیت‌ها از نظر شدت بیماری و درصد آلودگی اختلاف معنی‌داری در سطح

٪۱= α نشان دادند. بررسی نتایج مربوط به صفت درصد آلودگی جمعیت‌ها در دو سال نشان داد که درمجموع آزمون‌های مزرعه‌ای در بین کلیه جمعیت‌ها، جمعیت شماره ۲ در سال‌های اول و دوم تحقیق به ترتیب با ۳۳ و ۳۰ درصد، کمترین آلودگی را به بیماری در مزرعه نشان داده است. در آزمون گلخانه‌ای نیز همین جمعیت با ۴۷ و ۶۰ درصد کمترین میزان آلودگی را بین جمعیت‌ها دارا بود. همچنین بررسی نتایج مربوط به صفت شدت بیماری جمعیت‌ها در دو سال نیز نشان داد که جمعیت شماره ۲ به ترتیب با ۱۸ و ۱۰ درصد در سال‌های اول و دوم، متحمل‌ترین جمعیت اسپرس به بیماری در کرج شناخته شد و سایر جمعیت‌ها نسبت به بیماری حساس برآورد شدند. در آزمون‌های گلخانه‌ای نیز جمعیت شماره ۲ با ۲۳ و ۲۲ درصد شدت بیماری به ترتیب در سال‌های اول و دوم متحمل‌ترین جمعیت شناخته شد و سایر جمعیت‌ها واکنش نیمه‌حساس تا حساس به بیماری نشان دادند.

نتیجه‌گیری:

در مجموع با مقایسه میانگین داده‌ها در آزمون‌های مزرعه‌ای و گلخانه‌ای طی دو سال می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت شماره ۲ با میانگین شدت بیماری ۱۴ درصد و میانگین عملکرد ماده خشک علوفه ۱۴/۶۸ تن در هکتار در سال، به عنوان رقمی متحمل به بیماری با عملکرد ماده خشک علوفه مناسب شناخته شد. اگرچه این رقم مقاومت کامل به بیماری سفیدک سطحی ندارد ولی چون شدت بیماری آن در همه آزمون‌ها کمتر از ۲۵ درصد بوده به عنوان رقم نیمه‌مقاوم معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: اسپرس زراعی، حساسیت، سفیدک سطحی، شدت بیماری، *Leveillula taurica* .

مقدمه

اسپرس (*Onobrychis viciaefolia* Scop) گیاهی علوفه‌ای از تیره لگوم‌ها است که قدمت کشت زیادی در ایران دارد (Mazahery-Laghab, 2015). گیاه اسپرس یکی از گیاهان علوفه‌ای و مرتعی مهم در بسیاری از نقاط ایران ازجمله اصفهان، کردستان، اردبیل، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان‌شرقی و غربی و برخی نقاط دیگر به‌شمار می‌رود. این گیاه به دلیل وجود تانن و عدم ایجاد نفخ به عنوان یک گیاه علوفه‌ای مناسب برای ایجاد چراگاه است. همچنین این گیاه توسط سرخرطومی یونجه تغذیه نمی‌شود و به این آفت مقاوم می‌باشد (Kaplan, 2011). یکی دیگر از خصوصیات مهم اسپرس، مقاومت این گیاه به سرما است که البته این مورد به نوع رقم مورد کشت نیز وابسته است (Li, 2008). یکی از مهمترین بیماریهای اسپرس بیماری سفیدک پودری یا سطحی می‌باشد که خسارتهای عمده‌ای را به چین دوم و به‌ویژه چین سوم وارد می‌کند (Mehrian & Bamdadian,1990). عامل بیماری قارچ *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. می‌باشد. این قارچ گسترش جهانی داشته و بیشتر در مناطق گرم و خشک دنیا مانند آسیا، آفریقا، قسمت‌های جنوبی اروپا، اقیانوسیه و قسمت‌هایی از آمریکای شمالی پراکنده است (Mihail & Alcorn, 1984). قارچ عامل بیماری به دلیل ایجاد پوشش قارچی روی برگ و جلوگیری از عمل فتوسنتز باعث کندی رشد بوته‌ها و کاهش کیفیت محصول می‌گردد (Mehrian & Bamdadian,1990) و قسمت‌هایی از گیاه که شدیداً به بیماری آلوده می‌شوند، خشک شده و می‌ریزند (Celik *et al.*, 2011). براساس تحقیقات انجام شده توسط Sharifnabi و Banihashemi (۱۹۹۰) مشخص گردیده که میزان ماده خشک در اسپرس آلوده افزایش یافته ولی مقدار پروتئین خام و فسفر کاهش قابل ملاحظه و مقدار کلسیم کاهش مختصری داشته است. همچنین در تحقیقی دیگر بین درصد پروتئین خام و شدت بیماری همبستگی معنی‌داری مشاهده شد (Alizadeh *et al.*, 2013). در تحقیقی Nowroozian (1991) به بررسی ارزش غذایی اسپرس مبتلا به بیماری سفیدک سطحی و امکان کاربرد آن در تغذیه دام‌ها پرداخت. براساس نتایج این آزمون اگرچه مصرف اسپرس‌های آلوده به سفیدک سطحی عوارض جانبی یا بیماری خاصی بر روی دام ایجاد نکرد ولی در کل نتایج

به‌دست آمده در رابطه با غذای مصرفی برحسب ماده خشک نشان داد که اسپرس سالم خوش‌خوراک‌تر و قابل تحمل‌تر می‌باشد. در تحقیقی که در ایران در منطقه اصفهان در ارتباط با تعیین دامنه میزبانی و اختصاصی بودن میزبانهای *L. taurica* انجام شده، مشخص گردید که کنیدیوم‌های جمع‌آوری شده از هیچ‌یک از گیاهان زراعی به‌جز اسپرس روی اسپرس بیماری‌زا نبودند. ازاین‌رو، چنین به نظر می‌رسد که قارچ عامل بیماری سفیدک حقیقی اسپرس در استان اصفهان یک نژاد و یا فرم ویژه باشد. در این تحقیق قارچ *L. taurica* در استان اصفهان علاوه بر اسپرس روی یونجه و هشت گیاه غیر زراعی نیز یافت شد (Sharifnabi & Nekoei, 1996). ظهور نژادها و یا فرم‌های ویژه *L. taurica* توسط محققان مختلف ذکر شده است (Corell *et al.*, 1987). به عنوان مثال Vasjagina و همکاران (1961) یک فرم اختصاصی از *L. taurica* را روی اسپرس معرفی کرده‌اند.

