

水稻品种抗褐稻虱的遗传机制 及表型稳定性的研究^{*}

刘春茂^{**} 吴荣宗 王润华
(植保系) (农学系)

摘要 本文研究了 15 个水稻品种的抗性遗传。品种国眉占的抗性受一对隐性基因控制, BG367-4 受两对隐性基因控制, 三桂占 1、Suweon 294、KAU 1727、IR 13539-100-2-2-2-3、IR 7149-5-2-1-1 以及 IR 13240-108-2-2-3 均受一对显性基因控制, IR 25586-108-1-2-2-2 受两对显性基因控制, 三黄占 2、三叶占 1、铁六选, 新惠占 1、GENG 77-4 以及 IR 13427-40-2-3-3 都受一对显性基因和一对隐性基因控制。同时对 12 个具有不同抗性水平的水稻品种苗期的抗性表现进行了遗传型稳定性分析。结果表明, 不同品种的抗性稳定性有明显差异, TN1 是极稳定的高感品种, BG 367-4、IR 25586-108-1-2-2-2 以及 Mudgo 是非常稳定的高抗品种, 三叶占 1、三桂占 1 和铁六选这三个抗级品种的抗虫性也较稳定, 而抗级品种国眉占、三黄占 2、Suweon 294 和中抗品种包选 2、辐包矮 21 的抗虫性不稳定。

关键词 水稻; 褐稻虱; 抗性遗传; 抗性稳定性

褐稻虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是亚洲的主要水稻害虫之一。近年来, 由于受主基因控制的单一化高抗品种的推广, 导致褐稻虱产生了新的生物型, 使某些抗虫品种“丧失”其抗性^[1]。为了解决这一问题, 国内外对抗虫基因源广泛地进行了搜集、鉴定和研究。迄今已发现在抗褐稻虱的稻种中具有位点不同的 7 个抗性基因, 并研究了它们的连锁关系^[2,3,4]。然而, 由于不同抗性基因源遗传效应的复杂性, 往往不同抗源在不同环境条件下的抗性表现差异很大。一些学者已经注意到光、温、肥、水、湿度乃至栽培技术措施等环境因素对品种抗虫性的影响。而且也意识到品种与环境间的互作效应的分析对于鉴定稳定的抗源有着重要意义^[11]。本研究从我校 4 000 多份水稻品种筛选的抗源中, 挑选了一批农艺性状较好的抗源进行遗传分析, 并应用 Tai 氏的遗传型稳定性的分析方法, 按特定的环境设计, 估测了其中有代表性的抗源的遗传型效应及其遗传型与环境的互作效应, 从而为分析抗性机理提供遗传学的理论依据, 并为选育具有相对稳定抗性的品种提供理想抗源和较为有效的鉴定方法。

1 材料与方 法

1.1 水稻品种对褐稻虱的抗性遗传机制

采用常规的杂交方法, 以感虫品种 TN1 为母本, 分别与 15 个供试品种杂交。其 F₁ 代苗期测定采用改良的苗期筛选法^[2], F₂ 代苗期测定采用同一株系的 F₂ 代材料来进行。F₁ 和 F₂ 代的抗性表现均以单株进行评定。供试昆虫为褐稻虱生物型 1 的 2~3 龄若虫。

^{*} 本文为国家自然科学基金资助项目内容之一。

^{**} 现在江西省人民政府农村工作办公室工作, 1990-09-07 收稿

1.2 水稻品种对褐稻虱抗性的稳定性分析

1.2.1 供试材料 供试的12个水稻品种中,包选2和辐包矮21为中抗品种^[9],Mudgo为抗虫对照,TN1为感虫对照,其余8个为前一试验中选出的具代表性的抗级品种。

1.2.2 试验方法 试验在温室内进行。设置影响抗虫性的3个因素:光照强度、氮肥和秧龄。光照强度设3个水平:不遮光、两层纱网遮光和四层纱网遮光。这3个水平的光照强度分别为自然光照强度的69%、40%和21%(用照度计多次测定的平均值)。氮肥因素设不施肥和每亩25 kg尿素(含氮量为46%)两个水平。接虫时秧龄分别为2片叶、3.5片叶和5片叶共3个水平。试验分2次进行,第1次为光照强度和氮肥两因素,第2次为光照强度和秧龄两因素。试验采用随机区组设计,用改良的苗期筛选法^[2]进行抗性测定,各处理间的接虫量基本一致。

