

Menoufia Journal of Plant Protection

<https://mjpam.journals.ekb.eg/>

Title of Thesis	:	Prediction of Severity and Yield Losses in Wheat Caused by Yellow Rust Disease
Name of Applicant	:	Lamiaa Elshahat Hussein
Scientific Degree	:	M. Sc.
Department	:	Agricultural Botany
Field of study	:	Plant Pathology
Date of Conferment	:	Sep. 11, 2024
Supervision Committee:		
- Dr. E. Z. Khalifa :		Prof. of Plant Pathology, Fac. of Agric., Menoufia Univ.
- Dr. M. E. Seleim		Prof. of Plant Pathology, Fac. of Agric., Menoufia Univ.
- Dr. W. M. El-Orabey:		Professor of Plant Pathology, Plant Pathology Research Institute

SUMMARY

Wheat (*Triticum aestivum L.*) is a major food crop in Egypt and worldwide. It is critical to protect the crop from loss by controlling diseases and pests that attack the plants. Stripe rust is one of the most dangerous diseases, affecting grain production in susceptible genotypes.

Rust response to yellow rust infection:

Eleven wheat varieties were used to study their response to yellow rust infection under field conditions at two locations i.e. Shibin El-Kom and Itay El-Baroud for three growing seasons (2018/2019 – 2020/2021). The results obtained could be summarized as follows:

Final rust severity (FRS):

- The tested wheat varieties could be classified into two main groups. The first group included the wheat varieties Misr 3, Sakha 95, Giza 171, Gemmeiza 12, Sids 14, and Giza 168 which showed low values of FRS (less than 30.00 %).
- The second group included the wheat varieties showing high values of FRS i.e. Misr 2, Misr 1, Shandweel 1, Gemmeiza 11, and Morocco (more than 30.00 %).
- Wheat varieties Misr 3, Sakha 95, Misr 1, Misr 2, Giza 171, Gemmeiza 12, Sids 14, and Giza 168 showed lower rates of disease increase (r-value).
- The wheat varieties Shandweel 1, Gemmeiza 11, and Morocco showed the highest rates of r-values.

Area under disease progress curve (AUDPC):

- The wheat varieties Misr 3, Sakha 95, Giza 171, Gemmeiza 12, Giza 168, and Sids 14 exhibited the lowest values of AUDPC (did not exceed up to 300),
- The wheat varieties Misr 2, Misr 1, Shandweel 1, Gemmeiza 11, and Morocco exhibited the highest values of AUDPC (more than 300).

Effect of yellow rust on grain yield of wheat:

- This study uses three years of data from 11 wheat varieties in a split-plot design to estimate grain yield loss due to yellow rust infection and analyze the relationship between yellow rust incidence and wheat yield components. Protected plots were included alongside infected ones, and the disease was allowed to develop using field plots as experimental units.

- The effect of yellow rust infection on grain yield in terms of grain yield per plot of wheat varieties i.e. Shandweel 1, Giza 168, Giza 171, Gemmeiza 11, Gemmeiza 12, Sids 14, Misr 1, Misr 2, Misr 3, Sakha 95 and the highly susceptible variety Morocco in the three seasons showed the same trend. In general yield components of the tested wheat varieties were significantly affected by yellow rust infection.
- According to the level of disease severity of yellow rust. However, the wheat varieties that exhibited high yellow rust severity exhibited the highest values of area under the disease progressive curve (AUDPC) and yield loss percentage, while the wheat varieties that exhibited low yellow rust disease severity exhibited the lowest values of area under the disease progressive curve (AUDPC) and yield loss percentage.
- The data obtained indicated that the six wheat varieties: Misr 3, Sakha 95, Giza 171, Gemmeiza 12, Sids 14, and Giza 168 exhibited lower levels of yield loss per plot. As a result, these wheat varieties could be classified as possessing sufficient partial (field) resistance and exhibiting lower yield loss percentages in comparison to the five wheat varieties that were highly susceptible: Misr 2, Misr 1, Shandweel 1, Gemmeiza 11, and the check variety Morocco, which exhibited a high level of loss percentage.

