

# 小麦品种慢叶锈性的研究

薛保国 何家泌 王锡锋

(河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002)

## 摘 要

小麦慢叶锈品种具有侵染率低、潜伏期长、孢子堆小、产孢量少、严重度低、病害进展曲线下面积小和病害虽流行但产量损失不显著等特点。潜伏期和扬花期平均病害严重度与产量损失的关系最密切, 因此测定某一小麦品种的潜伏期 ( $x_1$ ) 和平均病害严重度 ( $x_2$ ) (田间感病对照品种发病达50%或95%时), 可以作为衡量该品种慢(快)叶锈性的两个指标和选种的依据。用  $y = 94.67 - 3.10x_1 + 0.51x_2$  估测由叶锈造成的小区产量损失 ( $y$ ) 有一定可靠性 ( $R = 0.96$ )。用聚类分析法把供试品种分为慢锈、中慢、中快和快锈品种类型。苗期和成株期慢叶锈性有一定的吻合性。

**关键词** 小麦叶锈病 慢叶锈性

近年来, 小麦叶锈病在我国和世界小麦产区日趋严重。慢叶锈品种能够较长时间表现稳定的抗病性而受到植病和育种学家的重视 [1, 9]。本项研究采用小麦叶锈菌三个小种接种22个小麦品种, 在室内和田间进行观察, 以探讨慢叶锈性组分间的相关性及病原与寄主的相互作用, 寻找测定慢叶锈性的切实可行方法, 为抗病育种及慢叶锈性研究提供理论依据和可靠的研究手段。

## 材料与方 法

根据历年田间和室内鉴定结果, 选定22个小麦品种作供试品种: 阿夫 (A)、丹麦一号 (B)、山前麦 (C)、CA8059 (D)、豫麦5号 (E)、小偃34 (F)、白蚰包 (G)、郑州683 (H)、百泉3199 (I)、豫麦2号 (J)、信阳751 (K)、百农3217 (L)、丰产3号 (M)、7023 (N)、花培28 (O)、郑州3号 (P)、郑引1号 (Q)、南大2419 (R)、丰育三号 (S)、东方红三号 (T)、丰育一号 (U)、北京10号 (V)。