تحمل‌پذیری به این بیماری علاوه بر شرایط محیطی و مراحل رشدی گیاه، وابسته به رقم اسپرسی است که برای کاشت انتخاب می‌شود. به‌طورکلی اسپرس‌هایی با منشأ اروپایی و مدیترانه‌ای حساسیت بیشتری به سفیدک دارند (Morrill *et al.*, 1998; Marais *et al.*, 2000). این گونه از اسپرس‌ها به‌طورکلی 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. این تحمل‌پذیری می‌تواند به دلیل بیان برخی از ژن‌های سنتز متابولیت‌های ثانویه در این گیاه باشد که در برنامه‌های اصلاحی دارای ارزش بالایی است (Marais *et al.*, 2000; Morrill *et al.*, 1998).

مطالعات زیادی در زمینه بررسی میزان تحمل‌پذیری اکوتیپ‌های اسپرس نسبت به این بیماری در دنیا وجود ندارد و تحقیقات در این زمینه در سایر نقاط جهان محدود می‌باشد. در پژوهشی که در این زمینه در سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ در ترکیه انجام شد، حساسیت تعداد ۱۱۹ جمعیت مختلف اسپرس شامل گونه، زیرگونه و واریته‌های جمع‌آوری شده در استان آنکارا در ترکیه به بیماری سفیدک سطحی در شرایط طبیعی بررسی شد که در نهایت تعداد ۲۰ گونه، سه زیرگونه و یک واریته اسپرس علائمی از بیماری نشان ندادند و به عنوان منبعی برای مقاومت به بیماری معرفی شدند (Celik *et al.*, 2012). با توجه به اهمیت اسپرس به عنوان گیاه علوفه‌ای تحقیقات متعددی در داخل کشور در زمینه تحمل‌پذیری به بیماری سفیدک سطحی انجام شده است. یکی از اولین پژوهش‌ها در این زمینه تحقیقی است که توسط Heidarian و Mollaei (۲۰۰۲) در استان چهارمحال و بختیاری تحت عنوان ارزیابی و مقایسه عملکرد اکوتیپ‌های محلی اسپرس زراعی تحت تنش بیماری سفیدک سطحی انجام شده است. براساس گزارش این محققان از میان ۱۹ اکوتیپ محلی اسپرس که از نقاط مختلف ایران جمع‌آوری شده بود، کمترین میزان درصد آلودگی (۶۹٪) در اکوتیپ اشنویه و بالاترین میزان درصد آلودگی (۱۰۰٪) در اکوتیپ‌های اراک، فارسان-۲، شهرکرد، جافاق بلاغ، کرج و قزوین مشاهده شد. همچنین از مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در اکوتیپ‌ها مشخص گردید که اکوتیپ اراک درصد بالایی از آلودگی به سفیدک سطحی را نشان می‌دهد و دارای بالاترین عملکرد ماده خشک (۱۳/۸ تن در هکتار) نیز می‌باشد، در حالی که اکوتیپ اشنویه کمترین درصد آلودگی و عملکرد متوسطی (۱۲/۳ تن در هکتار) از ماده خشک را دارد. براساس نظر این محققان وجود اختلاف از نظر عملکرد ماده خشک و صفت درصد آلودگی بین اکوتیپ‌های مورد بررسی، لزوم اصلاح اکوتیپ‌ها از طریق تلاقی و تولید ارقام با قابلیت عملکرد بیشتر و تحمل‌پذیری بالاتر نسبت به بیماری سفیدک سطحی را محرز می‌نماید. در همین سال تحقیق دیگری در کرمانشاه (Kahrizi & Farshadfar, 2002) بر روی ۱۳ اکوتیپ اسپرس به منظور بررسی مقاومت آنها به بیماری سفیدک پودری انجام شد که در کل تنها اکوتیپ ۲۰۲۹۷ در گروه

متحمل قرار گرفت و سایر اکوتیپ‌ها به بیماری حساس بودند. همچنین Jamali Zavvareh و Tadayyon (۲۰۰۶) با انجام پژوهشی روی واکنش ۱۲ اکوتیپ اسپرس از مناطق مختلف کشور به بیماری سفیدک پودری اسپرس در شرایط طبیعی در مزرعه در شهرکرد، تفاوت معنی‌دار آماری بین اکوتیپ‌ها در واکنش به بیماری مشاهده نمودند و گزارش کردند که اکوتیپ گلپایگان با ۶۱٪ بشدت بیماری بیشترین آلودگی و اکوتیپ فریدن با ۳/۵٪ شدت بیماری کمترین آلودگی را نشان دادند.

در تحقیق دیگری به مدت چهار سال تحمل‌پذیری به بیماری سفیدک سطحی در ۴۰ جمعیت اسپرس در شرایط محیطی استان زنجان در مزرعه آزمایشی ارزیابی شد. قارچ *L. taurica* به عنوان عامل بیماری سفیدک سطحی اسپرس در استان زنجان شناخته شد. ارزیابی جمعیت‌های اسپرس نشان داد که دو جمعیت ۴۳-ارومیه (اشنویه) و جمعیت ۲۶- (کبوترآباد اصفهان) با میانگین شدت بیماری بین ۰ تا ۲۵ درصد به عنوان متحمل، ۳۳ جمعیت نیز شامل جمعیت ۳۹-پلی‌کراس بین ۲۵ تا ۵۰ درصد به عنوان جمعیت‌های نیمه‌حساس و پنج جمعیت نیز در گروه حساس با شدت بیماری بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. به‌علاوه جمعیت ۴۳-اشنویه و جمعیت ۲۶-اصفهان عملکرد تولید علوفه و پروتئین برگ بالایی را نسبت به اکثریت جمعیت‌های مورد مطالعه در سال‌های تحقیق متناسب با شرایط محیطی استان زنجان داشتند (Alizadeh & Jafari, 2014).

در تحقیقی مشابه در منطقه اصفهان، تحمل‌پذیری ۴۰ جمعیت اسپرس به بیماری سفیدک سطحی به مدت سه سال در شرایط طبیعی بررسی شد و در مجموع جمعیت‌های پلی‌کراس کرج و اشنویه به عنوان جمعیت‌های متحمل به بیماری شناسایی شدند و سایر جمعیت‌ها دارای طیف حساسیت متفاوت به بیماری بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان آلودگی و شدت بیماری در سال‌های دوم و سوم نسبت به سال اول افزایش داشته است (Alizadeh *et al.*, 2014).

