

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

نشریه فنی

برآورد خسارت برخی بیماری‌های گیاهان زراعی

نگارندگان:

محمود معصومی

عباسعلی روانلو

شماره ثبت:

۶۴۰۶۸

۱۴۰۲

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

نشریه فنی

برآورد خسارت برخی بیماری‌های گیاهان زراعی

نگارندگان:

محمود معصومی

عباسعلی روانلو

شماره ثبت:

۶۴۰۶۸

۱۴۰۲

مخاطبان نشریه فنی: مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی، پژوهشی و اجرایی وابسته به

وزارت جهاد کشاورزی

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، نشریه فنی
برآورد خسارت برخی بیماری های گیاهان زراعی

نگارندگان: محمود معصومی و عباسعلی روانلو
ناشر: موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۲

شماره و تاریخ ثبت نشریه: شماره ثبت ۶۴۰۶۸ مورخ ۱۴۰۲/۶/۴
نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن،
پلاک ۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	پیش گفتار
۲	مقدمه
۳	سطوح عملکرد
۵	سابقه برآورد خسارت
۵	اطلاعات لازم برای برآورد خسارت
۷	مفهوم تنش
۱۰	اندازه گیری زیان
۱۲	ارزیابی یا سنجش بیماری
۱۵	تعیین شاخص
۱۶	درجه بندی علائم بیماری
۲۳	زمان ارزیابی
۲۴	پتانسیل عملکرد
۲۷	محاسبه درصد پتانسیل عملکرد
۳۱	منابع فارسی
۳۳	منابع انگلیسی

پیشگفتار

آگاهی از میزان خسارت عوامل بیماری‌زای گیاهی به محصول برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی‌های لازم در مدیریت آن‌ها تعیین‌کننده است. عوامل زیادی در تعیین میزان خسارت آفات یا بیماری‌ها دخیل هستند. به غیر از اجزای مثلث بیماری که شامل بیمارگر، میزبان، ناقل (در بیماری‌های ویروسی) و محیط است؛ عواملی مانند شرایط اقتصادی، فرهنگی و سیاسی نیز می‌توانند تعیین‌کننده باشند. به‌طور مثال، در حدود سال‌های اواخر دهه ۱۳۸۰، بیماری پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (*Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV*) در استان‌های جنوبی کشور شیوع پیدا کرد و زیان‌های اقتصادی زیادی به گوجه‌کاران وارد کرد. در همان سال، سرمزدگی موجب کاهش تولید گوجه‌فرنگی و افزایش قیمت آن در بازار شد و این در نهایت به سود کشاورزانی تمام شد که از بیماری ویروسی صدمه دیده بودند و خسارت اقتصادی ناشی از بیماری تا حدودی جبران شد.

بسیاری از مسائل سیاسی و اقتصادی و فرهنگی مانند صادرات و واردات محصول، سیاست‌گذاری اقتصادی جامعه، نوسان قیمت‌ها و حتی فرهنگ یک جامعه بر میزان خسارت تأثیر می‌گذارد. بنابراین خسارت تنها به صدمه وارد شده به گیاه و کاهش عملکرد محدود نمی‌شود.

مقدمه

انسان قبل از تصرف طبیعت و شروع کشاورزی، با سایر موجودات در استفاده از منابع طبیعی رقابت داشت. با شروع کشاورزی، مفهوم آفت پیدا شد. بعد از آن با از دست دادن محصولات، به هر دلیل ممکن با آفات مبارزه کرده‌است. در تاریخ کشاورزی، خسارت‌های تاریخی ناشی از بیماری‌ها و آفاتی اتفاق افتاده که دگرگونی‌های عظیمی در فرهنگ و اقتصاد جوامع بشری ایجاد کرده است. بیماری بادزدگی سیب‌زمینی در اروپا به ویژه ایرلند، زنگ قهوه در هندوستان، زنگ غلات و موارد متعددی از آفات و بیماری‌ها هستند که در تاریخ تاثیرگذار بوده‌اند. انسان از همان اوایل شروع کشاورزی، مفهوم زیان و خسارت به محصول را درک کرده و در صدد کاهش آن و افزایش محصول برآمده است. در حال حاضر علی‌رغم پیشرفت‌های وسیعی که در صنعت و فن‌آوری به‌وجود آمده، هنوز کشاورزی ستون فقرات اصلی اقتصاد جهان در بهبود معیشت مردم و افزایش تولید ناخالص کشورها است. با این حال، همیشه بهره‌وری کشاورزی با محدودیت‌های زیستی و غیر زیستی مواجه بوده‌است. تنش‌های زیستی شرایط نامطلوبی برای رشد و تولید محصول محسوب می‌شوند که در اثر عوامل زنده ایجاد می‌شوند. آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از جمله این عوامل هستند که بازدارنده اصلی بهره‌وری تولید به حساب می‌آیند.

کاهش عملکرد و خسارت محصول ناشی از عوامل زیستی در جهان حدود ۳۰ درصد برآورد شده است. کاهش این حجم عظیم از خسارت می‌تواند درصد زیادی از جمعیت جهان را از فقر و گرسنگی نجات دهد. امروزه غیر از کشاورزان، که به‌طور مستقیم در مبارزه با آفات و بیماری‌ها درگیر هستند، بسیاری از نهادهای دولتی در کشورها و سازمان‌های بین‌المللی نیز به این مسئله ورود کرده‌اند و این

درک حاصل شده است که اقتصاد مردم در گرو درک و مبارزه با عوامل کاهنده محصول است. با اینکه پیشرفت زیادی در فن آوری تولید محصول و مبارزه با عوامل زیان آور اتفاق افتاده، ولی هنوز برآورد دقیق خسارت محصول^۱ و حتی خسارت عملکرد^۲ از مشکلات عمده کشاورزان، کارشناسان و پژوهشگران محسوب می شود. درک درست از ارزش محصول و میزان زیان^۳ به گیاه و محصول در مزرعه، به ارزیابی درست خسارت محصول منجر خواهد شد که به برآورد دقیق و درست از آنها نیاز است. با این همه، این به تنهایی کافی نیست و برآورد نهایی خسارت محصول از پیچیدگی های زیادی برخوردار است (Aggarwal et al., 2020).

سطوح عملکرد

بین عملکرد بالقوه یا ژنتیکی یا مطلق^۴ با عملکرد واقعی^۵ تفاوت زیادی وجود دارد و عوامل زیادی در ایجاد این تفاوت نقش دارند. یک بخش آن مربوط به شرایط محیطی است. اگر شرایط محیطی مانند رطوبت، دما، تغییرات اقلیمی و آب و هوا کاملاً مناسب باشد، گیاه به پتانسیل ژنتیکی عملکرد خود نزدیک می شود که عملاً هیچوقت حاصل نمی شود. بنابراین عملکردی که با تاثیر عوامل محیطی حاصل می شود عملکرد قابل دسترس^۶ خواهد بود. بخش دیگر به شرایط خاک، زمین، مدیریت کاشت، داشت و برداشت مربوط می شود که در واقع اعمال مدیریت زراعی است. محصول حاصل با تاثیر گذاری این عوامل مقرون

1 Crop loss

2 Yield loss

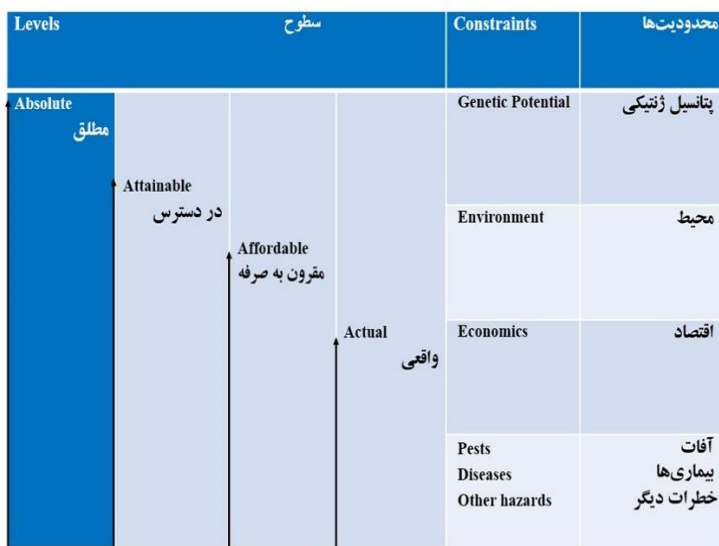
3 Damage

4 Absolute yield

5 Actual yield

6 Attainable yield

به صرفه^۱ خواهد بود. بخش سوم به آفات، بیماری‌ها و تنش‌های دیگر نسبت داده می‌شود که با تاثیرگذاری آن‌ها عملکرد واقعی به دست خواهد آمد. هر کدام از این عوامل، مقداری از پتانسیل ژنتیکی را کاهش می‌دهند (شکل ۱). بخش عمده‌ای از مدیریت این عوامل در دست انسان است. مدیریت مبارزه با تنش‌های زنده مانند آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز از چالش‌های دائمی انسان است (Cook and Veseth 1991).



