

网络出版时间:2012-03-21 17:32
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120321.1732.016.html>

棉花叶片纤维素和木质素含量与绿盲蝽抗性的关系

雒珺瑜,崔金杰,辛惠江

(中国农业科学院棉花研究所 棉花生物学国家重点实验室,河南 安阳 455000)

【摘要】 **【目的】**探讨不同生育时期棉花叶片中纤维素和木质素含量与绿盲蝽抗性的关系,为深入研究棉花对绿盲蝽的抗性机制及绿盲蝽综合治理技术体系的构建提供依据。**【方法】**以田间初步筛选出的 27 个对绿盲蝽有不同程度抗性的棉花品种(系)为材料,通过网室抗性鉴定和室内纤维素和木质素含量测定分析,系统研究不同棉花品种(系)对绿盲蝽的抗性水平及棉花叶片中纤维素和木质素含量与绿盲蝽抗性的关系。**【结果】**供试的 27 个棉花品种对绿盲蝽的抗性水平总体偏低,多数品种抗性不明显或没有抗性。供试的大多数棉花品种叶片纤维素含量在苗期最高,其次是花铃期和蕾期;棉花花铃期叶片纤维素含量随着棉花对绿盲蝽的抗性的增强而显著升高,而苗期和蕾期棉花叶片中纤维素含量对绿盲蝽抗性没有显著的影响。木质素含量在苗期、蕾期和花铃期差异不显著($P>0.05$);棉花苗期、蕾期和花铃期叶片中木质素含量对其绿盲蝽抗性没有显著的影响。**【结论】**棉花对绿盲蝽的抗性与花铃期叶片纤维素含量呈显著正相关,但与苗期、蕾期叶片中纤维素含量及苗期、蕾期、花铃期叶片中木质素含量均无显著相关性。

【关键词】 棉花;纤维素;木质素;绿盲蝽;抗虫性
【中图分类号】 S435.622⁺.9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2012)04-0081-05

Relationship between the contents of cellulose and lignin in cotton leaf and their resistance to *Apolygus lucorum*

LUO Jun-yu,CUI Jin-jie,XIN Hui-jiang

(State Key Laboratory of Cotton Biology,Cotton Research Institute,Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang,He'nan 455000,China)

Abstract: **【Objective】** The study determined the relationship between the contents of cellulose and lignin in cotton leaf and their resistance to *Apolygus lucorum* to provide basis for the studying of resistance mechanism and construction the IPM for *A. lucorum*. **【Method】** Using 27 cotton varieties selected from the field as materials,the different resistance levels of different cotton varieties to *A. lucorum* and the relationship between the content of cellulose and lignin in cotton leaf and their resistance to *A. lucorum* were studied through the resistant appraising in the net room and testing in laboratory. **【Result】** In most of the varieties tested,the content of cellulose in seedling period was the highest in cotton leaf,and the second in the bolling stage and budding stage. In the bolling stage,the contents of cellulose were higher with the cotton varieties to *A. lucorum*,but the content of cellulose in seedling and budding periods had not any influence regularitily on cotton resistance to *A. lucorum*. The contents of lignin in cotton leaf had no significant difference in seedling,budding and bolling period. And there was not any influence regularitily on cotton resistance to *A. lucorum* in the three periods. **【Conclusion】** The resistance of cotton to *A. lucorum* was influ-

* [收稿日期] 2011-10-20
[基金项目] 农业部转基因生物新品种培育重大专项(2011ZX08011-002,2011ZX08010-005,2011ZX08012-004);农业部公益性行业科研专项(201103012);农业部国家棉花产业技术体系项目
[作者简介] 雒珺瑜(1978—),女,甘肃白银人,助理研究员,主要从事昆虫生态学和生物安全研究。
[通信作者] 崔金杰(1968—),男,河北枣强人,研究员,博士,主要从事农业害虫防治技术和生物安全研究。

enced by the content of cellulose and lignin in cotton leaf, and the content of cellulose in bolling period in cotton leaf indicated the clear negative linear correlation with the resistance to *A. lucorum*, but that the content of cellulose in cotton leaf in budding period and bolling period, and the contents of lignin in cotton leaf in three period indicated no clear positive linear correlation with the resistance to *A. lucorum*.