همچنین Alizadeh و همکاران (۲۰۱۹) طی پژوهشی در زنجان تعداد ۱۷ جمعیت مختلف اسپرس را از نظر صفاتی مانند صفات زراعی نظیر 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 اشنویه، ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ از نظر صفات کمی و تحمل به بیماری برتر از جمعیت‌های دیگر بودند.

در تحقیقی دیگر که توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد، صفات زراعی به همراه ارزیابی ۳۵ جمعیت اسپرس در پنج منطقه تبریز، سنندج، خرم‌آباد، زنجان و سمیرم در دو سال بررسی گردید که در نهایت جمعیت دیر گل 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 به عنوان یک رقم بومی برای کشت معرفی شد.

در تحقیقی که توسط Alizadeh و همکاران (۲۰۲۱) روی مقاومت ۱۹ جمعیت اسپرس در چهار منطقه خیرآباد زنجان، خرم‌آباد، سمیرم و تبریز انجام شد، دو جمعیت ۳۰۰۱ و ۱۵۳۵۳ با شدت بیماری کمتر از ۲۵ درصد جزو گروه متحمل به بیماری قرار گرفتند، این در حالی بود که این ارقام بیشترین میزان ماده خشک در هکتار به همراه بیشترین میزان پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک و بیشترین غلظت کربوهیدرات قابل حل در آب را نیز دارا بودند.

بررسی واکنش جمعیت‌های مختلف اسپرس به بیماری سفیدک سطحی همچنین در تحقیقات داخلی دیگری نیز انجام شده که نتایج آنها در مجلات معتبر علمی منتشر شده است (Alizadeh *et al.*, 2018; Alizadeh *et al.*, 2019; Alizadeh *et al.*, 2013; Sepahvand *et al.*, 2013; Naseri and Alizadeh, 2017). همچنین این پژوهش‌ها طی پروژه‌های تحقیقاتی مختلفی توسط محققان مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر طی سالیان گذشته انجام شده و اخیراً دو رقم بردبار ۱ و بردبار ۲ در سال ۱۴۰۱ و رقم بهار در سال ۱۴۰۲ که متحمل به بیماری سفیدک پودری اسپرس هستند،

معرفی شده‌اند.

از آنجا که این بیماری دارای اهمیت بوده و در صورت پیشرفت، موجب نکروز شدن و ریزش برگ‌ها و کاهش عملکرد محصول می‌گردد و از سویی منابع جدید ژنتیکی و جمعیت‌های امیدبخش و گزینش شده توسط به‌نژادگران در دسترس بود، انجام پژوهشی برای شناسایی جمعیت‌های متحمل به بیماری که درعین‌حال از عملکرد قابل قبولی برخوردار باشند ضروری به نظر می‌رسید که در این تحقیق این موضوع بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

الف- ارزیابی واکنش جمعیت‌های اسپرس به بیماری سفیدک پودری در شرایط مزرعه

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار با ۱۰ تیمار شامل ۱۰ جمعیت گزینش شده جمع‌آوری شده و شناسایی شده از مناطق مختلف ایران شامل (۱- اردبیل، ۲- نمونه بانک ژن گیاهی ملی ایران، ۳- کمپوزیت، ۴- اقلید، ۵-اصفهان-گزینش شده، ۶- اصفهان، ۷- قزوین-گزینش شده، ۸- قزوین، ۹- کردستان و۱۰- شهرکرد) به مدت دو سال در منطقه کرج اجرا گردید. واریته کمپوزیت کرج از ده اکوتیپ برتر اسپرس مناطق کرج، اصفهان، اردبیل، شهرکرد و زنجان بدست آمده است. هر کرت شامل ۴ خط ۴ متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود و فاصله تیمارها از یکدیگر به صورت یک خط کاشته نشده تعیین شد. ارزیابی بیماری سفیدک سطحی در شرایط طبیعی در تابستان سالهای ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در چین چهارم پس از مشاهده علائم انجام گردید. زمان گلدهی جمعیت‌ها در چین چهارم از اواخر مرداد تا اوایل شهریورماه بود و چین‌برداری در زمان ۳۰ تا ۵۰ درصد گلدهی برای هر جمعیت انجام شد. ارزیابی آلودگی در تیمارها در مزرعه با ثبت دو شاخص درصد آلودگی و شدت بیماری انجام شد. ارزیابی درصد آلودگی برای هر تیمار با بررسی کلیه بوته‌های هر خط (یا میانگین چند خط در هر کرت) و تعیین درصد بوته‌های دارای علائم بیماری سفیدک سطحی انجام گردید. یادآوری می‌شود که هر بوته تنها با داشتن یک برگ دارای اسپورهای سفیدک حتی با میزان کم پوشش قارچی یک بوته بیمار تلقی شد. تعداد کل بوته‌های آلوده به تعداد کل بوته‌های شمارش شده در هر تیمار شمارش و درصد آلودگی آن با استفاده از رابطه زیر (معادله ۱) محاسبه گردید.

معادله ۱: $$DI = \frac{Ni}{N} \times 100$$

که در این معادله DI درصد آلودگی، Ni تعداد گیاهان آلوده و N تعداد کل گیاهان ارزیابی شده است. برای ثبت شدت بیماری تیمارها با استفاده از یک مقیاس نمره‌دهی ۱ تا ۴ (جدول ۱) گروه‌بندی شدند (Horsfall & Cowling, 1978; Naseri and Alizadeh, 2017). نحوه ارزیابی شدت بیماری (DS%) در بوته‌های اسپرس در شرایط آلودگی طبیعی بدین صورت بود که شدت بیماری در هر مزرعه روی ۱۰ بوته در هر تکرار (سه شاخه از هر بوته) با ثبت درصد بافت آلوده برگ و شاخه که پوشش نمدی سفیدرنگ فرم غیرجنسی قارچ داشتند، یادداشت‌برداری شدند. میانگین شدت بیماری هر جمعیت با مشاهده درصد آلودگی سفیدک در برگهای سه شاخه از ۱۰ بوته (۳۰ شاخه در یک تکرار و ۹۰ شاخه در سه تکرار) براساس مقیاس ذکر شده محاسبه و تیمارها به صورت مقاوم، متحمل (نیمه‌مقاوم)، نیمه‌حساس و یا حساس ارزیابی شدند. یادآوری می‌شود جمعیت قزوین براساس مشاهدات تحقیقات پیشین به عنوان جمعیت حساس به بیماری در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک بعد از حذف حاشیه در هر کرت در سطح ۱ مترمربع، برداشت انجام و علوفه تر در مزرعه توزین شد و برای تعیین وزن علوفه خشک از توده برداشت شده یک نمونه برگ و ساقه ۵۰۰ گرمی تهیه شد و بعد از خشک شدن در آون و رسیدن به رطوبت ۱۴ درصد توزین علوفه انجام شده و عملکرد ماده خشک بدست آمد. داده‌های مرتبط با مجموع عملکرد ماده خشک و عملکرد ماده خشک در چین چهارم به دلیل وجود