1.2.3 统计分析方法 将这两次试验共15种不同的环境处理组合进行复因子随机区组的方差分析。在品种与环境的互作效应有显著差异的基础上,按Tai氏提出的遗传型稳定性参数的分析方法估算出各供试品种与环境的互作效应随环境变异的直线响应($\hat{\alpha}_i$)以及这一直线响应的离差($\hat{\lambda}_i$)^[1,10]。 $\hat{\alpha}_i$ 值的最小值为-1,最大值为1,平均值为0; $\hat{\lambda}_i$ 值的最小值为0,最大值为 $+\infty$,平均值为1。 $\hat{\alpha}_i$ 值越小,遗传型抗性表现越稳定; $\hat{\lambda}_i$ 值越小,表明对 $\hat{\alpha}_i$ 估值的置信程度越大。

2 结果与分析

2.1 水稻品种对褐稻虱的抗性遗传机制

TN1与抗虫品种杂交的 F_1 及 F_2 代群体对褐稻虱的反应结果列于表1。TN1分别与国眉占和BG367-4杂交的 F_1 代均为感虫,表明这两个品种的抗性受隐性基因支配,其中TN1与国眉占杂交的 F_2 代群体以1(抗):3(感)的比率分离,TN1与BG367-4杂交的 F_2 代群体以7(抗):9(感)的比率分离,表明前者的抗性受一对隐性基因控制,后者的抗性受两对隐性基因支配。

其余的13个品种分别与TN1杂交的 F_1 代均表现为抗级,说明这些品种的抗性至少受到一对显性基因所控制。在这13个杂交组合中,TN1与三桂占1,Suweon 294,KAU 1727,IR 13539-100-2-2-2-3,IR 7149-5-2-1-1以及IR 13240-108-2-2-3这6个杂交组合的 F_2 代群体的抗感分离比率符合3:1,说明这6个品种对褐稻虱的抗性受到一对显性基因控制。TN1与IR 25586-108-1-2-2-2杂交的 F_2 代群体的抗感分离比率符合15:1,证明该品种的抗性受两对显性基因支配。TN1分别与三黄占2、三叶占1、铁六选、新惠占1、GENG 77-4以及IR 13427-40-2-3-3杂交获得的 F_2 代群体符合13(抗):3(感)的分离比率,表明这6个品种对褐稻虱的抗性受一对显性基因和一对隐性基因所支配。

表1 TN1与抗性品种杂交F₁及F₂群体对褐稻虱的反应

| 杂交组合 | F ₁ 反应 | F ₂ 反应 | | | 抗:感比率 | χ ² 值 | P值 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|------|------|-------|------------------|-----------|
| | | 总苗数 | 抗虫苗数 | 感虫苗数 | | | |
| TN1/国眉占 | S | 593 | 160 | 433 | 1:3 | 1.138 | 0.25~0.50 |
| TN1/BG367-4 | S | 405 | 184 | 221 | 7:9 | 0.400 | 0.50~0.75 |
| TN1/三桂占1 | R | 547 | 409 | 138 | 3:1 | 0.005 | >0.90 |
| TN1/Suweon 294 | R | 595 | 442 | 153 | 3:1 | 0.126 | 0.50~0.75 |
| TN1/KAU 1727 | R | 543 | 400 | 143 | 3:1 | 0.448 | ≈0.50 |
| TN1/IR13539-100-2-2-2-3 | R | 554 | 429 | 125 | 3:1 | 1.627 | 0.10~0.25 |
| TN1/IR 13240-108-2-2-3 | R | 666 | 503 | 163 | 3:1 | 0.072 | 0.75~0.90 |
| TN1/IR 7149-5-2-1-1 | R | 535 | 405 | 130 | 3:1 | 0.105 | ≈0.75 |
| TN1/IR 25586-108-1-2-2-2 | R | 608 | 562 | 46 | 15:1 | 1.579 | 0.10~0.25 |
| TN1/三黄占2 | R | 522 | 421 | 101 | 13:3 | 0.087 | 0.75~0.90 |
| TN1/三叶占1 | R | 1279 | 1051 | 228 | 13:3 | 0.657 | 0.25~0.50 |
| TN1/铁六选 | R | 721 | 585 | 136 | 13:3 | 0.001 | >0.90 |
| TN1/新惠占1 | R | 517 | 414 | 103 | 13:3 | 0.393 | 0.50~0.75 |
| TN1/GENG77-4 | R | 540 | 430 | 110 | 13:3 | 0.827 | 0.25~0.50 |
| TN1/IR 13427-40-2-3-3 | R | 723 | 601 | 122 | 13:3 | 1.549 | 0.10~0.25 |