شکل ۱- عوامل محدودکننده در تولید محصول از پتانسیل ژنتیکی تا عملکرد واقعی، معروف به چهار A (Cook and Veseth 1991).

¹ Affordable

سابقه برآورد خسارت

تحقیقات برای تعیین خسارت محصول سه دوره تاریخی دارد (Savary et al. 2006):

۱-اکتشافی: دوره اولیه قبل از اینکه مفاهیم و روش‌شناسی رایج و استاندارد برای تحقیق وجود داشته باشد.

۲-اضطراری: بین دو جنگ جهانی اول و دوم (از حدود سال‌های ۱۹۱۸ تا ۱۹۴۰) روش‌هایی که برای برآورد خسارت محصول غذایی از جمله سیب زمینی و گندم استفاده شد در این بخش قرار می‌گیرند.

۳-اجرای: در این دوره با تشکیل سازمان خواربار جهانی^۱ (FAO) تاثیر آن، روش‌های ارزیابی بیماری و برآورد کاهش محصول با استاندارد سازی مفاهیم، روش‌ها و برآورد خسارت مزرعه در سطح جهانی مدون شد و شکل اصولی به خود گرفت. در این دوره مفاهیم آگرواکولوژیکی مانند سطوح عملکرد (نظری، قابل دستیابی و واقعی) که با تاثیر عامل محدود کننده حاصل می‌شود به کار گرفته شد به برآورد خسارت یک ماهیت منطقی و جنبه علمی داد. امروزه پیشرفت‌های زیادی حاصل شده و از چندین روش برای ارزیابی خسارت استفاده می‌کنند (Aggarwal et al. 2020).

اطلاعات لازم برای برآورد خسارت

برای جمع‌آوری اطلاعات بایستی ابتدا اهداف برآورد خسارت مشخص شود. هدف اصلی امنیت غذایی و تامین محصول کشاورز است. در صورتی که اقدامات لازم در برآورد خسارت و مدیریت محصول رضایت بخش نباشد، کشاورز با

¹ Food and Agricultural Organization, FAO

تغییر اهداف خود و یا افزایش دانش فنی خود، راهکاری برای بهبود وضعیت خود پیدا خواهد کرد. برای افزایش آگاهی و درک درست از خسارت آفات و بیماری اطلاعاتی مورد نیاز است. نورتون چهار نوع اطلاعات را فهرست کرد که ممکن است به بهبود درک کارشناسان از حمله آفات و خسارت محصول کمک کند (Norton 1982):

- ۱- اطلاعات اساسی (جزئیات اساسی از بیولوژی آفات و بیماری و جزئیات فنی مدیریت آنها)
 - ۲- اطلاعات تاریخی (سوابق سطوح قبلی از آفات و بیماری و هر گونه روند تغییرات بوجود آمده)
 - ۳- اطلاعات آنی (سوابق وضعیت فعلی آفات و بیماری جمع آوری شده با استفاده از برنامه‌های دیده‌بانی^۱ و نظارت^۲)
 - ۴- اطلاعات پیش‌بینی^۳ (پیش‌بینی سطوح خسارت محصول در آینده در اثر حمله آفات و وقوع بیماری)
- ارزیابی خسارت مبتنی بر داده‌های به دست آمده از نمونه برداری است که بایستی دقیق و درست باشد. از این چهار مورد، به جز مورد اول بقیه تا حدی به داده‌های به دست آمده از نمونه برداری وابسته هستند، روشن است که نمونه برداری و ارزیابی در سطح بوته، نقش مهمی در بهبود درک کارشناسان از تهدید آفات و در نتیجه در برآورد درست خسارت دارد (Hughes 1999). قبل از اینکه به روش ارزیابی محصول پرداخته شود، بهتر است چند مفهوم از رابطه بین بیمارگر و گیاه توضیح داده شود.

¹ Monitoring

² Surveillance

³ Prediction

مفهوم تنش^۱

تنش یک تغییر در شرایط فیزیولوژیکی گیاه است که توسط عوامل زنده و غیر زنده ایجاد می شود و می تواند به عدم تعادل طبیعی گیاه منجر شود و در رشد و نمو و بهره وری گیاه تاثیر داشته باشد (Begna 2020, Gaspar *et al.* 2002). این تنش می تواند حالت برگشت پذیر^۲ داشته باشد و توسط گیاه جبران یا ترمیم شود. این تنش می تواند منجر به آسیب^۳ شود که از نظر فیزیولوژیکی به گیاه صدمه وارد می کند. یعنی هرگونه تغییر قابل مشاهده در شرایط فیزیولوژیکی و آناتومیکی گیاه که روی زیست توده^۴ تاثیر منفی می گذارد. آسیب نیز می تواند برگشت پذیر باشد و اما هرگونه کاهش کمی و کیفی به محصول را زیان^۵ می گویند که می تواند به خسارت^۶ منجر شود. تفاوت بین Loss و Damage سیستماتیک نیست. خسارت عملکرد^۷، خسارتی است که از Damage حاصل می شود و فقط به عملکرد محصول در گیاه، مزرعه یا منطقه توجه دارد. خسارت محصول^۸ فاکتورهای دیگر اقتصادی را نیز در نظر می گیرد آن را در محاسبات وارد می کند. شکل ۲ رابطه بین Damage, injury و Loss را به تصویر کشیده است (Esker *et al.* 2013).

¹ Stress

² Elastic

³ Injury

⁴ Biomass

⁵ Damage

⁶ Loss

⁷ Yield loss

⁸ Crop loss

در اینجا لازم است سه واژه آسیب، زیان یا خسارت دقیق‌تر توضیح داده شود.

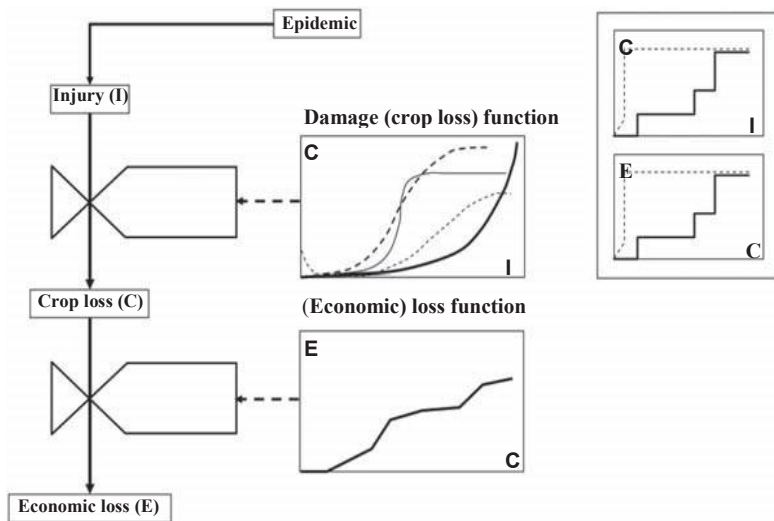
آسیب (Injury): وارد آمدن صدمه به یک گیاه که در آن تغییراتی در فیزیولوژی، آناتومی و کمیت یا کیفیت محصول پدید آید، بدون در نظر گرفتن ارزش اقتصادی یا میزان زیان اقتصادی.

