

中棉所 12 的黄萎病抗性遗传与育种应用研究

吴大鹏¹, 房卫平², 季道藩¹, 祝水金^{1*}

(1. 浙江大学农业与生物技术学院农学系, 杭州 310029;

2. 河南农业科学院经济作物研究所, 郑州 450002)

摘要:以 2 个海岛棉品种和 5 个陆地棉品种为材料与中棉所 12 进行正反交, 配制 14 个杂交组合的 F₁ 和 F₂。采用纸钵育苗, 撕底伤根接种方法对 14 个组合的 F₁ 和 F₂ 群体进行黄萎病抗性鉴定。结果表明, 以中棉所 12 作父本与海岛棉抗黄萎病品种或陆地棉抗黄萎病品种进行杂交, F₂ 抗(耐)病株与感病株的分离符合 3:1 的分离规律, 说明海岛棉的抗黄萎病性对于中棉所 12 的耐黄萎病性为显性, 中棉所 12 的耐黄萎病性对于陆地棉的感黄萎病性为显性, 控制黄萎病抗性的基因为一个显性主基因。然而, 以中棉所 12 为母本与海岛棉品种、抗病陆地棉品种和感病陆地棉品种进行杂交, F₂ 群体中 90% 以上的个体为抗病类型, 说明中棉所 12 的细胞质中存在着抗黄萎病的遗传成分, 具有细胞质母体遗传的特点, 在棉花抗黄萎病育种中具有重要的利用价值。

关键词:棉花; 中棉所 12; 黄萎病; 遗传

中图分类号:S562.035 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)05-0399-06

Studies on the Inheritance of *Verticillium* wilt Resistance in CCRI 12 and its Utilization in Cotton Breeding

WU Da-peng¹, FANG Wei-ping², JI Dao-fan¹, ZHU Shui-jin^{1*}

(1. *Agronomy Department, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*; 2. *Cash Crop Research Institute, HAAS, Zhengzhou 450002, China*)

Abstract: Two cultivars of *Gossypium barbadense* and five upland cotton (*G. hirsutum*) cultivars were used to cross with CCRI 12, and 14 hybrids and its F₁ and F₂ populations were produced. The inheritance and its utilization of CCRI 12 in breeding program for *Verticillium* wilt resistance were studied in this experiment, using the method of seedling inoculation. The results showed that, for the combinations used CCRI 12 as paternal parent, the ratio of the resistant and susceptible seedlings in F₂ were done according with the 3:1 separation law, which indicated that the *Verticillium* wilt resistance in *G. barbadense* was a qualitatively inherited trait controlled by singly dominant gene, as well as the tolerant trait in upland cotton cultivars. However, for those using CCRI 12 as female parent, the frequency of the resistant seedlings was much higher than those using CCRI 12 as paternal parent, and more than 90% of seedlings in the F₂ populations were disease resistant ones, which was out of the separation law greatly. It indicated that there were some disease resistant substances in the cytoplasm in CCRI 12, the inheritance of the *Verticillium* wilt resistance in CCRI 12 was like that of cytoplasm genetic characters. The present research work indicated that the parent selection and cross method were very important in *Verticillium* wilt resistant cotton breeding program, and CCRI 12 is a very special

收稿日期:2008-09-02 **作者简介:**吴大鹏(1986-),男,硕士研究生;* 通讯作者,shjzhu@zju.edu.cn

基金项目:国家 973 计划项目(2004CB117305),公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07-052)和国家自然科学基金(30471108、30671325)

germplasm in cotton breeding for *Verticillium* wilt resistance.

