

# 中国小麦条锈菌主要流行小种的寄生适合度\*

张传飞 商鸿生 李振岐

(西北农业大学植保系, 陕西杨陵·712100)

**摘要** 研究了我国条锈菌主要流行小种条中 22, 23, 25, 27, 28 和 29 号的相对寄生适合度。常温苗期试验以 5 个重要栽培品种为试材, 测定了诸小种主要寄生适合度属性。主成分分析表明各寄生适合度属性中以产孢能力最重要, 其次为侵染能力和孢子生活力。条中 26 号和 29 号寄生适合度较高, 25 号和 28 号较低。此外, 还在低温(10℃)条件下和成株期进行了补充测定。根据研究结果曾预测条中 29 号将上升为优势小种并得到验证。

**关键词** 寄生适合度, 生理小种, 小麦条锈病

**中图分类号** S435.121.42

许多小麦抗条锈病品种在大面积推广 3~5 年后就开始丧失抗锈性, 这已成为世界各国小麦条锈病防治所面临的重大难题。小麦品种抗锈性丧失的根本原因是病原菌群体中出现了新的优势小种。稀有毒性小种能否增长为优势小种主要取决于其毒性谱和寄生适合度, 只有哺育品种面积大, 本身寄主适合度又强的小种最终成为优势小种。关于条锈菌生理小种的毒性和小麦品种的抗病性, 已有深入研究, 但对于条锈的寄生适合度尚缺乏研究。作者于 1986~1990 年系统研究了我国小麦条锈菌主要流行小种的寄生适合度。鉴于我国小麦条锈菌流行小种正处在一个新的变动时期, 各地主栽品种大多感染几个流行小种, 因此研究结果将为优势小种预测、品种合理布局和抗源选择提供基本依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

条锈菌为我国 70 年代末以来的主要流行小种, 即条中 22, 23, 25, 26, 27, 28 和 29 号。各小种都取代表性菌株建立单孢菌系; 小麦品种为大面积栽培品种小偃 6 号、咸农 4 号、绵阳 11 号、里勃留拉, 农大 198 和 76172-22-10-5 等。在各项试验中只测定亲和性的小种——品种组合。

### 1.2 试验方法

在苗期和成株期分别测定供试各小种的相对寄生适合度属性, 以苗期常温测定为主, 苗期接种第一片真叶, 成株期接种旗叶, 均用孢子沉降塔定量接种。接种植株分别在常温(14~18℃, 日均温 16.5℃)和低温(10℃)条件下培育, 日照 17 h, 光强 9 000 lx。

1.2.1 叶面夏孢子萌发率 接种 24 h 后, 叶面涂布火棉胶, 胶膜撕下后用 1% 酸性品红液染色镜检计数。每次各处理检查 100 个夏孢子。

1.2.2 花斑数 自接种后第 7 d 开始系统观察, 待叶面花斑数目停止增加时计数。各处

收稿日期: 1992-08-10.

\* 高等学校博士点基金资助项目。

理固定检查9个叶片,重复3次。

1.2.3 潜伏期 由接种到叶片上第一个夏孢子堆开裂所需的天数,由系统调查确定。各处理检查15个叶片。

1.2.4 夏孢子堆长度和宽度 在潜伏期结束后第9d,摘取病叶用实体镜检查计测。各处理检查6个叶片。

1.2.5 产孢期 指叶片上第一个夏孢子堆开裂至最后一个夏孢子堆死亡所需天数,由系统调查确定。各处理固定检查15个叶片。

1.2.6 产孢强度 由潜伏期结束后第3d起逐日定时用试管套在叶片上振荡收集产生的夏孢子,连续收集7d,用电子天平称重。叶面积用叶面积仪测定。计算单位叶面积的产孢量即为产孢强度。各处理选取6~9个叶片测定。

