University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 13, No. 2, Summer 2023 (115-127)
doi: 10.22124/CR.2023.24577.1770
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Statistical comparison of scales for measuring the severity of wheat tan spot disease

Mohammad Ali Aghajani[1*] and Mahdi Aghajani[2]

1. Research Associate Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran ([*] Corresponding author: maaghajanina@yahoo.com)
2. M.Sc. Student, Department of Plant Protection, Agricultural Science and Natural Resources University of Gorgan, Gorgan, Iran

Comprehensive abstract

Introduction

Sarri and Prescott scale (A) is one of the most popular scales for measuring foliar diseases of small-grain cereals, which is expressed as 0-9 scores. Double digit scale (AB) was created from incorporating A and B (disease severity on top leaves) scales. A and AB scales are considered as ordinal rank scales, and their recorded data (as descrete variables) can not be analyzed by parametric statistical methods. If they are suitably transformed to disease severity index (or percent of disease index = PDI), then can be analyzed by parametric methods as continous variable. The objectives of this study were to compare different methods and scales for measuring the disease severity, statistical analysis, advantages and disadvantages, and finally to introduce the appropriate method for evaluating the wheat tan spot disease caused by *Drechslera tritici-repentis* and other foliar diseases of small grain cereals.

Materials and methods

In this experiment, the intensity of tan spot disease on ten wheat cultivars was measured in a randomized complete block design with three replications and recorded as four variables, A, B, AB and PDI. In this study, the first variable (A) was used to show the severity of the disease based on the Surrey and Prescott scale (equivalent to the first digit of the double-digit scale), and the second variable (B) to express the contamination level of the disease severity on top leaves (equivalent to the second digit of the double-digit scale). The third variable (AB) was obtained from the combination of the first and second variables, and the fourth variable was the percentage of disease severity index (PDI). To compare variables and sselect the best ones, statistical analysis of data was performed using descriptive statistics, analysis of variance, comparison of means by LSD method, as well as correlation coefficients and regression analysis between the studied variables.

Research findings

Evaluating the skewness and kurtosis statistics of the studied four variables in this research showed that only the B and PDI variables had a normal distribution. Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov statistics and data frequency distribution chart also showed the normality and continuity of two variables B and PDI, while the variables A and AB did not have a normal distribution and due to the gaps created between different data groups in frequency distribution chart, they can be considered as discrete variables. The results of analysis of variance indicated a significat difference between the studied treatments (wheat cultivars) in terms of two variables B and PDI, but the difference between wheat cultivars was not significant for the variables A and AB. Estimating the relationships between four variables using correlation coefficients and linear regression analysis revealed a significant

CC BY

relationship between the variables A and AB as well as the variables B and PDI. The results of linear regression showed that although the double-digit scale is a composite scale, there was a very strong regression relationship between its values and the variable A, while the relationship between the double-digit scale and the variable B was weak. On the other hand, PDI, which is the most complete variable to describe the disease severity, showed a strong regression relationship with the second digit of the double-digit scale (variable B), but its relationship with the first digit or numerical value of the double-digit scale (variable A) was weak.

Conclusion

The results of the statistical analysis of this research showed that the expression of disease severity (untransformed data) in terms of the variables B (disease severity on the upper leaves) and PDI (disease severity index) had more statistically appropriate than the variables A (Sari and Prescott scale) and AB (double-digit scale). Therefore, improving and upgrading the Sari and Prescott scale to a double-digit scale can only be effective in practice if it is correctly transformed into a comprehensive disease index (such as PDI), otherwise there will not be a big change in the quality of disease assessment. It is concluded that in assessing the severity of wheat leaf diseases, after determining the disease severity based on the A or AB scale, the data must firstly be converted to the variable PDI and then the analysis of variance or regression analysis should be performed.

Keywords: Disease severity index, Disease management, Foliar diseases, Double digit scale, Sarri and Prescott scale

Received: December 17, 2022 Accepted: April 29, 2023

Cite this article:

Aghajani, M.A. and Aghajani, M. 2023. Statistical comparison of scales for measuring the severity of wheat tan spot disease. *Cereal Research*, 13(2): pp. 115-127.

تحقیقات غلات
دوره سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲ (۱۲۷-۱۱۵)
doi: 10.22124/CR.2023.24577.1770

مقاله پژوهشی
دسترسی آزاد

مقایسه آماری مقیاس‌های اندازه‌گیری شدت بیماری لکه خرمایی گندم

محمدعلی آقاجانی[۱*] و مهدی آقاجانی[۲]

۱- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(*نویسنده مسئول: maaghajanina@yahoo.com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده جامع

مقدمه: مقیاس ساری و پرسکات (A) یکی از معروف‌ترین مقیاس‌های اندازه‌گیری بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز است که به صورت نمره‌های صفر تا نه بیان می‌شود. مقیاس دو رقمی (AB)، از تلفیق این مقیاس و شدت بیماری روی برگ‌های بالایی بوته (B) به‌وجود آمده است. مقیاس‌های A و AB از جمله مقیاس‌های رتبه‌ای (متغیرهای گسسته یا ناپیوسته) محسوب می‌شوند که داده‌های حاصل از آن‌ها را نمی‌توان با روش‌های آماری پارامتری تجزیه کرد. در صورت تبدیل مناسب آن‌ها به شاخص شدت بیماری بر حسب درصد (PDI)، متغیر پیوسته‌ای به‌وجود می‌آید که با روش‌های آماری پارامتری قابل تجزیه و تحلیل خواهد بود. هدف از اجرای این مطالعه، مقایسه روش‌ها و مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری شدت بیماری، تجزیه و تحلیل آماری آن‌ها، بررسی مزیت‌ها و معایب هر کدام از این روش‌ها و در نهایت معرفی روش مناسب جهت ارزیابی بیماری لکه خرمایی گندم ناشی از *Drechslera tritici-repentis* و نیز سایر بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز بود.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش، شدت بیماری لکه خرمایی روی ده رقم گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اندازه‌گیری و به‌صورت چهار متغیر A، B، AB و PDI ثبت شد. در این مطالعه، متغیر اول (A) برای نشان دادن شدت بیماری بر اساس مقیاس ساری و پرسکات (معادل رقم اول در مقیاس دو رقمی) و متغیر دوم (B) برای بیان سطح آلودگی برگ‌های بالای بوته (معادل رقم دوم در مقیاس دو رقمی) مورد استفاده قرار گرفت. متغیر سوم (AB) از تلفیق متغیرهای اول و دوم به‌دست آمد و متغیر چهارم نیز شاخص شدت بیماری بر حسب درصد (PDI) بود. به‌منظور مقایسه متغیرها و انتخاب بهترین آن‌ها، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها با روش LSD و نیز ضرایب همبستگی و تحلیل رگرسیونی بین متغیرهای مورد مطالعه انجام شد.