Key words: cotton; cellulose; lignin; *Apolygus lucorum*; resistance to pest

近年来,转基因抗虫棉田棉盲蝽的危害逐年加重,已经成为棉花的重大害虫之一^[1-2]。绿盲蝽是黄河流域棉区棉盲蝽的优势种^[3-4],一般年份棉田被害率达 70%以上,被害株率达 30%~40%,蕾铃脱落率达 20%;严重发生年份,被害株率达 70%以上,蕾铃脱落率达 30%以上,造成棉花减产 20%~30%,给棉花生产带来很大损失^[5]。由于绿盲蝽化学防治困难,且目前转基因抗绿盲蝽棉花尚未开发,因此筛选抗绿盲蝽的棉花品种,研究其抗性机制,探讨绿盲蝽防控新技术十分必要。

棉花对害虫的抗性机制多种多样,但主要包括形态抗性和生化抗性 2 个方面。史忠良等^[6]研究表明,酚类、单宁类物质是小麦抗麦红吸浆虫的 2 种很重要的次生代谢物,而酚类物质尤为重要,随着小麦抗性级别的变化,其诱导性酚类物质含量也发生变化。棉花对棉铃虫的抗性机制研究结果表明,叶片光滑、无蜜腺、高棉酚的棉花品种对棉铃虫具有较好的抗性,棉花花蕾中棉酚含量高于 1.2%时,棉铃虫幼虫死亡率可达 50%,同时也可以有效地降低棉叶蝉的危害^[7-8]。棉花多茸毛性状抗棉蚜、叶螨和叶蝉^[9-11],但感粉虱和棉铃虫^[12],棉花叶片蜡质含量与棉蚜的选择性取食有关^[13]。但目前国内外在棉花品种对棉盲蝽抗性及其机制方面的研究甚少,仅林凤敏等^[14]研究了棉花形态特征与棉盲蝽抗性的关系,结果表明,在一定的生长时期,叶片表皮层细胞厚和多油点棉花品种可以抵抗绿盲蝽对棉花的危害;雒珺瑜等^[15]研究表明,苗期和蕾期棉花叶片中叶绿素含量和蕾期叶片中蜡质含量与其对绿盲蝽的抗性呈显著正相关;花铃期叶片中叶绿素含量、苗期和花铃期叶片中蜡质含量及不同时期叶片厚度与其对绿盲蝽的抗性无明显相关性。

本试验以田间筛选出的 27 个棉花品种(系)为材料,测定了其在不同时期叶片纤维素和木质素的含量,初步探讨了纤维素和木质素含量与其对绿盲蝽抗性的关系,以期为进一步研究棉花对绿盲蝽的抗性机制及绿盲蝽综合治理技术体系的构建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试棉花品种(系)

2008—2010 年在中国农业科学院棉花研究所试验农场种植不同性状棉花品种(系)210 多个,经田间小区调查,根据叶片受害程度和蕾铃被害率,初步筛选出 27 个对绿盲蝽有不同程度抗性的棉花品种(系),其名称及来源如下:石系亚 1 号、HG-E-12、BRS-10、中 4717、花苞无蜜腺、绿絮 1 号、U82-1、SGK3、苏联棉 79 系、中棉所 45、SP-37、美棉 12、孝感东风棉、EL-389、冀 91-47,均由中国农业科学院棉花研究所种质资源课题组提供;3018、861、1316、冀丰 106、冀丰 197、冀 228、衡棉 4 号、银硕 109,由河北省农林科学院棉花研究所提供;邯 6208,由邯郸市农科院提供;百棉 1 号和百棉 985,均由河南科技学院提供;银棉 505,由北京蓝月亮种业公司提供。