整个试验重复两次。每次试验中各处理重复3次。各属性所取样本数有所不同,均由预备试验确定。试验得到的各适合度属性数据利用FACOM M340S进行多种统计分析,包括变量分析,多重比较和主成份分析等。

## 2 结果和分析

### 2.1 菌期常温测定

2.1.1 各小种间相对寄生适合度属性 常温测定的温度范围为14~18℃,平均为16.5℃。试验数据经方差分析和多重比较,结果表明7个相对适合度属性的小种间差异均极显著。除叶面孢子萌发率外,其它属性的品种间差异以及小种与品种间的相互作用差异亦极显著(表1)。

表1 各生理小种的寄生适合度属性

生理小种	叶面孢子萌发率 $x_1$ (%)	花斑数 $x_2$ (个/叶)	潜伏期 $x_3$ (d)	夏孢子堆长度 $x_4$ (mm)	夏孢子堆密度 $x_5$ (个/cm <sup>2</sup> )	产孢期 $x_6$ (d)	产孢强度 $x_7$ (g/m <sup>2</sup> )
条中22号	50.9	9.5	14.9	3.2	119.6	22.4	7.99
条中23号	59.7	13.9	15.3	3.3	123.6	23.2	4.97
条中25号	44.7	16.7	13.5	3.1	106.8	22.4	6.23
条中26号	71.0	10.1	15.4	3.4	100.1	22.2	6.96
条中27号	48.4	17.9	12.5	3.4	82.8	24.1	4.00
条中28号	53.2	15.7	13.2	3.4	94.5	24.5	4.15
条中29号	50.3	9.4	11.5	3.5	149.2	23.3	6.37

注:供测小麦品种为小偃6号、里勃留拉、咸农4号、农大198、76172-22-1-10-5等,表中数字为平均值。

2.1.2 相对寄生适合度属性的主成份分析 对表1资料的主成份分析结果表明,主成份1的贡献为45.62%,主成份2为26.64%,主成份3为20.22%,前三个主成份的累计贡献率高达92.48%(见表2)。由因子负荷阵(表3)可见,主成份1主要由 $x_7$ (产孢强度)和 $x_6$ (产孢期)所决定,代表条锈菌的产孢能力(繁殖力);主成份2主要由 $x_4$ (夏孢子堆长度)和 $x_5$ (夏孢子堆密度)所决定,代表条锈菌对小麦叶片的侵染能力或扩展能力。主成份3主要由 $x_1$ (叶面孢子萌发率)所决定,代表条锈菌夏孢子的生活力。表3列出了各主成分7个寄生适合度属性因子得分系数,并据此和诸因子的测定值计算出代表供试各小种产孢能力、侵染能力和孢子生活力的3个主成份值(表4)。由各主成份值可知,诸小种产孢能力由强到弱的顺序为条中22号>29号>26号>23号>25号>28号>27号,侵染能力

排序为条中 29 号>22 号>23 号>25 号>26 号>28 号>27 号,孢子生活力排序为条中 26 号>29 号>28 号>27 号>22 号>25 号>23 号。综合评价以 29,22 和 26 号相对适合度较高,28 和 27 号较低,其他小种居中。

表 2 主成份特征值与贡献率

项 目	主成份					
	1	2	3	4	5	6
特征值	3.193 50	1.864 54	1.415 30	0.348 33	0.163 69	0.014 81
贡献率(%)	45.62	26.64	20.22	4.08	2.33	0.21
累计贡献率(%)	45.62	72.26	92.48	97.46	99.79	100