Key words: cotton; CCRI 12; *Verticillium* wilt; inheritance

棉花黄萎病(*Verticillium* wilt)是棉花生产中危害最大的土传性病害之一。20世纪80年代以来,我国棉花黄萎病的发生越来越重,已遍及几乎所有的植棉县(市)。1993年黄萎病在我国各主产棉区暴发成灾,造成了巨大的经济损失。之后,黄萎病在我国主产棉区多次暴发,已对我国的棉花生产构成了严重威胁^[1-3]。中棉所12是由中国农科院棉花研究所(乌干达4号×邢台68-71)F₄在枯萎病混生病圃中选育出的抗病、丰产棉花品种,1983—1990年先后通过黄河流域和长江流域8个省和国家的审(认)定,1990年获国家发明一等奖,1991年推广面积170多万hm²,占全国棉花种植面积的26.1%,是我国自育棉花品种中累计种植面积最大、适应性最广、使用时间最长、经济效益最大的品种^[4-5]。有关中棉所12的抗性遗传特点的研究不多,对其遗传特点了解甚少。本试验以中棉所12为材料,用不同抗性水平的海岛棉品种和陆地棉品种对其进行正反交,以了解中棉所12的黄萎病抗性遗传特点和育种应用价值。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本试验供试材料为中棉所12的原原种,由中国农科院棉花研究所提供。用于对中棉所12进行杂交的材料见表1,苗期接种鉴定确定各品种的抗病反应型。

表1 供试棉花品种的名称、来源及抗性表现

Table 1 Resources and resistant type to *Verticillium* of the materials used in the experiment

棉种	品种	供种来源	反应型
海岛棉	海 7124	南京农业大学	R
	吉扎 36	浙江大学	R
陆地棉	豫棉 21号	河南省农科院	R
	豫棉 19号	河南省农科院	R
	中无 5629	浙江大学	R
	中棉所 10	中国农科院棉花所	S
	冀棉 11号	中国农科院棉花所	S

注:R表示抗病,S表示感病。

用以上5个陆地棉品种,分别与中棉所12进行正反交,每个组合自交或回交产生F₁、F₂、BC₁、BC₂四个群体。同时,用中棉所12分别与豫棉21号、中无5629和冀棉11号进行正反交,配制6

个杂交组合,每个组合自交或回交产生F₂、BC₁和BC₂三个群体。从每个给合的F₂、BC₁和BC₂群体中分别选出20个单株,用于研究中棉所12在棉花抗黄萎病育种上的价值。

1.2 菌种

本研究接种的黄萎病菌系是中等致病力的安阳菌系,由中国农科院棉花研究所提供。

1.3 接种方法

采用纸钵育苗,待棉苗第1片真叶平展时撕底伤根接种,孢子悬浮液浓度为每毫升 2.4×10^7 孢子,每钵接种10 mL的孢子悬浮液。接种后,棉苗培养温度为25~28℃(昼)/20~22℃(夜)。

1.4 调查标准

当感病对照冀棉11号的病指达50时,调查各供试材料的发病情况。采用棉花苗期5级制进行棉花黄萎病分级(表2)。取中棉所12和冀棉11不同发病级别的棉苗各20株移栽至大田,株行进行接种鉴定,以研究各级别单株后代的病株率、病情指数以及与单株级别的相关性。

表2 棉花黄萎病苗期症状分级标准

Table 2 The classification standard for seedling symptoms of *Verticillium* wilt

级别	调查标准	反应型
0	健株,植株无病状	免疫 I
1	1~2片子叶发病,真叶不发病	高抗 HR
2	1~2片真叶发病	抗 R
3	2~3片真叶发病	耐 T
4	全部真叶发病	感 S

2 结果与分析

2.1 棉苗单株抗性级别与抗性反应

从抗(耐)黄萎病亲本中棉所12、感黄萎病亲本冀棉11号和两者杂交F₂的棉苗中分别选取各典型级别的棉苗20株移至大田,分株单收。对各单株后代进行接种鉴定,当感病品种冀棉11病指达50时分别对各材料进行分级调查(表3)。

由表3可以看出,冀棉11号的苗期分级调查的平均级别为3.4,病情指数为58.4,为感病类型。中棉所12和冀棉11号×中棉所12的杂种F₂的苗期分级调查的平均级别分别为2.1和2.3,病情指数分别为35.7和37.4,属于耐病类型。鉴定结果与其品种特性相符。

3 个品种(杂交种)群体中获得的不同级别的后代的鉴定结果表明,凡低级别(不发病或发病较轻)植株后代的抗性优于高级别的。其中从中棉所 12 群体中选出的 0 级和 1 级后代的病指分别为 28.7 和 29.1,属于耐病类型;3 级和 4 级后代的病指分别为 43.7 和 43.2,属于感病类型;2 级后代的病指为 36.3,介于低级别和高级别后代之间,三种类型之间的差异达到显著水平。从冀棉 11 号×中棉所 12 的杂种 F₁ 群体中获得的不同级别后代的病指鉴定结果分为 2 个类型,0 级、1 级和 2 级后代的病指均低于 30,而 3 级和 4 级的