1.2 供试昆虫

供试绿盲蝽成虫由中国农业科学院棉花研究所养虫室提供,虫源系田间捕获的绿盲蝽若虫,取室内人工饲养 1 代后的绿盲蝽成虫用于试验。

1.3 绿盲蝽抗性鉴定

试验于 2010 年在中国农业科学院棉花研究所网室内进行。将 27 份棉花材料种植在中国农业科学院棉花研究所试验农场的网室内,网室面积为 50 m² (20 m×2.5 m),每个材料种植 1 行,每行 12 株,各供试材料随机排列,均重复 3 次。棉花生长至 4 叶期时释放绿盲蝽成虫,释放量为 2 头/m²。

分别在棉花生长的苗期、蕾期、花铃期,每个网室每个材料随机调查 10 株棉花,记录棉株顶部 5 片嫩叶被害情况。棉花叶片被害情况划分为 5 个级别,即 0, 1, 2, 3 和 4 级,叶片受害程度分别为无、轻微、中等、严重和同对照品种,计算叶片危害指数(每株棉花上部 5 片叶片受害级别的平均值)及叶片危害指数减退率(叶片危害指数减退率=(对照品种危害指数-鉴定材料危害指数)/对照品种危害指数×100%)。同时调查棉花的蕾铃受害数量,统计蕾铃被害率及蕾铃被害减退率:蕾铃被害减退率=(对照品种蕾铃被害率-鉴定材料蕾铃被害率)/对照品种

蕾铃被害率×100%。

依据叶片危害指数减退率和蕾铃被害减退率,计算抗性综合指数(抗性综合指数=叶片危害指数减退率+蕾铃被害减退率),综合评判供试棉花品种(系)对绿盲蝽的抗性级别。棉花品种(系)对绿盲蝽的抗性级别分为高抗、抗、中抗和感 4 级,抗性级别与抗性综合指数的关系见文献[16]。

1.4 棉花叶片纤维素和木质素含量的测定

分别在棉花生长的苗期、蕾期、花铃期,采集植株顶部倒数第 2 片初展开叶 1 片,采用比色法测定纤维素和木质素含量,每个材料重复测定 3 次。

1.5 棉花叶片纤维素和木质素含量与绿盲蝽抗性的相关分析

将棉花对绿盲蝽的田间抗性(y)和纤维素或木质素含量(x)通过 Excel 中的工具拟合回归曲线,进行相关性分析。

1.6 数据处理

数据采用 DPS7.05 LSD 法进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同棉花品种(系)对绿盲蝽的抗性及其叶片纤维素和木质素的含量

不同棉花品种(系)对绿盲蝽的综合抗性指数及

其苗期、蕾期、花铃期叶片纤维素和木质素含量见表 1。由表 1 可知,供试大多数棉花品种(系)叶片纤维素含量在苗期最高,其次是花铃期和蕾期;木质素含量在苗期、蕾期和花铃期差异不显著。在苗期,棉花叶片中纤维素含量最高的为花苞无蜜腺(15.79 mg/g),最低的为百棉 985(4.96 mg/g),其余品种(系)为 5.90~15.64 mg/g;木质素含量最高的为冀丰 197 和邯 6208(均为 2.12 mg/g),最低的为石系亚 1 号(1.16 mg/g),其余品种(系)为 1.24~2.02 mg/g。在蕾期,棉花叶片中纤维素含量最高的为 861(11.64 mg/g),最低的为百棉 985(0.27 mg/g),其余品种(系)为 0.39~9.34 mg/g;木质素含量最高的为花苞无蜜腺(2.56 mg/g),最低的为冀 91-47(1.12 mg/g),其余品种(系)为 1.31~2.10 mg/g。在花铃期,棉花叶片中纤维素含量最高的为花苞无蜜腺(11.22 mg/g),最低的为 BRS-10(2.13 mg/g),其余品种(系)为 2.19~11.09 mg/g;木质素含量最高的为银硕 109(2.94 mg/g),最低的为 U82-1(1.24 mg/g),其余品种(系)为 1.31~2.23 mg/g。由表 1 还可知,供试材料对绿盲蝽的抗性总体水平偏低,多数棉花品种抗性不明显或没有抗性。

