

陆地棉品种抗黄萎病反应规律的研究

张桂寅, 马峙英, 吴立强, 王省芬, 李志坤

(河北农业大学华北作物种质资源教育部重点实验室/河北省作物种质资源重点实验室, 保定 071001)

摘要:对我国自育的 108 个陆地棉品种的抗黄萎病性进行了研究。在黄萎病发病期内,对黄萎病发病情况进行连续调查,测定产量、考查产量因素并检测纤维品质。利用因子分析法对陆地棉抗黄萎病反应规律进行分析,得出不同时期的黄萎病病指主要与前后 3~5 个阶段抗病性有关。病情发展主要由 4 个主因子决定,且第 1、2 主因子具有较大的方差贡献率。第 1 主因子(F1)主要与品种 7 月 26 日至 8 月 9 日的黄萎病病指有关,第 2 主因子(F2)主要与品种 8 月 20 日至 9 月 4 日的黄萎病病指有关。利用因子分析结果将 108 个品种划分为 4 个类型,前期抗病性较好而后期发病较快的第 I 类品种,其产量较低,单株结铃数、单铃重、衣分均低于其他 3 类;纤维品质均较差,纤维长度、整齐度、比强度和马克隆值均较其他 3 类差。前期和后期病指均较低、发病缓慢的第 II 类则小区产量最高,纤维品质处于平均水平。第 III 类品种前期发病较慢,中期发病较快,具有较高的小区产量,单铃重最高;纤维整齐度、比强度和伸长率好于其他 3 类品种;前期发病较快,中期发病平缓,后期仍具有较高病指的为第 IV 类品种,小区产量较低,单株产量、单株结铃数和衣分较高;其他性状处于中等水平。但研究表明,某一阶段具有的抗病性并不能完全代表品种的抗病性。

关键词:棉花;黄萎病;抗病规律;因子分析;聚类分析

Analysis on the Reaction of Verticillium Wilt Resistance in Upland Cottons

ZHANG Gui-yin, MA Zhi-ying, WU Li-qiang, WANG Xing-fen, LI Zhi-kun

(North China Key Laboratory for Crop Germplasm Resources of Education Ministry/Key

Laboratory for Crop Germplasm Resources of Hebei/Agricultural University of Hebei, Baoding 071001)

Abstract: The resistance reaction of verticillium wilt in Upland cottons was studied by factor analysis. The result showed that disease index of different stage of the varieties was related to disease resistance of prior or late 3-5 stages. The disease development was controlled by four principal factors. The first principal factor (F1) and second factor (F2) explained more variance. The F1 and F2 factors were related to the disease index from July 26 to August 5 and from August 20 to September 1, respectively. One hundred and eight varieties (lines) were classified to 5 groups based on 4 factors loading. The varieties of Type I with high resistance in the prior stage and rapid development in the late stage possessed low yield and fiber quality. The varieties of Type II with low disease resistance in the prior and late stage had high yield. The disease resistance of some stage could not represent the disease reaction of the varieties.

Key words: Cotton; Verticillium wilt; Resistance reaction; Factor analysis; Clustering analysis

黄萎病是棉花最主要的病害之一,1993 年以来已成为我国棉花高产稳产的严重障碍。2003 年北方棉区棉花普遍减产,其中主要原因之一是黄萎病

严重危害。如何防治棉花黄萎病是我国棉花生产上亟待解决的问题。研究陆地棉抗黄萎病规律,充分挖掘陆地棉抗黄萎病基因是抗病育种的基础^[1-5]。

收稿日期:2011-12-27 修回日期:2012-04-07

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费(nyhyzx07-052);河北省科技支撑计划(11220128D)

作者简介:张桂寅,博士,研究员,从事棉花遗传育种研究。E-mail:mhyzh@hebau.edu.cn

通信作者:马峙英,博士,教授,研究方向:从事棉花遗传育种研究。E-mail:mzhy@hebau.edu.cn

棉花黄萎病发生受气候条件影响,对棉花黄萎病发生消长规律与气候因子的关系已有较多的研究^[6-8];虽然对不同品种黄萎病的发生消长规律的研究较少,但已有的结果显示不同类型品种的棉花黄萎病发病规律表现不同^[9-10]。研究不同品种在不同生育时期的发病特点及对产量性状和品质性状的影响,对于鉴定、挖掘和利用抗病种质资源具有十分重要的意义。本研究利用我国不同时期陆地棉品种进行棉花抗黄萎病反应规律的探讨,以期为我国棉花抗病育种提供参考依据。