علائم بیماری مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

پس از ثبت داده‌ها در صورت لزوم تبدیل داده‌ها با استفاده از رابطه $X=Arc\ Sin\ \sqrt{x}$ انجام شده و تجزیه واریانس داده‌های آزمون به کمک نرم‌افزار SAS 9.1.3 انجام گردید. عملیات اجرایی در سال دوم نیز همانند سال اول اجرا شد و در پایان تجزیه مرکب داده‌ها و مقایسه میانگین عملکرد و شاخص‌های شدت بیماری و درصد آلودگی با استفاده از آزمون LSD محاسبه شد.

جدول ۱- نمره‌دهی شدت بیماری سفیدک سطحی روی جمعیت‌های اسپرس

Table 1. Scoring of the disease severity of powdery mildew on sainfoin populations (Naseri and Alizadeh, 2017)

Score	Disease Severity (%)	Reaction
1	0	Resistant (R)
2	0-25	Tolerant (T)
3	25-50	Moderately Susceptible (MS)
4	50-100	Susceptible (S)

ب- ارزیابی واکنش جمعیت‌های اسپرس به بیماری سفیدک پودری در گلخانه

نمونه‌های آلوده به سفیدک سطحی اسپرس از بوته‌های آلوده در مزرعه جمع‌آوری شده و درون کیسه‌های پلاستیکی در شرایط خنک (۱۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد) در یخدان نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند و حداکثر پس از ۲۴ ساعت به عنوان زادمایه (inoculum) استفاده گردیدند. زادمایه با ایجاد سوسپانسیون اسپوری به غلظت 10^6 کنیدیوم در میلی‌لیتر تهیه شده و بر روی گیاهچه‌های اسپرس مربوط به جمعیت‌های مختلف در مرحله چهار تا پنج هفتگی که دارای هشت تا ده برگچه بودند در گلخانه‌ای با شرایط دمای ۲۹-۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۷۵ درصد اسپورپاشی شدند (Sharifnabi & Nekoei, 1998). آزمون گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام و برای هر جمعیت در هر تکرار حداقل سه بوته در نظر گرفته شد. ضمناً یک تکرار به عنوان شاهد فقط با آب مقطر سترون مایه‌زنی و در همان شرایط نگهداری شد. ارزیابی واکنش جمعیت‌ها به بیماری دو هفته پس از مایه‌زنی انجام شده و میزان درصد آلودگی هر جمعیت (درصد تعداد بوته‌های دارای علائم در کل بوته‌ها) یادداشت شد.

نتایج

نتایج واکنش جمعیت‌های مختلف اسپرس نسبت به بیماری سفیدک پودری در دو آزمایش جداگانه شامل آزمون مزرعه‌ای و آزمون گلخانه‌ای بررسی و ارزیابی گردید که نتایج آن به شرح ذیل است.

الف- نتایج ارزیابی واکنش جمعیت‌های اسپرس به بیماری سفیدک پودری در مزرعه طی دو سال:

داده‌های مربوط به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات یادداشت‌برداری شده آزمون ارزیابی جمعیت‌های مختلف اسپرس در ایستگاه تحقیقاتی ستاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در مورد شاخص‌های شدت بیماری و درصد آلودگی بیماری سفیدک سطحی در شرایط آلودگی طبیعی طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ نمایش داده شده است (جدول‌های ۲ و ۳).

با توجه به داده‌های یادشده (جدول ۲) بین جمعیت‌های مختلف اسپرس از نظر واکنش به بیماری سفیدک سطحی در آزمون مزرعه‌ای در کرج در سال اول این آزمون از نظر هر دو صفت شدت بیماری (DS%) و درصد آلودگی (DI%) تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪= α مشاهده شد. به‌عبارتی

بین جمعیت‌ها از نظر شدت بیماری و درصد آلودگی از نظر

آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<0.01). درصد آلودگی در بین تیمارها متنوع بوده و بین ۳۳ تا ۱۰۰ درصد برآورد شدند. شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها نیز بین ۱۸ تا ۸۴ درصد متغیر بود (جدول ۳). در این آزمایش جمعیت شماره ۲ با ۱۸ درصد شدت بیماری، متحمل‌ترین جمعیت در آزمون مزرعه‌ای سال ۱۳۹۹ در کرج شناخته شد و سایر جمعیت‌ها نسبت به عامل بیماری حساس بودند.

همچنین با توجه به داده‌های جدول‌های تجزیه واریانس سال دوم (جدول ۲) و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، نتایج کم و بیش مشابه سال اول بود. درصد آلودگی در بین تیمارها متغیر بود و بین ۳۰ تا ۹۸ درصد ارزیابی شدند. شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها نیز بین ۱۰ تا ۸۸ درصد متغیر بود (جدول ۳). در این آزمایش جمعیت شماره ۲ با ۱۰ درصد شدت بیماری، متحمل‌ترین جمعیت در آزمون مزرعه‌ای منطقه کرج در سال ۱۴۰۰ شناخته شد و سایر جمعیت‌ها نسبت به بیماری حساس برآورد شدند. تفاوت این دو جمعیت در مزرعه در سال ۱۴۰۰ از نظر واکنش به بیماری سفیدک پودری اسپرس در شکل ۱ به خوبی قابل مشاهده است.