表 1 不同棉花品种(系)对绿盲蝽的抗性及其苗期、蕾期、花铃期叶片纤维素和木质素含量

Table 1 Resistance of *A. lucorum* and contents of the cellulose of different cotton varieties in the leaf during seedling,budding and bolling stage

序号 Number	名称 Varieties	抗性综合指数/% Comprehensive resistance index	抗性级别 Resistance class	纤维素含量/(mg·g ⁻¹) Content of cellulose	
				苗期 Seedling stage	蕾期 Budding stage
1	石系亚 1 号 Shixiya 1	179.49	高抗 High resistance	8.96±0.25 def	3.57±0.45 n
2	HG-E-12	154.26	抗 Resistance	15.16±0.44 ab	5.39±0.15 gh
3	BRS-10	143.89	抗 Resistance	12.35±0.58 bc	4.52±0.31 ijklm
4	中 4717 Zhong 4717	140.46	抗 Resistance	14.14±0.68ab	4.24±0.36 klmn
5	衡棉 4 号 Hengmian 4	137.26	中抗 Middle resistance	6.15±0.24 efgh	6.22±0.60 ef
6	冀丰 106 Jifeng 106	128.51	中抗 Middle resistance	6.27±0.18 efgh	0.39±0.05 q
7	冀丰 197 Jifeng 197	127.37	中抗 Middle resistance	15.64±8.45 a	4.16±0.32 lmn
8	3018	126.97	中抗 Middle resistance	7.58±0.56 defg	4.36±0.10 ijklmn
9	邯 6208 Han 6208	125.31	中抗 Middle resistance	10.19±0.19 cd	5.22±0.42 ghi
10	花苞无蜜腺 Huabaowumixian	124.77	中抗 Middle resistance	15.79±0.88 ab	5.08±0.33 ghijk
11	百棉 985 Baimian 985	124.10	中抗 Middle resistance	4.96±0.18 gh	0.27±0.12 q
12	绿絮 1 号 Lǜxù 1	116.27	中抗 Middle resistance	8.77±0.77 def	4.61±0.18 hijkl
13	861	113.65	中抗 Middle resistance	13.14±0.01 h	11.64±0.25 a
14	U82-1	108.54	感 Sensitive	6.86±1.13 defg	5.15±0.27 ghij
15	冀 228 Ji 228	105.91	感 Sensitive	7.60±0.42 defg	2.65±0.07 o
16	百棉 1 号 Baimian 1	105.58	感 Sensitive	10.12±0.42 cd	0.53±0.17 q
17	银棉 505 Yinmian 505	101.44	感 Sensitive	7.58±0.05 defg	4.32±1.40 jklmn
18	银硕 109 Yinshuo 109	101.28	感 Sensitive	9.07±0.26 def	6.43±0.50 de
19	苏联棉 79 系 Sulianmian 79 xi	99.51	感 Sensitive	7.18±0.36 defg	9.34±0.53 b
20	中棉所 45 CCRR 45	93.35	感 Sensitive	5.90±0.30 fgh	7.03±0.46 d
21	SP-37	92.78	感 Sensitive	8.45±0.41 def	4.18±0.46 lmn
22	SGK3	82.90	感 Sensitive	7.26±0.39 defg	2.70±1.18 o
23	1316	78.59	感 Sensitive	9.32±0.32 de	2.65±0.02 o

续表 1 Continued table 1

序号 Number	名称 Varieties	抗性综合指数/% Comprehensive resistance index	抗性级别 Resistance class	纤维素含量/(mg·g ⁻¹) Content of cellulose	
				苗期 Seedling stage	蕾期 Budding stage
24	美棉 12 Meimian 12	60.98	感 Sensitive	6.18±0.54 e fgh	5.51±0.40 fg
25	孝感东风棉 Xiaogandongfengmian	56.47	感 Sensitive	7.78±0.23 defg	4.52±0.13 ijklm
26	EL-389	54.34	感 Sensitive	7.89±0.65 defg	3.73±0.08 mn
27	冀 91-47 Ji 91-47	29.35	感 Sensitive	7.50±0.26 efg	8.27±0.20 c