یافته‌های تحقیق: برآورد آماره‌های چولگی و کشیدگی داده‌های چهار متغیر مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که فقط متغیرهای B و PDI دارای توزیع نرمال بودند. آماره‌های Shapiro-Wilk و Kolmogorov-Smirnov و نمودار توزیع فراوانی داده‌ها نیز نرمال بودن و پیوسته بودن دو متغیر B و PDI را به‌خوبی نشان دادند، در حالی که متغیرهای A و AB فاقد توزیع نرمال بودند و با توجه به فاصله‌های ایجاد شده بین گروه‌های مختلف داده‌ها در نمودار توزیع فراوانی، می‌توان این متغیرها را به‌عنوان متغیرهای گسسته در نظر گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها (رقم‌های گندم) مورد مطالعه از نظر دو متغیر B و PDI وجود داشت، در حالی‌که اختلاف بین رقم‌ها از نظر دو متغیر A و AB غیرمعنی‌دار

بود. بررسی روابط بین این چهار متغیر با استفاده از ضرایب همبستگی و تحلیل رگرسیون خطی، ارتباط قوی و معنی‌دار بین متغیرهای A و AB و نیز متغیرهای B و PDI را آشکار کرد. نتایج رگرسیون خطی نشان داد که با وجود ترکیبی بودن مقیاس دو رقمی، رابطه رگرسیونی بسیار قوی بین مقادیر مقیاس دو رقمی و متغیر A وجود داشت، در حالی‌که رابطه بین مقیاس دو رقمی و متغیر B ضعیف‌تر بود. در مقابل، PDI که به‌عنوان کامل‌ترین متغیر برای توصیف مقدار بیماری مطرح است، رابطه رگرسیونی قوی با رقم دوم مقیاس دو رقمی (متغیر B) نشان داد، اما ارتباط آن با رقم اول آن یعنی مقدار عددی مقیاس دو رقمی (متغیر A) ضعیف بود.

نتیجه‌گیری: نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌های این تحقیق نشان داد که بیان داده‌های شدت بیماری بر حسب متغیرهای B (شدت بیماری روی برگ‌های بالایی بوته) و PDI (شاخص شدت بیماری) از مناسبت آماری بالاتری نسبت به داده‌های ثبت شده بر اساس متغیرهای A (مقیاس ساری و پرسکات) و AB (مقیاس دو رقمی)، به‌صورت خام و تبدیل نشده برخوردار بودند. بنابراین، بهبود و ارتقای مقیاس ساری و پرسکات به مقیاس دو رقمی، تنها در صورتی می‌تواند در عمل موثر واقع شود که به صورتی صحیح به شاخصی جامع از بیماری (نظیر PDI) تبدیل شود، در غیر این صورت در کیفیت کار ارزیابی تغییر چندانی ایجاد نخواهد شد. به‌عبارت دیگر، در ارزیابی شدت بیماری‌های برگی گندم، پس از تعیین شدت بیماری بر اساس مقیاس A یا AB و قبل از انجام هر گونه تحلیل آماری، ابتدا بایستی داده‌ها به متغیر PDI تبدیل شوند و سپس تجزیه واریانس یا تحلیل رگرسیونی داده‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های برگی، شاخص شدت بیماری، مدیریت بیماری‌ها، مقیاس دو رقمی، مقیاس ساری و پرسکات

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۹

نحوه استناد به این مقاله:

آقاجانی، محمدعلی و آقاجانی، مهدی. ۱۴۰۲. مقایسه آماری مقیاس‌های اندازه‌گیری شدت بیماری لکه خرمایی گندم. *تحقیقات غلات*، ۱۳(۲): ۱۲۷-۱۱۵.

مقدمه

ارزیابی بیماری‌های گیاهی، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین کارها در اپیدمیولوژی بیماری‌های گیاهی است. ارزیابی مقدار بیماری موجود در یک زمان خاص، محور اصلی تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، مدل‌سازی، تفسیر و توضیح مراحل و جزییات یک پاتوسیستم می‌باشد (Campbell and Madden, 1990). ارزیابی بیماری به‌صورت کمی یا کیفی انجام می‌شود. کمیت بیماری در یک گیاه (یا مزرعه)، به‌عنوان مقدار بیماری نامیده می‌شود (Seem, 1984). این کمیت در گذشته با شدت بیماری به‌صورت مترادف مورد استفاده قرار می‌گرفت (Seem, 1984)، اما مک رابرتز و همکاران (McRoberts *et al*., 2003) از آن به‌عنوان یک مفهوم کلی که بیان کننده مقدار بیماری است، یاد کردند. مقدار بیماری، به روش‌های مختلفی قابل اندازه‌گیری است که مهم‌ترین آن‌ها، میزان وقوع و شدت بیماری هستند (Seem, 1984).

میزان وقوع بیماری به تعداد واحدهای گیاهی اطلاق می‌شود که علایم قابل مشاهده بیماری را نشان می‌دهند و به دو صورت نسبت (صفر تا یک) یا درصد (صفر تا ۱۰۰) واحدهای بیمار در یک جمعیت بیان می‌شود (Campbell and Madden, 1990; Sarker *et al*., 2009). میزان وقوع بیماری (I) به‌صورت نسبت تعداد بوته‌های بیمار (n) به تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده (N) با استفاده از رابطه (۱) به‌دست می‌آید (Cardoso *et al*., 2004):

$$I = \frac{n}{N} \times 100 \qquad (۱)$$

شدت بیماری، مساحت یا حجم بافت گیاهی بیمار است که معمولاً نسبت به مساحت یا حجم کل بافت‌های گیاهی بیان می‌شود (Seem, 1984). شدت بیماری (S) به‌عنوان متغیری از بیماری است که منعکس کننده تأثیر همه عوامل محیطی مؤثر بر بیماری می‌باشد (Campbell and Madden, 1990; McRoberts *et al*., 2003). این متغیر بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود که در آن، X_i درجه شدت بیماری، n_i تعداد بوته‌های بیمار در درجه i ام بیماری و N تعداد کل بوته‌های بیمار است (Cardoso *et al*., 2004):.