后代病指高于 50,二者之间差异达到极显著水平。而冀棉 11 号群体不同级别后代的病指为 53.0~64.6,均属于感病类型,各级别后代的病指差异未达显著水平。中棉所 12 是一个多系品种,群体中包含的基因型丰富;冀棉 11 号×中棉所 12 的杂种为抗耐的杂种后代,基因发生分离。因此,对这两个品种(杂交种)的抗黄萎病性选择是有效的。而冀棉 11 号是一个纯系品种,基因的纯度较高,抗性选择效果较差。本实验结果表明,通过系统选择改良棉花抗黄萎病性是有有效的,但纯系品种的系选效果较差。

表 3 棉苗黄萎病分级调查与其反应型的相关性

Table 3 The relationship between single seedling survey and its resistant type

材料	单株		株系					总株数	病指
	级别	株数	0	1	2	3	4		
冀棉 11 号	0	20	123	190	223	121	221	878	53.6±4.5a
	1	20	132	177	213	117	213	852	53.0±4.4a
	2	19	110	178	189	113	230	820	55.3±5.1a
	3	18	87	143	188	222	332	972	64.6±5.6a
	4	12	88	132	232	233	312	997	63.8±5.8a
平均	3.4								58.4
中棉所 12	0	20	232	265	176	34	32	739	28.7±2.1c
	1	20	234	277	178	41	33	763	29.1±2.2c
	2	19	158	213	198	67	45	681	36.3±2.5b
	3	18	145	128	178	78	92	621	43.7±4.1a
	4	12	134	123	219	89	65	630	43.2±4.2a
平均	2.1								35.7
(冀棉 11 号 × 中棉所 12)F ₂	0	20	221	231	105	59	13	629	26.6±2.2B
	1	20	232	251	110	60	12	665	26.3±2.0B
中棉所 12)F ₂	2	19	210	211	130	70	19	640	29.6±2.7B
	3	18	108	99	120	120	120	567	52.0±4.3A
平均	4	12	99	89	110	187	119	604	55.7±5.5A
	2.3								37.4

本试验结果表明,棉花分离世代单株抗黄萎病鉴定方法是可靠的,单株 0 级、1 级和 2 级植株可归于抗(耐)类型,而 3 级和 4 级植株则归于感病类型。

2.2 中棉所 12 的黄萎病抗性遗传分析

中棉所 12 是一个抗(耐)黄萎病的棉花品种,以其为亲本与海岛棉品种和不同抗性水平的陆地棉品种进行正反交,各组合 F₁ 和 F₂ 世代的抗性表现见表 4。

用中棉所 12 为父本与两个海岛棉品种的杂交 F₁ 群体中 93%~94% 的植株为抗病株,说明海岛棉的抗黄萎病性状为显性基因控制。两个种间杂交组合的 F₂ 群体中的抗病株与感病株比例符合 3:1 的分离规律(P 值分别为 0.664 和 0.358),即海岛棉的抗黄萎病性状是受一对显性基因控制。然而,用中棉所 12 作母本与两个海岛

棉品种进行杂交,其 F₂ 群体中的抗病株比例分别为 92.9% 和 96.2%,抗病株与感病植株的比例极显著偏离 3:1 的分离比例(P<0.001)。

豫棉 19 号、豫棉 21 号和中无 5629 为抗黄萎病的陆地棉品种,其抗性强于中棉所 12。用三个抗病陆地棉品种为母本与中棉所 12 进行杂交,F₂ 抗病株的比例为 66.5%~87.2%,抗病株与感病株的比例不符合 3:1 的分离规律(P=0.01~0.001),说明这 3 个材料的抗黄萎病性对于中棉所 12 的耐黄萎病为显性,但抗、耐性之间可能存在着基因数目的差异或基因互作效应。然而,用中棉所 12 为母本与 3 个抗病陆地棉亲本进行杂交,虽 F₁ 正反交相同,但 F₂ 代抗病株的比例更高(87.8%~90.1%),抗病株与感病株的比例更不符合 3:1 的分离规律(P<0.001)。