供试菌种为小麦叶锈菌1号、2号、3号小种的三个单孢分离菌系。分别在郑州681上

1989—07—27收稿。

生物统计部分蒙本院计算机室赵炳宜等同志协助, 谨此致谢。

表1 小麦品种苗期慢叶锈性组分

| 品种 | 侵染率(个/cm <sup>2</sup> ) |      |      | 潜伏期(天) |      |      | 产孢量(个/cm <sup>2</sup> ) |       |       | 孢子堆面积(mm <sup>2</sup> ) |      |      |
|----|-------------------------|------|------|--------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|------|------|
|    | 叶中1号                    | 叶中2号 | 叶中3号 | 叶中1号   | 叶中2号 | 叶中3号 | 叶中1号                    | 叶中2号  | 叶中3号  | 叶中1号                    | 叶中2号 | 叶中3号 |
| A  | 0.90                    | 1.41 | 0.46 | 10.5   | 11.8 | 10.2 | 2200                    | 900   | 1100  | 0.14                    | 0.05 | 0.14 |
| B  | 0.51                    | 2.92 | 0.42 | 10.9   | 9.4  | 10.0 | 2100                    | 12100 | 2600  | 0.19                    | 0.19 | 0.16 |
| C  | 0.01                    | 2.16 | 0.01 | 13.0   | 9.4  | 13.0 | 100                     | 1300  | 100   | 0.01                    | 0.12 | 0.01 |
| D  | 0.01                    | 0.01 | 0.01 | 13.0   | 13.0 | 13.0 | 100                     | 100   | 100   | 0.01                    | 0.01 | 0.01 |
| E  | 0.45                    | 3.86 | 0.39 | 11.3   | 9.0  | 10.0 | 1100                    | 20800 | 2300  | 0.18                    | 0.22 | 0.24 |
| F  | 0.41                    | 2.94 | 0.43 | 11.8   | 10.4 | 9.8  | 600                     | 8300  | 800   | 0.12                    | 0.08 | 0.15 |
| G  | 0.45                    | 4.04 | 0.01 | 11.8   | 9.5  | 13.0 | 700                     | 13900 | 100   | 0.07                    | 0.14 | 0.01 |
| H  | 1.99                    | 6.11 | 1.72 | 9.2    | 9.0  | 8.9  | 10000                   | 33300 | 7300  | 0.27                    | 0.21 | 0.26 |
| I  | 0.58                    | 2.44 | 0.09 | 10.9   | 10.8 | 10.7 | 2000                    | 7300  | 3200  | 0.17                    | 0.09 | 0.14 |
| J  | 1.59                    | 3.32 | 1.01 | 10.0   | 10.8 | 9.6  | 3300                    | 6300  | 2100  | 0.16                    | 0.09 | 0.17 |
| K  | 0.50                    | 1.08 | 0.45 | 11.3   | 11.5 | 11.8 | 900                     | 600   | 200   | 0.14                    | 0.05 | 0.12 |
| L  | 0.54                    | 3.92 | 0.46 | 11.5   | 10.3 | 10.0 | 1200                    | 17400 | 2000  | 0.12                    | 0.16 | 0.16 |
| M  | 1.11                    | 6.48 | 1.97 | 10.7   | 9.0  | 9.6  | 2000                    | 38700 | 3400  | 0.22                    | 0.18 | 0.18 |
| N  | 1.16                    | 2.64 | 0.01 | 10.0   | 10.2 | 9.8  | 2800                    | 3300  | 3800  | 0.18                    | 0.04 | 0.20 |
| O  | 0.01                    | 0.01 | 0.01 | 13.0   | 13.0 | 13.0 | 100                     | 100   | 100   | 0.01                    | 0.01 | 0.01 |
| P  | 1.75                    | 7.08 | 2.08 | 9.7    | 9.0  | 9.2  | 4200                    | 17400 | 7000  | 0.20                    | 0.16 | 0.22 |
| Q  | 2.05                    | 5.10 | 1.68 | 9.3    | 9.5  | 9.3  | 7100                    | 31600 | 6600  | 0.23                    | 0.28 | 0.21 |
| R  | 1.59                    | 4.35 | 1.01 | 10.4   | 10.0 | 9.7  | 6100                    | 19100 | 4200  | 0.21                    | 0.24 | 0.23 |
| S  | 1.25                    | 2.90 | 1.67 | 10.2   | 9.8  | 9.6  | 3000                    | 10100 | 6000  | 0.11                    | 0.07 | 0.17 |
| T  | 0.25                    | 7.95 | 2.27 | 8.9    | 8.8  | 9.0  | 6700                    | 45600 | 15300 | 0.16                    | 0.26 | 0.32 |
| U  | 1.41                    | 1.83 | 1.93 | 9.6    | 11.7 | 9.0  | 4300                    | 1900  | 7900  | 0.13                    | 0.05 | 0.23 |
| V  | 2.88                    | 7.24 | 2.12 | 9.0    | 9.0  | 8.8  | 9300                    | 33000 | 13800 | 0.27                    | 0.25 | 0.28 |

连续隔离繁殖备用。

田间采用对比裂区设计。22个品种随机区组排列、三次重复, 小区面积 $2.8\text{m}^2$ 。在温室中, 22个品种随机排列播种于直径35cm的花盆中, 每品种5株。

苗期接种采用旋转式喷雾定量接种塔接种, 然后保湿24小时放入生长箱内培养, 每菌种重复三次。田间用手持机动喷雾器定量接种叶锈混合小种, 每小区210mg夏孢子粉, 塑料膜覆盖保湿24小时后任其自然发病。同时用15%三唑酮喷洒每小区的对照保护区。

侵染率 (IF) 以均匀接菌下单位叶面积夏孢子堆最终数目表示; 潜伏期 (LD) 以接种到50%夏孢子堆出现之间的天数表示, 计算公式为  $LD = n - \frac{1}{x} \sum_{i=1}^{n-1} x_i(t_{i+1} - t_i)$  其中  $t_i$  代表接种后的天数,  $x_i$  代表第  $i$  天单位叶面积夏孢子堆数,  $n$  代表接种到夏孢子堆全部出现的天数,  $x_n$  代表第  $n$  天单位叶面积夏孢子堆数。接种后第12天, 用双目显微镜测量平行和垂直叶脉的夏孢子堆长和宽, 并用椭圆面积公式计算单个夏孢子堆面积。夏孢子产量以单位叶面积总产孢个数表示, 用改进的旋风单孢子粉收集器〔4〕每天收集夏孢子粉, 隔日用0.3%吐温80配成孢子悬浮液, 血球计数板计数〔2〕。

