

麦二叉蚜在 10 个小麦品种(系)室内苗期生物学反应及抗性分析^{*}

胡想顺, 赵惠燕, 胡祖庆, 李东鸿, 张宇红

(西北农林科技大学植物保护学院, 杨凌 712100)

摘要 为了评价不同小麦品种(系)对麦二叉蚜的抗性,应用每株麦苗上接 1 头蚜虫的方法,在温室内用 5 个指标(发育历期 D_D 、成虫与幼虫的体重差 W_D 、成虫在与发育历期相等时间内的产子数 F 、相对日均体重增长量 MRGR 和成虫在与发育历期相等时间内的日均产仔数 R_m)测定了 10 个小麦品种对麦二叉蚜的抗性,并以此为基础用多元方差分析法、多目标综合判别法和聚类分析法评价了这 10 个小麦品种(系)对麦二叉蚜的抗性,结果表明,Amigo 最不适于麦二叉蚜在其上取食,抗性最好,Batis 抗性较好,其他品种抗性较弱。

关键词 小麦; 麦二叉蚜; 生物学参数; 抗蚜性

中图分类号 S 435.122.2

Biological parameters of greenbugs feeding on the seedlings of 10 wheat varieties and resistance analysis

Hu Xiangshun, Zhao Huiyan, Hu Zuqing, Li Donghong, Zhang Yuhong

(College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract In order to evaluate the resistance of different wheat varieties to greenbugs (*Schizaphis graminum*), 5 biological parameters, including development days (D_D), weight difference between the 1st instar larvae and adults (W_D), fecundity (F), mean relative growth rate (MRGR) and daily average of offspring-producing (R_m) of greenbugs feeding on the seedlings of 10 wheat varieties (lines) were studied by inoculating 1 aphid to 1 wheat seedling in glasshouses. The resistance of these wheat varieties (lines) to greenbugs was estimated in 3 ways, i. e. multivariate variance analysis, multi-object integrated synthesis and “Ward” cluster analysis. The results showed that the wheat variety Amigo was most resistant to greenbugs, followed by Batis, but other varieties were only slightly resistant.

Key words wheat; *Schizaphis graminum*; biological parameters; resistance

麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)是全球小麦的重要害虫。在美国可造成 6 000 万至 1 亿美元的损失^[1]。在美国、智利和阿根廷,二叉蚜生物型已经超过了 10 个^[1-2],研究表明,我国的麦二叉蚜生物型

是不同于美国的中国 I 型^[3]。美国发放的含有单一抗性基因 *gb1*、*Gb2*、*Gb3*、*Gb4*、*Gb5* 的抗二叉蚜小麦品种相继丧失抗性^[3],因此不能仅仅关注含有高抗基因的材料,对中等抗性水平的材料也应充分利用

收稿日期: 2007-02-01 修订日期: 2007-04-16

基金项目: 国家自然科学基金(39970112,30470268);中德两国农业部资助项目(02/03);西北农林科技大学青年专项基金项目(080807,08080252)

* 致谢: 本试验的设计和完成得到了 Udo Heimbach 和 Thomas Thieme 先生的具体指导,特此感谢。

和研究。本文研究了 10 个抗性水平不同的小麦品种对麦二叉蚜的抗性。

1 材料与方法

1.1 小麦材料

Astron、Batis、Xanthus 和 Ww2730 为德国育成的抗蚜小麦品种; Amigo 为美国 20 世纪 70 年代育成的抗麦二叉蚜小麦品种, 小偃 22 为我国以小麦和偃麦草远源杂交育成的小麦品种, 综合抗逆性良好; 98-10-30、98-10-32、98-10-35、186tm 为西北农林科技大学植保学院生态组近年来从抗蚜材料 1 粒小麦 (*Triticum monococcum*)^[4] 的杂交后代中选育的抗蚜小麦材料。

1.2 供试虫源

麦二叉蚜由德国联邦农林业研究中心(BBA)实验室提供, 饲养在 Costez 上备用。饲养条件: 温度白天(20±0.5)℃, 夜晚(18±0.5)℃; 光照 L//D=16 h//8 h; RH=60%±10%。