زیان (Damage): عبارت است از کاهش کمی و کیفی محصول یا ارزش اقتصادی آن.

خسارت (Loss): محاسبات اقتصادی کاهش عملکرد و زیان اقتصادی است که در یک شرایط اقتصادی، قیمت بازار با در نظر گرفتن بسیاری از فاکتورهای اجتماعی و اقتصادی و حتی فرهنگی محاسبه می‌شود.

بنابراین تعیین خسارت بسیار پیچیده است و آنچه به‌طور معمول در تعیین خسارت^۱ انجام می‌شود تعیین زیان اقتصادی است، نه خسارت واقعی.

¹ Crop loss assessment



شکل ۲- روابط نموداری بین آسیب (injury)، زیان یا خسارت محصول (Damage) و خسارت اقتصادی (Loss). نمودار ارتباط بین زیان محصول و آسیب، و خسارت محصول و خسارت اقتصادی (به عنوان متغیرهای حالت یک سیستم) را از طریق نرخ‌های خاص نشان می‌دهد. نمودار اصلی برای خسارت کمی و کیفی، یعنی از خسارت محصول اعمال می‌شود. چند شکل ممکن از تابع آسیب نشان داده شده است. تابع خسارت اقتصادی فرضی و تئوریک است و منعکس کننده تغییرات بازار است. در مستطیل‌های کوچک تابع‌های آسیب (خسارت محصول) و خسارت اقتصادی ترسیم شده است. در کادر بالا وسط رابطه بین آسیب و زیان (خسارت محصول) و در کادر پایین رابطه بین زیان (خسارت محصول) و خسارت اقتصادی را بیان می‌کند. علامت‌های I (injury)، C (Damage = Crop loss) و E (Economical loss).

اندازه‌گیری زیان

برآورد خسارت در هر شکلی نیاز به کمی کردن^۱ اطلاعات بیماری شناختی دارد. بنابراین برای تعیین خسارت ابتدا لازم است با روش‌های اندازه‌گیری علائم، میزان زیان مشخص شود. این روش‌ها برای بسیاری از بیماری‌ها و آفات تدوین و استفاده شده است. اساساً اندازه‌گیری زیان وظیفه گیاه‌پزشکان است ولی شاید لازم باشد متخصصین دیگری نیز در این امر دخالت کنند. اندازه‌گیری زیان ممکن است به منظور تعیین موارد زیر باشد (Esiker *et al.* 2013):

- (۱) تعیین درجه مقاومت گیاه میزبان.
 - (۲) تأثیر سموم شیمیایی یا سایر شیوه‌های مدیریت محصول؛
 - (۳) تعیین پویایی (دینامیزم) بیماری‌های گیاهی
 - (۴) برآورد سطح زیانی که ممکن است به خسارت محصول منجر شود.
- این اهداف کاملاً متفاوت هستند و بنابراین به روش‌های متفاوتی برای برآورد زیان نیاز دارند. این به این دلیل است که، برای مثال، لکه‌هایی که بیماری‌های مختلف ایجاد می‌کنند ممکن است اثرات فیزیولوژیکی مشابهی نداشته باشند. در اینجا به چند نمونه کلاسیک اشاره می‌شود:
- (۱) لکه‌های بادزدگی سیب‌زمینی روی ساقه‌ها یا روی پهنک برگ،
 - (۲) لکه‌های بلاست برنج روی برگ‌ها، روی غلاف برگ، روی خوشه، یا روی گردن خوشه (Zadoks and Schein 1979).
 - (۳) لکه سیاه سیب روی شاخ و برگ و روی میوه‌های خیلی جوان (ریزش میوه) و میوه‌های نزدیک به برداشت (میوه‌هایی که بازارپسندی ندارند).

¹ Quantification

ممکن است این چهار هدف اشتباه گرفته شوند که به مشکلات مفهومی، آماری یا تفسیری منجر شود. به عنوان مثال حساسیت و مقاومت گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند. بدین معنی که گاهی مرز بین حساسیت، تحمل و مقاومت خیلی باریک است و تشخیص را سخت می‌کند، اما کمی‌سازی هر کدام به فرضیات متفاوتی متکی است (Yuen and Forbes 2009)،. بطور خلاصه (Savary *et al.* 2006):

(۱) مطالعه خسارت محصول بر ارزیابی آسیب^۱ تأکید می‌کند.

(۲) اقدامات در مورد اپیدمیولوژی یک بیماری اغلب ممکن است با ارزیابی خسارت محصول ارتباطی نداشته باشد.

(۳) یک بیمارگر مشخص ممکن است صدمات مختلفی ایجاد کند.

(۴) برعکس، بیمارگرهای کاملاً متفاوت (عوامل مضر بسیار متفاوت) ممکن

است صدمات یکسانی ایجاد کنند (Rabbinge and Vereyken 1980, Boote *et al.* 1983).

همانطور که بحث شد عوامل مختلفی در عملکرد یک محصول نقش دارند (شکل ۱). در شرایط یکسان ممکن است ژنوتیپ‌های مختلف عملکرد متفاوتی داشته باشند. بنابراین ترجیحاً ارزیابی بیماری برای گیاه سالم و بیمار باید در شرایط یکسان صورت گیرد. برای ارزیابی اثر بیماری در عملکرد، روش‌های مختلفی وجود دارد. ارزیابی در کرت‌های آزمایشی که به‌طور مصنوعی گیاهان را آلوده می‌کنند بسیار متداول است. برآورد کاهش عملکرد یا به بیان دیگر برآورد خسارت محصول از سخت‌ترین موضوعات در بیماری‌شناسی گیاهی است و

¹ Injury

مدل‌های مختلفی برای آن طراحی شده است. برآورد زیان یا خسارت هم در شرایط گلخانه و هم در مزرعه انجام می‌شود. شرایط گلخانه برای ارزیابی قابل کنترل است ولی در مزرعه فاکتورهای متعددی دخالت می‌کند که برآورد واقعی^۱ را مشکل خواهد کرد. آزمایش‌های گلخانه‌ای بایستی به نحوی انجام شود که قابل تعمیم در مزرعه باشد که کار مشکلی است.

ارزیابی یا سنجش بیماری (Disease Assessment or Measuring) (Disease)

به همان اندازه که در یک پاتوسیستم روابط بین بیمارگر، گیاه و محیط پیچیده است، سنجش درست این روابط نیز به دانش وسیع احتیاج دارد. گام اول اندازه‌گیری اثرات کمی و کیفی بیمارگر روی میزبان است که به صورت متغیرهای مختلف روی گیاه قابل ارزیابی است. در واقع ارزیابی یا سنجش بیماری^۲ مهمترین رکن تعیین خسارت محصول است؛ زیرا این فرآیندی است که داده‌هایی را برای تعیین کمی پیشرفت بیماری به دست می‌دهد. بسیار مهم است که روش‌های ارزیابی بیماری را به روشنی تعریف و استاندارد کنیم تا از ذهنیت و تنوع دیدگاهی بین ارزیابان جلوگیری شود.

بیماری را می‌توان به طور مستقیم، با اندازه‌گیری بیماری روی گیاه، یا به طور غیرمستقیم، به عنوان مثال ردیابی تولید و ظهور اسپور، یا از طریق سنجش از دور اندازه‌گیری کرد. رایج ترین روش ارزیابی بیماری، اندازه‌گیری شدت بیماری^۳ است.