序号 Number	名称 Varieties	纤维素含量/(mg·g ⁻¹) Content of cellulose	木质素含量/(mg·g ⁻¹) Content of lignin		
		花铃期 Bolling stage	花铃期 Bolling stage	苗期 Seedling stage	蕾期 Budding stage
1	石系亚 1 号 Shixiya 1	11.09±0.17 a	1.16±0.00 r	1.49±0.02 fgh	1.35±0.01 k
2	HG-E-12	8.99±0.15 bcde	1.74±0.01 g	1.31±0.02 h	1.73±0.01 fgh
3	BRS-10	2.13±0.74 l	1.73±0.02 g	1.85±0.01 cd	1.59±0.03 i
4	中 4717 Zhong 4717	8.34±0.32 cdefg	1.43±0.01 m	1.98±0.01 bc	1.71±0.02 ghi
5	衡丰 4 号 Hengmian 4	3.63±0.08 jkl	1.24±0.01 q	1.98±0.02 bc	1.77±0.02 efgh
6	冀丰 106 Jifeng 106	6.70±0.17 gh	1.86±0.00 ef	1.97±0.05 bc	1.32±0.01 k
7	冀丰 197 Jifeng 197	8.03±0.17 defg	2.12±0.01 a	1.41±0.01 gh	1.48±0.04 j
8	3018	10.66±0.07 ab	1.64±0.01 jk	1.70±0.14 def	1.82±0.02 defg
9	邯 6208 Han 6208	6.81±0.43 gh	2.12±0.02 a	1.74±0.02 de	2.12±0.01 b
10	花苞无蜜腺 Huabaowumixian	11.22±0.58 a	1.31±0.01 p	2.56±0.03 a	1.85±0.01 def
11	百棉 985 Baimian 985	6.30±4.41 hi	1.93±0.01 c	1.59±0.02 efg	1.86±0.07 de
12	绿絮 1 号 Lǜxu 1	3.40±0.32 jkl	1.66±0.02 i	1.60±0.02 efg	2.23±0.02 b
13	861	9.83±0.15 abc	1.88±0.01 def	1.59±0.01 efg	1.90±0.01 cd
14	U82-1	9.22±0.54 bcd	1.39±0.01 n	1.88±0.02 cd	1.24±0.00 k
15	冀 228 Ji 228	3.22±0.42 kl	2.02±0.00 b	1.74±0.03 de	1.67±0.19 hi
16	百棉 1 号 Baimian 1	2.46±0.25 l	1.86±0.02 f	1.90±0.01 bcd	2.00±0.01 c
17	银棉 505 Yinmian 505	9.58±0.08 abcd	1.94±0.01 c	1.60±0.02 efg	1.93±0.03 cd
18	银硕 109 Yinshuo109	9.86±0.13 abc	1.44±0.01 m	2.10±0.03 b	2.94±0.02 a
19	苏联棉 79 系 Sulianmian 79 xi	3.17±0.42 kl	1.35±0.00 o	1.96±0.55 bc	2.18±0.02 b
20	中棉所 45 CCRR 45	2.39±0.44 l	1.88±0.01 de	1.73±0.05 de	2.13±0.01 b
21	SP-37	7.50±0.15 efgh	1.69±0.01 h	1.37±0.01 h	1.31±0.01 k
22	SGK3	4.40±0.38 jk	1.92±0.01 c	1.80±0.00 cde	1.90±0.01 cd
23	1316	2.19±0.39 l	1.62±0.00 k	1.61±0.18 efg	1.84±0.21 defg
24	美棉 12 Meimian 12	7.21±0.35 fgh	1.58±0.01 l	1.50±0.02 fgh	1.82±0.01 defg
25	孝感东风棉 Xiaogandongfengmian	6.20±0.07 hi	1.74±0.00 g	1.37±0.02 h	1.66±0.03 hi
26	EL-389	5.01±0.15 ij	1.89±0.00 d	1.98±0.02 bc	1.68±0.04 hi
27	冀 91-47 Ji 91-47	2.68±0.60 l	1.64±0.00 j	1.12±0.08 i	1.86±0.20 de

注:表中同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note:The different small letters in the same column label in table showed significant difference($P<0.05$).