1 材料与方法

供试材料为我国历年育成的 108 个陆地棉品种,均为非抗虫棉品种。2005 - 2006 年在河北农业大学(保定)棉花育种黄萎病病圃进行试验,病圃为发病均匀的人工接种后的多年病圃,黄萎病菌以中等致病力为主,同时具有强致病力和弱致病力菌系。田间设计间比法排列,每隔 5 区设 1 个对照,2 行区,行距 80cm,行长 7m。田间肥水管理和虫害防治按正常要求进行。

自 7 月初开始调查棉花黄萎病,7 月 1 日至 7 月 31 日,每 6 天调查 1 次;8 月 1 日至 9 月 4 日,每 5 天 1 次,至 9 月 4 日结束(表 1)。收获期进行单株计产,小区计产,调查单株结铃数;收取 50 铃进行室内考种,考察单铃重和衣分。棉样送农业部棉花品质检验测试中心进行纤维品质 5 项指标测定。

表 2 不同时期的黄萎病病指相关分析

Table 2 Correlation of disease index of different stage

序号 Code	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
X1	1													
X2	0.604**	1												
X3	0.290**	0.483**	1											
X4	0.422**	0.363**	0.405**	1										
X5	0.423**	0.506**	0.512**	0.717**	1									
X6	0.277**	0.447**	0.469**	0.672**	0.686**	1								
X7	0.250**	0.201*	0.116	0.504**	0.370**	0.690**	1							
X8	0.146	0.100	0.242**	0.447**	0.390**	0.635**	0.574**	1						
X9	-0.045	0.113	0.290**	0.153	0.159	0.342**	0.095	0.402**	1					
X10	-0.085	-0.090	-0.097	0.093	-0.030	0.184*	0.205*	0.279**	0.501**	1				
X11	0.015	-0.013	-0.039	0.116	0.000	0.133	0.175*	0.191*	0.362**	0.721**	1			
X12	0.023	-0.105	-0.109	0.148	-0.017	0.102	0.254**	0.181*	0.156	0.416**	0.511**	1		
X13	-0.060	-0.043	0.007	-0.011	-0.080	-0.013	-0.046	-0.052	0.206*	0.363**	0.409**	0.524**	1	
X14	-0.026	-0.095	-0.096	0.090	0.017	0.108	0.239**	0.126	0.114	0.355**	0.472**	0.762**	0.437**	1

** 在 0.01 水平上相关显著, * 在 0.05 水平上相关显著

** and * represented significant correlation at the 0.01 and 0.05 level, respectively

表 1 黄萎病调查日期及序号

Table 1 The code and investigated dates for Verticillium wilt

序号 Code	调查日期 Date	序号 Code	调查日期 Date
X1	7 月 1 日	X8	8 月 5 日
X2	7 月 6 日	X9	8 月 10 日
X3	7 月 11 日	X10	8 月 15 日
X4	7 月 16 日	X11	8 月 20 日
X5	7 月 21 日	X12	8 月 25 日
X6	7 月 26 日	X13	8 月 30 日
X7	7 月 31 日	X14	9 月 4 日

病情指数 = $\Sigma(\text{发病级数} \times \text{该级株数}) \div (\text{最高发病级数} \times \text{调查总株数}) \times 100$

试验统计数据取 2 年调查的平均值,利用 SPSS 11.5 进行因子分析和聚类分析^[11]。

2 结果与分析

2.1 不同时期的棉花黄萎病病指相关分析

对 108 个品种不同时期的 14 个病情指数进行相关分析。由表 2 可以看出,某一时期的黄萎病病指与前后 3 ~ 5 个时段的黄萎病病指具有较大的相关性,而与相隔较远时段的黄萎病病指无明显的相关性,相关系数很小,可知品种的前期黄萎病抗性与后期抗病性无必然相关;相邻时段的较大相关性主要由于发病的持续性及病情恢复需要一定的时间所决定。