¹ Actual Yield

² Disease assessment

³ Disease severity

شیوع بیماری^۱ معمولاً برای ارزیابی آلودگی نوع سیستمیک استفاده می‌شود. به عنوان مثال، پژمردگی قارچی، یا بیماری ویروسی، یا زمانی که کل گیاه یا قسمت‌هایی از گیاهان بیمار به‌طور کامل از بین بروند. شیوع بیماری درصدی از واحدهای گیاهی، گیاهان یا قسمت‌های گیاهی است که در یک جمعیت گیاهی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در واقع این واژه، فراوانی یا درصد را بیان می‌کند (Balasubramaniam *et al.* 1993).

$$I = \frac{I_n}{T_n} \times 100$$

در اینجا،

I عبارتست از میزان شیوع (فراوانی) بیماری

I_n تعداد واحدهای گیاه آلوده

T_n تعداد کل گیاهان (سالم و آلوده)

شدت بیماری^۲ به عنوان درصد بافت گیاهی تحت تأثیر بیماری تعریف

می‌شود. شدت بیماری یک سنجش کاربردی برای ارتباط بیماری با کاهش عملکرد است و می‌تواند به جای گیاهان کامل روی تک برگ‌ها انجام شود.

$$S = \frac{I_\alpha}{T_\alpha} \times 100$$

در اینجا، S عبارتست از میزان شدت بیماری

I_α سطحی از بافت گیاه که آلودگی را نشان می‌دهد و T_α کل سطح گیاه است

¹ Disease incidence

² Disease severity

معمولاً شیوع بیماری کاملاً مشاهده‌ای^۱ است و به راحتی با شمارش گیاهان آلوده و سالم، ارزیابی می‌شود، در حالی که ارزیابی شدت بیماری ذهنی^۲ و توصیفی^۳ است و نیاز به توصیف علائم و استاندارد سازی آن دارد.

دو روش برای ارزیابی شدت بیماری وجود دارد:

۱. یک کلید توصیفی که گیاهان با سطوح مختلف بیماری را توصیف می‌کند و به هر توصیف دسته، تعداد، شاخص، درجه یا درصد اختصاص می‌دهد.

۲. یک کلید ارزیابی که از نمودارهای سطح استاندارد استفاده می‌کند که نشان دهنده توسعه بیماری در یک گیاه کامل یا بخشی از یک گیاه است.

توصیه می‌شود در هر دو روش از مقیاس درصد برای استانداردسازی استفاده شود. هر زمان که ارزیابی بیماری ثبت می‌شود، توجه به مرحله رشد محصول نیز مهم است تا بتوان پیشرفت بیماری را با توسعه میزبان مرتبط دانست. همیشه لازم نیست اقدامات کنترلی انجام شود.

سطح آستانه بیماری^۴ باید برای بیماری‌های مختلف در مراحل مختلف رشد تعیین شود. در زیر این سطوح آستانه، بیماری بر رشد گیاه یا عملکرد نهایی تأثیر منفی نخواهد گذاشت. اگر بیماری به سطوح بالاتر از حد آستانه تعیین شده افزایش یابد، باید اقدامات کنترلی مناسبی اتخاذ شود. با این حال، سطح آستانه بیماری برای بسیاری از بیماری‌ها مشخص نشده است و نیاز به تحقیق در این زمینه وجود دارد.

¹ Objective

² Subjective

³ Descriptive

⁴ Disease threshold level

تعیین شاخص

بطور معمول بین علائم بیماری و عملکرد یک رابطه منطقی وجود دارد. برای حصول ارزیابی درست بایستی این رابطه درک شود. برای کمی کردن^۱ این رابطه باید علائم بیماری کمی شود. به همین دلیل برای هر بیماری در یک گیاه شاخص‌هایی تعیین شده است که بین علائم یا بیماری با عملکرد یا پتانسیل عملکرد یا کاهش عملکرد همبستگی داشته باشد. تاکنون برای اکثر بیماری‌های گیاهی روی گیاهان مختلف این شاخص تعیین شده است. در مورد بیماری‌های قارچی یا لکه برگی‌های باکتریایی تعیین شاخص خیلی مشکل نیست. برخی از این شاخص‌ها کاربرد جهانی پیدا کرده است. مانند شاخص‌هایی که CIMMYT برای ارزیابی واکنش گیاه به بیماری زنگ ارائه داده است (CIMMYT 1986). اکنون تمام کارشناسان و محققین برای ارزیابی زنگ‌ها از این شاخص‌ها استفاده می‌کنند. تعیین شاخص برای بیماری‌های سیستمیک مانند بیماری‌های ویروسی مشکل است.

برای تعیین شاخص بایستی از یک سو صفات مختلف بیماری در گیاه بیمار و از سوی دیگر صفاتی که مربوط به عملکرد است یعنی اجزای عملکرد اندازه‌گیری شود. سپس رابطه این صفات با همدیگر یعنی صفات مربوط به بیماری و صفات مربوط به عملکرد تعیین شود. صفتی که به عنوان شاخص تعیین می‌شود بایستی (۱) قابلیت ارزیابی داشته باشد (۲) براحتی توسط کارشناسان تشخیص داده شود (۳) کمیت پذیر باشد (۴) همبستگی بالایی با میزان کاهش عملکرد نشان دهد (معصومی و همکاران ۱۳۸۹، ۱۳۸۱). در صورت عدم وجود شاخص برای یک

¹ Quantification

بیماری باید برای آن شاخص تعیین کرد. در زیر چند نمونه از شاخص‌های تعیین شده برای بیماری‌های مختلف ذکر می‌شود.

درجه‌بندی علائم بیماری^۱

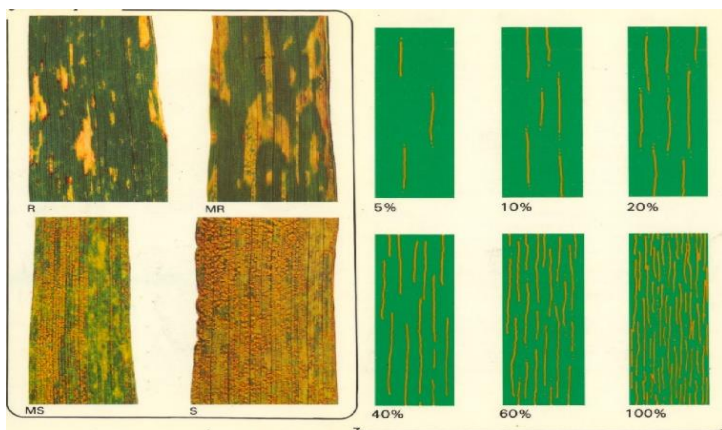
در هر بیماری بر اساس علائمی که ایجاد می‌کند شاخصی برای اندازه‌گیری میزان شدت بیماری تعیین می‌شود. در اینجا چند نمونه از شاخص‌های تعیین و استفاده شده در بیماری‌های مختلف ذکر می‌شود:

زنگ غلات - زنگ‌ها مهم‌ترین بیماری‌های زنگ غلات دانه ریز هستند که مهم‌ترین آنها بیماری زنگ سیاه گندم (*Puccinia graminis*)، زنگ زرد گندم (*Puccinia striiformis*)، بیماری زنگ قهوه‌ای گندم (*Puccinia triticina*) هستند. در ارزیابی زنگ‌ها دو معیار ثبت می‌شود: شدت بیماری و تیپ آلودگی (برای مطالعه بیشتر به آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۵ مراجعه شود).

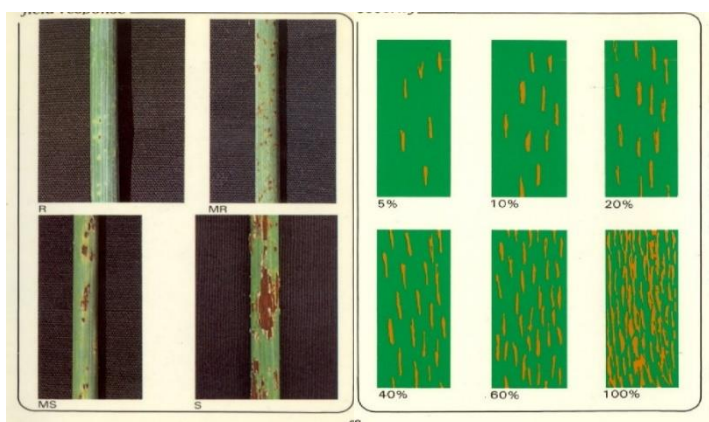
شدت بیماری یا درصد سطح برگ پوشیده شده از علائم بیماری (کلروز، نکروز و جوش‌های زنگ): برای ارزیابی شدت بیماری، تلاش‌هایی توسط محققان مختلف صورت پذیرفت و در حال حاضر، آخرین مقیاس مورد استفاده در سیمیت و سایر مراکز تحقیقاتی بین‌المللی، مقیاس اصلاح شده‌ی Cobb (1892) توسط Peterson و همکاران (1948) است که تصویر آن در شکل‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است و **تیپ آلودگی** که واکنش گیاه به بیماری است برای