Correlation between environmental factors and yellow rust:

a. Solar radiation:

The relationship of solar radiation with yellow rust severity was negative in all the 11 tested wheat varieties ($r = -0.015$ to -0.245).

b. Precipitation:

The relationship of precipitation with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.619$ to 0.892).

c. Average wind speed:

The relationship of average wind speed with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.231$ to 0.709).

d. Maximum wind speed:

The relationship of maximum wind speed with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.253$ to 0.720).

e. Minimum air temperature:

The relationship of minimum air temperature with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.650$ to 0.899).

f. Maximum air temperature:

The relationship of maximum air temperature with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.138$ to 0.593).

g. Minimum relative humidity:

The relationship of minimum relative humidity with yellow rust severity was negative in all the 11 tested varieties ($r = -0.132$ to -0.610).

h. Maximum relative humidity:

The relationship of maximum relative humidity with yellow rust severity was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.837$ to 0.959).

Linear regression models:

a- Prediction models for yellow rust severity (%):

Eleven regression models were developed based on environmental conditions for forecasting yellow rust severity (%) and explained different amounts of variation in rust severity in the tested wheat varieties. The best models for forecasting rust severity were in the wheat varieties Sids 14 ($R^2 = 90.60$), Giza 171 ($R^2 = 84.50$), Shandweel 1 ($R^2 = 84.20$), Misr 1, ($R^2 = 83.90$), Misr 3 ($R^2 = 81.90$) and Gemmeiza 12 ($R^2 = 81.70$), followed by model in the wheat varieties Giza 168 ($R^2 = 77.50$), Sakha 95 ($R^2 = 77.40$), Morocco ($R^2 = 77.10$), Gemmeiza 11 ($R^2 = 76.70$) and Misr 2 ($R^2 = 72.20$).

Correlation between environmental factors and final rust severity (%) with yield loss:

a. Solar radiation:

The relationship of solar radiation with yield loss was negative in all the 11 tested wheat varieties ($r = -0.015$ to -0.315).

b. Precipitation:

The relationship of precipitation with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.559$ to 0.821).

c. Average wind speed:

The relationship of average wind speed with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.030$ to 0.299).

d. Maximum wind speed:

The relationship of maximum wind speed with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.012$ to 0.324).

e. Minimum air temperature:

The relationship of minimum air temperature with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.639$ to 0.908).

f. Maximum air temperature:

The relationship of maximum air temperature with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.056$ to 0.303).

g. Minimum relative humidity:

The relationship of minimum relative humidity with yield loss was negative in all the 11 tested varieties ($r = -0.023$ to -0.252).

h. Maximum relative humidity:

The relationship of maximum relative humidity with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.804$ to 0.969).

i. Final rust severity:

The relationship of final rust severity with yield loss was positive in all the 11 tested varieties ($r = 0.872$ to 0.982).

b- Prediction models for yield loss (%):

Eleven regression models were developed based on environmental conditions and rust severity (%) to forecast yield loss due to yellow rust, and they explained different amounts of variation in yield loss in the tested wheat varieties. Most yield loss forecasting models have coefficients of determination (R^2) greater than 90%, such as the regression model in the wheat variety Misr 1 ($R^2=91.10$), the regression model in the wheat variety Shandweel 1 ($R^2=90.40$), and the regression model in the wheat variety Misr 2 ($R^2=90.50$). R^2 values for the eight regression models of the wheat varieties Morocco, Giza 171, Sids 14, Giza 168, Sakha 95, Gemmeiza 12, Gemmeiza 11, and Misr 3 were as follows: $R^2 = 82.60, 77.10, 77.00, 71.00, 70.70, 65.90, 61.70, \text{ and } 60.80$, respectively.

Validation of yellow rust severity (%) and yield loss (%) models:

Model validation was performed using data on yellow rust severity (%) and yield loss (%) at the Shibin El-Kom location during the 2021/2022 growing season. These data were not used in the stepwise analysis to develop linear regression models for yellow rust severity (%) and yield loss (%).

a. Validation of yellow rust severity (%) models:

Eleven models for the prediction of yellow rust severity (%) were also validated by comparing the values of actual yellow rust severity (%) at the Shibin El-Kom location during the 2021/2022 growing season and predicted yellow rust severity. All the predicted yellow rust severity (%) models were close to the actual yellow rust severity (%) for each variety. So, these equations were considerably accurate in forecasting yellow rust severity (%). The coefficient of determination (R^2) value of the relation between predicted and actual yellow rust severity (%) for all models was high i.e. 0.890, which means the accuracy of all of these prediction models are 89.00%.

b. Validation of yield loss (%) models:

Eleven models for prediction of yield loss (%) were also validated by comparing the values of yield loss (%) at the Shibin El-Kom location during the 2021/2022 growing season and predicted yield loss (%) and coefficient of determination (R^2) for all models. All of the predicted yield loss (%) models were close to the actual yield loss (%) for each variety. So, these equations were considerably accurate in forecasting yield loss (%). Coefficient of determination (R^2) values of the relation between predicted and actual yield loss (%) for each model was 0.918, which means the accuracy of all of these prediction models is 91.80%.