## 结果和分析

### 一、小麦品种苗期慢叶锈组分分析

在温室中, 用小麦叶锈菌1号、2号和3号小种分别定量接种供试的22个小麦品种, 测定慢锈性组分, 结果列于表1。

对潜伏期和侵染率的方差分析结果表明, 品种间, 小种间和品种×小种间的差异均达极显著水平 ( $P=0.01$ )。即三个叶锈小种之间存在本质差异; 接种叶锈菌后22个品种的反应不同; 叶锈小种致病力随不同品种而不同; 而品种对叶锈小种的反应也因病原小种不同而有差异; 品种与小种间存在极显著的互作关系。

分析还表明, 供试三个小种的致病力在慢锈组分上的表现有明显差异。在侵染率和产孢量上, 叶中2号大于叶中1号和3号 ( $P=0.01$ ), 而叶中1号和3号间的差异则不明显。在潜伏期上, 叶中1号略长, 叶中2号和3号间差异不明显。总的看来, 叶中2号致病力最强, 叶中1号和3号的致病力差异不大。

相关分析 (表2) 表明, 各慢锈组分间的相关系数达极显著 ( $P=0.01$ )。侵染率、产孢量和孢子堆面积之间呈正相关 ( $r=0.68\sim 0.92$ ); 潜伏期与此三组分均呈显著的负相关 ( $r=-0.64\sim -0.93$ )。即叶锈菌侵染小麦后潜伏期短的品种, 侵染率则高, 产孢量大, 孢子堆面积大, 四者有本质的联系。

表2 苗期慢锈性组分间的相关系数 (P=0.01)

| 菌 种  | 慢锈性组分 | 产 孢 量  | 孢子堆面积  | 潜 伏 期   |
|------|-------|--------|--------|---------|
| 叶中1号 | 侵 染 率 | 0.9179 | 0.6805 | -0.9327 |
|      | 产 孢 量 |        | 0.7623 | -0.8769 |
|      | 孢子堆面积 |        |        | -0.6410 |
| 叶中2号 | 侵 染 率 | 0.9095 | 0.7705 | -0.7790 |
|      | 产 孢 量 |        | 0.8586 | -0.7409 |
|      | 孢子堆面积 |        |        | -0.7495 |
| 叶中3号 | 侵 染 率 | 0.8319 | 0.6085 | -0.7353 |
|      | 产 孢 量 |        | 0.8637 | -0.7517 |
|      | 孢子堆面积 |        |        | -0.7959 |

## 二、小麦品种成株期慢叶锈性组分分析

田间测定侵染率、潜伏期、产孢量、孢子堆面积、严重度、小区产量损失等指标(表3)。通过相关分析(表4)表明,各指标间存在极显著的相关性( $P=0.01$ )。侵染率、产孢量、孢子堆面积、严重度和病害进展曲线下的面积(AUDPC)两两之间呈正相关( $r=0.79\sim 0.97$ );潜伏期与小区减产值呈负相关( $r=-0.93$ )。潜伏期与其它几个组分也呈负相关( $r=-0.79\sim -0.92$ )。各指标间的相互关系比较紧密( $r=\pm 0.79\sim 0.97$ )。