1.3 蚜虫生物学参数

室内试验于 2002 年 10 月至 2003 年 4 月在德国联邦农林业研究中心进行。小麦种在 9 cm×9 cm×10 cm 的塑料花盆中, 每品种(系)30~31 盆, 每盆种 5 粒种子, 所用土壤为沙: 腐殖质: 黑壤土(体积比 1:3:3); 温度白天(20±0.5)℃, 夜晚(18±0.5)℃; 光照 L//D=16 h//8 h; RH=60%±10%, 按需浇水。10 日龄后每品种只选留长势一致的 1 株麦苗。小麦 13 日龄(2~3 叶期)前在玻璃温室内生长。13 日龄时接初产 1 龄若蚜(出生 24 h 内), 接蚜前称重(W_1), 每株麦苗接 1 头蚜虫, 接蚜后用直径 4.5 cm, 高 24 cm, 一端蒙纱布的玻璃管罩住, 同时移入室内人工智能控制气候室, 生长条件同前, 通风。此后每日检查 2 次(早晨 8:00, 下午 6:00), 至成蚜时记录死亡若蚜数、羽化时间、翅型(不同翅型分开统计)、称重(W_a), 计算体重差(W_D , $W_D = W_a - W_1$); 发育历期(D_D , 初产 1 龄若蚜至羽化时间+0.5 d); 相对日均体重增长率[MRGR, $MRGR = (\ln W_a - \ln W_1) / D_D$]; 成蚜称重后重新接回, 继续饲养至与发育历期相等的时间, 计数成蚜在这段时间内的产仔数, 作为生殖力(F)的参数(成蚜在与发育历期相等的时间内的产仔数等于全生育期产仔数的 80%, 这样可以节约一半试验时间, 但对试验精度影响不大^[5]); 计算成蚜在与发育历期相等的时间内的

日均产仔数(R_m , $R_m = F / D_D$)^[5-9]。

1.4 数据处理

先对各生物学指标进行单因素方差分析, 再进行多元方差分析, 具体参照袁志发等、胡想顺等的方法在 Excel 表中进行^[10-11]。

多目标综合判别依据赵惠燕等、杨超的方法进行^[12-13], 设品种各指标向量为 $V_{ij} = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, x_{i5})$, 其中 $i=1, 2, 3, \dots, 10$, $x_{i1} = D_D$, $x_{i2} = W_D$, $x_{i3} = F$, $x_{i4} = MRGR$, $x_{i5} = R_m$ 。由于发育历期越长, 体重差越小, 繁殖力越少, MRGR 越小, R_m 越小, 则抗性越强, 因此, 在极差标准化的时候, D_D 用公式 $y_{ij} = 1 - (x_{ij} - \min\{x_{ij}\}) / (\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\})$, 其他指标用公式 $y_{ij} = (x_{ij} - \min\{x_{ij}\}) / (\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\})$; 给各指标赋以不同权重向量 $W = (a, b, c, d, e)^T$, 则判别指标函数 $R = V_{ij} * W$, 计算 10 个小麦品种对麦二叉蚜的抗性判别指标, 指标越大, 抗性越弱。

马氏距离表示的是由各指标均值向量组成多维空间间的距离指标, 以各品种均值向量极差标准化后的马氏距离为据对各品种抗蚜性进行 Ward 聚类分析^[10]。

2 结果与分析

2.1 麦二叉蚜在 10 个小麦品种上的生物学参数

麦二叉蚜在 10 个小麦品种上的生物学参数比较见表 1: 麦二叉蚜在 Amigo 上的若虫死亡率最高, 达到了 43.33%, 186tm 次之, 为 33.33%。其他 8 个品种为 17.24%~27.59%。发育历期 Amigo 最长, 除与 Batis 差异不显著外, 与其他品种均差异显著, Ww2730 发育历期最短, 除和 Astron 差异不显著外, 和其他差异均显著。Batis、98-10-30、小偃 22、186tm、Xanthus、98-10-35、98-10-32 差异不显著, 处在中间水平; 体重差 Amigo 最小, 和其他各品种差异极显著, Batis 次之, 除和 98-10-35、98-10-32、Xanthus 差异不显著外, 与其他品种差异显著, Ww2730 最大, 除和 Astron、98-10-30、186tm、小偃 22 间差异不显著外, 与其他品种差异显著; 生殖力 Amigo 最小, 和其他各品种差异极显著, Xanthus 次之, 除和 Ww2730 差异显著外, 与其他品种差异不显著, Ww2730 最大, 除和 Xanthus 差异显著外, 与其他品种差异不显著; 相对日均体重增长率 Amigo 最小, 除和 Batis 差异不显著外, 和其他品种差异显