عنوان الرسالة: التنبؤ بشدة الإصابة والفقد في محصول القمح المتسبب عن مرض الصدأ الأصفر

اسم الباحث : لمياء الشحات حسين

الدرجة العلمية: الماجستير في العلوم الزراعية

القسم العلمي : أمراض نبات

تاريخ موافقة مجلس الكلية : ٢٠٢٤/٩/١١

لجنة الإشراف: أ.د/السعيد ذكي خليفة أستاذ أمراض النبات ، كلية الزراعة، جامعة المنوفية

أ.د/ وليد محمد العربي رئيس بحوث أمراض النبات/مركز البحوث الزراعية

أ.د/محمد علوي سليم رئيس قسم أمراض النبات، كلية الزراعة، جامعة المنوفية

الملخص العربي

يعتبر القمح من أهم محاصيل الحبوب في مصر والعالم ويتعرض هذا المحصول للإصابة بالعديد من الأمراض أهمها الأصداء ويعتبر مرض الصدأ الأصفر من أهم الأمراض التي تصيب نبات القمح في مصر وكثير من دول العالم محدثاً خسائر كبيرة في محصول الحبوب في مصر والتي تؤثر على إنتاج الحبوب في الأصناف القابلة للإصابة.

ويتضمن هذا البحث النقاط التالية:

أولاً: تقييم بعض أصناف القمح المصرية للإصابة بمرض الصدأ الأصفر:

أجرى هذا البحث بهدف تقييم ١١ صنف من أصناف القمح المصرية للإصابة بمرض الصدأ الأصفر تحت الظروف الحقلية في موقعين هما شبين الكوم وإيتاي البارود لثلاثة مواسم زراعة (٢٠١٨/٢٠١٩ - ٢٠٢٠/٢٠٢١).

وكانت النتائج المتحصل عليها كالتالي:-

- تبعاً لتقدير شدة الإصابة النهائية (FRS) يمكن تقسيم الأصناف الى مجموعتين أساسيتين هما:
- المجموعة الأولى تتضمن الأصناف مصر ٣ ، سخا ٩٥ ، جيزة ١٧١ ، الجميزة ١٢ ، سدس ١٤ وجيزة ١٦٨ (شدة إصابة أقل من ٣٠ %).
- المجموعة الثانية تتضمن الأصناف مصر ٢ ، مصر ١ ، شندويل ١ ، الجميزة ١١ وموروكو (شدة إصابة أعلى من ٣٠ %).
- بالنسبة لمعدل سرعة انتشار وتزايد المرض (r-value) كانت الأصناف مصر ٣ ، سخا ٩٥ ، مصر ١ ، مصر ٢ ، جيزة ١٧١ ، الجميزة ١٢ ، سدس ١٤ ، جيزة ١٦٨ أقل في معدلات سرعة تزايد المرض (r-value) ، بينما الأصناف شندويل ١ ، جميزة ١١ وموروكو أظهرت زيادة في معدلات سرعة انتشار وتطور الإصابة.
- أظهرت نتائج البحث أن قياس المساحة تحت المنحنى المرضى (AUDPC) كان أدق لدرجة المقاومة للأصناف تحت الدراسة. كما أظهرت النتائج أن المساحة تحت المنحنى المرضى كانت أقل للأصناف مصر ٣ ، سخا ٩٥ ، جيزة ١٧١ ، الجميزة ١٢ ، جيزة ١٦٨ وسدس ١٤ على التوالي (أقل من ٣٠٠) بينما الأصناف سخا مصر ٣ ، سخا ٩٥ ، جيزة ١٧١ ، الجميزة ١٢ ، جيزة ١٦٨ وسدس ١٤ أظهرت معدلات عالية من المساحة تحت المنحنى المرضى (أعلى من ٣٠٠).

تأثير الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على محصول حبوب القمح:-

- تمت دراسة تأثير الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على محصول الحبوب للأصناف المختبرة وهي شندويل ١ ، جيزة ١٦٨ ، جيزة ١٧١ ، جميزة ١١ ، جميزة ١٢ ، سدس ١٤ ، مصر ١ ، مصر ٢ ، مصر ٣ ، سخا ٩٥ وموروكو بتقدير الخسارة في وزن محصول القطع التجريبية المعدية بجراثيم المسبب المرضى والمحمية من الإصابة.