* R:抗;S:感

2.2 水稻品种对褐稻虱抗性的稳定性分析

复因子方差分析的结果表明,不同的环境间、遗传型间以及两者的互作效应均在0.01水平上差异显著。为比较各遗传型与环境间的互作效应,计算了各品种抗虫性的稳定性参数($\hat{\alpha}_i$ 和 $\hat{\lambda}_i$)及不同环境条件的平均抗性级别(\bar{X}_i),并将各品种加以编号,列于表2。

表2 各品种抗虫性稳定性参数及平均抗性级别

| 编号 | 品种名称 | $\hat{\alpha}_i$ | $\hat{\lambda}_i$ | \bar{X}_i |
|----|----------------------|------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 国眉占 | 0.73 | 2.15 | 3.8 |
| 2 | 三黄占2 | 0.61 | 3.08 | 6.2 |
| 3 | 三桂占1 | 0.11 | 1.55 | 3.2 |
| 4 | 三叶占1 | -0.16 | 1.53 | 2.8 |
| 5 | 铁六选 | -0.23 | 2.30 | 3.0 |
| 6 | BG 367-4 | -0.55 | 0.85 | 1.6 |
| 7 | Suweon 294 | 0.59 | 2.28 | 4.4 |
| 8 | IR 25586-108-1-2-2-2 | -0.94 | 0.28 | 1.1 |
| 9 | 包选2 | 0.57 | 2.13 | 6.0 |
| 10 | 辐包矮21 | 0.46 | 1.88 | 6.1 |
| 11 | TN1 | -0.99 | 0.05 | 9.0 |
| 12 | Mudgo | -0.37 | 0.70 | 2.4 |

2.2.1 抗性水平与抗性稳定性分析 根据文献^[1,10]的分析方法和表 2 的有关数值,以 \bar{X}_i 为横坐标, $\hat{\alpha}_i$ 为纵坐标,作出 12 个供试品种的平均抗性级别与抗性稳定性分布图(图 1)。然后分别以抗性级别 3 级和 5 级为界限作出两条垂线,并以 $\hat{\alpha}_i=0$ 作一平行线,这样就将图 1 分为 6 个区域(见图 1)。其中: A 区为 $\hat{\alpha}_i < 0, \bar{X}_i \leq 3$, 属高抗稳定区,该区有品种 IR25586-108-1-2-2-2, BG367-4, Mudgo 和三叶占 1; B 区为 $\hat{\alpha}_i < 0, 3 < \bar{X}_i \leq 5$, 属中抗稳定区,供试品种中没有品种在该区出现; C 区为 $\hat{\alpha}_i < 0, 5 < \bar{X}_i \leq 9$, 属感虫稳定区,该区有品种 TN1; D 区为 $\hat{\alpha}_i > 0, \bar{X}_i \leq 3$, 属抗虫不稳定区,该区有品种铁六选; E 区为 $\hat{\alpha}_i > 0, 3 < \bar{X}_i \leq 5$, 属中抗不稳定区,该区有品种国眉占、三桂占 1 和 Suweon 294; F 区为 $\hat{\alpha}_i > 0, 5 < \bar{X}_i \leq 9$, 属感虫不稳定区,该区有品种三黄占 2、包选 2 和辐包矮 21; 说明上述品种的抗性很不稳定,在光照不足、偏施氮肥等不良环境条件下,常常表现为感虫。

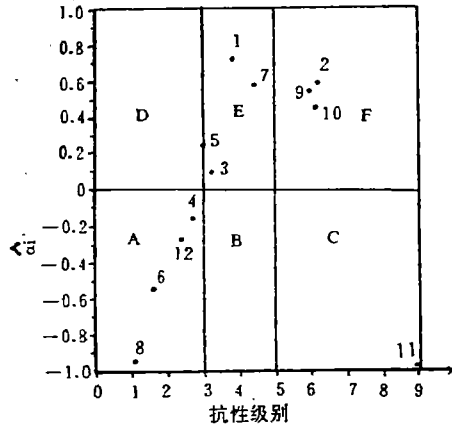


图 1 水稻品种的平均抗性级别及抗性稳定性
注:表内数字为水稻品种编号(见表 2)

2.2.2 抗性稳定性的比较 根据 Tai 的计算式^[10],计算出给定 $\hat{\lambda}_i$ 值下 $\hat{\alpha}_i=0$ 的 90% 和 98% 置信区间的极值,列表 3。以各极值描点作出两条曲线(图 2)。