著, Ww2730 最大, 除和 Amigo、Batis 间差异显著外, 与其他品种差异不显著; 日均产仔数 Amigo 最小, 和其他各品种差异极显著, Ww2730 最大, 除和 Astron、98-10-30、186tm 间差异不显著外, 与其他品种差异显著, 小偃 22、98-10-35、98-10-32、Batis、Xanthus 和 186tm 间差异不显著, 处在中间水平。

2.2 各参数原始数据的多元方差分析

多元方差分析结果如表 2 所示, Amigo 各参数均值向量在总体上与 Xanthus 差异显著($F=0.0103$), 与其他 8 个品种差异均极其显著($F<0.01$); 此外 Batis 与小偃-22 差异显著($F=0.0345$), 98-10-35 与 Ww2730 差异显著($F=0.0419$); 其他品种间差异均不显著($F>0.05$)。

表 1 麦二叉蚜在 10 个小麦品种上的生物学参数比较及单因素方差分析¹⁾

品种(系)	样本量/个	若虫死亡率/%	发育历期/d	体重差/ μg	生殖力(F)	相对日均体重增长率/%	日均产子数(R_m)/头
Amigo	17	43.33	(12.65 $\pm$ 4.02) a A	(138.94 $\pm$ 83.56) a A	(13.12 $\pm$ 10.82) a A	(0.1794 $\pm$ 0.0911) a A	(1.21 $\pm$ 1.14) a A
Batis	24	17.24	(11.83 $\pm$ 2.42) ab AB	(194.13 $\pm$ 104.09) b B	(25.79 $\pm$ 12.24) bc B	(0.2100 $\pm$ 0.0826) ab AB	(2.40 $\pm$ 1.31) b B
98-10-32	23	17.86	(11.10 $\pm$ 3.40) b AB	(208.64 $\pm$ 102.40) b B	(25.12 $\pm$ 11.34) bc B	(0.2344 $\pm$ 0.0880) bc B	(2.46 $\pm$ 1.24) bc B
98-10-35	22	21.43	(10.89 $\pm$ 2.87) b AB	(207.39 $\pm$ 88.36) b B	(26.13 $\pm$ 10.24) bc B	(0.2386 $\pm$ 0.0841) bc B	(2.50 $\pm$ 1.04) bc B
Xanthus	24	17.24	(10.82 $\pm$ 3.04) b B	(232.48 $\pm$ 105.24) bc BC	(23.64 $\pm$ 12.17) b B	(0.2479 $\pm$ 0.0846) bc B	(2.35 $\pm$ 1.33) b B
小偃 22	23	17.86	(10.54 $\pm$ 3.14) b B	(263.13 $\pm$ 110.00) cd CD	(25.46 $\pm$ 11.81) bc B	(0.2670 $\pm$ 0.0903) c B	(2.59 $\pm$ 1.33) bc B
186tm	20	33.33	(10.69 $\pm$ 2.72) b B	(249.33 $\pm$ 96.92) cd CD	(28.67 $\pm$ 9.87) bc B	(0.2648 $\pm$ 0.0847) c B	(2.79 $\pm$ 1.09) bcd BC
98-10-30	21	27.59	(10.41 $\pm$ 2.55) b B	(254.14 $\pm$ 97.91) cd CD	(28.50 $\pm$ 9.62) bc B	(0.2665 $\pm$ 0.0815) c B	(2.83 $\pm$ 1.07) cd BC
Astron	21	27.59	(10.17 $\pm$ 2.47) c B	(246.10 $\pm$ 99.73) cd CD	(29.00 $\pm$ 9.82) bc B	(0.2660 $\pm$ 0.0889) c B	(2.92 $\pm$ 1.08) cd C
Ww2730	22	21.14	(10.11 $\pm$ 2.40) c B	(278.70 $\pm$ 110.32) d D	(32.30 $\pm$ 9.21) c B	(0.2744 $\pm$ 0.0865) c B	(3.28 $\pm$ 1.07) d C