وكانت النتائج كالتالي:-

- أظهرت الأصناف مصر ٣ ، سخا ٩٥ ، جيزة ١٧١ ، الجميزة ١٢ ، سدس ١٤ ، جيزة ١٦٨ مستويات منخفضة من الفقد في المحصول لذلك ، يمكن اعتبارها أصناف تمتلك مستويات كافية من المقاومة الجزئية (الحقلية) وأظهرت مستويات أقل من النسبة المئوية للفقد في المحصول مقارنة بأصناف القمح شديدة الحساسية ؛ مصر ٢ ، مصر ١ ، شندويل ١ ، الجميزة ١١ وموركو والتي أظهرت ارتفاع النسبة المئوية للفقد في المحصول.

الارتباط بين العوامل البيئية والصدأ الأصفر:

١- الإشعاع الشمسي:

- كانت علاقة الإشعاع الشمسي مع شدة الإصابة بالصدأ الأصفر سالبة في جميع أصناف القمح المختبرة ($r = -0.015$ -) (0.245).

٢- هطول المطر:

- كانت العلاقة بين هطول الأمطار وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.619$ -) (0.892).

٣- متوسط سرعة الرياح:

- كانت العلاقة بين متوسط سرعة الرياح وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.231$) (- 0.709).

٤- سرعة الرياح القصوى:

- كانت العلاقة بين سرعة الرياح القصوى وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.253$) (- 0.720).

٥- درجة حرارة الهواء الصغرى:

- كانت العلاقة بين درجة حرارة الهواء الصغرى وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.650 - 0.899$).

٦- درجة حرارة الهواء العظمى:

- كانت العلاقة بين درجة حرارة الهواء العظمى وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.138 - 0.593$).

٧- الرطوبة النسبية الصغرى:

- كانت العلاقة بين الرطوبة النسبية الصغرى وشدة الإصابة بالصدأ الأصفر سلبية في جميع الأصناف المختبرة ($r = -0.610 - 0.132$).

٨- الرطوبة النسبية العظمى:

- كانت العلاقة بين الرطوبة النسبية القصوى وشدة الصدأ الأصفر موجبة في جميع الأصناف الـ ١١ المختبرة ($r = 0.837$) (- 0.959).

نماذج الانحدار الخطي:

أ- نماذج التنبؤ بشدة الإصابة (%):

- تم تطوير أحد عشر نموذجًا للانحدار بناءً على الظروف البيئية للتنبؤ بشدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر (%). وشرح كميات مختلفة من التباين في شدة الصدأ في أصناف القمح المختبرة. أفضل النماذج للتنبؤ بشدة الصدأ كانت في أصناف القمح سدس ١٤ ($R^2 = 90.60$)، جيزة ١٧١ ($R^2 = 84.50$)، شندويل ١ ($R^2 = 84.20$)، مصر ١، ($R^2 = 83.90$)، مصر ٣ ($R^2 = 81.90$) و جيزة ١٢ ($R^2 = 81.70$)، يليه النموذج في أصناف القمح جيزة ١٦٨ ($R^2 = 77.50$)، سخا ٩٥ ($R^2 = 77.40$)، موروكو ($R^2 = 77.10$)، جيزة ١١ ($R^2 = 76.70$) ومصر ٢ ($R^2 = 72.20$).

الارتباط بين العوامل البيئية وشدة الإصابة النهائية مع الفقد في المحصول:

١- الإشعاع الشمسي:

- كانت علاقة الإشعاع الشمسي مع الفقد في المحصول سالبة في جميع أصناف القمح المختبرة ($r = -0.015$ - -0.315).

٢- هطول المطر:

- كانت العلاقة بين هطول الأمطار مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.559$ - 0.821).

٣- متوسط سرعة الرياح:

- كانت العلاقة بين متوسط سرعة الرياح مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.030$ - 0.299).

٤- سرعة الرياح القصوى:

- كانت العلاقة بين سرعة الرياح القصوى مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.012$ - 0.324).

٥- درجة حرارة الهواء الصغرى:

- كانت العلاقة بين درجة حرارة الهواء الصغرى مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.639$ - 0.908).

٦- درجة حرارة الهواء العظمى:

- كانت العلاقة بين درجة حرارة الهواء العظمى مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = 0.303$ - 0.0056).