$$S = \frac{\sum(X_i n_i)}{N} \times 100 \qquad (۲)$$

ارزیابی شدت بیماری‌های گیاهی با روش‌های مختلفی نظیر مشاهده‌ای، ارزیابی مستقیم با استفاده از دیاگرام‌های بیماری (کلیدهای تصویری)، استفاده از مقیاس‌های بیماری (در دامنه صفر تا ۱۰۰ درصد) و استفاده از مقیاس‌های ارزیابی رتبه‌ای انجام می‌گیرد (Madden *et al*., 2007). دیاگرام بیماری، یک بیان تصویری یا گرافیکی از سطوح انتخابی (کلاس‌های) شدت بیماری است که گاهی «دیاگرام‌های سطح استاندارد» نیز نامیده می‌شوند (Cooke, 2006). اگرچه کاب در سال ۱۸۹۲ اولین کسی بود که از دیاگرام‌های بیماری استفاده کرد، اما جیمز (James, 1971) با جمع‌آوری و انتشار مجموعه‌ای از کلیدهای تصویری ارزیابی شدت بیماری، عامل اصلی رواج این روش بوده است. یک مقیاس بیماری، نوعی تفکیک ارزش‌های پیوسته شدت بیماری (از صفر تا ۱۰۰ درصد) به تعداد مشخصی از طبقات است. در حقیقت، یک مقیاس بیماری، بیان نوشتاری و عددی از طبقات قابل تشخیص شدت بیماری است که موجب افزایش اطمینان و سرعت ارزیابی می‌شود. معروف‌ترین مقیاس اندازه‌گیری بیماری‌های گیاهی، مقیاس هورسفال- بارات (H-B) است که در آن ۱۲ طبقه (از صفر تا ۱۱) برای تعیین درصد شدت بیماری در نظر گرفته شده است (Madden *et al*., 2007). این نوع مقیاس‌ها، گاهی به‌عنوان کلید مزرعه‌ای نامیده می‌شوند (Campbell and Madden, 1990; McRoberts *et al*., 2003).

اندازه‌گیری شدت برخی از بیماری‌ها نظیر بیماری‌های سیستمیک، بیماری‌های ناشی از ویروس‌ها و بسیاری از بیماری‌های ریشه، می‌تواند بسیار دشوار باشد. در این موارد، حتی مفهوم شدت نیز پیچیده‌تر می‌شود. یک راه‌کار عمومی برای حل چنین مشکلاتی، استفاده از یک مقیاس ارزیابی رتبه‌ای است، یعنی شخص یک نمونه را مشاهده می‌کند و آن را به یکی از چند عدد ثابت عنوان شده برای طبقات ارزیابی شدت نسبت می‌دهد. چنین مقیاسی با مقیاس‌های مطرح شده قبلی متفاوت است و هیچ‌گونه تفسیر فیزیکی مشخصی ندارد. مزیت آشکار این نوع مقیاس، سهولت استفاده است که ارزیابی سریع بیماری را ممکن می‌سازد (Madden *et al*., 2007). یکی از معروف‌ترین مقیاس‌های رتبه‌ای که برای اندازه‌گیری بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز (بیماری لکه خرمایی گندم ناشی از *Drechslera tritici-repentis*، بیماری لکه قهوه‌ای معمولی جو ناشی از *Cochliobolus sativus*، بیماری سپتوریوز برگ گندم ناشی از *Septoria tritici* و بیماری سفیدک سطحی گندم، جو ناشی از *Blumeria graminis*) به‌کار می‌رود، مقیاس پیشنهادی

توسط ساری و پرسکات (Saari and Prescott, 1975) (که در این مقاله به‌عنوان مقیاس SP از آن یاد می‌شود) است که در آن، شدت بیماری یک بوته بر اساس مقیاس صفر تا ۹ تعیین می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱- مقیاس ساری و پرسکات (Saari and Prescott, 1975) برای اندازه‌گیری شدت بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز
Table 1. Saari and Prescott (1975) scale for measuring foliar diseases severity in small grain cereals

Score	Description
0	No contamination
1	Occurrence of little separate and scattered spots on the lowest leaves
2	Occurrence of scattered spots on secondary leaves along with infection of primary leaves
3	Occurrence of little infection on the leaves of lower 1/3 of the plant
4	Extension of disease up to lower half of the plant
5	Severe infection on the lower leaves and extension of disease up to lower half of the plant
6	Severe infection on the lower 1/3 of the plant moderate infection up to lower half of the plant
7	Severe infection on the lower and middle leaves and little extension of disease up to under flag leaf
8	Severe infection on the lower and middle leaves and very little infection on the flag leaf
9	Severe infection on all leaves and infection of spike

شدت بیماری ارزیابی شده به‌صورت مستقیم (با یا بدون استفاده از دیاگرام)، در دامنه صفر تا ۱۰۰ درصد قرار می‌گیرد و یک متغیر پیوسته محسوب می‌شود. بنابراین برای تحلیل آماری این داده‌ها می‌توان از روش‌های پارامتری نظیر تجزیه واریانس و تحلیل رگرسیون استفاده کرد. اما آیا می‌توان از روش‌های آماری پارامتری در مورد داده‌های شدت به‌دست آمده از یک مقیاس بیماری با تعداد مشخصی طبقه استفاده کرد. داده‌های به‌دست آمده از مقیاس‌های درصدی و رتبه‌ای جزو متغیرهای گسسته (یا ناپیوسته) هستند و با روش‌های آماری پارامتری قابل تحلیل نمی‌باشند. در این گونه موارد بایستی از روش‌های ناپارامتری که به نوع توزیع داده‌ها و لزوم نرمال بودن آن وابسته نیستند، استفاده کرد (Madden *et al*., 2007).

