

棉花品种抗绿盲蝽特性的田间光谱诊断^{*}

赵秋剑^{1,2**} 曹 扬¹ 周延乐¹ 李长友² 张永军^{1***} 郭予元¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193;

2. 青岛农业大学农学与植物保护学院 青岛 266109)

摘 要 调查了生长期 14 个不同棉花品种上绿盲蝽 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür 的危害情况。亚洲棉表现为高抗,冀丰杂 7 号等 12 个品种表现为中抗,灵-17 表现为敏感。田间采用 ASD 光谱仪对 14 个棉花品种生长期的冠层光谱进行了测定,发现相同品种不同时期的光谱反射率的一阶微分具有明显差异 ($P < 0.05$),在近红外 717 nm 波段处一阶微分光谱值与棉花抗绿盲蝽级别显著相关 ($R^2 = 0.89, P = 0.01$),可较好的表征绿盲蝽危害指数,可利用这个波段的光谱指标对棉花品种的抗绿盲蝽特性进行初步诊断,为棉花抗盲蝽评价选育提供参考。

关键词 棉花, 绿盲蝽, 反射光谱, 抗虫性

Using spectral reflectance in the field to determine the resistance of cotton varieties to *Apolygus lucorum*

ZHAO Qiu-Jian^{1,2**} CAO Yang¹ ZHOU Yan-Le¹ LI Chang-You²

ZHANG Yong-Jun^{1***} GUO Yu-Yuan¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Agronomy and

Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract The levels of damage caused by the mirid bug *Apolygus lucorum* Meyer-Dür on fourteen cotton varieties during the growing season were investigated in the field. Of these varieties it was found that Yazhoumian displayed the highest resistance to *A. lucorum*, that twelve cotton varieties including Jifengza-7 displayed moderate resistance, and that Ling-17 appeared the most susceptible. The reflectance from the canopies of the 14 varieties was measured by ASD Hand-held Spectro-radiometers and correlation analysis was undertaken to determine the wavebands that were sensitive to damage levels. The first derivative values of canopy reflectance were found to differ significantly among varieties from 690 to 750 nm ($P < 0.05$). Also, the first derivative value of canopy reflectance at 717 nm showed a significant negative correlation with the index of resistance to *A. lucorum* for cotton plants at the seedling stage ($P < 0.05$), which could reflect the levels of damage caused by *A. lucorum*. Therefore, spectral models based on reflectance from the canopy could be used to diagnose the resistance of cotton plants to *A. lucorum*.

Key words cotton, *Apolygus lucorum*, reflectance, insect resistance

盲蝽隶属半翅目盲蝽科 (Miridae), 全世界为害棉花的种类有 80 多种。国外主要报道为牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus)、豆荚盲蝽 *Lygus hesperus* (Knight) 和长毛草盲蝽 *Lygus rugulipennis* (Poppius) 等。在我国危害农作物的盲蝽主要有绿

盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)、中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* (Jakovlev)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze)、三点盲蝽 *Adelphocoris fasciaticollis* (Reuter) 和牧草盲蝽 *Lygus pratensis* (Linnaeus) 等。盲蝽是棉田常见的一类

* 资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (2012CB114104); 国家自然科学基金 (31071694, 31272048)。

** E-mail: jianjian08272412@163.com

*** 通讯作者, E-mail: yjzhang@ippcaas.cn

收稿日期: 2013-03-25, 接受日期: 2013-04-25

重要致害性昆虫,并可取食危害豆类、蔬菜、果树、牧草等多种作物(Wu *et al.*, 2002; Wu and Guo, 2005; 徐文华等, 2007)。其中,绿盲蝽是黄河流域棉区棉花等多种作物的主要害虫。近几年在一些发生严重棉田每年为防治盲蝽而使用化学农药达20余次(陆宴辉, 2008),因此建立科学合理的盲蝽控制技术体系十分迫切(夏敬源, 1996)。

自然界中病虫害常常造成农作物外部形态或内部生理变化。这种形态或生理的变化都会导致作物反射光谱特征的变化(陈鹏程, 2006)。棉花冠层叶片被植食性昆虫为害后,往往导致叶片色素合成代谢发生变化,其叶片颜色在一定程度上也会发生相应变化,可以采用反射光谱来表征棉花受害情况(Minolta, 1989)。当前,高光谱监测技术发展迅猛,在农业方面能够实时高效提供农作物长势、水肥状况及病虫危害数据,并绘制成“表征图”,供农业技术人员诊断、决策和估产等使用(程一松和胡春胜, 2001)。随着高光谱遥感技术的发展,国内外已成功利用光谱数据来研究植物受病虫害侵染为害状况(吴曙雯等, 2001; 乔红波等, 2005)。鉴于此,本文在田间运用高光谱遥感技术初步研究了14个棉花品种生长期的冠层光谱特征与对盲蝽抗性指数间的相关性,以期对棉花对盲蝽的抗性评价选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 棉花品种及小区设置