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌های مزرعه‌ای، مشخص گردید که در سال اول در بین جمعیت‌ها از نظر میانگین عملکرد علوفه خشک در مجموع سه چین اول اسپرس تفاوت بسیار معنی‌دار مشاهده شد. بر این اساس بیشترین مجموع عملکرد علوفه خشک در سال اول آزمایش برای جمعیت کمپوزیت، اردبیل و قزوین بهبود یافته (به ترتیب ۱۶/۲۸، ۱۶/۲۸ و ۱۶/۰۵ تن در هکتار) بدست آمد. در چین چهارم سال اول آزمایش تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد و بیشترین عملکرد ماده خشک برای جمعیت 00224-TN52 و اردبیل به ترتیب ۲/۴۵ و ۲/۴۳ تن در هکتار بدست آمد.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد علوفه، شدت بیماری و درصد آلودگی بیماری سفیدک پودری در جمعیت‌های مختلف اسپرس در آزمون مزرعه‌ای

Table 2. Analysis of variance for dry matter yield, disease severity and disease incidence of powdery mildew on different sainfoin populations in field trial

Sources	DF	MS							
		Disease incidence		Disease severity		DM yield (Total)		DM yield (Cut 4)	
		Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Replication	2	3.97	82.12	19.45	62.82	1.12	0.56	0.2	1.68
Genotype	9	888.66**	57953**	457.03**	639.89**	11.84**	6.57**	0.68ns	0.81*
Error	18	40.99	51.34	28.97	30.42	5.72	1.68	0.26	0.52
(CV%)		8.01	11.08	9.59	9.45	16.18	5.74	31.25	31.92

* and **, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه، شدت بیماری، درصد آلودگی و واکنش جمعیت‌های مختلف اسپرس به قارچ ***Leviellula taurica*** در آزمون مزرعه‌ای طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

Table 3. Comparison of means of dry matter yield, disease severity, disease incidence, and the reaction of different sainfoin populations to *Leviellula taurica* in field trials during 2020 and 2021

No.	Population	Disease incidence (%)		Disease severity (%)		Reaction (Score)		DM yield (Total) (tha^{-1})		DM yield (Cut 4) (tha^{-1})	
		Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
1	Ardebil	100 a	92 ab	68 bc	80 ab	S#	S	16.28 a	23.81 ab	2.43 a	2.62 ab
2	00224-TN52	33 c	30 d	18 d	10 c	T	T	9.56 b	19.81 d	2.46 a	2.3 ab
3	Composite	93 ab	73 c	66 bc	72 b	S	S	16.28 a	23.84 ab	1.51 b	1.87 b
4	Eghlid	97 a	75 c	74 ab	75 b	S	S	15.20 a	22.63 bc	1.4 b	2.43 b
5	Esfahan selected	100 a	85 ab	82 a	78 ab	S	S	14.96 a	22.35 bc	1.17 b	1.65 ab
6	Esfahan	100 a	92 ab	83 a	83 ab	S	S	14.28 a	21.41 cd	1.2 b	2.09 b
7	selected Ghazvin	100 a	82 bc	65 bc	73 b	S	S	16.05 a	25.02 a	1.49 b	3.37 a
8	Ghazvin	87 b	75 c	58 bc	73 b	S	S	14.91 a	21.71 bcd	1.71 ab	2.38 ab
9	Kurdestan	100 a	82 bc	84 a	82 ab	S	S	16.00 a	22.07 bc	1.77 ab	1.55 b
10	Shahrekord	97 a	98 a	82 a	88 a	S	S	14.29 a	23.34 abc	1.16 b	2.28 ab
	LSD (5%)	7.30	14.23	12.46	12.79			4.10	0.88	2.22	1.23

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

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to the LSD test at a 5% probability

T and S: Tolerant and susceptible, respectively. # T و S: به ترتیب متحمل و حساس

شکل ۱- مقایسه جمعیت متحمل به بیماری سفیدک سطحی اسپرس (جمعیت شماره ۲) با یکی از جمعیت‌های حساس به بیماری (جمعیت شماره ۹) در شرایط آلودگی طبیعی در چین چهارم سال ۱۴۰۰ در کرج

Figure 1. Comparison of the semi-resistant population (population 2) to powdery mildew of sainfoin to one of the susceptible populations (population 9) under natural infection conditions in the fourth cutting at Karaj in 2021

در سال دوم بین جمعیت‌ها از نظر میانگین عملکرد علوفه خشک در مجموع سه چین اول و نیز چین چهارم اسپرس به ترتیب با احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P<0.01$). بر این اساس در سال دوم بیشترین عملکرد ماده خشک برای جمعیت بهبودیافته قزوین (۲۵/۰۲ تن در هکتار) بدست آمد و در چین چهارم بیشترین عملکرد ماده خشک نیز برای جمعیت بهبودیافته قزوین (۳/۳۷ تن در هکتار) بود (جدول ۳).

ب- نتایج ارزیابی واکنش جمعیت‌های اسپرس به بیماری سفیدک پودری در گلخانه طی دو سال:

داده‌های مربوط به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات یادداشت‌برداری شده در آزمون ارزیابی جمعیت‌های مختلف اسپرس در کرج نسبت به بیماری سفیدک سطحی در شرایط گلخانه‌ای پس از آلودگی مصنوعی طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در جدول‌های مربوط (جدول‌های ۴ و ۵) آمده است.

بین جمعیت‌های مختلف اسپرس از نظر واکنش به بیماری سفیدک سطحی در آزمون گلخانه‌ای سال اول در این آزمون از نظر هر دو صفت شدت بیماری (DS%) و درصد آلودگی (DI%) تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪= α مشاهده شد (جدول ۴). به‌عبارتی بین جمعیت‌ها از نظر شدت بیماری و درصد آلودگی از نظر آماری در سطح احتمال ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. درصد آلودگی در بین تیمارها بین ۴۷ تا ۱۰۰ درصد ارزیابی گردید. شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها نیز بین ۲۳ تا ۷۳ درصد متغیر بود (جدول ۵). در این آزمایش جمعیت شماره ۲ با ۲۳ درصد شدت بیماری، متحمل‌ترین جمعیت در آزمون گلخانه‌ای سال ۱۳۹۹ شناخته شد. جمعیت شماره ۱ نسبت به بیماری واکنش نیمه‌حساس و سایر جمعیت‌ها نسبت به بیماری حساس برآورد شدند. همچنین با توجه به داده‌های جدول تجزیه واریانس سال دوم، ارزیابی گلخانه‌ای بین جمعیت‌های مختلف اسپرس از نظر واکنش به بیماری سفیدک سطحی در آزمون گلخانه‌ای سال دوم در این آزمون از نظر هر دو صفت شدت بیماری (DS%) و درصد آلودگی (DI%) تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪= α مشاهده شد. درصد آلودگی در همه تیمارها بالا بوده و بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد ارزیابی گردید. شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها نیز بین ۲۲ تا ۷۷ درصد متغیر بود (جدول ۵). در این آزمایش جمعیت شماره ۲ با ۲۲ درصد شدت بیماری، متحمل‌ترین جمعیت در آزمون گلخانه‌ای سال ۱۴۰۰ شناخته شد. جمعیت شماره ۱ نسبت به بیماری واکنش نیمه‌حساس و سایر جمعیت‌ها نسبت به بیماری حساس برآورد شدند.