冀棉 11 号和中棉所 10 是感黄萎病品种类

型,其抗性显著差于中棉所 12。用其作母本与中棉所 12 进行杂交, F_1 群体中的抗病株分别为 85.9% 和 89.7%, F_2 分别为 73.2% 和 68.4%, F_2 群体中的抗病株与感病株比例符合 3:1 的分离规律(P 值分别为 0.23 和 0.75),说明中棉所 12

的耐黄萎病性对于陆地棉感黄萎病性为 1 对显著基因。然而,用中棉所 12 为母本与 2 个感病陆地棉品种进行杂交, F_2 抗病株的比例高达 90.9%~92.4%, 抗病株与感病株的比例不符合 3:1 的分离规律($P=0.01\sim0.004$)。

表 4 中棉所 12 杂交后代抗性表现及分离世代的 χ^2 测验

Table 4 Resistance and χ^2 test for the interspecific and intraspecific hybrids with CCRI 12

组 合	世代	抗病株	感病株	总株数	期望比	χ^2 值	P 值
海 7124(R)×中棉所 12(T)	F_1	71	5	76			
	F_2	129	47	176	3:1	0.189	0.664
中棉所 12(T)×海 7124(R)	F_1	71	4	75			
	F_2	130	10	140	3:1	22.867	<0.001
吉扎 36(R)×中棉所 12(T)	F_1	63	4	67			
	F_2	124	34	158	3:1	0.844	0.358
中棉所 12(T)×吉扎 36(R)	F_1	74	5	79			
	F_2	128	5	133	3:1	30.880	<0.001
豫棉 21 号(R)×中棉所 12(T)	F_1	72	8	80			
	F_2	144	28	172	3:1	6.519	0.011
中棉所 12(T)×豫棉 21 号(R)	F_1	69	5	74			
	F_2	143	17	151	3:1	14.483	<0.001
豫棉 19 号(R)×中棉所 12(T)	F_1	77	8	82			
	F_2	113	57	170	3:1	6.149	0.013
中棉所 12(T)×豫棉 19 号(R)	F_1	72	3	75			
	F_2	122	17	139	3:1	11.417	0.001
中无 5629(R)×中棉所 12(T)	F_1	64	4	68			
	F_2	156	23	179	3:1	13.454	<0.001
中棉所 12(T)×中无 5629(R)	F_1	70	1	71			
	F_2	136	15	151	3:1	17.486	<0.001
冀棉 11 号(S)×中棉所 12(T)	F_1	79	13	92			
	F_2	156	57	213	3:1	0.132	0.750
中棉所 12(T)×冀棉 11 号(S)	F_1	76	11	87			
	F_2	110	11	121	3:1	6.125	0.010
中棉所 10(S)×中棉所 12(T)	F_1	65	8	73			
	F_2	145	67	212	3:1	1.849	0.230
中棉所 12(T)×中棉所 10(S)	F_1	78	9	87			
	F_2	121	10	131	3:1	7.902	0.004

本试验结果表明,海岛棉的抗黄萎病性对于中棉所 12 的耐黄萎病表现为单基因显性效应;陆地棉的抗黄萎病性对于中棉所 12 的耐黄萎病性为显性,其遗传关系还有待于进一步研究;中棉所 12 的耐黄萎病性对于陆地棉感黄萎病为单基因显性效应。然而,杂交组合正反交结果显著不同,其中用中棉所 12 作母本的杂交组合,其 F_2 群体中大多为抗病类型,说明中棉所 12 的抗(耐)黄萎病性具有一定的细胞质效应。

2.3 中棉所 12 在棉花抗黄萎病育种中的应用

用中棉所 12 与不同抗黄萎病性的陆地棉品种进行正反交和回交,获得 F_2 和不同回交世代的群体。2005 年在浙江萧山进行单株选择,每群体根据植株丰产性、衣分、铃重和纤维品质等性状入选 20 个单株。20 个单株后代进行黄萎病苗期接种鉴定(表 5)。