表3 小麦品种成株期慢锈组分

| 品 种 | 侵 染 率<br>(个/cm <sup>2</sup> ) | 潜 伏 期<br>(天) | 孢子堆面积<br>(mm <sup>2</sup> ) | 产 孢 量<br>(千个/cm <sup>2</sup> ) | 严 重 度<br>(%) | AUDPC* | 小区减产值<br>(克) |
|-----|-------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------|--------------|
| A   | 1.36                          | 32.3         | 0.15                        | 67.3                           | 23.0         | 5.63   | 2.00         |
| B   | 0.87                          | 34.3         | 0.10                        | 74.4                           | 23.4         | 3.63   | 3.67         |
| C   | 2.19                          | 28.8         | 0.16                        | 101.4                          | 51.7         | 12.81  | 17.17        |
| D   | 0.01                          | 35.0         | 0.01                        | 0.1                            | 0.1          | 0.01   | 0.67         |
| E   | 0.70                          | 32.4         | 0.13                        | 90.4                           | 29.2         | 6.28   | 7.33         |
| F   | 0.73                          | 33.4         | 0.09                        | 22.3                           | 19.5         | 3.30   | -0.67        |
| G   | 1.32                          | 30.3         | 0.12                        | 59.5                           | 29.2         | 3.97   | 15.33        |
| H   | 1.91                          | 29.6         | 0.19                        | 286.2                          | 45.8         | 10.54  | 24.66        |
| I   | 1.65                          | 31.9         | 0.13                        | 71.8                           | 40.8         | 9.96   | 11.17        |
| J   | 2.58                          | 28.7         | 0.16                        | 117.7                          | 50.0         | 12.79  | 38.33        |
| K   | 0.82                          | 33.0         | 0.07                        | 46.1                           | 17.5         | 2.91   | -0.83        |
| L   | 1.82                          | 30.2         | 0.14                        | 165.8                          | 46.7         | 9.91   | 26.67        |
| M   | 2.43                          | 27.9         | 0.17                        | 234.1                          | 65.8         | 14.81  | 36.67        |
| N   | 1.68                          | 30.9         | 0.16                        | 125.8                          | 50.8         | 10.95  | 23.33        |
| O   | 0.01                          | 35.0         | 0.01                        | 0.1                            | 0.1          | 0.01   | 1.50         |
| P   | 4.20                          | 24.6         | 0.22                        | 890.9                          | 75.0         | 19.14  | 60.00        |
| Q   | 3.82                          | 24.8         | 0.22                        | 468.5                          | 69.2         | 17.19  | 45.83        |
| R   | 1.52                          | 30.0         | 0.18                        | 105.3                          | 49.2         | 11.07  | 36.67        |
| S   | 1.27                          | 31.1         | 0.12                        | 59.9                           | 32.5         | 5.48   | 22.67        |
| T   | 5.17                          | 26.4         | 0.16                        | 451.8                          | 73.5         | 18.55  | 50.67        |
| U   | 3.16                          | 31.6         | 0.20                        | 248.9                          | 63.3         | 11.96  | 31.07        |
| V   | 6.87                          | 24.7         | 0.25                        | 813.8                          | 76.7         | 20.40  | 61.67        |

\*AUDPC表示病害进展曲线下面积(下同)

表4 成株期七个慢锈组分间的相关系数

| 组 分   | 潜伏期   | 孢子堆面积 | 产孢子量  | 严重度   | AUDPC | 小区减产值 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 侵 染 率 | -0.86 | 0.79  | 0.88  | 0.86  | 0.90  | 0.88  |
| 潜 伏 期 |       | -0.79 | -0.85 | -0.89 | -0.92 | -0.93 |
| 孢子堆面积 |       |       | 0.79  | 0.86  | 0.87  | 0.84  |
| 产 孢 量 |       |       |       | 0.79  | 0.85  | 0.85  |
| 严 重 度 |       |       |       |       | 0.97  | 0.94  |
| AUDPC |       |       |       |       |       | 0.93  |

多元回归分析表明，潜伏期( $x_1$ )和平均病害严重度( $x_2$ )与小区减产值( $y$ )关系最密切。从潜伏期和平均病害严重度估测产量损失的回归模式为 $y = 94.67 - 3.10x_1 + 0.51x_2$ ，经检验其偏相关系数和回归方程均达显著水平( $P = 0.01$ )。复相关系数 $R = 0.96^{**}$ 。潜伏期长、严重度低，产量损失较少，反之，产量损失则较大。

### 三、小麦品种慢叶锈性分类

综合在各小种接种下的慢叶锈性组分，依据各品种在慢叶锈组分上的相似程度，对供试22个小麦品种进行聚类分析。根据聚类结果(图1)，可把供试品种分为5类，即慢叶锈品种(苗期有A、F、K、B、I、L；成株期有A、F、K、B、I、E、S)，中度慢叶锈品种(苗期有S、C、N、U；成株期有C、H、L、N、R)，快叶锈品种(苗期有H、P、Q、T、V；成株期有P、Q、T、V)，中快叶锈品种(苗期有M、E、R；成株期有M、U、J)和高抗品种(D、O)。