راه‌کار جایگزین برای مقیاس‌های درصدی، استفاده از معادل درصدی طبقه‌های شدت بیماری، به‌جای مقدار واقعی آن طبقه است. معمول‌ترین روش برای تبدیل نمره به درصد، استفاده از نقطه میانی دامنه شدت هر طبقه است. بعد از این مرحله، با توجه به این که داده‌های شدت بر اساس یک مقیاس پیوسته (با توزیع نرمال) هستند، می‌توان از تجزیه واریانس برای تحلیل داده‌ها استفاده کرد. روش یادشده فقط برای تبدیل نمره‌های یک مقیاس بیماری به درصد قابل استفاده است و در مورد مقیاس‌های رتبه‌ای به‌علت کیفی بودن متغیر و نداشتن درصد معادل با نمره‌ها، قابل استفاده نمی‌باشد (Madden *et al*., 2007). روش دوم تبدیل نمره‌های شدت (بر اساس مقیاس‌های رتبه‌ای) به مقادیر درصد شدت بیماری (PDI)، استفاده از رابطه (۳) است (Saharan *et al*., 2005):

$$PDI = \frac{X \times n}{9 \times N} \qquad (۳)$$

که در آن، X نمره شدت بیماری، n تعداد بوته‌های دارای نمره X، N تعداد کل بوته‌های ارزیابی شده و عدد ۹ بالاترین نمره مقیاس است. این فرمول به‌طور گسترده برای بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های تبدیل شده را می‌توان با استفاده از روش‌های آماری پارامتری نظیر تجزیه واریانس تحلیل کرد.

برای ارزیابی دقیق‌تر مقدار (شدت و پیشرفت عمودی) بیماری‌های برگی (به‌جز زنگ‌ها) در گندم، تریتیکاله و جو، مقیاس SP به‌صورت یک مقیاس دو رقمی (۹۹-۰۰) تغییر یافته است (Eyal *et al*., 1987; Sharma and Duveiller, 2007). در این سیستم تغییریافته، رقم اول (D1) ارتفاع نسبی بیماری را با استفاده از مقیاس اصلی SP (صفر تا نه) نشان می‌دهد و رقم دوم (D2) شدت بیماری را بر اساس مقیاس صفر تا نه (۹۰-۰ درصد پوشش سطح برگ با فواصل ۱۰ درصدی) روی چهار برگ بالایی بوته بیان می‌کند، به این ترتیب که نمره یک معادل ۱۰ درصد پوشش سطح برگ، نمره ۲ معادل ۲۰ درصد پوشش سطح برگ و در انتها نمره ۹ معادل ۹۰ درصد پوشش سطح برگ است و نمره ۱۰ در این سیستم به‌کار نمی‌رود. بنابراین، در گیاهی با ارتفاع بیماری ۵ و پوشش بیماری متوسط ۱۰ درصد روی چهار برگ بالایی، شدت بیماری برابر با ۵۱ است. برای تعیین شاخص شدت بیماری بر حسب درصد از رابطه (۴) استفاده می‌شود:

$$PDI(\%) = \frac{D1}{9} \times \frac{D2}{9} \times 100 \quad (۴)$$

هدف از این مطالعه، مقایسه روش‌ها و مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری شدت بیماری لکه خرمایی گندم، به‌عنوان نمونه‌ای از یک بیماری شاخص و شایع موجود در مزارع غلات کشور، بررسی مزیت‌ها و معایب هر یک از این روش‌ها و در نهایت معرفی روش مناسب جهت ارزیابی این بیماری (و سایر بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز) بود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز این تحقیق، از یک طرح آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار (شامل ارقام مختلف گندم) و سه تکرار تهیه شد که برای بررسی واکنش ارقام مختلف گندم در برابر بیماری لکه خرمایی (ناشی از قارچ *D. tritici-repentis*) تحت شرایط آلودگی طبیعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا شد. یادداشت برداری از شدت بیماری با استفاده از مقیاس تغییر یافته ساری و پرسکات (Saari and Prescott, 1975) موسوم به مقیاس دو رقمی (Eyal *et al*., 1987; Sharma and Duveiller, 2007) انجام شد که در این مطالعه با نماد AB نشان داده شده است. شدت بیماری بر اساس مقیاس ساری و پرسکات (که معادل رقم اول مقیاس دو رقمی است) با نماد A مورد استفاده قرار گرفته است و رقم دوم این مقیاس که بیانگر سطح آلودگی برگ‌های بالای بوته است، با نماد B نشان داده شده است. متغیر چهارم نیز شاخص شدت بیماری بر حسب درصد (PDI) است که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

آماده‌سازی و تبدیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics نسخه ۱۶/۱/۱۱ (شرکت StatPoint) بر اساس روش مدل‌های خطی عمومی صورت پذیرفت.

نتایج

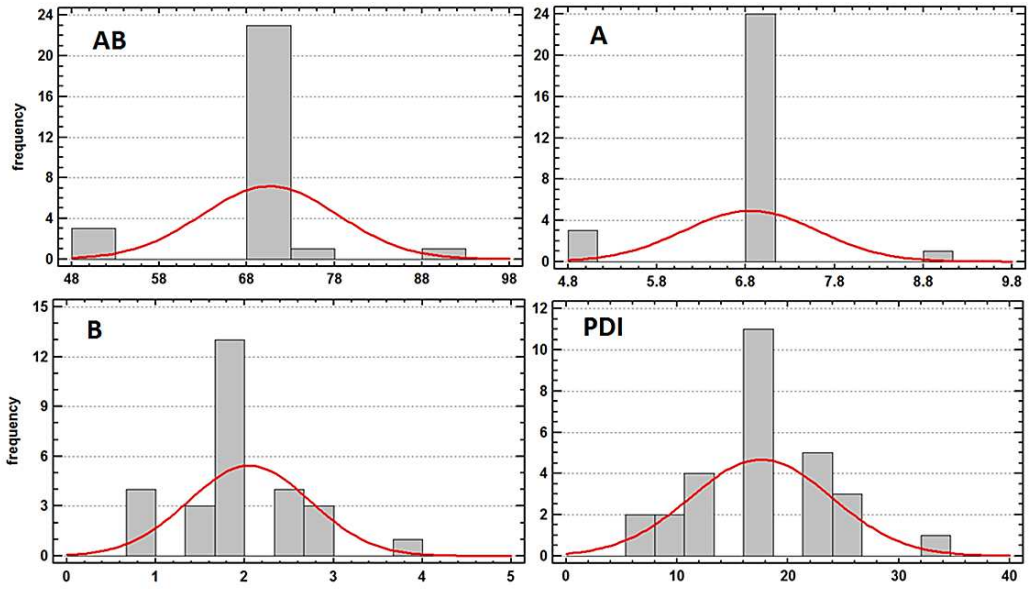
نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیماری لکه خرمایی در تمام تیمارهای آزمایشی به‌طور طبیعی ظاهر شد و متوسط شدت نهایی آن برابر با ۱۷/۶ (با دامنه بین ۶/۱۷ تا ۳۴/۵۶) درصد بود (جدول ۲). میانگین، دامنه تغییرات، انحراف معیار و سایر آماره‌های توصیفی چهار متغیر مورد استفاده برای اندازه‌گیری شدت بیماری در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج آماره‌های کشیدگی و چولگی استاندارد داده‌ها نشان داد که فقط متغیرهای B و PDI دارای توزیع نرمال هستند، زیرا مقدار این آماره‌ها برای دو متغیر یادشده در محدوده ۲- تا ۲+ قرار دارند (جدول ۲). آماره‌های Shapiro-Wilk و Kolmogorov-Smirnov D (جدول ۲) و نمودارهای هیستوگرام توزیع فراوانی داده‌ها (شکل ۱) نیز نرمال بودن و پیوسته بودن دو متغیر B و PDI را به‌خوبی نشان دادند، در حالی‌که متغیرهای A و AB فاقد توزیع نرمال بودند و با توجه به فاصله‌های ایجاد شده بین گروه‌های مختلف داده‌ها، جزو متغیرهای گسسته محسوب می‌شوند (شکل ۱).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام مختلف گندم برحسب مقیاس ساری و پرسکات (A)، درصد شدت بیماری روی بالاترین برگ (B)، مقیاس دو رقمی (AB) و شاخص شدت بیماری (PDI)