由表 5 可以看出,从中棉所 12 与抗病陆地棉亲本杂交和回交群体中选出的材料,其黄萎病病

指为 10.5~35.9,多数为抗或耐黄萎病类型;而从中棉所 12 与感病陆地棉亲本的杂交和回交后代中选出的材料,其黄萎病病指为 17.1~46.5,抗病或耐病材料的比例显著降低。因此,抗黄萎病育种宜采用抗病亲本间的杂交育种方法。然而,从正反交结果来看,用中棉所 12 作母本与抗病亲本进行杂交的回交,后代抗病材料所占比例显著高于用中棉所 12 作父本的杂交组合。值得说明的是,用中棉所 12 作母本与抗病亲本的杂交组合中,后代中有较多的材料是病指 20 以下的抗病材料,而反交后代中多数材料的病指在 20 以上,抗病材料较少。即使与感病品种进行杂交,其后代中属于抗病类型的材料仍占有一定比例,而反交后代无抗病类型。由此可见,在抗黄萎病杂交育种工作中,亲本选配和杂交方式均十分重要,中棉所 12 在棉花抗黄萎病育种中具有重要的利用价值。

表 5 中棉所 12 杂交后代抗黄萎病性的鉴定结果

Table 5 Results of the *Verticillium* wilt identification for the lines from the combinations with CCRI 12

组合	选择群体	株行数	病指	抗(耐)系数	感病系数	抗(耐)/%
豫棉 21 号(R)×中棉所 12(T)	F ₂	20	19.4~37.5	15	5	75.0
	BC ₁	20	21.2~36.9	13	7	65.0
	BC ₂	20	22.0~37.4	13	7	65.0
中棉所 12(T)×豫棉 21 号(R)	F ₂	20	13.4~35.7	18	2	90.0
	BC ₁	20	13.4~35.2	18	2	90.0
	BC ₂	20	12.9~35.5	17	3	85.0
中无 5629(R)×中棉所 12(T)	F ₂	20	21.1~36.8	11	9	55.0
	BC ₁	20	22.3~39.9	12	8	60.0
	BC ₂	20	21.8~37.1	13	7	65.0
中棉所 12(T)×中无 5629(R)	F ₂	20	11.2~35.2	18	2	90.0
	BC ₁	20	12.1~35.4	18	2	90.0
	BC ₂	20	10.5~36.9	16	4	80.0
冀棉 11 号(S)×中棉所 12(T)	F ₂	20	23.4~45.5	10	10	50.0
	BC ₁	20	22.4~46.5	9	11	45.0
	BC ₂	20	24.1~44.6	11	9	55.0
中棉所 12(T)×冀棉 11 号(S)	F ₂	20	17.1~35.5	14	6	70.0
	BC ₁	20	19.4~33.1	14	6	70.0
	BC ₂	20	18.3~35.7	13	7	65.0

注:BC₁ 和 BC₂ 分别代表用父本回交一代和二代的群体。

3 讨论

棉花黄萎病鉴定和分级是抗病遗传研究的关键。群体的抗病和感病一般以病指为指标。然而,对于个体抗、感病标准则还难以确定。理想的方法是把每个 F₂ 单株延续到 F₃ 株系,以 F₃ 株系群体的病指来确定 F₂ 单株的抗病性。但在实际工作中,因工作量巨大又难以实现。本研究通过抗病亲本、感病亲本和杂种 F₂ 鉴定的不同级别的单株繁殖到 F₃ 株系进行抗性鉴定,研究单株发病级别与抗性反应的相关性。结果表明,F₂ 群体中 0、1、2 级单株的 F₃ 株系的黄萎病病情指数均在 20% 以下,而 3、4 级单株的 F₃ 株系的黄萎病病情指数均在 30% 以上。由此将 0 级、1 级和 2 级植株定为抗病类型,3 级和 4 级植株定为感病类型。当然,这种划分标准只限于中等致病的菌株,适合于本实验的鉴定方法和条件,它是否适合于其它类型的菌株或其它接种鉴定方法仍需要进行精确的预备试验来确定。

长期以来,对棉花的黄萎病抗性遗传方式一直存有争论。本研究结果支持棉花抗黄萎病性状由单个显性基因控制的观点,认为抗黄萎病性状是由显性单基因或主效基因决定,并受微效多基因的影响^[6-12]。此外,前人研究多认为棉花抗黄萎病是核基因遗传的,正反交无差异。然而,本试验中棉所 12 的抗黄萎病性却表现为细胞质遗传的倾向。说明棉花抗黄萎病的遗传十分复杂,不同的研究材料其抗性机理和遗传特点可能存在差异。