جدول ۴- تجزیه واریانس شدت بیماری و درصد آلودگی بیماری سفیدک پودری در جمعیت‌های مختلف اسپرس در آزمون گلخانه‌ای

Table 4. Analysis of variance for disease severity and disease incidence of powdery mildew on different sainfoin populations in greenhouse trial

Sources	DF	MS			
		Disease incidence		Disease severity	
		Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
Replication	2	35.31	33.34	46.56	28.27
Genotype	9	1089.86**	476.94**	288.84**	227.69**
Error	18	23.73	33.31	17.18	12.11
(CV%)		6.35	6.87	8.31	7.34

* and **, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد آلودگی، شدت بیماری و واکنش جمعیت‌های مختلف اسپرس به قارچ ***Leviellula taurica*** در آزمون گلخانه‌ای طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

Table 5. Comparison of means of disease severity, disease incidence, and reaction of different sainfoin populations to *Leviellula taurica* in greenhouse trial during 2020 and 2021

No.	Population	Disease incidence (%)		Disease severity (%)		Reaction (Score)	
		Year 1	Year 2	Year 1	Year 2	Year 1	Year 2
1	Ardebil	60 c	100 a	35 e	60 bc	MS	S#
2	00224-TN52	47 d	60 c	23 f	22 f	T	T
3	Composite	97 a	90 b	63 a-d	47 e	S	MS
4	Eghlid	67 b	100 a	57 d	67 b	S	S
5	Esfahan selected	97 a	100 a	67 a-d	58 bcd	S	S
6	Esfahan	100 a	100 a	70 abc	50 ed	S	S
7	selected Ghazvin	100 a	100 a	72 ab	52 cde	S	S
8	Ghazvin	100 a	100 a	60 cd	55 cde	S	S
9	Kurdestan	100 a	100 a	73 a	77 a	S	S
10	Shahrekord	100 a	97 ab	62 bcd	55 cde	S	S
	LSD (5%)	6.26	8.28	11.58	9.75		

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

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to the LSD test at 5% probability

T, MS and S: Tolerant, moderately susceptible, and susceptible respectively. # T، MS و S : به ترتیب متحمل، نیمه متحمل و حساس

بحث

با مشاهده و بررسی نتایج آزمون مزرعه‌ای طی سالهای ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ مشخص شد که به‌جز جمعیت شماره ۲ (00224-TN52) که واکنش متحمل نشان داد همه جمعیت‌هایی که در آزمون مورد استفاده قرار گرفتند نسبت به بیماری حساس بودند. این واکنش‌ها در همه جمعیت‌ها در هر دو سال یکسان بودند که نشانگر ثبات در واکنش به بیماری در منطقه کرج است. حتی مقایسه شدت بیماری ثبت شده در هر دو سال نیز بیانگر ثبات نسبی واکنش جمعیت‌ها در مزرعه می‌باشد، به‌طوری‌که شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها در سال اول بین ۱۸ تا ۸۴ درصد و در سال دوم نیز بین ۱۰ تا ۸۸ درصد متغیر بود. از سویی بررسی نتایج گلخانه‌ای نشان می‌دهد که در این آزمون نیز روند واکنش به بیماری در بین جمعیت‌ها حفظ شده و در این آزمون نیز در هر دو سال جمعیت شماره ۲ (00224-TN52) واکنش متحمل و سایر جمعیت‌ها واکنش حساس نشان دادند و فقط دو جمعیت ۱ (Ardebil) و جمعیت ۳ (Composite) در یکی از سالها واکنش نیمه‌حساس داشتند. بررسی طیف شدت بیماری در این آزمون نشان داد که شدت بیماری ایجاد شده روی جمعیت‌ها در سال اول بین ۲۳ تا ۷۳ درصد و در سال دوم نیز بین ۲۲ تا ۷۷ درصد متغیر بوده است. مطالعه و مقایسه این نتایج در درجه اول نشان از ثبات در اکثریت جمعیت‌ها در واکنش به بیماری در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای داشت. از سویی هم نشانگر ثبات در نوع واکنش بین سالهای مختلف بود که از این نظر در مقایسه با تحقیقات مشابه (Alizadeh & Jafari, 2014 ; Sepahvand *et al.*, 2013; Naseri & Alizadeh, 2017; Alizadeh *et al.*, 2018) تا حدودی متفاوت بود. با توجه به اینکه این جمعیت‌ها دارای خلوص ژنتیکی نبوده و از سویی شرایط محیطی در هر سال ممکن است متغیر باشد، احتمال تفاوت در میزان شیوع بیماری و مشاهده تغییر رفتار در واکنش به بیماری سفیدک سطحی در بین جمعیت‌ها (چنانچه در تحقیقات یادشده انجام شده) طبیعی به نظر می‌رسد؛ باوجوداین گاهی مانند آنچه در این تحقیق دیده می‌شود، با وجود مشاهده تغییرات در شدت بیماری از سالی به سال دیگر، این تغییرات در حدی است که دامنه آن در حد تغییر

واکنش از یک حالت مانند متحمل به حالت دیگر مانند نیمه‌حساس نیست.

نتایج به‌دست آمده از آزمون گلخانه‌ای در این تحقیق نشان داد با وجود تفاوت در شدت بیماری روی جمعیت‌ها در این آزمون که میزان کمتری در مقایسه با شدت آن در آزمون مزرعه‌ای داشت، نوع واکنش به بیماری در جمعیت‌ها به‌جز در مورد دو جمعیت، مشابه و بدون تغییر بود. اگرچه بر خلاف انتظار، شدت بیماری ثبت شده در آزمون گلخانه‌ای در مقایسه با آزمون مزرعه‌ای کمتر بود، ولی همین نتایج به‌دست آمده از آلودگی مصنوعی در گلخانه، نتایج مزرعه‌ای را به میزان بالایی مورد تأیید قرارداد. نکته دیگری که در مورد این آزمون گلخانه‌ای باید اشاره کرد، این است که با وجود عدم موفقیت در مشاهده علائم بیماری در آزمون‌های گلخانه‌ای در تحقیقات دیگر محققانی مانند آنچه Naseri و Alizadeh (۲۰۱۷) انجام دادند، در این تحقیق در دو سال متوالی، آلودگی مصنوعی بوته‌های اسپرس در گلخانه موفقیت‌آمیز بود. یکی از عواملی را که می‌توان در مورد عدم مشاهده علائم بیماری در تحقیقات پیشین و یا شدت کمتر از انتظار در این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای بیان کرد، فراهم نبودن شرایط مناسب مانند دما و رطوبت کافی برای استقرار یا رشد قارچ عامل بیماری بر روی بوته‌ها پس از مایه‌زنی و آلوده‌سازی گیاهان اسپرس با این قارچ می‌باشد (Naseri & Alizadeh, 2017). از سویی شاید نامناسب بودن مراحل رشدی گیاهان در زمان مایه‌زنی قارچ در مقایسه با بوته‌های موجود در مزرعه که از سن و شرایط رشدی مناسب‌تری برخوردار بوده‌اند در عدم پیشرفت بیماری و توسعه علائم روی بوته‌ها تأثیرگذار باشد. به‌هرحال، موفقیت در حصول نتایج آزمون‌های گلخانه‌ای به‌ویژه در مورد پارازیت‌های اجباری، علاوه بر تأیید آزمون‌های مزرعه‌ای، می‌تواند به عنوان آزمونی جایگزین برای آزمون‌های مزرعه‌ای محسوب شده و دستیابی به جمعیت‌های اسپرس متحمل به بیماری سفیدک سطحی را با سهولت بیشتر و صرف زمان و هزینه‌های کمتر میسر سازد.