Table 2. Descriptive statistics of tan spot disease in different wheat cultivars measured by Saari and Prescott (1975) scale (A), disease severity percent on the highest leaf (B), double digit scale (AB), and disease severity index (PDI)

Variable	AB	A	B	PDI
Mean	70.62	6.85	20.53	17.57
Standard error	7.79	0.75	6.85	6.37
Coefficient of variation (CV)	11.03	11.02	33.36	36.26
Minimum	51.0	5.0	10.0	6.17
Maximum	92.0	9.0	40.0	34.56
Skewness	-0.98	-0.86	0.63	0.34
Standard skewness	-2.12	-1.85	1.36	0.73
Kurtosis	4.49	4.68	1.29	0.79
Standard kurtosis	4.84	5.05	1.39	0.85
Shapiro-Wilk statistic	0.52 **	0.59 **	0.89 **	0.94 ns
Kolmogorov-Smirnov D statistic (KSD)	0.41**	0.47 **	0.24 ns	0.20 ns

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- توزیع فراوانی چهار متغیر مورد استفاده در ارزیابی شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام مختلف گندم در مقایسه با منحنی توزیع نرمال استاندارد. A) مقیاس ساری و پرسکات، B) شدت بیماری روی بالاترین برگ، AB) مقیاس دو رقمی، PDI) شاخص شدت بیماری. منحنی‌های قرمز توزیع نرمال استاندارد را نشان می‌دهند.

Figure 1. Frequency distribution of four variables used to measure tan spot disease severity in wheat different cultivars compared with standard normal distribution curve. A) Saari and Prescott (1975) scale, B) disease severity percent on the highest leaf, AB) double digit scale, PDI) disease severity index. The red curves show standard normal distribution.

نتایج تجزیه واریانس چهار متغیر اندازه‌گیری شده در این مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج این جدول نشان می‌دهند، تجزیه واریانس فقط برای متغیرهای B و PDI اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) را بین تیمارها آشکار کرد و تیمارهای آزمایش فاقد اختلاف معنی‌دار از نظر متغیرهای A و AB بودند (جدول ۳). مقدار ضریب تشخیص (تبیین) که بیان‌گر میزان توجیه تنوع مشاهده شده در بین داده‌ها به‌وسیله مدل آماری استفاده شده است، نشان داد که مدل تجزیه واریانس انجام شده بر اساس مدل خطی عمومی برای متغیرهای B ($r^2 = ۶۸/۱۳$) و PDI ($r^2 = ۶۶/۸۹$)، درصد بیش‌تری از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و از این لحاظ نیز بر دو متغیر A ($r^2 = ۳۲/۶۸$) و AB ($r^2 = ۳۴/۵۳$) برتری داشت. در مرحله بعد جهت مشخص کردن دقیق اختلاف بین تیمارها، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد. نتایج گروه‌بندی تیمارها بر اساس هر دو متغیر B و PDI، کاملاً مشابه بود و نتیجه‌گیری یکسانی را درباره واکنش تیمارها در برابر بیماری به‌دنبال داشت (شکل ۲).

جهت یافتن روابط آماری بین چهار متغیر مورد مطالعه، ضریب همبستگی بین آنها محاسبه و در جدول ۴ ارائه شد. نتایج نشان داد که دو متغیر B و PDI رابطه معنی‌دار و قوی با هم داشتند ($r = ۰/۹۷$)، در حالی‌که رابطه PDI با دو متغیر A و AB، معنی‌دار اما ضعیف‌تر بود. بین دو متغیر AB و A نیز یک رابطه معنی‌دار و قوی ($r = ۰/۹۹۶$) مشاهده شد، اما رابطه بین دو متغیر AB و B ضعیف‌تر بود.

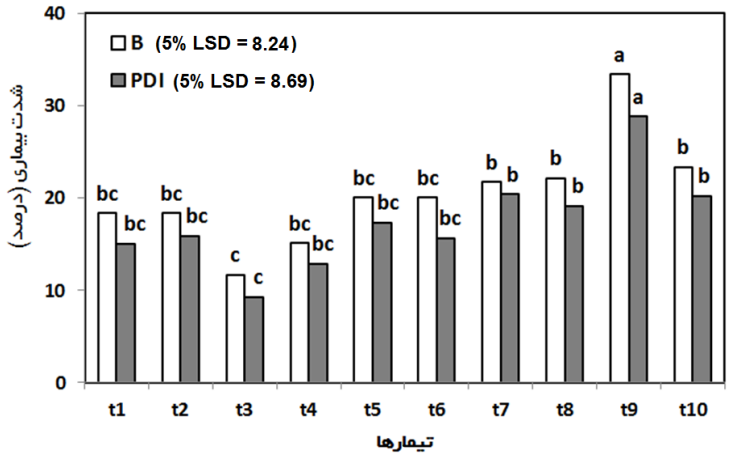
این نتایج با استفاده از تحلیل رگرسیونی ساده خطی بین متغیرها نیز تأیید شد (شکل‌های ۳ و ۴). متغیر PDI، قوی‌ترین رابطه رگرسیونی را با متغیر B نشان داد (با ضریب تبیین ۹۵ درصد و شیب خط رگرسیون ۰/۹)، در حالی‌که رابطه آن با دو متغیر A و AB ضعیف‌تر بود (شکل ۳). علاوه بر این، متغیر AB نیز رابطه رگرسیونی قوی‌تری (با ضریب تبیین ۹۹ درصد و شیب خط رگرسیون ۱۰/۳) را با متغیر A، در مقایسه با B نشان داد (شکل ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام مختلف گندم بر اساس مقیاس ساری و پرسکات (A)، شدت بیماری روی بالاترین برگ (B)، مقیاس دو رقمی (AB) و شاخص شدت بیماری (PDI)