中棉所 12 是一个丰产优质多抗的优良棉花品种,属于耐黄萎病类型品种。由于其细胞质可能具有抗(耐)黄萎病的遗传因子或成分,用它作母本与陆地棉亲本进行杂交,后代中抗黄萎病个体的频率较高,更易选育成抗黄萎病棉花新品种。

参考文献:

- [1] 马 存,简桂良,孙文姬. 我国棉花抗黄萎病育种现状、问题及对策[J]. 中国农业科学,1997,30(2):58-64.
MA Cun, Jian Gui-liang, Sun Wen-ji. Current status, problem and countermeasure on resistance breeding to *Verticillium* wilt of cotton in China[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1997, 30(2): 58-64.
- [2] 马 存,简桂良,郑传临. 中国棉花抗枯、黄萎病育种 50 年[J]. 中国农业科学,2002,35(5):508-513.
MA Cun, Jian Gui-liang, Zheng Chuan-lin. The advances in cotton breeding resistance to *Fusarium* and *Verticillium* wilts in China during past fifty years[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(5): 508-513.
- [3] 房卫平,季道藩,祝水金. 棉花抗黄萎病机制研究进展[J]. 棉花学报,2000, 12(5): 277-280.
FANG Wei-ping, Ji Dao-fan, Zhu Shui-jin. Advance in research on inheritance of *Verticillium dahliae* Kleb. and resistant breeding in China[J]. *Cotton Science*, 2000, 12(5): 277-280.
- [4] 谭联望. 从中棉所 12 的选育谈棉花抗病育种[J]. 中国棉花,1998,25(12):10-12.
TAN Lian-wang. Talk to disease resistant cotton breeding according to the breeding of CCRI-12[J].

- China Cotton, 1998, 25(12):10-12.
- [5] 谭联望, 刘正德. 中棉所 12 的选育及其种性研究[J]. 中国农业科学, 1990, 23(3):12-19.
TAN Lian-wang, Liu Zheng-de. Research on selection and varietal traits of Zhongmian 12[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1990, 23(3):12-19.
- [6] Al-Rawi K M. A quantitative genetic analysis resistance to *Verticillium* wilt of upland cotton[J]. Iran Journal of Agricultural Sciences "ZANCO", 1984, 2(2):13-23.
- [7] Barrow J R. A genetic analysis of *Verticillium* wilt tolerance in cotton[C]//Proceedings Beltwide Cotton Conferences. [S. l.]; National Cotton Council of America, 1970:68.
- [8] Devey M E. Genetic analysis of *Verticillium* wilt tolerance in cotton using pedigree data from three crosses[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1987, 74: 162-167.
- [9] 马峙英. 河北省棉花黄萎病菌分化和棉花抗性遗传研究[D]. 武汉:华中农业大学, 1997.
MA Zhi-ying. Studies on the diversity and inheritance of the *Verticillium dahliae* Kleb. in Hebei[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 1997.
- [10] 潘家驹, 张天真, 蒯本科, 等. 棉花黄萎病抗性遗传[J]. 南京农业大学学报, 1994, 17(3): 8-18.
PAN Jia-ju, Zhang Tian-zhen, Kuai Ben-ke, et al. Studies on the inheritance of resistance to *Verticillium dahliae* [J]. Journal Nanjing Agricultural University, 1994, 17(3):8-18.
- [11] 王振山, 马峙英. 棉花抗枯、黄萎病的基因效应分析[J]. 河北农业大学学报, 1989, 12(2): 21-25.
WANG Zhen-shan, Ma Zhi-ying. Analysis of the gene effect of cotton resistance to *Fusarium* wilt and *Verticillium* wilt[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1989, 12(2): 21-25.
- [12] 校百才, 景忆莲. 陆地棉抗黄萎病性状遗传的初步研究[J]. 西北农业学报, 1998, 7(2): 55-58.
XIAO Bai-cai, Jing Yi-lian. A preliminary study on the inheritance of resistance to *Verticillium* wilt in upland cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 1998, 7(2): 55-58. ●