2.2 棉花叶片纤维素和木质素含量与绿盲蝽抗性的相关分析

和木质素含量与其绿盲蝽抗性的相关性分析结果见表 2。

不同时期(苗期、蕾期、花铃期)棉花叶片纤维素

表 2 棉花对绿盲蝽抗性(y)与叶片纤维素和木质素含量(x)的相关性

Table 2 Relationship between the cotton resistance to *A. lucorum* (y) and the content of cellulose and lignin (x) of cotton in leaves

项目 Item	时期 Stage	回归相关式 Regression equation	R^2	P
纤维素含量 Content of cellulose	苗期 Seedling stage	$y=0.028\ 8x+5.500\ 9$	0.089 3	0.122
	蕾期 Budding stage	$y=-0.016\ 1x+6.360\ 6$	0.046 3	0.271
	花铃期 Bolling stage	$y=0.037\ 3x+2.362\ 3$	0.172 4	0.028
木质素含量 Content of lignin	苗期 Seedling stage	$y=-0.001\ 5x+1.863\ 0$	0.040 0	0.309
	蕾期 Budding stage	$y=0.002\ 1x+1.496\ 7$	0.058 3	0.211
	花铃期 Bolling stage	$y=-0.001\ 3x+1.971\ 0$	0.016 7	0.511

表 2 表明,棉花花铃期叶片纤维素含量与绿盲蝽抗性存在显著正相关性,苗期和蕾期叶片纤维素含量与棉花绿盲蝽抗性无显著相关性;苗期、蕾期和

花铃期叶片木质素含量均与棉花抗绿盲蝽无显著相关性,这可能与绿盲蝽的刺吸机制和部位不同有关。

3 讨 论

本研究通过对抗绿盲蝽棉花材料进行综合分析,结果发现,目前我国不同性状的棉花材料和现有的棉花品种对绿盲蝽的抗性总体水平偏低,多数棉花品种对绿盲蝽没有抗性或抗性不明显。本试验结果表明,不同棉花品种(系)叶片纤维素含量在苗期最高,其次是花铃期和蕾期;木质素含量在苗期、蕾期和花铃期差异不显著($P>0.05$);棉花花铃期叶片纤维素含量与绿盲蝽抗性存在显著正相关,苗期和蕾期叶片纤维素含量与棉花绿盲蝽抗性无显著相关性;苗期、蕾期和花铃期棉花叶片中木质素含量均与其绿盲蝽抗性无显著相关性,说明棉花品种对不同种类害虫的抗性机制不同。

棉花中生化代谢产物很多,本试验仅研究了棉花叶片中纤维素和木质素含量及其与绿盲蝽抗性的关系,而棉花体内半棉酚酮、杀棉铃虫素、单宁、儿茶酸、皂角苷等次生物质和氨基酸、固醇、磷脂等的含量及其与绿盲蝽抗性的关系有待进一步研究。同时,本试验仅研究了棉花叶片中生化代谢物质含量及其与绿盲蝽抗性的关系,棉花幼蕾和幼龄中生化代谢物质含量及与绿盲蝽抗性的关系也有待进一步研究。