¹ Disease scoring

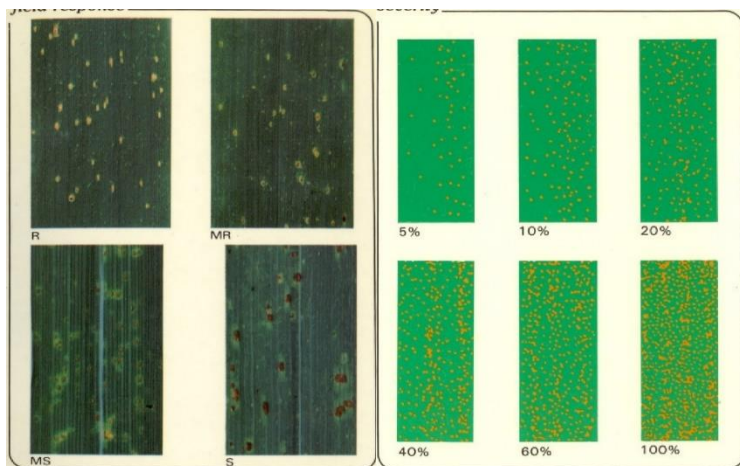
تعیین آن از روش Roelfs و همکاران (1992) استفاده می‌شود که در جدول ۱ توصیف شده است (آقاجانی و همکاران ۱۳۹۵):



شکل ۳- شدت بیماری و تیپ علائم زنگ زرد گندم ناشی از قارچ *Puccinia striiformis*



شکل ۴- شدت بیماری و تیپ علائم زنگ سیاه گندم ناشی از قارچ *Puccinia graminis*



شکل ۵- شدت بیماری و تیپ علائم زنگ قهوه‌ای گندم ناشی از قارچ *Puccinia recondita*

جدول ۱- توصیف تیپ علائم بیماری زنگ به روش Roelfs و همکاران در سال ۱۹۹۲ (آقاجانی و همکاران ۱۳۹۵).

نماد	پاسخ گیاه	علائم بیماری	مقدار ثابت
O	مصون	بدون آلودگی قابل مشاهده	0.0
R	مقاوم	لکه‌های نکروزه با یا بدون جوش‌های ریز	0.2
MR	نیمه مقاوم	جوش‌های ریز احاطه شده به وسیله‌ی لکه‌های نکروزه	0.4
M	حد واسط	جوش‌ها با ابعاد قابل مشاهده؛ برخی نکروزه یا کلروزه	0.6
MS	نیمه حساس	جوش‌ها با ابعاد متوسط، بدون نکروزه، اما اندکی کلروز	0.8
S	حساس	جوش‌های بزرگ بدون نکروزه یا کلروز	1.0

بیماری اسکروتینیایی

Saharan و Mehta در سال 2008 میلادی مقیاس‌های متفاوتی برای ارزیابی شدت علائم قارچ اسکروتینیا روی گیاهان مختلف مانند لویا، سویا، آفتابگردان، نخود فرنگی و شبدر توصیف کردند. برای هر بیماری حسب علائم در مراحل مختلف مقیاس مشخصی می‌تواند وجود داشته باشد. در اینجا چند مثال از بیماری‌های مختلف ذکر می‌شود.

اسکروتینیای لویا (Saharan and Mehta 2008, Abawi et al. 1978):

- ۰- بدون علائم ظاهری
- ۱- یک تا سه برگ کوچک
- ۲- یک تا چند لکه با مقدار کمی میسیلیوم
- ۳- میسیلیوم ۲۵ در صد از اندام‌های هوایی را گرفته است
- ۴- میسیلیوم ۵۰ در صد از اندام‌های هوایی را پوشانده است
- ۵- گیاه مرده و توده میسیلیومی آن را احاطه کرده است.

بیماری‌های طوقه و ریشه - چند بیماری مهم پوسیدگی قارچی طوقه و ریشه

گندم وجود دارد که توسط گونه‌های قارچ فوزاریوم مانند *Fusarium Microdochium nivale*, *F. equiseti*, *culmorum* *F. pseudograminearum* ایجاد می‌شوند. علائم آن قهوه‌ای شدن طوقه و ریشه، زردی برگ‌ها و سفید شدن سنبله‌هاست. بیماری پوسیدگی معمولی طوقه و ریشه گندم توسط *Fusarium spp.* و *Bipolaris sorokiniana* ایجاد می‌شود. در مقایسه، بیماری پاخوره ناشی از قارچ *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* می‌باشد که علائم نسبتاً مشابهی را ایجاد می‌کنند. آلودگی این قارچ‌ها در مزرعه‌ی گندم

به صورت لکه‌ای دیده می‌شود. علائم هر سه بیماری عمدتاً بعد از ظاهر شدن سنبه‌ها در مزرعه قابل مشاهده است. برای اندازه‌گیری این بیماری‌ها، تنها از درصد وقوع بیماری در بوته‌ها استفاده می‌شود (آقاجانی و همکاران ۱۳۹۵).

بیماری ویروسی موزائیک رگه‌ای گندم - روش‌های مختلفی برای ارزیابی خسارت ویروس‌های گیاهی استفاده شده است (Pennazio *et al.* 1996, Rao and Reddy 2020, Bos 1982). برای برآورد خسارت ویروس موزائیک رگه‌ای گندم یا ارزیابی مقاومت گندم به آن روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است (Li *et al.* 2004, Atkinson and Grant 1967). در مرحله گیاهچه، بیشتر از علائم روی برگ سوم یا چهارم و میزان ویروس و یا میزان پروتئین پوششی موجود در بافت برای ارزیابی استفاده شده است. Atkinson و Grant در سال ۱۹۶۷ میلادی، واکنش گیاهان به ویروس موزائیک رگه‌ای گندم در مزرعه را در سه گروه قرار دادند (شکل ۷):

(۱) شدیداً آلوده: بوته‌ها کاملاً کوتوله هستند و حالت چمنی پیدا کرده‌اند و معمولاً خوشه تشکیل نمی‌دهند.

(۲) کوتوله: رشد بوته شدیداً کاهش پیدا کرده است، ساقه گل‌دهنده تشکیل می‌شود ولی خوشه کوچک و بدون بذر بوده و یا بذر کمی تولید می‌کند.

(۳) گیاهان سالم: بوته‌ها رشد طبیعی دارند.

برخی پژوهشگران نیز برای ارزیابی مقاومت بر اساس علائم بیماری از مقیاس صفر تا پنج استفاده کرده‌اند (Tan *et al.* 2017, Xie *et al.* 2022):

(۰) بدون علامت

(۱) یک تا چند رگه کلروتیک فقط در یک برگ گیاه

(۲) یک تا چند رگه کلروتیک در کمتر از ۱۰٪ از بافت‌های برگ

(۳) موزائیک متوسط در بیش از ۵۰٪ بافت برگ

(۴) موزائیک شدید روی بیش از ۸۰ درصد بافت برگ

(۵) موزائیک کامل، نکروز و زرد شدن.

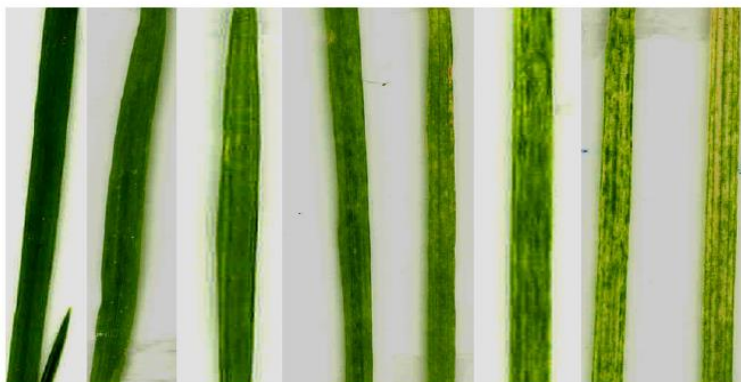
در این روش ارقام با میانگین درجه فنوتیپی کمتر یا مساوی ۲، مقاوم و وارسته‌های با درجه بیشتر از ۲ حساس در نظر گرفته شدند (Xie et al. 2022).