1) 表中数据是平均值 $\pm$ 标准差, 大写字母表示 SSR_{0.01} 水平差异显著; 小写字母表示 SSR_{0.05} 水平差异显著。

表 2 小麦两品种均值向量相等的 F 概率¹⁾

品种	Amigo	Batis	98-10-32	98-10-35	Xanthus	小偃 22	186tm	98-10-30	Astron	Ww2730
Amigo	1									
Batis	0.0033**	1								
98-10-32	0.0099**	0.6442	1							
98-10-35	0.0010**	0.2972	0.8483	1						
Xanthus	0.0103*	0.1447	0.5969	0.3354	1					
小偃 22	0.0009**	0.0345*	0.1866	0.0707	0.9013	1				
186tm	0.0001**	0.0914	0.3748	0.5800	0.3296	0.3342	1			
98-10-30	0.0001**	0.1723	0.5966	0.6388	0.6754	0.6566	0.9407	1		
Astron	0.0001**	0.1778	0.7359	0.7731	0.4070	0.2501	0.6402	0.9412	1	
Ww2730	8.94E-07**	0.0769	0.0825	0.0419*	0.0718	0.1468	0.1435	0.5010	0.4784	1

1) * 表示 $0.01<F<0.05$, 差异显著; ** 表示 $F<0.01$, 差异极显著。

2.3 应用多目标综合判别法对 10 个小麦品种的抗性排序

应用多目标综合判别法对以上 10 个品种对麦二叉蚜的抗性进行排序, 判别指标向量随权重改变

及品种抗性排序变化如表 3 所示; 改变权重对排序没有影响, 抗性由弱到强排序为 Ww2730<Astron<98-10-30<186tm<Xiaoyan-22<Xanthus<98-10-35<98-10-32<Batis<Amigo。

表 3 麦二叉蚜在 10 个小麦品种上适应性生物学参数的多目标综合判别

品种(系)	(5,5,5,10,10) ^T		(1,1,11,11,11) ^T		(7,7,7,7,7) ^T		(9,9,9,4,4) ^T		(3,1,3,14,14) ^T	
	判别指标	排序	判别指标	排序	判别指标	排序	判别指标	排序	判别指标	排序
Amigo	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Batis	15.89	2	16.04	2	15.94	2	15.99	2	16.10	2
98-10-32	20.51	3	20.25	3	20.42	3	20.34	3	20.55	3
98-10-35	21.76	4	21.70	4	21.74	4	21.72	4	21.65	4
Xanthus	22.43	5	22.59	5	22.48	5	22.53	5	22.21	5
小偃-22	27.71	6	27.56	6	27.66	6	27.61	6	27.69	6
186tm	28.50	7	27.75	7	28.25	7	28.00	7	28.87	7
98-10-30	29.56	8	29.29	8	29.47	8	29.38	8	29.59	8
Astron	30.27	9	30.03	9	30.19	9	30.11	9	30.13	9
Ww2730	35.00	10	35.00	10	35.00	10	35.00	10	35.00	10

2.4 对各品种抗性的聚类分析

聚类分析结果如图1所示:以0.50为分界点,186tm与98-10-30先聚类(距离为0.0072),再和Astron聚类(距离为0.0139),接着和小偃22聚类(距离为0.0432),后和Ww2730聚类(距离为0.1190),是为一类;98-10-32与98-10-35先聚类(距离为0.0060),再与Xanthus(距离为0.0429)聚类;Batis和Amigo是单独的两类,他们先聚类,再和其他品种聚在一起。

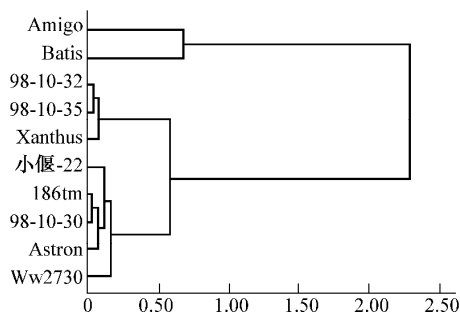


图1 马氏距离为据对各品种抗蚜性的 Ward 聚类分析

3 结论与讨论

由方差分析可知,Amigo 与其他品种各指标均值向量差异均极显著,聚类分析表明其是单独的一类,说明参加试验的其他品种中没有抗性水平与其相当的;麦二叉蚜在其他品种上的生物学参数总体上差异不显著,说明其抗性基本在同一水平上;但依据聚类分析和各生物学参数比较及单因素方差分析结果,可以将其分为以下几类:Amigo 为一类,抗性最强;Batis 为一类,抗性较强;小偃-22、186tm、98-10-30、Astron 与 Ww2730 为一类,抗性最差;98-10-32、98-10-35 与 Xanthus 为一类,处在中间水平。