٧- الرطوبة النسبية الصغرى:

- كانت العلاقة بين الرطوبة النسبية الصغرى مع الفقد في المحصول سالبة في جميع الأصناف المختبرة ($r = -0.023$ - 0.252).

٨- الرطوبة النسبية العظمى:

- كانت العلاقة بين الرطوبة النسبية القصوى مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف الـ ١١ المختبرة ($r = 0.969 - 0.804$).

٩- شدة الإصابة النهائية (%):

- كانت العلاقة بين شدة الإصابة النهائية (%) مع الفقد في المحصول موجبة في جميع الأصناف الـ ١١ المختبرة ($r = 0.982 - 0.872$).

ب- نماذج التنبؤ بالفقد في المحصول:

- تم تطوير أحد عشر نموذجًا للانحدار بناءً على الظروف البيئية وشدة الصدا (%) للتنبؤ بالفقد في المحصول بسبب الصدا الأصفر وشرح كميات مختلفة من التباين في الفقد في المحصول في أصناف القمح المختبرة. معظم نماذج التنبؤ بالفقد في المحصول هي الأفضل التي أظهرت معامل ارتباط (R^2) أكثر من ٩٠٪ حيث أن نموذج الانحدار في الصنف مصر ١ ($R^2 = 91.10$) يتبعه نموذج الانحدار في الصنف شنويل ١ ($R^2 = 90.40$) يتبعه نموذج الانحدار في الصنف مصر ٢ ($R^2 = 90.50$). بينما معمل الارتباط للأصناف الثمانية وهي موروكو، جيزة ١٧١، سدس ١٤، جيزة ١٦٨، سخا ٩٥، جميعها ١٢، جميعها ١١ ومصر ٣ هي ٨٠.٨٠، ٦١.٧٠، ٦٥.٩٠، ٧٠.٧٠، ٧١.٠٠، ٧٧.٠٠، ٧٧.١٠، ٨٢.٦٠ على التوالي.

التحقق من نماذج شدة الإصابة (%) والفقد في المحصول (%):

- للتحقق من صحة النماذج، تم استخدام بيانات شدة الإصابة (%) والفقد في المحصول (%) في موقع شبين الكوم خلال موسم الزراعة ٢٠٢٢/٢٠٢١ حيث لم يتم استخدام هذه البيانات في التحليل التدريجي لإنتاج نماذج الانحدار الخطي الإصابة (%) والفقد في المحصول (%).

أ- التحقق من نماذج التنبؤ بشدة الإصابة (%):

- تم التحقق من صحة أحد عشر نموذجًا للتنبؤ بشدة الإصابة بالصدا الأصفر (%) من خلال مقارنة قيم شدة الإصابة الفعلية (%) في موقع شبين الكوم خلال الموسم ٢٠٢٢/٢٠٢١ وتوقع شدة الإصابة. كانت جميع نماذج شدة الإصابة المتوقعة (%) قريبة من شدة الإصابة الفعلية (%) لكل صنف. لذلك، كانت هذه المعادلات دقيقة إلى حد كبير في توقع شدة الإصابة (%). كانت قيمة معامل الارتباط (R^2) للعلاقة بين شدة الإصابة المتوقعة والفعلية (%) لجميع النماذج عالية حيث بلغت ٨٩.٠٠، وهذا يعني أن دقة جميع نماذج التنبؤ بشدة الإصابة هذه هي ٨٩.٠٠٪.

ب- التحقق من نماذج التنبؤ بالفقد في المحصول (%):

- تم التحقق من صحة أحد عشر نموذجًا للتنبؤ بالفقد في المحصول (%) من خلال مقارنة قيم الفقد في المحصول الفعلية (%) في موقع شبين الكوم خلال الموسم ٢٠٢٢/٢٠٢١ والفقد في المحصول المتوقعة (%). كانت جميع نماذج شدة الإصابة المتوقعة (%) قريبة من شدة الإصابة الفعلية (%) لكل صنف. لذلك، كانت هذه المعادلات دقيقة إلى حد كبير في توقع شدة الإصابة (%). كانت قيمة معامل الارتباط (R^2) للعلاقة بين الفقد في المحصول المتوقعة والفعلية (%) لجميع النماذج عالية حيث بلغت ٩١.٨٠، وهذا يعني أن دقة جميع نماذج التنبؤ بالفقد في المحصول هي ٩١.٨٠٪.