به هر حال روش استاندارد مشابه ارزیابی بیماری زنگ زرد در مورد این بیماری وجود ندارد. با توجه به محدودیت این روش‌ها در تمایز میزان آلودگی در مقایسه با روش‌های رایج، معصومی و همکاران (۱۳۷۸) برای ارزیابی میزان مقاومت ژنوتیپ‌های گندم در برابر بیماری موزائیک رگه‌ای گندم از علائم روی برگ آخر کاملاً باز شده^۱، در مرحله شش تا هشت برگی با نمره‌دهی از صفر (بدون علائم) تا ۷ با کلروز کامل برگ و نکروز قسمتی از آن استفاده کردند (جدول ۲ و شکل ۶). بعد از آن، این درجه‌بندی در مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفت و در آزمایش‌های واکنش ارقام و مطالعات به‌نژادی و بررسی خسارت بیماری استفاده شده است.

جدول ۲- توصیف شاخص‌های شدت علائم بیماری ویروسی موزائیک رگه‌ای گندم

¹ Full expanded leaf

درجه	توصیف
۰	بدون علائم
۱	موزائیک رگه‌ای بسیار ضعیف
۲	موزائیک مشخص و رگه در طول برگ، بدون لکه یا رگه سبز
۳	موزائیک مشخص و سبزدی ^۱ در طول برگ
۴	موزائیک شدید، سبزدی و زردی در حدود ۵۰ درصد برگ
۵	موزائیک شدید، سبزدی و زردی در حدود ۷۰ درصد برگ
۶	زرد شدن کامل برگ
۷	زردی کل برگ و نکروز قسمت‌هایی از آن



۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	صفر
---	---	---	---	---	---	---	-----

شکل ۶ - علائم برگ‌ریزی مربوط به شاخص‌های هفت‌گانه بیماری ویروسی موزائیک رگه‌ای گندم (معصومی و همکاران ۱۳۷۸)

¹ Chlorosis

بیماری کوتولگی زرد جو - یکی از مهمترین بیماری‌های غلات در دنیا است که توسط دو ویروس کوتولگی زرد جو و کوتولگی زرد غلات بوجود می‌آید (کاظمی و همکاران ۱۴۰۱). روش‌هایی برای ارزیابی خسارت این ویروس ارائه شده است (Bauske et al. 1997, Chrpová et al. 2020, Rao and Reddy 2020, Schaller and Qualset 1980).

بیماری کوتولگی زبر ذرت- این بیماری یکی از مهمترین بیماری‌های ویروسی است که در مناطق مرکزی و جنوبی کشور گسترش دارد. علائم این بیماری کوتولگی شدید و بروز گال‌های ریز در پشت برگ روی رگبرگ‌ها است. به منظور برآورد شدت بیماری، به بوته‌ها بر اساس وجود علائم بیماری مثل زبری پشت برگ‌ها، ارتفاع بوته (میزان کوتولگی)، تولید یا عدم تولید بلال و میزان دانه بندی در بلال، درجه صفر تا ۹ داده شد (معصومی و همکاران ۱۳۸۹). سپس برای ارائه مدل برآورد خسارت اجزای عملکرد، بوته‌های تفکیک شده بر اساس شاخص صفر تا ۹ را محاسبه، و همبستگی صفات اندازه‌گیری شده را با میزان عملکرد و کاهش عملکرد محاسبه کردند و یک مدل رگرسیونی بین آن شاخص و کاهش عملکرد، ارائه دادند.

زمان ارزیابی

زمان ارزیابی در شرایط کنترل‌شده مانند گلخانه یا اتاقک رشد بستگی به پژوهش‌گر دارد و قابل تنظیم است ولی در مزرعه بایستی بنا بر مقیاس‌های رشدی گیاه و میزان علائم و مقدار توسعه بیماری در کرت‌ها یا در مزرعه یا آلودگی طبیعی انجام گیرد. بهترین زمان در اواخر فصل رشد در بهار است. این ارزیابی بستگی به اهداف پژوهش‌گر نیز دارد. مثلاً برای ارزیابی مقاومت موزائیک رگه‌ای گندم در ایران در مزرعه، ارزیابی در سه مرحله رشدی در بهار بر اساس مقیاس

^۱ Zadoks انجام گرفت. یاسایی و همکاران ارزیابی ۱۱ رقم مقاوم را در مزرعه در سه مرحله انجام دادند (یاسایی و معصومی ۱۳۸۸). ایزدی در آزمون پایداری مقاومت ارقام کراس عدل و چند رقم دیگر، در سه اقلیم خنک، معتدل و گرم در سه مرحله گیاهچه گی، ساقه رفتن و خوشه دهی ارزیابی علائم را بر اساس شاخص معصومی و همکاران (۱۳۷۸) انجام دادند. به هر حال در بیماری های مختلف بسته به علائم بیماری زمان ارزیابی متفاوت است و ممکن است ارزیابی در چند مرحله صورت گیرد.

پتانسیل عملکرد

در شرایط یکسان ممکن است ژنوتیپ های مختلف عملکرد متفاوتی داشته باشند. ارزیابی بیماری برای گیاه سالم و بیمار باید در شرایط یکسان صورت گیرد. برای ارزیابی اثر بیماری در عملکرد، روش های مختلفی وجود دارد. ارزیابی در کرت های آزمایشی که به طور مصنوعی گیاهان را آلوده می کنند بسیار متداول است. برآورد کاهش عملکرد یا به بیان دیگر برآورد خسارت محصول از سخت ترین موضوعات در بیماری شناسی گیاهی است و مدل های مختلفی برای آن طراحی شده است. برآورد زیان یا خسارت هم در شرایط گلخانه و هم در مزرعه انجام می شود. شرایط گلخانه برای ارزیابی قابل کنترل است ولی در مزرعه فاکتورهای متعددی دخالت می کنند که برآورد واقعی^۲ را مشکل خواهد کرد. آزمایش های گلخانه ای بایستی به نحوی انجام شود که قابل تعمیم در مزرعه باشد که البته کار مشکلی است.

^۱ Zadoks growth scale

^۲ Actual Yield

در ایران تعیین خسارت و یا حتی تعیین میزان زیان اقتصادی بیماری‌ها ندرتا انجام شده است. فرمول‌ها یا مدل‌های تعیین خسارت نیز به ندرت در دسترس است.

برای ارزیابی میزان خسارت بیماری موزائیک رگه‌ای گندم تنها مدل موجود مدل خطی رگرسیونی ارائه شده توسط معصومی و همکاران (۱۳۸۱) است که اصلاح شده و تبدیل شده فرمولی است که توسط Atkinson و Grant در سال ۱۹۶۷ برای محاسبه پتانسیل کاهش عملکرد محصول در این بیماری به کار رفته است. این مدل ابتدا برای تخمین میزان خسارت پوسیدگی ریشه گندم که به وسیله گونه‌های Fusarium و Helminthosporium به وجود می‌آید، استفاده شده بود. این مدل به چند دلیل مورد توجه قرار گرفت:

- ۱- مدل بسیار ساده و کارآمد است.
- ۲- این مدل تنها مدل موجود در بررسی میزان خسارت WSMV است.
- ۳- یک مدل کاملاً کاربردی است و استفاده از آن در شرایط مزرعه با آلودگی طبیعی امکان‌پذیر است.

در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ طغیان بیماری امکان بررسی این مدل را فراهم کرد. این مدل بر اساس آماربرداری از آلودگی طبیعی در مزرعه طراحی شده است. لذا در مطالعه‌ای که در یکی از مزارع آلوده گندم رقم «آزادی» در دانشکده کشاورزی شیراز واقع در ۱۵ کیلومتری شمال این شهر صورت گرفت، صفات کمی و کیفی گندم بررسی و رابطه این صفات با عملکرد کل، عملکرد نسبی تک‌بوته، عملکرد نسبی پنجه و درصد پتانسیل عملکرد ارزیابی شد و شاخص مناسبی برای تعیین درصد پتانسیل عملکرد به دست آمد. این مزرعه آلودگی شدیدی داشت و علائم ویروس و کنه کاملاً مشخص بود. ویروس با آزمون الیزا

با آنتی‌سرم اختصاصی تشخیص داده شد و وجود کنه با میکروسکوپ استریو مورد بررسی و تایید قرار گرفت (معصومی و ایزدپناه ۱۳۷۹).