2.2 棉花黄萎病病指因子分析

利用 SPSS11.5 对 108 个品种自 7 月 1 日至 9 月 4 日共 14 次调查的黄萎病病指进行因子分析。分析初始公因子对方差贡献率可知,前 4 个因子的特征值均大于 1,其他因子的特征值均小于 1。第 1 因子方差贡献率 30.856%,第 2 因子方差贡献率 22.691%,第 3 因子方差贡献率 9.693%,第 4 因子方差贡献率 9.066%,前 4 个因子累计解释方差 78.269% (表 3)。因此,选择 4 个主因子进行正交旋转,使每个因子荷载达到最大。由表 4 可以看出,第 1 主因子(F1)在 X6、X7、X8 上的荷载

达到 0.730、0.913、0.830,主要与 7 月 26 日至 8 月 5 日的品种黄萎病病指有关,反映了不同品种在这一时期内的抗病性;第 2 主因子(F2)主要与 8 月 20 日至 9 月 1 日的品种黄萎病病指有关,反映了不同品种在这一时期内的抗病性;第 3 主因子(F3)反映了 7 月 1 日至 7 月 11 日不同品种抗病性,第四主因子反映了 8 月 10 日至 15 日不同品种抗病性。由此可以看出,不同品种对黄萎病的抗性可以划分为 4 个阶段,抗病性的不同主要体现在 7 月 26 日至 8 月 5 日和 8 月 20 日至 9 月 1 日两个阶段。

表 3 总方差解释

Table 3 Total variance explained

因子 Factor	初始特征值 The initial eigenvalue			因子 Factor	初始特征值 The initial eigenvalue		
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率(%) Variance explained	累积方差贡献率(%) Cumulative variance explained		特征值 Eigenvalue	方差贡献率(%) Variance explained	累积方差贡献率(%) Cumulative variance explained
1	4.320	30.856	30.856	8	0.467	3.332	89.297
2	3.177	22.691	53.546	9	0.397	2.836	92.134
3	1.357	9.693	63.240	10	0.307	2.192	94.325
4	1.269	9.066	72.306	11	0.240	1.717	96.043
5	0.835	5.963	78.269	12	0.225	1.610	97.653
6	0.575	4.104	82.373	13	0.191	1.361	99.014
7	0.503	3.592	85.965	14	0.138	0.986	100.000

表 4 主因子模型矩阵和结构矩阵

Table 4 Pattern matrix and structure matrix of principal component analysis in Varimax with Kaiser Normalization

变量 Variable	模型矩阵 Pattern matrix				结构矩阵 Structure matrix			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
X1	0.005	0.197	0.773	-0.276	0.287	0.033	0.731	-0.173
X2	-0.114	0.022	0.895	0.008	0.253	-0.104	0.846	0.051
X3	-0.045	-0.181	0.700	0.330	0.284	-0.194	0.727	0.326
X4	0.575	0.084	0.414	-0.057	0.742	0.094	0.632	0.111
X5	0.418	-0.056	0.580	0.001	0.646	-0.074	0.757	0.115
X6	0.730	-0.055	0.264	0.173	0.866	0.050	0.579	0.329
X7	0.913	0.134	-0.103	-0.168	0.854	0.227	0.238	0.048
X8	0.830	-0.112	-0.176	0.282	0.803	0.088	0.194	0.415
X9	0.049	-0.056	0.055	0.886	0.249	0.160	0.143	0.887
X10	0.122	0.399	-0.197	0.608	0.221	0.588	-0.156	0.717
X11	-0.001	0.605	-0.005	0.430	0.166	0.710	-0.052	0.557
X12	0.135	0.891	-0.029	-0.091	0.222	0.890	-0.093	0.153
X13	-0.374	0.721	0.277	0.209	0.143	0.694	-0.001	0.323
X14	0.140	0.857	-0.039	-0.141	0.208	0.846	-0.100	0.095