根据苗期和成株期结果的聚类分析看出，其结果有一定的相似性，但也有差异。在慢叶锈品种类型中，A、F、K、B和I品种的表现较为一致，而品种E和S则表现有差异。快叶锈品种类型中，P、Q、T、V等品种表现较一致。而品种H的差异较大。中慢和中快品种在苗期和成株期结果的顺序也有一定的相似性。这说明在温室的试验结果能部分地表示品种在田间的慢叶锈性。

### 四、不同慢叶锈类型品种上叶锈病的发展

田间均匀接种小麦叶锈菌混合小种，症状出现后，每两天调查一次病害严重度，根据图1所划分的慢叶锈类型，取三个重复的平均病害严重度值，绘出不同慢叶锈类型的

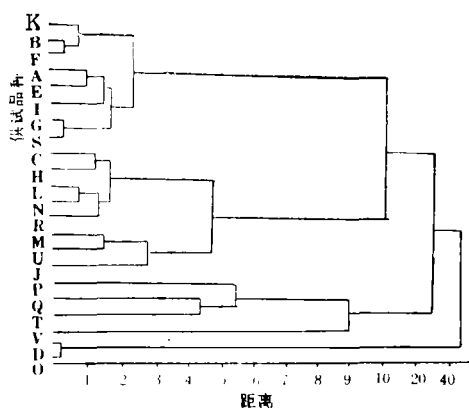


图1 小麦品种成株期慢锈性聚类图

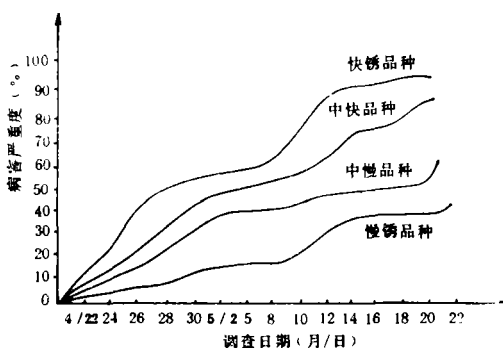


图2 不同慢锈类型小麦品种田间发病进程

小麦品种田间发病进程图(图2)。

由图2可看出慢叶锈品种与快叶锈品种相比,有病害严重度低,病害进展曲线下面积小和病害发展缓慢等特点。

### 五、叶锈病对不同类型品种产量的影响

产量损失量是衡量品种慢叶锈性的重要指标。试验结果(表5)表明,小麦感染叶锈病后,多数品种的千粒重和小区产量均有一定程度的降低,但慢叶锈品种除S外,接菌区与对照

表5 叶锈病对千粒重、穗粒数和小区产量的影响

| 类别 | 品种 | 千粒重增减率(%) | 穗粒数差值 | 小区产量增减率(%) |
|----|----|-----------|-------|------------|
| 慢锈 | A  | -4.3      | 4     | -0.71      |
|    | F  | -2.4      | 2     | 0.25       |
|    | K  | 0.9       | -1    | 0.22       |
|    | B  | -2.8      | 0     | -2.56      |
|    | I  | -3.2      | -2    | -4.20      |
|    | E  | -2.4      | 1     | 2.70       |
|    | S  | -7.0*     | -3    | -9.78**    |
| 中慢 | H  | -5.3*     | -4    | -8.04**    |
|    | L  | -10.2**   | 1     | -10.74**   |
|    | N  | -5.7*     | -3    | -8.08**    |
|    | R  | -5.1*     | 10**  | -15.87**   |
| 中快 | M  | -10.4**   | -6*   | -15.07**   |
|    | U  | -9.0**    | -9*   | -11.64**   |
|    | J  | -14.4**   | -1    | -15.28**   |
| 快锈 | P  | -15.4**   | -4    | -19.68**   |
|    | Q  | -12.3**   | -6*   | -17.17**   |
|    | T  | -17.0**   | -3    | -20.62**   |
|    | V  | -25.7**   | -9*   | -34.01**   |

区的产量因素差异不显著,而快锈和中快品种的接菌区与对照区的千粒重和小区产量差异均极显著( $P=0.01$ )。从中慢到快叶锈品种,产量损失量逐渐增大。小麦感染叶锈病后,多数品种的千粒重和小区产量降低较大,而穗粒数的降低不明显。