تشخیص بیماری و گروه‌بندی علائم- در سال ۱۳۷۹ از حدود یک‌ماه قبل از برداشت گندم از مزارع دانشکده کشاورزی شیراز به‌طور مکرر بازدید به‌عمل آمد. از یکی از مزارع با آلودگی متوسط با پرتاب «کادر فلزی یک متر مربعی» ۲۰ قطعه به‌طور تصادفی انتخاب و کلیه گیاهان با ریشه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. بوته‌های هر کرت طبق مدل Atkinson و Grasnt (۱۹۶۷) در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۷):

۱- گیاهان با آلودگی شدید: بوته‌ها کاملاً " کوتوله شده و حالت چمنی پیدا می‌کنند و معمولاً "خوشه‌ای تشکیل نمی‌دهند.

۲- بوته‌های کوتوله: رشد بوته‌ها شدیداً " کاهش یافته، خوشه‌ها کوچک و بدون بذر بوده و یا کمی بذر تولید می‌کنند. معمولاً علائم لوله شدن و به‌دام افتادن برگ و خوشه نیز دیده می‌شود.

۳- گیاهان سالم: بوته‌ها رشد طبیعی داشته و علائم فوق را نشان نمی‌دهند.

اندازه‌گیری صفات: کلیه گیاهان آلوده (کوتوله) و سالم در هر کادر شمارش شدند. اجزای عملکرد بوته‌ها اندازه‌گیری شدند. وزن کل دانه و وزن هزار دانه گیاهان آلوده و سالم جداگانه در هر کادر به‌دست آمد. عملکرد هر کادر (جمع عملکرد گیاهان آلوده و سالم) و درصد بوته‌ها و پنجه‌های آلوده، درصد وزنی بذر آلوده و عملکرد نسبی هر بوته و هر پنجه برای گیاهان آلوده و سالم محاسبه شد. میانگین‌های مربوط به صفات گیاهان سالم و آلوده با آزمون‌های آماری مناسب مقایسه گردید. همبستگی صفات مختلف با پتانسیل عملکرد بدست آمد (معصومی و همکاران ۱۳۸۱).



شکل ۷- گیاهان آلوده با کاهش رشد شدید (سه بوته سمت چپ) در مقایسه با بوته سالم (سمت راست)

محاسبه درصد پتانسیل عملکرد: درصد پتانسیل عملکرد محصول طبق مدل Grant و Atkinson (۱۹۶۷) برای هر کادر با تعیین نسبت عملکرد یک قطعه آلوده به یک قطعه سالم بر حسب تک بوته با فرمول زیر محاسبه گردید:

$$Y = \frac{W \times HP}{TP \times HW} \times 100$$

در اینجا: Y عبارتست از درصد عملکرد از پتانسیل واقعی در هر کرت.

W وزن کل دانه در هر کادر (یک متر مربع)

HP تعداد بوته سالم در هر کادر

TP تعداد کل بوته در هر کادر

HW عملکرد یا وزن کل دانه سالم در هر کادر

توضیح فرمول: به عنوان مثال در گندم، پتانسیل عملکرد عبارت است از نسبت عملکرد یک قطعه آلوده به یک قطعه سالم بر حسب تک بوته. در اینجا یک قطعه یا کرت آزمایشی می تواند یک کادر یک متر مربعی یا یک خط کشت با طول مشخص باشد. اگر در یک قطعه گیاهان سالم و آلوده تفکیک شوند و عملکرد آنها جداگانه محاسبه شود، خواهیم داشت: HW، عملکرد گیاهان سالم و W مجموع عملکرد کل کرت (کادر). نسبت عملکرد کرت آلوده عبارت خواهد بود از نسبت مقدار کل دانه (W) تولید شده به کل گیاهان کرت (آلوده و سالم). این نسبت ($\frac{W}{TP}$) میانگین کرت آلوده است و در واقع میانگین آلودگی را به ازای یک بوته نشان می دهد. نسبت ($\frac{HW}{HP}$)، نسبت عملکرد گیاهان سالم به تعداد گیاهان سالم است و میانگین عملکرد سالم را به ازای یک بوته نشان می دهد. هرچه بیماری بیشتر باشد یعنی فراوانی و شدت بیماری بیشتر باشد، نسبت ($\frac{W}{TP}$) کوچکتر خواهد بود. اگر نسبت فوق را یعنی کرت آلوده به سالم را حساب بکنیم، نسبت $\frac{W/TP}{HW/HP}$ بدست می آید که در واقع نسبت کرت آلوده به سالم به ازای یک بوته خواهد بود. این نسبت کاهش پتانسیل عملکرد را نشان می دهد. با تبدیل این فرمول، معادله

$$Y = \frac{W \times HP}{TP \times HW} \times 100$$

بدست خواهد آمد که در بالا توضیح داده شد. ضریب عدد صد در واقع درصد کاهش پتانسیل عملکرد کرت را در واحد سطح یا میانگین یک بوته نشان

می‌دهد. طبعاً اگر تمام گیاهان کرت سالم باشند معادله مساوی یک خواهد بود یعنی صد در صد گیاهان سالم هستند و کاهش عملکردی نخواهیم داشت. برای ارائه یک مدل باید یکی از صفات که همبستگی بیشتری با درصد پتانسیل عملکرد دارد به عنوان شاخص آلودگی انتخاب شود و بین این شاخص و پتانسیل عملکرد مدل رگرسیونی ترسیم گردد.

این مدل ساده و بسیار کارآمد است بعداً این مدل برای ارزیابی خسارت ویروس کوتولگی گال سیاه برنج روی ذرت استفاده شد (معصومی و همکاران ۱۳۸۹). این مدل برای تعیین خسارت بیماری ریشه گندم مانند فوزاریوم و همین‌طور بیماری کوتولگی زرد جو نیز استفاده شده است (صحراگرد و معصومی ۱۳۸۳). مزایای این مدل:

۱- سادگی و طبیعی بودن آن است به این معنی که در شرایط کاملاً طبیعی استفاده می‌شود یعنی گیاه آلوده و سالم هر دو در شرایط یکسان طبیعی رشد کرده‌اند، لذا اثر فاکتورهای محیطی و عملیاتی و مدیریت مزرعه روی گیاهان سالم و آلوده یکسان است.

۲- شرایط اجرای آن این است که در یک شرایط طبیعی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد بوته‌ها آلوده شده باشند و آلودگی یکنواخت باشد. در صورت وجود آلودگی‌های دیگر می‌توان کرت را حذف کرد یا اگر ناچیز باشد از تصحیح آماری استفاده شود.

۳- بیماری قابلیت درجه‌بندی (scoring) داشته باشد تا بتوان شاخصی مناسب و کمیت‌پذیر برای مدل انتخاب کرد.

۴- این مدل را می‌توان برای تعیین خسارت بیماری‌های خاک‌زاد و آفات زراعی دیگر استفاده نمود. ولی باید برای هر محصول و هر بیماری یا آفت مشخص مدل خاص خود طراحی گردد و بر اساس آن میزان کاهش عملکرد تعیین گردد.

نحوه کشت و داشت نیز در طرح مدل مهم است. اگر کشت خطی باشد مانند ذرت و گوجه‌فرنگی یا چغندر قند بایستی هر ۱۰ متر به عنوان یک کرت در نظر گرفته شود و اگر غیر خطی باشد مانند برخی مزارع گندم یا کلزا، در این صورت باید کادراندازی شود و هر کادر یک کرت در نظر گرفته شود.

منابع:

آفاقانی، م.ع.، رضوی، م.، دهقان، م.ع.، کاظمی، ه.، ربانی نسب، ح. و کیا، ش. ۱۳۹۵. راهنمای پایش، یادداشت برداری و ارزیابی بیماری‌های مهم گندم و جو در مزرعه و گلخانه. نشریه ترویجی. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. شماره ثبت ۵۰۴۰۶، ۴۳ صفحه.