表 3 在一定 $\hat{\alpha}_i$ 值下 $P=0.90$ 和 $P=0.98$ 的置信极值

| $\hat{\alpha}_i(\pm)$ P | $\hat{\lambda}_i$ | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------|-------------------|------|------|------|------|
| 0.90 | | 0.28 | 0.40 | 0.48 | 0.56 |
| 0.98 | | 0.40 | 0.57 | 0.69 | 0.80 |

由于 $\hat{\lambda}_i$ 具有 F 值的基本性质,设 λ_0 为 $\hat{\lambda}_i$ 的期望值,当 $\lambda_0=1$ 时,概率水准 $P=0.05$ 的置信区间为 $0.57 \leq \lambda_0 \leq 1.76$; 在同样的概率水准下, $\lambda_0=2$ 的置信上限为 3.32。以这些置信极值作垂线,这样将图 2 分为不同的区间。其中: A 区为 $\hat{\alpha}_i=0, \hat{\lambda}_i=1$, 属抗性中等稳定区,该区有品种三桂占 1 和三叶占 1; B 区为 $\hat{\alpha}_i=0, \hat{\lambda}_i > 1$ 为抗性亚中等稳定区,该区有品种铁六选; C 区为 $\hat{\alpha}_i < 0, \hat{\lambda}_i=1$, 为抗性稳定区,该区有品种 BG 367-4 和 Mudgo; D 区为 $\hat{\alpha}_i < 0, \hat{\lambda}_i < 1$, 为抗性高度稳定区,该区有品种 TN1 和 IR 25586-108-1-2-2-2; E 区为 $\hat{\alpha}_i > 0, \hat{\lambda}_i < 1$, 为抗性高度不稳定区; F 区为 $\hat{\alpha}_i > 0, \hat{\lambda}_i=1$, 为抗性不稳定区,供试品种

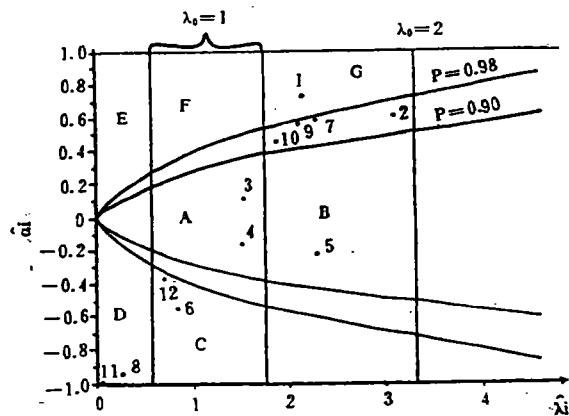


图 2 12 个水稻品种抗虫性的稳定性分布
注:同图 1

中没有任何一个在E区和F区出现；G区为 $\hat{\alpha}_i > 0$, $\hat{\lambda}_i > 1$ 。为抗性亚不稳定区，该区有品种国眉占、Suweon 294、三黄占2、包选2和辐包矮21。

将图1与图2的结果比较，后者 $(\hat{\lambda}_i, \hat{\alpha}_i)$ 方法排除了随机误差，故其稳定性的分析结果较前者 $(\bar{X}_i, \bar{\alpha}_i)$ 方法准确，但前者方法对分析品种的抗虫性还是有帮助的。

3 结论与讨论

抗性遗传的试验结果表明，不同的水稻品种对褐稻虱的抗性受不同类型的基因所控制。在供试的15个品种中，抗性受一对隐性基因及两对隐性基因控制的品种各有1个，受一对显性基因控制的品种共有6个。受两对显性基因控制的品种有1个，受一对显性基因和一对隐性基因控制的品种计有6个。上述品种可作为抗虫亲本的不同基因源，但品种抗性基因的等位关系尚有待进一步研究。

水稻品种苗期对褐稻虱抗性稳定性分析的试验结果表明，不同品种既表现出抗性水平的差异，也表现出抗性稳定性的不同。其中TN1是极稳定的高感品种，故适宜于作感虫对照种；IR 25586-108-1-2-2-2, BG 367-4和Mudgo都是非常稳定的高抗品种；三叶占1和三桂占1是较稳定的抗虫品种。另一方面，抗虫品种铁六选2的稳定性稍差；国眉占、Suweon 294和三黄占2的抗虫性不稳定，特别是三黄占2，它常常落入感虫区域，这3个品种的苗期只有在一定的环境条件下才表现抗性；中抗品种包选2和辐包矮21的苗期抗性也不稳定。这一研究的结果告诉我们，在进行苗期抗虫性鉴定时，必须注意到环境条件对品种抗性表现的影响。并保证秧苗在适温、光照充足、水肥适宜等良好条件下生长，才有可能获得较可靠的结果。此外，在实施高产栽培措施时，应尽量避免采用导致抗性减弱的农业技术。在选择抗源和利用抗虫品种时则应注意抗虫的稳定性。