Amigo 为美国 20 世纪 70 年代育成的抗麦二叉蚜品种,含有抗麦二叉蚜生物型 B、C 的抗性基因(是一个位于 1AL 1RS 上的 70kD 编码黑麦碱的基因)^[14],Amigo 对麦二叉蚜的抗性最强,也说明德国的麦二叉蚜种群的生物型可能是 B 或 C。同期研究表明,抗性较强的 Batis 在相同的 10 个品种中对麦长管蚜和禾谷缢管蚜的抗性最差,而对麦长管蚜和禾谷缢管蚜的抗性好的 Astron、98-10-30 与 Ww2730 对麦二叉蚜的抗性最差^[15],98-10-30、98-10-32 和 98-10-35 是丁布含量高的抗蚜材料 1 粒小麦与普通小麦的杂交后代,植株中丁布含量也相对

较高^[4],说明这 3 种蚜虫的为害机理不同,小麦材料的抗蚜机制也不相同,详情有待进一步研究。

本文应用的发育历期、体重差、生殖力、相对日均体重增长率、日均产仔数 5 个参数中,各参数在小麦品种(系)间差异均极显著。以单一参数为指标,本文中各品种(系)对蚜虫的抗性排序并不一致,这说明不同品种(系)有不同的抗性机制。这与前人研究结果基本相似^[16]。同时也说明,在抗蚜性研究中,应该以植物抗性三机制为理论基础,不仅仅考虑综合参数,也应该注重单一参数(可以将由单一抗性参数筛选出的抗性材料,通过杂交手段组合在一起选育综合性状好的抗蚜品种)。

本试验在小麦苗期进行,而小麦受害的关键期扬花期和灌浆期麦二叉蚜在不同品种(系)上的生物学反应及抗蚜性有待进一步研究。

参考文献

- [1] SMIST C M, STARKEY S. Resistance to greenbug (*Heteroptera: Aphididae*) biotype I in *Aegilops tauschii* synthetic wheats[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2003, 96 (5): 1571 - 1576.
- [2] CLUA A, CASTRO A M, RAMOS S, et al. The biological characteristics and distribution of the greenbug, *Schizaphis graminum*, and Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae), in Argentina and Chile[J]. *European Journal of Entomology*, 2004, 101(1): 193 - 198.
- [3] 刘旭明,金达生. 北京地区麦二叉蚜生物型鉴定研究初报[J]. *昆虫学报*, 1998, 41(2): 141 - 144.
- [4] 杜利锋,赵惠燕,袁 锋,等. 小麦抗蚜品种(系)或材料的抗性遗传测定及筛选[J]. *西北植物学报*, 1999, 19(6): 68 - 73.
- [5] DIXON A F G. Structure of aphid populations[J]. *Aphid Review of Entomology*, 1985, 30: 155 - 174.
- [6] THIEME T, HEIMBACH U. Development and reproductive of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) on winter wheat cultivars[J]. *Wprs Bulletin*, 1996, 19(3): 1 - 8.
- [7] CAILAUD C M, DEDRYVER C A, SIMON J C. Development and reproductive potential of the cereal aphid *Sitobion avenae* on resistant wheat lines (*Triticum monococcum*) [J]. *Annales of Applied Biology*, 1994, 125: 219 - 232.
- [8] EMDEN H, AWMACK F VAN, HARRINGTON C S. The interaction of host plant resistance to insects with other control measures[J]. *Pest and Diseases*, 1990, 3: 939 - 948.
- [9] CHAMBERS R J, WELLINGS P W, Dixon A F G. Sycamore aphid numbers and population density II. Some processes [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1985, 54: 425 - 442.
- [10] 袁志发,周静芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [11] 胡想顺,刘小凤,赵惠燕,等. 在 Excel 表中进行多元方差分析

- [J]. 西北农业学报, 2006, 15(2): 174 - 179.
- [12] 赵惠燕, 汪世泽. 旱塬麦田生态系统蚜虫病毒病多目标综合防治策略研究[J]. 西北农业学报, 1995, 4(1): 44 - 50.
- [13] 杨超. 运筹学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [14] GRAYBOSCH R A, LEE J H, PETERSON C J, et al. Genetic, agronomic and quality comparisons of two 1AL. 1RS. wheat-rye chromosomal translocations [J]. Plant Breeding, 1999, 118(2): 125 - 130.
- [15] 胡想顺, 赵惠燕, 胡祖庆, 等. 小麦苗期禾谷缢管蚜生物学反应及抗蚜性分析[J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(5)(印刷中).
- [16] 仵均祥, 姜金虎, 沈宝成, 等. 小麦品种对麦蚜主要生命参数影响的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(4): 447 - 451.