Table 3. Analysis of variance of tan spot disease severity in different wheat cultivars based on Saari and Prescott (1975) scale (A), disease severity percent on the highest leaf (B), double digit scale (AB) and disease severity index (PDI)

Source of variation	df	Mean square			
		AB	A	B	PDI
Replication	2	15.31 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.04 ^{ns}	7.09 ^{ns}
Treatment	9	59.15 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.94*	79.62*
Error	134	67.09	0.65	0.25	22.69
Total	149	-	-	-	-
R-square		34.53	32.68	68.13	66.89

^{ns}, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۲- مقایسه میانگین شدت بیماری لکه خرمایی بین ارقام مختلف گندم بر اساس متغیرهای شدت بیماری روی بالاترین برگ (B) و شاخص شدت بیماری (PDI) با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)

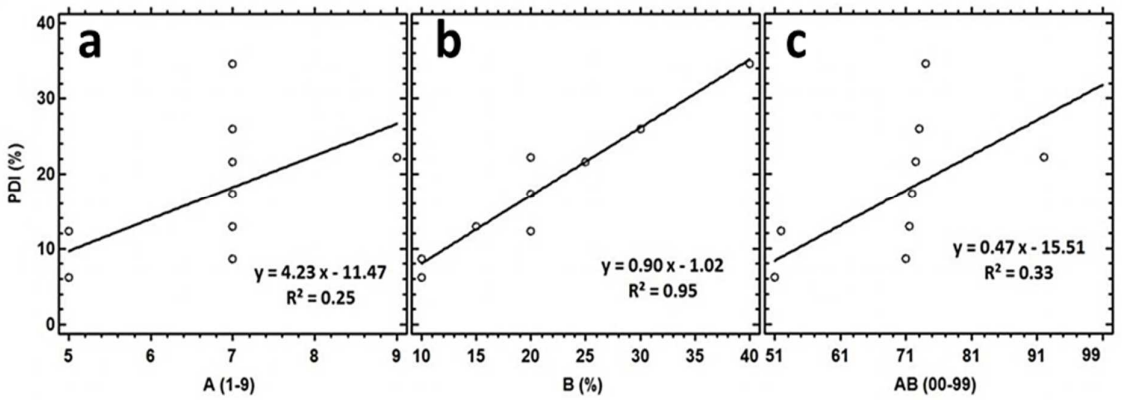
Figure 2. Comparison of means of tan spot disease severity among different wheat cultivars based on disease severity percent on the highest leaf (B) and disease severity index (PDI) variables using LSD mathod

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین متغیرهای مختلف شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام مختلف گندم که با استفاده از مقیاس دورقمی (AB)، ساری و پرسکات (A)، شدت بیماری روی بالاترین برگ (B) و شاخص شدت بیماری (PDI) اندازه‌گیری شده است.

Table 4. Correlation coefficients between the variables of tan spot disease severity in wheat different cultivars using general linear model (GLM) measured by double digit scale (AB), scale of Saari and Prescott, 1975 (A), disease severity percent on the highest leaf (B) and disease severity index (PDI).

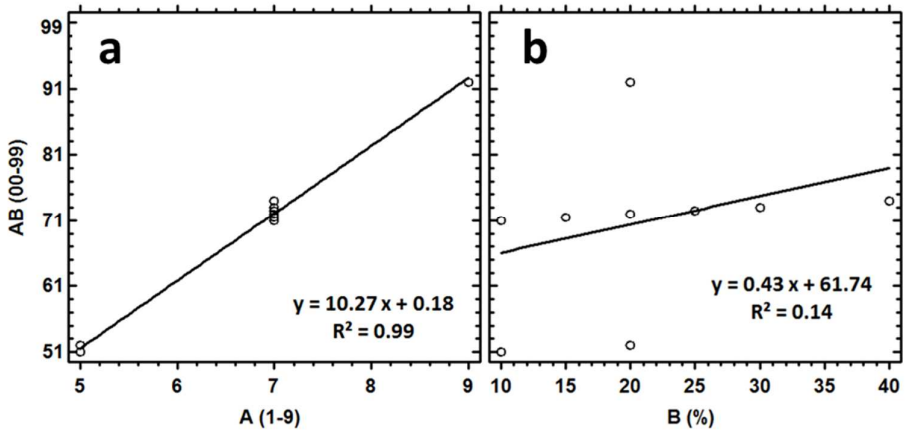
Variable	AB	A	B	PDI
AB		0.996**	0.38*	0.57**
A			0.30 ^{ns}	0.50**
B				0.97**
PDI				

^{ns}, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۳- رابطه رگرسیونی خطی ساده بین متغیرهای مختلف شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام گندم مورد مطالعه. A) مقیاس ساری و پرسکات، B) شدت بیماری روی بالاترین برگ، AB) مقیاس دو رقمی، PDI) شاخص شدت بیماری. شکل‌های a، b و c به‌ترتیب رگرسیون بین متغیر PDI را با متغیرهای A، B و AB نشان می‌دهند.

Figure 3. Simple linear regression between the different variables of tan spot disease severity in the studied wheat cultivars. A) Saari and Prescott (1975) scale, B) disease severity percent on the highest leaf, AB) double digit scale, PDI) disease severity index. Figures a, b, and c show the regression between PDI variable and the variables A, B, and AB, respectively.



شکل ۴- رابطه رگرسیونی خطی ساده بین متغیرهای مختلف شدت بیماری لکه خرمایی در ارقام گندم مورد مطالعه. A) مقیاس ساری و پرسکات، B) شدت بیماری روی بالاترین برگ، AB) مقیاس دو رقمی. شکل‌های a و b به‌ترتیب رگرسیون بین متغیر AB را با متغیرهای A و B نشان می‌دهند.