صحراگرد، ن. و معصومی، م. ۱۳۸۳. ارزیابی خسارت ویروس کوتولگی زرد جو در گندم شهرستان شهرکرد. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران. صفحه ۵۹.

کاظمی، ه.، معصومی، م.، مومنی، ح.، علیزاده، ع.، مجدطاهری، ز. و مهدوی، م. ۱۴۰۱. بیماری‌های مهم گندم در ایران. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. ۲۹۰ صفحه.

معصومی، م. و یاسایی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی خسارت ویروس موزائیک رگه ای گندم. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. شماره ثبت ۸۶/۱۱۷۱ - ۱۳۸۶/۱۰/۳۰. تعداد صفحات؟

معصومی، م. ۱۴۰۱. ویروس موزائیک رگه‌ای گندم و مقاومت به آن؛ به قدمت یک قرن. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور ۳۷۰ صفحه.

معصومی، م. ایزدپناه، ک.، جوکار، ل. و خردنام، م. ۱۳۸۱. بررسی نحوه ارزیابی خسارت ویروس موزائیک رگه ای گندم. مجله بیماریهای گیاهی. ۲۳۱-۲۲۱: ۳۷.

معصومی، م. کامران، ر.، شیروانی، ع. ب. و ایزدپناه، ک. ۱۳۷۸. واکنش ژنوتیپ‌های گندم به ویروس موزائیک رگه‌ای گندم در ایران، مجله بیماری‌های گیاهی ۹-۱۸: ۳۵.

معصومی، م. و استخر، الف. ۱۴۰۱. تعیین شاخص ارزیابی خسارت بیماری کوتولگی زبر ذرت و ارزیابی اثرات بیماری بر عملکرد ذرت و اجزای آن. گزارش فنی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور. شماره فروست ۶۲۷۹۳. تعداد صفحات؟

معصومی، م. و یاسایی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی خسارت ویروس موزائیک رگه‌ای گندم. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. شماره ثبت ۸۶/۱۱۷۱ - ۱۳۸۶/۱۰/۳۰. تعداد صفحات؟

معصومی، م.، استخر، الف.، داودی، آ.، زارع، آ.، کاربر، ع.، مصلاهی، ک.، محمدی، ه. و ایزدپناه، ک. ۱۳۸۹. بررسی اثرات بیماری کوتولگی زبر ذرت بر اجزای عملکرد و تعیین شاخص ارزیابی خسارت ویروس. خلاصه مقالات نوزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. جلد دوم. ۱۲-۹ مرداد ۱۳۸۹، تهران. صفحه ۷۳۲.

یاسایی، م.، معصومی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی مقاومت لاین‌های خالص گندم بومی ایران نسبت به بیماری موزائیک رگه‌ای گندم در شرایط گلخانه. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. شماره ثبت ۸۸/۸۶۶. تعداد صفحات؟

یاسایی، م.، معصومی، م.، امین، ح. و ایزدپناه، ک. ۱۳۸۱. ارزیابی واکنش تعدادی از ژنوتیپ‌های تجاری، بومی و اجداد گندم نسبت به ویروس موزائیک رگه‌ای گندم. خلاصه مقالات پانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه رازی. کرمانشاه، ایران. صفحه ۵۲.

References;

- Abawi, G. S., Provvidenti, R., Crosier, D. C. and Hunter, J. E. 1978. Inheritance of resistance to white mold disease in *Phaseolus coccineus*. *J. Hered.* 69: 200–202.
- Aggarwal, P., Shirsath, P., Vyas, S., Arumugam, P., Goroshi, S., Aravind, S., Nagpal, M. and Chanana, M., 2020. Application note: Crop-loss assessment monitor–A multi-model and multi-stage decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, p.105619.
- Atkinson, T. G. and Grant, M. N. 1967. An evaluation of streak mosaic losses in winter wheat. *Phytopathology* 57: 188-192.
- Balasubramaniam, R., I.C. Harvey, M. Braithwaite, D. Jordan. 1993. Grapevine Disease Identification Workshop. HortResearch Client Report 93/36. Submitted by Helen Percy.
- Bauske, E. M., Bissonnette, S. M., and Hewings, A. D. 1997. Yield loss assessment of barley yellow dwarf disease on spring oat in Illinois. *Plant Dis.* 81:485-488.
- Begna, T. 2020. Major Challenging Constraints to Crop Production Farming System and Possible Breeding to Overcome the Constraints. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJSAS)*, Vol.? page number?
- Boote KJ, Jones JW, Mishoe JW, Berger RD. 1983. Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions. *Phytopathology*, 73:1581–1587.
- Bos, L., 1982. Crop losses caused by viruses. *Crop Prot.* 1, 263-282
- Chrpová, J., Veškrna, O., Palicová, J. and Kundu, J.K., 2020. The evaluation of wheat cultivar resistance and yield loss thresholds in response to barley yellow dwarf virus-PAV infection. *Agriculture*, 10(1), p.20.
- CIMMYT. 1986. Rust scoring guide. CIMMYT.
- Cook, R.J. and Veseth, R.J., 1991. Wheat health management. American Phytopathological Society. page number?

- Esker, P.D., Savary, S. and McRoberts, N., 2013. Crop loss analysis and global food supply: focusing now on required harvests. *CABI Reviews*, (2012), pp.1-14.
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J.F. and Dommes, J., 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*, 37(3): 263-285.
- Hughes, G. 1999. Sampling for decision making in crop loss assessment and pest management: Introduction. *Phytopathology* 89:1080-1083.
- Li, H., Conner, R.L., Chen, Q., Graf, R.J., Laroche, A., Ahmad, F. and Kuzyk, A.D. 2004. Promising genetic resources for resistance to wheat streak mosaic virus and the wheat curl mite in wheat-Thinopyrum partial amphiploids and their derivatives. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51: 827–835.
- Norton, G. A. 1982. Crop protection decision making—An overview. Pages 3-11 in: *Proc. British Crop Protection Symposium: Decision Making in the Practice of Crop Protection*, 1982. R. B. Austin, ed. British Crop Protection Council, Croydon, England.
- Pennazio, S., Roggero, P. and Conti, M., 1996. Yield losses in virus infected crops. *Archives of Phytopathology & Plant Protection*, 30(4), pp.283-296.
- Rabbinge R, Vereyken PH. 1980. The effect of diseases or pests upon the host. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87:409–22.
- Rao, G.P. and Reddy, M.G., 2020. Overview of yield losses due to plant viruses. In *Applied plant virology* (pp. 531-562). Academic Press.
- Roelfs, A. P., Singh, R. P. Saari, E. E. 1992. Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico. 65 p Saharan, G. S. and Mehta, N. 2008. Sclerotinia Disease Of Crop Plants. Springer. 485 Pp.

- Savary, S., Teng, P.S., Willocquet, L. and Nutter Jr, F.W., 2006. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 44, pp.89-112.
- Schaller, C.W. and Qualset, C.O., 1980, May. Breeding for resistance to barley yellow dwarf virus. In *Proc. 3rd Int. Wheat Conf. Madrid, University of Nebraska Agricultural Experiment Station, Public. MP* (Vol. 41, pp. 528-541).
- Schaller, C.W.; Qualset, C.O. Breeding for resistance to barley yellow dwarf virus. In *Proceedings of the Third International Wheat Conference, Madrid, Spain, 22 May–3 June 1980*; USDA (University of Nebraska Agricultural Experiment Station): Lincoln, NE, Volume 6 (7), 27-46
- Xie, Y., Nachappa, P., Nalam, V.J. and Pearce, S., 2022. Genomic and Molecular Characterization of Wheat Streak Mosaic Virus Resistance Locus 2 (Wsm2) in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13. page number?
- Yuen, J.E. and Forbes, G.A., 2009. Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. *Phytopathology*, 99(6), pp.782-786.
- Zadoks, J.C. and Schein, R.D., 1979. *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press.. New York. 427 pp.



**Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection**

Crop loss assessment caused by some plant diseases

**Mahmoud Masumi
AbbasAli Ravanlou**

Register No.

64068

2023