本试验的结果还显示：受两对显性基因或两对隐性基因控制抗性的品种，其抗性非常稳定，而两个中抗品种包选2和辐包矮21的抗性则不稳定。至于抗虫稳定性与抗性遗传方式之间是否存在直接关系，以及品种成年期抗性稳定程度如何，均有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 1 王润华等. 水稻白叶枯抗源与病原间互作效应的研究. 华南农业大学学报, 1988, 9 (2): 47~54
- 2 吴荣宗, 张良佑, 邱细广. 水稻品种抗褐稻虱筛选方法的研究. 植物保护学报, 1984, 11 (3): 145~153
- 3 曹玲, 吴荣宗. 水稻品种对褐稻虱的抗性. 昆虫学报, 1984, 27 (4): 375~383
- 4 Anwarul Kabir Md, G S Khush. Genetic analysis of resistance to brown planthopper in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding*, 1988, 100, 54~58
- 5 Athwal D S, et al. Genetics of resistance to brown planthoppers and green leafhoppers in *Oryza sativa* L. *Crop Sci*, 1971, 11: 747~750
- 6 Ikeda R, C Kaneda. Genetic analysis of resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* stål., in rice. *Japan. J Breed*, 1981, 31 (3): 279~285
- 7 IRRI. Standard Evaluation System for Rice. Los Banos, Philippines. 1980. 1~44
- 8 Lakshminarayana A, G S Khush. New genes for resistance to the brown planthopper in rice. *Crop Sci*. 1977, 17: 96~100
- 9 Pathak M D, G S Khush. Studies of varietal resistance in rice to the brown planthopper at the International Rice Research Institute. In: *Brown planthopper, Threat to rice production in Asia*. International Rice Research

Institute, Los Banos, Philippines. 1979. 285~301

- 10 Tai G C C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Sci.* 1971, 11, 184~190
- 11 Tingey W M, S R Singn. Environmental factors influencing the magnitude and expression of resistance. In: *Breeding Plants Resistance to Insects. A Wiley — interscience publication, John Wiley & Sons. New York.* 1980. 87~113

GENETICS AND PHENOTYPIC STABILITY ANALYSIS OF RESISTANCE TO THE BROWN PLANTHOPPER IN RICE VARIETIES

Liu Chunmao Wu Jung—Tsung

Wang Runhua

(Department of Plant Protection)

(Department of Agronomy)

Abstract The genetics of resistance to the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) was studied in 15 rice varieties. The resistance of 'Guomeizhan' was controlled by one recessive gene. BG 367—4' possessed two recessive genes for the resistance. A single dominant genes conditioned the resistance in 'Sanguizhan 1', 'Suweon 294', 'KAU 1727', 'IR 13539—100—2—2—2—3', 'IR 7149—5—2—1—1' and 'IR 13240—108—2—2—3'. Two dominant genes conveyed the resistance in 'IR25586—108—1—2—2—2'. The resistance in 'Sanhuangzhan 2', 'Sanyezhan 1', 'Tielixuan 2', 'Xinhuizhan 1', 'GENG 77—4' and 'IR 13427—40—2—3—3' was governed by one dominant and one recessive gene.

Stability of resistance of 12 rice varieties with different resistant levels in seedling stage was studied. The parameters of genotypic stability of resistance were estimated by the method proposed by Tai (1971). The results indicated that the varieties showed different levels of resistant stability. The variety of 'TN 1' was a susceptible variety with very high stability. 'IR 25586—108—1—2—2—2', 'BG 367—4' and 'Mudgo' were resistant varieties with high stability. The resistance of 'Sanyezhan 1', 'Sanguizhan 1' and 'Tielixuan' exhibited moderate stability, while resistance in the resistant varieties 'Guomeizhan', 'Sanhuangzhan 2', 'Suweon 294' and the moderately resistant varieties 'Fubaoai 21' and 'Baoxuan 2' was unstable.

Key words Rice; *Nilaparvata lugens* (Stål); Genetics of resistance; Stability of resistance