2.3 利用品种的因子得分进行聚类分析及不同类群的发病规律研究

采用欧氏距离离差平方和方法,利用不同品种在 4 个主因子上的因子得分进行系统聚类分析。当阈值为 13 时将 108 个品种分为 4 大类

(图 1),第 I 类包括中棉所 31 号、鲁棉 1 号等 21 个品种,第 II 类包括中棉所 19 号、冀棉 14 号等 35 个品种,第 III 类包括陕棉 5 号、李台 8 号等 25 个品种,第 IV 类包括中棉 14 号、冀棉 7 号等 27 个品种。

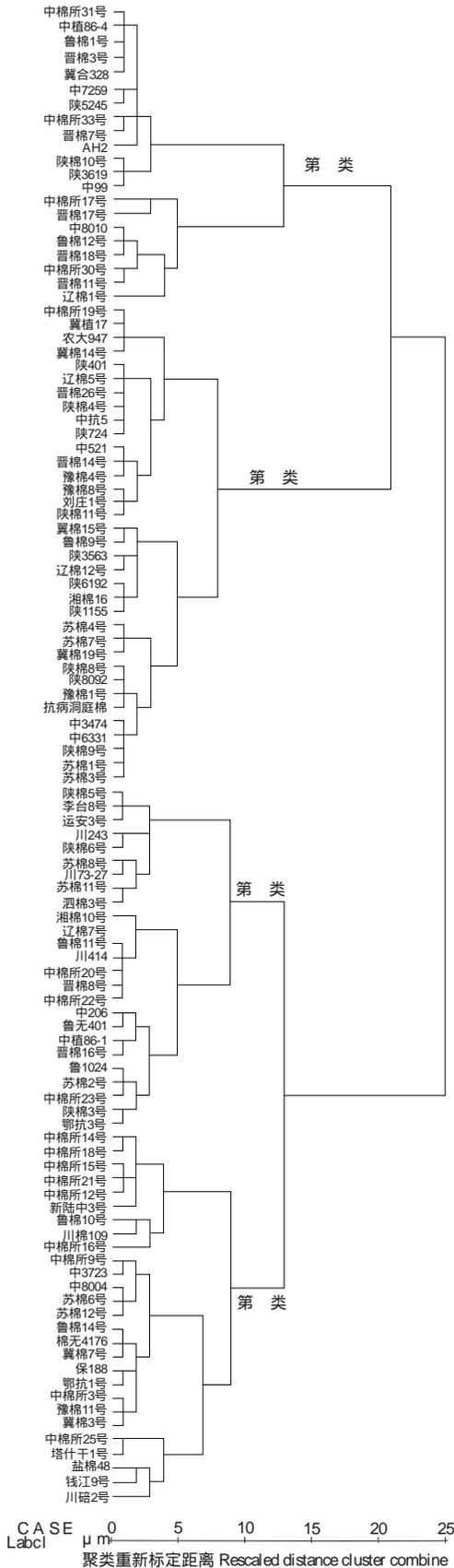


图 1 108 个品种基于 4 个主因子得分的聚类图
 Fig. 1 Dendrogram of 108 varieties (lines) based on four principal factors

对 4 类品种的分析可见,第 I 类品种在生长前期(7 月 1 日至 8 月 5 日)黄萎病病指低于其他 3 类,抗性好于其他 3 类品种;但在生长后期(8 月 5 日至 9 月 4 日)抗病性急剧下降,黄萎病病指急剧上升,8 月 10 日后黄萎病病指明高于其他 3 类。第 II 类品种在生长前期(8 月 5 日前)黄萎病病指高于第 I 类品种,明显低于第 III 类和第 IV 类品种,但在生长后期黄萎病病指显著低于其他 3 类品种,抗病性明显好于其他 3 类品种。第 III 类品种在生长前期(7 月 1 日至 7 月 26 日)黄萎病抗性优于第 IV 类,但在生长中期(7 月 26 日至 8 月 20 日)黄萎病抗性反而下降而不及第 IV 类,后期与第 IV 类抗性相当。第 IV 类品种在生长前期黄萎病病指明高于其他 3 类,前期黄萎病抗性较差,但中后期黄萎病抗性却好于第 I 类和第 III 类(图 2)。