Figure 4. Simple linear regression between the different variables of tan spot disease severity in the studied wheat cultivars. A) Saari and Prescott (1975) scale, B) disease severity percent on the highest leaf, AB) double digit scale. Figures a and b show the regression between AB variable and the variables A and B, respectively.

بحث

میزان وقوع بیماری (درصد یا نسبت بوته‌های بیمار) یک متغیر گسسته است که در سطح گیاه به‌صورت دو وضعیتی و در سطح مزرعه (یا کادر) به‌صورت عددی در نظر گرفته می‌شود. شدت بیماری که به‌صورت نسبت یا سطح اندازه‌گیری می‌شود، به‌عنوان یک متغیر پیوسته در نظر گرفته می‌شود، اما اندازه‌گیری شدت بیماری بر حسب مقیاس‌های درصدی یا رتبه‌ای، به‌عنوان یک متغیر رتبه‌ای (از نوع گسسته) می‌باشد (Madden *et al*., 2007).

متغیرهای AB و A که به‌ترتیب بیانگر اعداد یادداشت‌برداری شده بر اساس مقیاس‌های دو رقمی (Eyal *et al*., 1987; Sharma and Duveiller, 2007) و ساری و پرسکات (Saari and Prescott, 1975) هستند (هر دو مقیاس از نوع مقیاس‌های رتبه‌ای)، جزو

متغیرهای گسسته محسوب می‌شوند. این نکته تا حدود زیادی با استفاده از نمودار توزیع فراوانی داده‌ها نیز مشخص شد (شکل ۱). متغیرهای گسسته فاقد توزیع نرمال هستند که پیش‌فرض تمام روش‌های تجزیه‌های پارامتری است. به‌همین دلیل با استفاده از روش‌هایی نظیر تجزیه واریانس و رگرسیون خطی ساده قابل تحلیل نیستند. نرمال نبودن توزیع داده‌های مربوط به این دو متغیر با نگاهی به آماره‌های کشیدگی و چولگی استاندارد داده‌ها و آماره‌های Kolmogorov-Smirnov D و Shapiro-Wilk کاملاً مشخص شد (جدول ۲). متغیر B که بیانگر درصد پوشش سطح برگ‌های بالایی بوته به‌وسیله علایم بیماری است، در واقع نتیجه نوعی ارزیابی مستقیم به‌حساب می‌آید، بنابراین داده‌های آن جزو متغیرهای پیوسته طبقه‌بندی می‌شود. متغیر PDI نیز در نتیجه تبدیل AB با استفاده از رابطه ۴ از یک متغیر گسسته به پیوسته تبدیل می‌شود. بنابراین پس از انجام آزمون نرمالیته، با روش‌های پارامتری قابل تحلیل است (Garrett *et al*., 2004). آماره‌های جدول ۲ و نمودار توزیع فراوانی داده‌های این تحقیق (شکل ۱)، نیز نشان دادند که داده‌های PDI نرمال بودند و بنابراین می‌توان آن‌ها را با روش‌های پارامتری تحلیل کرد. در واقع، متغیرهای AB و A به‌سبب نداشتن توزیع نرمال، با روش‌های آماری پارامتری قابل تحلیل نیستند، اما در این مطالعه، تجزیه واریانس و رگرسیون خطی فقط جهت اثبات عدم کارایی آنها و بررسی ارتباط بین متغیرها انجام شد. با وجود این نکته که داده‌های شدت بیماری ثبت شده بر اساس یک مقیاس رتبه‌ای (متغیرهای گسسته) را نمی‌توان تجزیه واریانس کرد، اما در موارد اندکی در کشور ما این اشتباه صورت گرفته است. با توجه به این نکته که بسیاری از تحقیقات بیماری‌شناسی گیاهی، به‌ویژه غربال ژنوتیپ‌ها و بررسی کارایی قارچ‌کش‌ها با استفاده از مقیاس‌های درصدی و رتبه‌ای انجام می‌شود، بنابراین تجزیه داده‌ها بدون در نظر گرفتن این نکته، موجب می‌شود نتایج اشتباه و غیر واقعی از این آزمایش‌ها به‌دست آید (Turechek, 2004).

مجدداً تاکید می‌شود که تجزیه واریانس و رگرسیون خطی در باره این داده‌ها هرگز قابل استفاده نیست و جهت انجام این تجزیه‌ها، ابتدا باید با استفاده از روابط (۳) و (۴)، آنها را به داده‌های PDI (یا شاخص شدت بیماری) تبدیل کرد و سپس نرمال بودن توزیع داده‌ها را مورد آزمون قرار داد و در صورت نرمال نبودن، تبدیل‌های مختلف نظیر آرک سینوس، لگاریتم طبیعی و غیره متناسب با نوع داده‌ها انجام شود تا توزیع داده‌ها به نرمال نزدیک شود (Laycock, 2004). خوشبختانه در تعدادی از تحقیقات انجام شده در داخل کشور، این مراحل رعایت شده است که به‌عنوان نمونه می‌توان به صحراگرد (Sahragard, 2009) و آزادوار و رحیمیان (Azadvar and Rahimian, 2009) اشاره کرد. آقاجانی و همکاران (Aghajani *et al*., 2010) نیز برای ارزیابی تاثیر قارچ‌کش‌های مختلف بر بیماری لکه خرمایی گندم، از مقیاس رتبه‌ای لیپس و مدن (Lipps and Madden, 1989) (شامل طبقه‌های صفر تا ۱۰) و درصد پوشش سطح برگ پرچم استفاده کردند و بر اساس نتایج خود، استفاده از PDI را جهت نتیجه‌گیری آماری صحیح‌تر در این گونه مطالعات پیشنهاد دادند.