合理利用植物通过次生代谢物质控制害虫危害的自然防御能力,是减少化学农药使用的重要途径,必将在害虫综合治理中发挥越来越重要的作用。

【参考文献】

- [1] Wu K M, Guo Y Y. The evolution of cotton pest management practices in China [J]. Ann Rev Entomol, 2005, 50: 31-52.
- [2] Wu K, Li W, Feng H, et al. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China [J]. Crop Prot, 2002, 21: 997-1002.
- [3] 郭建英, 周洪旭, 万方浩, 等. 两种防治措施下转 Bt 基因棉田绿盲蝽的发生与为害 [J]. 昆虫知识, 2005, 42(4): 424-428.
Guo J Y, Zhou H X, Wan F H, et al. Population dynamics and damage of *Lygus lucorum* in Bt cotton fields under two control measures [J]. Chin Bullet Entomol, 2005, 42(4): 424-428. (in Chinese)
- [4] 周洪旭, 万方浩, 刘万学. 绿盲蝽在转 Bt 基因抗虫棉田的发生动态及其为害研究 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 13-15.
Zhou H X, Wan F H, Liu W X. Study on population dynamics and damage of *Lygus lucorum* in transgenic Bt cotton [J]. Chin J Eco-Agri, 2003, 11(3): 13-15. (in Chinese)
- [5] Wang Z J, Lin H, Huang J K, et al. Bt cotton in China: Are secondary insect infestations offsetting the benefits in farmer fields [J]. Agri Sci Chin, 2009, 8(1): 83-90.
- [6] 史忠良, 仇松英. 小麦对麦红吸浆虫生化抗性机制的研究 [J]. 麦类作物学报, 2002, 22(4): 63-65.
Shi Z L, Qiu S Y. Studies on the mechanism of biochemical resistance to wheat blossom midge [J]. Journal of Triticeae Crops, 2002, 22(4): 63-65. (in Chinese)
- [7] Lukefahr M J, Marlin D F. Cotton plant pigments as a source of resistance to the bollworm and tobacco bud-worm [J]. Econ Entomol, 1966, 59: 176-179.
- [8] Lukefahr M J. Suppression of *Heliothis* sp. with cotton containing combinations of resistance character [J]. Econ Entomol, 1975, 68(6): 743-746.
- [9] Naveed M, Attique M R, Rafique M. Role of leaf hairs of different cotton varieties on the population development of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) [J]. Pakistan J Zool, 1995, 27: 277-278.
- [10] 王朝生, 杨刚, 董顺文, 等. 抗棉叶螨棉花种质川 98 系的选育 [J]. 中国农业科学, 1991, 24(4): 32-40.
Wang C S, Yang G, Dong S W, et al. The identification and selection of carmine spider mite resistance in cotton stock CH 98 [J]. Sci Agri Sin, 1991, 24(4): 32-40. (in Chinese)
- [11] Nibouche S, Brevault T, Klassou C, et al. Assessment of the resistance of cotton germplasm (*Gossypium* spp.) to aphids (Homoptera, Aphididae) and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae, Typhlocybinae): Methodology and genetic variability [J]. Plant Breeding, 2008, 127: 376-382.
- [12] Ahmad G, Arif M J, Sanpal M R Z. Population fluctuation of jassid, *Amrasca devastans* (Dist) in cotton through morpho-physical plant traits [J]. Caderno de Pesquisa Sér Bio, Santa Cruz do Sul, 2005, 17(1): 71-79.
- [13] 郭予元. 棉铃虫的研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
Guo Y Y. The study of *Helicoverpa armigera* (Hübner) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998. (in Chinese)
- [14] 林凤敏, 吴敌, 陆宴辉, 等. 棉花叶片茸毛性状与绿盲蝽抗性的关系 [J]. 植物保护学报, 2010, 37(2): 165-171.
Lin F M, Wu D, Lu Y H, et al. The relationship between the trichome characteristics of cotton leaves and the resistance to *Apolygus lucorum* [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2010, 37(2): 165-171. (in Chinese)
- [15] 雒珺瑜, 崔金杰, 黄群. 棉花叶片中叶绿素、蜡质含量和叶片厚度与抗绿盲蝽的关系 [J]. 植物保护学报, 2011, 38(4): 320-326.
Luo J Y, Cui J J, Huang Q. The relationship between the content of cotton leaf chlorophyll and waxiness and leaf thickness and the cotton resistance to *Apolygus lucorum* [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2011, 38(4): 320-326. (in Chinese)
- [16] 雒珺瑜, 崔金杰, 王春义, 等. 不同棉花品种对棉盲蝽的抗性及其鉴定方法 [J]. 中国棉花, 2011, 38(3): 25-28.
Luo J Y, Cui J J, Wang C Y, et al. Resistance and its identification methods of different cotton varieties to *Apolygus lucorum* Meyer-Dü [J]. China Cotton, 2011, 38(3): 25-28. (in Chinese)