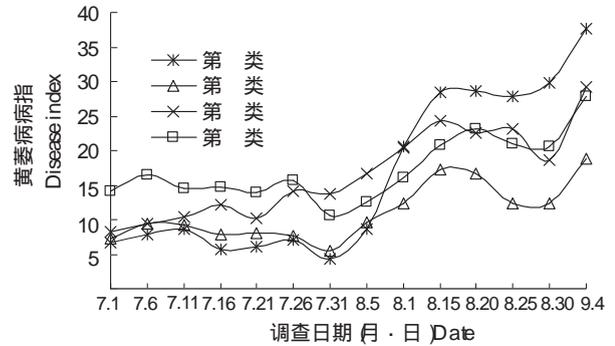


图 2 不同类型品种黄萎病发病趋势
 Fig. 2 Verticillium wilt trend of different types

2.4 不同类群品种产量性状及纤维品质的表现

分析不同类群品种产量性状可见(表 5),第 I 类品种的产量明显低于其他 3 类,呈现出第 II 类 > 第 III 类 > 第 IV 类 > 第 I 类的趋势,单株产量第 I 类也明显低于其他 3 类,第 II 类、第 III 类、第 IV 类差异不大。单株结铃数与单株产量具有相同的趋势,且第 I 类也明显低于其他 3 类。衣分亦表现出第 I 类小于其他 3 类,第 IV 类较高。第 III 类单铃重最大,第 I 类单铃重最小。分析原因,第 I 类品种虽然前期黄萎病病指较低,但后期发病较快,品种抗性迅速降低,造成单株结铃数明显减少,衣分降低,单铃重减小,单株产量和小区产量降低。第 II 类品种除前期黄萎病病指略高于第 I 类,中后期具有较低的黄萎病病指,这类品种具有较好的黄萎病抗性,因此表现出较高的产量;第 III 类品种中期(7 月 26 日至 8 月 20 日)抗性较差,而前期抗黄萎性好于第 IV 类,后期与第

IV类持平,虽然第Ⅲ类的单株结铃数、单株产量低于第IV类,但小区产量仍高于第IV类。第IV类品种由于前期抗黄萎病性较差,造成单株死亡,虽然单株结

铃数较多,但小区株数减少,产量降低。由此可以看出,棉花中后期的抗病性对单株结铃数、单株产量影响较大。

表 5 不同类群品种产量性状与纤维品质性状表现

Table 5 Yield and fiber quality of different groups

产量性状	第 I 类	第 II 类	第 III 类	第 IV 类	纤维品质性状	第 I 类	第 II 类	第 III 类	第 IV 类
Yield trait	Type I	Type II	Type III	Type IV	Fiber quality	Type I	Type II	Type III	Type IV
产量(g)	1198.8	1321.3	1279.5	1245.6	长度(mm)	30.33	30.89	31.56	31.61
单株产量(g)	54.80	56.86	56.92	57.05	整齐度(%)	84.49	85.39	85.68	85.63
单株铃数(个)	16.93	17.73	18.04	18.79	比强度(cN/tex)	29.89	30.24	30.86	30.20
衣分(%)	36.98	37.47	37.46	38.27	伸长率(%)	6.59	6.63	6.69	6.58
单铃重(g)	5.34	5.50	5.65	5.59	马克隆值	4.74	4.73	4.85	4.85

对不同类群品种的纤维品质分析可知(表 5),纤维长度呈现出第 IV 类 > 第 III 类 > 第 II 类 > 第 I 类,纤维整齐度表现出第 III 类 > 第 IV 类 > 第 I 类 > 第 II 类,比强度第 III 类 > 第 II 类 > 第 IV 类 > 第 I 类,而伸长率第 IV 类最差。由此可以看出,棉花品种的抗性类型不但影响产量性状,同时也影响纤维品质。