مقیاس SP، یکی از معروف‌ترین مقیاس‌های ارزیابی شدت بیماری‌های برگی غلات دانه‌ریز (به‌جز زنگ‌ها) است که هنوز هم مورد استفاده محققان کشورهای مختلف قرار می‌گیرد (Eyal *et al*., 1987; Sarker *et al*., 2009; Mojerlou *et al*., 2010b). در حقیقت مقیاس دو رقمی نوعی به‌روز رسانی برای مقیاس SP است که با دقت بیش‌تری به توصیف مقدار بیماری در بوته می‌پردازد. این مقیاس تلفیقی از مقیاس SP و ارزیابی سطح پوشش لکه‌ها روی برگ‌های بالایی بوته است که نیاز به دقت بیش‌تری برای ارزیابی دارد. موجرلو و همکاران (Mojerlou *et al*., 2010a) با مقایسه مقیاس دو رقمی با شدت بیماری (درصد بیماری روی برگ پرچم) در ارقام و لاین‌های گندم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، نتیجه گرفتند که مقیاس دو رقمی، کارایی بالاتری نسبت به شدت بیماری در توصیف پیشرفت بیماری در طول زمان در همه ارقام و لاین‌ها دارد. لازم به ذکر است که نامبردگان از داده‌های مقیاس دو رقمی به‌صورت خام (بدون تبدیل آن به درصد) استفاده کردند.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که بیان داده‌های شدت بیماری بر حسب متغیرهای B (شدت بیماری روی برگ‌های بالایی بوته) و PDI (شاخص شدت بیماری) از مناسبت آماری بالاتری نسبت به داده‌های ثبت شده بر اساس متغیرهای A (مقیاس ساری و پرسکات) و

AB (مقیاس دو رقمی)، به‌صورت خام و تبدیل نشده برخوردار بودند. نتایج رگرسیون خطی نشان داد که با وجود ترکیبی بودن مقیاس دو رقمی، رابطه رگرسیونی بسیار قوی بین مقدار مقیاس SP (رقم اول) و این مقیاس وجود داشت، در حالی‌که رابطه بین مقیاس دو رقمی و رقم دوم (B) ضعیف‌تر بود. PDI که به‌عنوان کامل‌ترین متغیر برای توصیف مقدار بیماری مطرح است، رابطه رگرسیونی قوی با رقم دوم مقیاس دو رقمی (B) نشان داد، اما ارتباط آن با مقدار عددی مقیاس دو رقمی یا رقم اول آن (مقدار مقیاس SP) ضعیف بود (شکل ۳). می‌توان این طور نتیجه‌گیری کرد که بهبود و ارتقای مقیاس SP به مقیاس دو رقمی، فقط در صورتی می‌تواند در عمل موثر واقع شود که به‌صورتی صحیح به شاخصی جامع از بیماری (نظیر PDI) تبدیل شود، در غیر این صورت، در کیفیت کار ارزیابی، تغییر چندانی ایجاد نخواهد شد. به‌عبارت دیگر، در ارزیابی شدت بیماری‌های برگی گندم، پس از تعیین شدت بیماری بر حسب مقیاس‌های A یا AB و قبل از انجام هر گونه تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا بایستی داده‌ها به متغیر PDI تبدیل شوند و سپس تجزیه واریانس یا تحلیل رگرسیونی داده‌ها انجام شود.

تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسنده (گان) با چاپ این مقاله به صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

Aghajani, M.A., Bagherani, N. and Mottaki, E. 2010. Chemical control of tan spot of wheat in Golestan province. Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress. July 31-3 Aug. 2010, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. [In Persion].

Azadvar, M. and Rahimian, H. 2009. Study on tolerance ratio of 11 commercial potato varieties to bacterial wilt agent in root and stem inoculation methods. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 44, pp. 184-190. [In Persion].

Campbell, C.L. and Madden, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley, New York. 532 p.

Cardoso, J.E., Santos, A.A., Rossetti, A.G. and Vidal, J.C. 2004. Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. *Plant Pathology*, 53, pp. 363-367. https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01007.x.

Cooke, B.M. 2006. Disease assessment and yield loss. In: Cooke, B.M., Jones, D.G. and Kaye, B. (Eds). The Epidemiology of Plant Diseases. 2nd Edition. Springer, The Netherlands. pp. 43-80.

Eyal, Z., Scharen, A.L., Prescott, J.M. and van Ginkel, M. 1987. The Septoria diseases of wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F., CIMMYT.

Garrett, K.A., Madden, L.V., Hughes, G. and Pfender, W.F. 2004. New applications of statistical tools in plant pathology. *Phytopathology*, 94, pp. 999-1003. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.999.

James, W.C. 1971. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey*, 51, pp. 39-65.

Laycock, D.S. 2004. Manual for Field Trials in Crop Protection. 4th Edition. Syngenta, Switzerland. 444 p.

Lipps, P.E. and Madden, L.V. 1989. Assessment of methods of determining powdery mildew severity in relation to grain yield of winter wheat cultivars in Ohio. *Phytopathology*, 79, pp. 462-470. https://doi.org/10.1094/Phyto-79-462.

Madden, L.V., Hughes, G. and van den Bosch, F. 2007. The Study of Plant Disease Epidemics. APS Press. https://doi.org/10.1094/9780890545058.

McRoberts, N., Hughes, G. and Madden, L.V. 2003. The theoretical basis and practical application of relationships between different disease intensity measurements in plants. *Annals of Applied Biology*, 142, pp. 191-211. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00242.x.

Mojerlou, S., Safaie, N., Alizadeh, A. and Khelghatibana, F. 2010a. Comparison of double digit index and disease severity in disease progress of wheat septoriosis (*Septoria tritici*) using artificial neural network. *Trakia Journal of Sciences*, 8(4), pp. 62-66.

Mojerlou, S., Safaie, N., Alizadeh, A. and Khelghatibana, F. 2010b. Temporal analysis of Septoria leaf blotch progress in wheat. *Agricultura Tropica Et Subtropica*, 43, pp. 266-276.

Saari, E.E. and Prescott, J.M. 1975. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease*, 59, pp. 377-380.

Saharan, G.S., Mehta, N. and Sangwan, M.S. 2005. Diseases of Oilseed Crops. Indus Publishing Company, New Delhi.

Sahragard, N. 2009. Evaluation of resistance of some genotypes and cultivars of almond to *Verticillium dahliae*. *Pajouhesh and Sazandegi*, 78, pp. 125-131. [In Persion].

Sarker, M.A.Z., Malaker, P.K., Bodruzzaman, M. and Barma, N.C.D. 2009. Effect of management and seed rate on the performance of wheat varieties with varying seed sizes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34, pp. 481-492. https://doi.org/10.3329/bjar.v34i3.3975.

Seem, R.C. 1984. Disease incidence and severity relationships. *Annual Review of Phytopathology*, 22, pp. 133-150. https://doi.org/10.1146/annurev.py.22.090184.001025.

Sharma, R.C. and Duveiller, E. 2007. Advancement toward new spot blotch resistant wheats in south Asia. *Crop Science*, 47, pp. 961-968. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0201.

Turechek, W.W. 2004. Nonparametric tests in plant disease epidemiology: Characterizing disease associations. *Phytopathology*, 94, pp. 1018-1021. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.1018.