یکی از صفاتی که علاوه بر شاخص شدت بیماری در آزمون مزرعه‌ای ارزیابی شد، درصد آلودگی بود که بیانگر میزان وقوع و انتشار بیماری در کل بوته‌های تحت آزمون می‌باشد. مزیت این صفت این است که با در دسترس داشتن داده‌های مربوط به آن می‌توان دریافت چه نسبتی از بوته‌ها در زمان شیوع حداکثری و بروز شدت بیماری بالا به بیماری آلوده شده و علائم را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، درصد آلودگی کمتر که معمولاً با شدت بیماری کمتری نیز همراه است نشان می‌دهد که از مجموع گیاهان جمعیت مورد بررسی در برخی از بوته‌ها علائمی مشاهده نمی‌شود و قارچ عامل بیماری امکان حضور یا رشد و توسعه را ندارد که خود بیانگر نوعی تحمل‌پذیری یا گریز از بیماری محسوب می‌شود. به عنوان مثال در این تحقیق در جمعیت شماره ۲ که متحمل به بیماری شناخته شد درصد آلودگی در سال اول و دوم به ترتیب ۳۳ و ۳۰ درصد بوده است، این در حالی است که بوته‌های جمعیت‌های مجاور حتی ۱۰۰ درصد هم آلودگی داشته‌اند. بنابراین نه تنها شدت بیماری در این جمعیت بسیار پائین بوده بلکه حدود ۷۰ درصد از بوته‌ها فاقد علائم بوده‌اند که به سازوکار مقاومت فیزیکی و یا ژنتیکی گیاه مرتبط می‌باشد. ثبت و ارزیابی درصد آلودگی در کنار شاخص شدت بیماری می‌تواند درک بهتری از واکنش یک جمعیت نسبت به بیماری ارائه دهد و در مورد بیماری سفیدک پودری اسپرس نیز ارزیابی این دو صفت علاوه بر این تحقیق، به‌طور مشابه در چندین پژوهش (Alizadeh *et al.*, 2014 ; Jafari *et al.*, 2014; Naseri & Alizadeh, 2017) گزارش شده است.

در مجموع آزمون‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای طی دو سال، کمترین درصد آلودگی و شدت بیماری در بین تیمارها متعلق به جمعیت شماره ۲ (00224-TN52) بود و سایر جمعیت‌ها حساس و تعداد کمتری نیمه‌حساس به بیماری بودند. البته تفاوت جمعیت‌های اسپرس از نظر تحمل‌پذیری به بیماری سفیدک پودری و واکنش متفاوت آنها نسبت به قارچ عامل بیماری در شرایط مزرعه توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Alizadeh *et al.*, 2021 ; Jafari ; Sharifnabi *et al.*, 2014; Alizadeh & Jafari, 2014)

& Nekoi, 1996; Kahrizi & Farshadfar, 2002 که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. نتایج این تحقیق نشانگر حساسیت بالای اکثریت جمعیت‌ها و اکوتیپ‌های اسپرس به بیماری سفیدک پودری بود، به‌طوری‌که تنها حدود ۱۰ درصد از جمعیت‌ها مقاومت نسبی به بیماری نشان دادند که از این نظر نیز با نتایج تحقیقات پیشین (Heidarian & Mollaei, 2002; Alizadeh *et al.*, 2019; Alizadeh *et al.*, 2021) مطابقت دارد.

بررسی نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در مورد عملکرد ماده خشک علوفه بیانگر ظرفیت بالای بیشتر جمعیت‌ها در این آزمون بود، به‌طوری‌که جمعیت بهبودیافته قزوین با میزان عملکرد ماده خشک کل ۱۶/۰۵ و ۲۵/۰۲ تن در هکتار به ترتیب در سال‌های اول و دوم تحقیق، یکی از برترین جمعیت‌ها در این تحقیق به‌شمار می‌رود. مقایسه میزان عملکرد ماده خشک در این تحقیق با عملکرد جمعیت‌های مختلف اسپرس در برخی منابع دیگر (Alizadeh *et al.*, 2014; Alizadeh *et al.*, 2019; Alizadeh *et al.*, 2021) نشانگر برتری برخی از جمعیت‌های مورد بررسی در این آزمون در مورد این صفت زراعی می‌باشد. جمعیت‌های مورد بررسی در این تحقیق بیشتر از جمعیت‌های گزینش شده و اکوتیپ‌های برتر مناطق مختلف کشور طی سالیان گذشته بوده‌اند که برخی از آنها به دلیل همین ظرفیت بالا در تولید علوفه در سال جاری به عنوان رقم (ارقام کوهین، مختار و بهار) معرفی شده‌اند. علاوه بر آن، در شرایط اقلیمی کرج در سالهای مورد بررسی وضعیت استقرار، رشد و تولید علوفه اکوتیپ‌ها و جمعیت‌ها در شرایط بسیار مناسبی قرار داشت که تولید علوفه مناسب به‌ویژه در چین اول و در نهایت مجموع چهار چین را موجب شد. دلایل ذکر شده می‌تواند تا حدی میزان عملکرد مناسب در جمعیت‌های این پژوهش را توجیه کند. همچنین بررسی همزمان نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در مورد تحمل به بیماری و عملکرد ماده خشک علوفه نشان از برتر بودن جمعیت شماره ۲ (00224-TN52) در بین جمعیت‌ها داشت که در کل استفاده از این جمعیت را هم به عنوان رقمی متحمل به بیماری سفیدک پودری و هم رقمی با ظرفیت بالای عملکرد معرفی می‌کند. همچنین با توجه به اینکه این جمعیت در کلیه آزمون‌های این تحقیق شدت بیماری کمتر از ۲۵ درصد داشته و از تحمل پایدار و خوبی برخوردار بوده است، استفاده از این جمعیت در برنامه‌های اصلاحی به منظور انجام تلاقی و دستیابی به اکوتیپ‌هایی با مقاومت مناسب به بیماری و در عین حال برخورداری از عملکرد بالاتر و سایر صفات زراعی مطلوب پس از آزمایش منطقه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