3 讨论

棉花黄萎病严重危害着棉花生产,为培育和利用抗黄萎病品种,棉花病害及育种研究者对棉花黄萎病菌、棉花抗病机理、黄萎病发生规律进行了长期多方面的研究。充分利用现有种质资源的抗源可提高棉花对黄萎病的抗性。已有的品种资源中不仅抗性不同而且抗病类型也不同,不同抗性级别品种对产量及纤维品质影响不同^[12-13];品种的熟性不同,生育进程不同,黄萎病对其产量和纤维品质影响亦不同^[10,14]。本研究对棉花抗黄萎病性进行全程跟踪调查,利用因子分析寻找影响品种抗性的主要时间。利用因子分析的结果进行聚类分析,根据对黄萎病的抗性将棉花品种分为 4 类,4 个类型在抗病性和发病的规律上不同,在品种产量及纤维品质上表现也不同,有的表现黄萎病缓慢发展,也有迅速上升的类型。房慧勇等^[9]在对我国转基因抗虫棉黄萎病发生规律的研究上也得出过类似结果,将其划分为 5 种类型:前期发病慢,病情指数低,后期发病慢类型;前期发病慢,病情指数低,后期发病较快类型;前期发病快,后期发病慢类型;前期发病快,后期发病也较快类型;前期发病快,中期发病慢,后期发病快类型。本研究对 108 个抗病品种研究中未发现前期发病快,后期发病慢类型。第 I 类前期抗黄萎病性较好,但后期病情发展较快,产量及纤维品质最差。前后期抗性较好的第 II 类品种,黄萎病发展缓慢,产量和纤维品质最好,胡国祥等^[15]在研究棉花

对黄萎病的动态反应时也得出同样结论。第 IV 类品种虽然前期黄萎病病指较高,品种抗黄萎病性较差,但病情发展平缓,抗病性表现前后期稳定,表现出较第 I 类更高的产量。某一时期的抗病并不能完全决定对产量和纤维品质的影响,第 III 类品种在生长中期抗性较差,但前期抗黄萎病性较好,仍具有较高的产量。在进行抗黄萎病育种时,应尽可能选用前后期黄萎病病指均较低,病情发展缓慢的品种,如本研究中的第 II 类品种。

参考文献

- [1] 吴征彬,贺青,陈鹏. 棉花枯、黄萎病的抗性筛选[J]. 作物学报, 2002, 28(5): 713-717
- [2] 李成伟,丁锦平,刘冬梅,等. 棉花黄萎病及抗病育种研究进展[J]. 棉花学报, 2008, 20(5): 385-390
- [3] 吴征彬. 长江流域棉区棉花新品种抗病虫性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(1): 26-30
- [4] 林玲,宋锦花,张爱香,等. 江苏省棉花区域试验品种(系)抗黄萎病性鉴定[J]. 江苏农业科学, 2008(3): 93-95
- [5] 张桂寅,王省芬,赵化冰,等. 我国棉花抗枯黄萎病品种纤维品质遗传改良评价[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(1): 63-67
- [6] 简桂良,马存,陈其英. 豫北棉区气温与湿度对黄萎病发生的关系分析[J]. 植物病理学报, 1995, 25(1): 17-22
- [7] 马存,简桂良,邹勇,等. 荆州棉区棉花黄萎病发生与气象因子关系的研究[J]. 植物学报, 1997, 23(1): 30-32
- [8] 姚耀文,马存,谭永久,等. 长江流域棉区棉花黄萎病发生消长与气象因子关系的研究[J]. 中国农业科学, 1986, 19(3): 59-64
- [9] 房慧勇,张桂寅,马峙英. 转基因抗虫棉抗黄萎病鉴定及黄萎病发生规律[J]. 棉花学报, 2003, 15(4): 210-214
- [10] 左田夫. 棉花不同熟性品种黄萎病危害严重期对产量构成因子的影响[J]. 西北农业学报, 1995, 4(3): 26-29
- [11] 苏金明,傅荣华,周建斌,等. 统计软件 SPSS for Windows 使用指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000
- [12] 李妙,徐荣旗,王校栓. 不同黄萎病级对棉花产量及纤维品质的影响[J]. 棉花学报, 1995, 7(3): 159-192
- [13] 庄生仁,任福成,詹有俊,等. 黄萎病发病程度对棉花产量及其构成因素的影响效应[J]. 中国棉花, 1999, 26(3): 19-22
- [14] 刘占国,马峙英,张桂寅,等. 棉花黄萎病田间发病时间和发病速度的研究[J]. 棉花学报, 1999, 11(4): 195-199
- [15] 胡国祥,胡兴宜,贺玉贵,等. 棉花品种对黄萎病的动态反应型研究[J]. 江西棉花, 2001, 23(6): 21-23