## 讨 论

许多小麦品种抗病性迅速丧失引起了人们对慢发抗病性的重视[1,9]。定量研究品种的慢锈性是一个精确度高,工作量大的研究项目。对品种的分类历来采用经验公式[1],容易造成误差且有其局限性。本研究采用了聚类分析法,在一定程度上避免了人的主观片面性,与电子计算机结合效率高,准确性好,在实践中有一定的参考价值。

根据什么指标鉴定和选择慢叶锈性材料是一个尚未解决的问题。对数转换后的r值只能部分说明慢锈性情况[8]。对AUDPC调查计算繁杂且有可能发生错误的解释[5,6]。虽然各慢锈组分存在显著的相关性,测定每一个慢叶锈组分来评价品种的慢(快)叶锈性,在生

产上是不实用的。但从组分相关性似乎可推测品种存在的基因的多效性或多基因共同作用。用产量损失情况衡量品种慢叶锈性实际应用困难也很大。本研究对各组分分析结果表明, 潜伏期及开花期和乳熟期的平均病害严重度与产量损失关系最密切, 小区产量损失有91.8%可由潜伏期和平均病害严重度决定。因此, 在实际应用中可选用这两个指标来选择慢锈性。

慢叶锈品种产量损失不明显, 与杨家书等(1985)报道的小麦品种慢白粉性以及Statler等(1977)报道的慢叶锈性的结果相似〔3,7〕。根据我国主要冬小麦产区叶锈病发病特点, 本研究结果对小麦生产上利用慢锈性品种有重要的参考价值。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 何家泌等: 小麦不同品种慢叶锈性的观察, 《植物保护》, 1981 (6): 10—11
- 〔2〕 郑晓莲: 小麦叶锈菌定量接种方法的探讨, 《河北农业大学学报》, 6 (4) 1983: 125—127。
- 〔3〕 杨家书等: 小麦品种对白粉病慢发性抗病性的因素分析, 《植物保护学报》, 1985 (12): 37—43
- 〔4〕 Browder, L. E.: Pathogenic specialization in xeral rust fungi, U. S. DEP. Agri. Tech. Bull., 1971: 1432—1451
- 〔5〕 Gavinlertuatana, S. et al: Inheritance of slow rusting of spring wheat by *Puccinia recondita* and host-parasite relationship, Trans. Bri. Myco. Soc., 1978 (71): 413—418
- 〔6〕 Johnson, D. A. et al: Components of slow-rusting in barley infected with *Puccinia hordei*, Phytopath., 1978 (68): 1470—1474
- 〔7〕 Statlen, G. D. et al: General resistance displayed by three hard red spring wheat cultivars to leaf rust Phytopathology, 1977 (67): 759—762
- 〔8〕 Vanderplank, J. E.: Plant Disease: Epidemias and Control Academic Press, New York 349
- 〔9〕 Wilcoxson, R. D.: Genetics of slow rusting in cereals Phytopathology, 1981 (71): 989—993

## Investigation on Slow-Rusting in Wheat Varieties Infected with *Puccinia recondita* f.sp.*Tritici*

Xue Baoguo    He Jiabi    Wang Xifeng

(Plant Protection Institute, Henan Academy of Agricultural  
Sciences, Zhengzhou)

### Abstract

Twenty-two wheat cultivars were used to investigate slow-rusting infected separately with Chinese race 1, 2, 3 of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. The components of rust development, latent period, infection frequency, uredia size and uredospore production per square centimeter of leaf surface were related to each other and to the area under the disease progress curve (AUDPC), mean rust severity of modified cob scale (heading and soft dough growth stage) and reduced yield per plot, as indicated by significant correlation coefficients ( $r=0.79-0.97$ ). The reduction in yields of slow-rusting cultivars infected with *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* was significantly lower than that in the yields of fast-rusting cultivars. The multiple linear regression analysis to seven components indicated that latent period ( $x_1$ ) and mean rust severity ( $x_2$ ) were the major components reducing wheat yield ( $y$ ). The equation estimating yield reduction was expressed to  $y=94.67-3.10x_1+0.51x_2$  ( $R=0.96$ ). The latent period and mean rust severity compared to check cultivars may be used to estimate the slow-or fast-rusting levels of wheat cultivars. The wheat cultivars were divided into slow-, midslow-, fast- and midfast-rusting types by hierarchical clustering methods according to the slow-rusting components.

**Key words:** Wheat leaf rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*); Slow-leaf rusting