این تحقیق براساس پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۰۳-۰۳-۲۶۴-۹۸۱۰۷۱ انجام شد که بدین وسیله از مساعدت‌های مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و کلیه دست‌اندرکاران اجرای پروژه سپاسگزاری می‌گردد.

References:

- Alizadeh, M.A. and Jafari, A.A. 2014. Evaluation of powdery mildew intensity of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) accessions in field condition. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 22 (1): 133–141. (In Persian).
- Alizadeh, M.A., Sepahvand, K. and Jafari, A.A., 2013. Study the yield, quality, and infection index to powdery mildew disease in local populations of sainfoin in condition of Lorestan province. Journal of Applied Crop Breeding, 1(2): 73-86. (In Persian).
- Alizadeh, M.A., Seifollahi, A.H., Shafizadeh, Sh., and Jafari, A.A., 2014. Powdery mildew tolerance of 40 sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) populationsin Esfahan province.Iranian. Journal of Forest and Range Protection Research, 11 (2):79–88. (In Persian).
- 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 Forest Plant Breeding and Genetic Research, 26 (2): 311-326. (In Persian).
- Alizadeh, M. A., Moeini, M. R ., Jafari, A.A., and Kamel, M. 2019. Evaluation of quantitative and qualitative traits and resistance to powdery mildew pathogen in populations

- Li, Z.L. 2008. Study of *Onobrychis viciaefolia* and *Medicago sativa* on yield and soil fertility. – ActaPratacultural Science, 25(7): 65–68. (In Chinese with English abstract).
- 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).
- Mehrian, F. and Bamdadian, A. 1990. The major fungal diseases of forage crops, University of Tehran Press, 69p. (In Persian).
- Mihail, J. D. and Alcorn, S. M. 1984. Powdery Mildew (*Leveillula taurica*) on native and cultivated plants in Arizona. Plant Disease, 68:625-626.
- 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.
- Naseri, B., Alizadeh, M.A. 2017. Climate, Powdery mildew, sainfoin resistance and yield. Journal of plant pathology. 99 (3): 619-625. doi: 10.4454/jpp.v99i3.3940
- Nowroozian, H. 1991. Evaluation of mildew contaminated sainfoin and its utilization in animal nutrition. Veterinary Researches and Biological Products, 4 (12): 76-78. (In Persian).
- Sepahvand, K., Alizadeh, M.A. and Jafari, A.A. 2013. Evaluation on disease severity index of powdery mildew of sainfoin" *Onobrychis viciifoliae* L. populations in condition of Khorramabad Lorestan province Iran. Iranian Journal of Forest and Range Protecton Research. 11 (1): 21-30. (In Persian).
- Sharifnabi, B. and Banihashemi, Z. 1990. Study of the *Leveillula taurica*, the incident of sainfoin powdery mildew in Esfehan province. Iranian Journal of Plant Pathology, 26:19–27. (In Persian).
- Sharifnabi, B. and Nekoei, A. 1996. Study of host range, specificity and biometrical measurements of *Leveillula taurica*, the causal agent of sainfoin powdery mildew in Isfahan province. Iran. J. Plant Path., 32: 284-289. (In Persian) ISI Journal
- Sharifnabi B. and Nekoei A. 1998. Study on Sainfoin Seed Mycoflora in Iran. The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences, 1(2):77-83. (In Persian).
- Vasjagina, M.P., Kuznetzova, M.N., Pisareva, N.F. and Shfartzman, S.R.1961. Powdery mildew fungi. : Flora spore forming plants in Kazakhstan. T. 3, Alma Ata, 751pp.

of sainfoin plant *(Onobrychis vicifolia).* Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 02, Page: 4-6: 1-12(In Persian).
- Alizadeh, M. A., Jafari, A. A., Sepahvand, K., Davazdahemami, S., Moeini,M.R., Normand Moaied, F. and Naseri, B. 2021. Evaluation of sainfoin accessions exposed to powdery mildew disease at four locations in Iran. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 9 (1):97–108.
- Celik, A., Karakaya, A., Avci, S., Sancak, C. and Özcan, S. 2011. Powdery mildews observed on *Onobrychis* spp. in Turkey. Australasian Plant Disease Notes 6: 49–53.
- Celik, A., Karakaya, A., Avci, S., Sancak, C. and Ozkan, S. 2012. Potential resistance sources for powdery mildew disease of sainfoin. Bitki Koruma Bulteni, 52 (2): 153-162.
- Correll, J. C., Gordon T. R. and Elliott, V. J. 1987. Host range, Specificity, and Biometrical measurements of *Leveillula taurica* in California. Plant Disease, 71: 248-251.
- Heidarian, A., and Mollaei, A.2002. Evaluation and yield comparison of sainfoin (*Onobrychis sativa* Scop.) ecotypes under powdery mildew stress conditions. Abstract of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Razi University, Kermanshah, Iran. 7-11 Sep. 2002: 81. (In Persian)
- Horsfall, J. B., and Cowling, E. B., 1978. Pathometery: The measurement of plant disease: 119-136. In: Horsfall, J. B., Cowling E.B. (Eds.). Plant Disease: An Advanced Treatise. Vol. 2. Academic Press, NY.
- 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.
- 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,Tehran, Iran. 27 Sep 2006: (In Persian).
- Kahrizi, D., and Farshadfar, M. 2002. Evaluation of resistance of sainfoin (*Onobrychis sativa* Scop.) different accessions for powdery mildew in Kermanshah. Abstract of the 15th Iranian Plant Protection Congress, Razi University, Kermanshah, Iran. 7-11 Sep. 2002: 92. (In Persian).
- Kaplan, M. 2011. Determination of potential nutritive value of sainfoin (*Onobrychis sativa*) hays harvested at flowering stage. Journal of Animal and Veterinary Advances, 10 (15): 2028-2031.