表 3 主成份分析的因子负荷阵和得分系数

寄生适合度 属性因子	因子负荷阵			因子得分系数		
	主成份 1	主成份 2	主成份 3	主成份 1	主成份 2	主成份 3
$x_1$	-0.274 72	-0.035 34	-0.718 64	-0.490 92	-0.048 26	-0.834 97
$x_2$	0.466 18	0.372 80	0.077 81	0.833 05	-0.309 05	0.092 57
$x_3$	-0.340 34	-0.444 47	-0.344 02	-0.608 18	-0.606 92	-0.409 28
$x_4$	0.092 78	0.617 40	-0.409 82	0.165 76	0.843 05	0.664 07
$x_5$	-0.280 07	0.486 33	0.289 72	-0.500 48	0.664 07	0.344 68
$x_6$	0.492 19	0.209 79	-0.204 59	0.879 53	0.286 46	-0.243 40
$x_7$	-0.511 93	0.022 49	0.255 74	-0.914 80	0.030 71	0.304 25

表 4 小种的主成分值

小 种	主成份 1	主成份 2	主成份 3	小 种	主成份 1	主成份 2	主成份 3
条中 22 号	-138.930 00	74.720 19	9.822 97	条中 27 号	-72.741 77	46.901 82	-11.618 45
条中 23 号	-113.359 86	73.726 97	-5.575 80	条中 28 号	-84.249 29	53.333 90	-11.834 89
条中 25 号	-106.517 16	62.989 22	6.605 29	条中 29 号	-135.413 89	96.448 32	16.542 76
条中 26 号	-129.508 70	59.908 24	-17.447 10				

## 2.2 苗期低温测定

5 个小种接种 5 个品种后,在 10℃ 的生长箱中培养,测定了 6 个相对寄生适合度属性(表 5),总的看来以条中 26 和 29 号相对寄生适合度较高,25 和 28 号较低。

表 5 小种低温下的寄生适合度属性

生理小种	$x_2$ (个/叶)	$x_3$ (d)	$x_4$ (mm)	$x_5$ (个/cm <sup>2</sup> )	$x_6$ (d)	$x_7$ (g/m <sup>2</sup> )
条中 23 号	5.6	21.7	3.1	123.5	24.2	5.54
条中 25 号	3.8	21.7	3.2	115.8	23.0	3.67
条中 26 号	4.9	20.4	3.4	126.6	25.0	6.03
条中 28 号	5.4	21.0	3.0	117.3	26.1	5.14
条中 29 号	6.4	20.8	3.2	145.9	24.6	7.05

注:测定小麦品种为小偃 6 号、里勃留拉、威农 4 号、农大 198 和绵阳 11 号,表中数字为平均值。

## 2.3 成株期测定

各品种成株期旗叶接种供试小种后测定了潜伏期、产孢期和夏孢子堆长度 3 个属性,结果在日均温 18.6℃ 的条件下,潜伏期以条中 25 号最长(17.3 d),26 号最短(13.9 d),

条中 28, 29 和 23 号的潜伏期差异不明显;夏孢子堆长度以条中 26 号最长, 25 号最短。在日均温 21.5℃ 条件下, 产孢期以条中 25 号最短(23.7 d), 26 号最长(30.1 d), 但在  $P=0.05$  的水平上仅条中 25 号产孢期与其余小种差异显著。综合评价以条中 26 号成株期适合度较高, 25 号偏低。

### 3 讨 论

植物病原菌的寄生适合度是其各基因型群体在一定的时间、环境和寄生条件下的相对存活能力<sup>[1]</sup>, 因而是决定病原菌生理小种和变异菌系能否流行的重要特性。近年来, 国内已对小麦叶锈菌、秆锈菌和玉米小斑病菌主要生理小种的相对寄生适合度或相对存活力进行了研究, 所得结果对指导病害防治有重要作用<sup>[2~4]</sup>。条锈病是我国小麦最重要的病害, 选育和合理使用抗病品种是最有效的防治措施, 为此必须了解病菌群体结构及其变异。为准确预测生理小种的变异及其频率变化, 必须开展寄生适合度的研究。但到目前为止, 国内尚未系统研究小麦条锈菌寄生适合度。在国外, 也仅有 Brown 等用白化菌系作标记进行的小种竞争试验<sup>[5]</sup>。

研究病原菌寄生适合度有多种方法<sup>[6]</sup>, 作者等采用了分析其寄生适合度属性这一最基本方法, 并首次将主成份分析法引入适合度研究。由研究结果来看, 我国小麦条锈主要生理小种最重要的寄生适合度属性为其产孢能力(繁殖力), 其次为侵染能力和孢子的生活力。由于控制各属性遗传基础不同, 不同小种优势属性可能不同, 因而比较各生理小种或变异菌系的寄生适合度时, 应当全面评价其各个适合度属性。

作者用大面积栽培的感病小麦品种比较 70 年代末期以后我国 7 个主要条锈菌流行小种的寄生适合度, 这一结果有重要的实际意义。首先, 它解释了为什么长期以来我国多个锈菌小种并存, 优势小种不明显这一特殊现象。70 年代后期以来尽管存在大面积哺育品种而没有一个小种出现频率超过 50%。显然, 条中 25, 27, 28 和 23 号等小种未能发展起来, 主要是因为其寄生适合度低。条中 26 和 22 号适合度较高, 在大面积种植其哺育品种的省份出现频率也较高, 如在陕西关中, 条中 26 号出现频率曾高达 49.5%。其次, 研究结果可用于预测未来的优势小种。条中 29 号在常温和低温下寄生适合度都很高, 根据这一结果并考虑到该小种对当前推广的洛类小麦品种有毒性, 尽管 1986 年其出现频率仅为 3.5%, 1987 年为 9.5%, 作者仍预测 29 号将成为我国条锈优势小种, 而同样对洛类小麦品种有毒性的条件 28 号因其适合度低, 不可能发展起来<sup>[7]</sup>。结果, 1987 年条中 29 号的频率上升到 40.3%, 1990 年又有进一步发展, 完全证实了作者的预测。再次, 本研究结果为小麦条锈菌突变菌系和变异类型竞争能力的评估提供了基本方法和基础数据。

### 参 考 文 献

- 1 Nelson R R. The evolution parasitic fitness. *Plant Disease*, 1979, (5): 23~46
- 2 曹远银. 小麦秆锈菌不同生理小种致病力的适合性研究[学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 1985
- 3 顾铁省. 小麦叶锈菌株的几个寄生适合度属性的初步研究[学位论文]. 保定: 河北农业大学, 1985
- 4 刘国胜, 黄梧芳. 玉米小斑病菌寄生适合度属性的初步研究. *河北农业大学学报*, 1987, 10(3): 27~35
- 5 Brown J F, Sharp E L. The relative survival ability of pathogenic types of *puccinia striiformis* in mixtures. *Phy-*

topathology, 1970, 60: 529~533

6 商鸿生. 小麦锈菌群体毒性结构和变异. 西北农业大学学报, 1985, 13(3): 70~80

7 张传飞. 小麦条锈菌主要生理小种寄生适合度的研究[学位论文]. 陕西杨陵: 西北农业大学, 1988

## Parasitic Fitness of the Major Epidemic Races of Wheat Stripe Rust in China

Zhang Chuanfei Shang Hongsheng Li Zhenqi

(Plant Protection Department, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** The relative parasitic fitness of the major epidemic races of wheat stripe rust (*Puccinia striiformis* West.), namely CY-22, 23, 25, 26, 27, 28 and 29 was studied. In the seedling stage and at normal temperature, 5 important wheat cultivars were used as the testing materials to determine the principal parasitic fitness of each race. The results of principal component analysis showed that the most important component of parasitic fitness was the sporulating capacity, the second important component was the infection ability and the third was spore vitality. CY-26 and CY-29 had the highest relative parasitic fitness, while CY-25 and CY-28 the lowest. In addition, the supplementary determination was carried out in the case of low temperature (10°C) and at the seedling stage. On the basis of the above results, it was predicted that CY-29 would become the predominant race and the prediction was also proved to be true.

**Key words** parasitic fitness, race, wheat stripe rust