供试棉花品种共计14个,其中石杂202、石抗810、石抗338由石家庄市农业科学院提供,科林09-32、科林09-2由中国农业科学院新乡有害生物防治野外科学观测试验站提供,冀丰杂7号、冀杂708由河北省农林科学院棉花研究所提供,衡棉3号由河北省农林科学院旱地作物研究所提供,HBZ3、亚洲棉、GK50由农业部廊坊有害生物防治野外科学观测试验站提供,灵-06、灵-17、灵-34由中国农业科学院植物保护研究所提供。上述棉花品种于5月初在农业部廊坊有害生物防治野外科学观测试验站试验田内种植。小区采用随机区组设计,每个品种设置3个重复小区,每个小区面积为64 m²(8 m × 8 m)。生长期不使用任何农药,不打顶,不摘边心,其它常规管理。

1.2 棉田盲蝽危害级别评价

分别在苗期(6月底)、蕾期(7月中旬)、铃期(8月中旬)各调查一次。每小区随机调查10株棉花,记录棉株顶部嫩叶(5片)被害情况(曹扬, 2012)。棉花叶片被害级别分为0、1、2、3级,分别对应被调查的棉花叶片的未为害、轻微为害、中等为害和严重为害。计算为害指数后采用抗性值累计量化的方法综合评判供试品种(系)对绿盲蝽的抗性指数。评价标准按照林凤敏(2010)的综合抗性指数,各时期单项鉴定结果的抗性值设为1~5,最后,累计各单项的鉴定结果,获得该品种(系)的综合抗性指数。综合抗性指数<2为高感,2~3为中感,3~4为中抗,≥4为高抗(林凤敏, 2010)。

1.3 田间棉花光谱测定

采用美国ASD (Analytical spectral device)公司生产的野外便携式光谱仪(型号为Field Spec Hand held)。光谱仪的波段值范围是325~1 050 nm,光谱分辨率3 nm,采样间隔(波段宽)为1.41 nm,输出波段512 nm,测量速度固定扫描时间为0.1 s,视场角25°,配有3.5°前场镜头。选择天气晴朗,无风或者微风的天气于11:00—13:00进行冠层光谱测定。测量前仪器预热0.5 h,之后先进行白板校正。测定时测量人员穿着深色服装,手持光谱仪正对入射光方向,探头垂直向下距离棉株冠层约1.5 m。每个小区测量10次,取平均值。

1.4 数据处理

利用ASD ViewSpec Program进行光谱数据处理,棉花冠层反射光谱数值按照公式1进行一阶微分转换。

$$\rho'(\lambda) = \frac{[\rho(\lambda_i + 1) - \rho(\lambda_i - 1)]}{2\Delta\lambda} \quad (1)$$

式中: λ_i 为各波段波长, $\rho'(\lambda_i)$ 为波长 λ_i 的一阶微分光谱, $\Delta\lambda$ 是波长 $\lambda_i - 1$ 到 λ_i 的间隔。采用SAS8.0软件线性回归模块对棉花品种抗盲蝽指数与棉花冠层光谱数据的相关性进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同棉花品种(系)对绿盲蝽抗性的田间鉴定

田间鉴定表明,绿盲蝽在棉花不同生长期对棉花顶叶的为害情况有着明显变化。

表 1 不同棉花品种对绿盲蝽抗性的综合评价
Table 1 Resistance of the different cotton varieties for *Apolygus lucorum*

品种 Varieties	苗期 Seedling stage	蕾期 Budding stage	铃期 Bolling stage	综合抗性指数 Resistance index
	平均为害指数	平均为害指数	平均为害指数	
	Mean damage index	Mean damage index	Mean damage index	
冀丰杂 7 号 Jifengza 7	1.75 ± 0.75cd	3.00 ± 1.15ab	4.00 ± 1.00ab	2.91 ± 0.65ab
GK50	1.51 ± 0.51d	3.33 ± 1.22ab	2.00 ± 0.00cd	2.28 ± 0.54ab
冀杂 708 Jiza708	3.75 ± 0.62a	4.67 ± 0.33a	3.52 ± 1.51abc	3.97 ± 0.35a
灵-06 Ling-06	1.25 ± 0.25d	4.00 ± 0.57a	3.55 ± 0.52abc	2.92 ± 0.84ab
灵-17 Ling-17	2.75 ± 0.85bcd	5.00 ± 0.00a	3.53 ± 0.51abc	3.75 ± 0.66a
灵-34 Ling-34	1.25 ± 0.25d	3.33 ± 0.88ab	3.52 ± 0.54abc	2.69 ± 0.72ab
HBZ3	3.51 ± 0.28ab	3.67 ± 0.33a	3.51 ± 0.52abc	3.56 ± 0.05a
亚洲棉 Yazhoumian	2.75 ± 0.85abcd	4.33 ± 0.66a	5.00 ± 0.00a	4.03 ± 0.66a
石杂 202 Shiza202	2.01 ± 0.71bcd	4.33 ± 0.66a	4.51 ± 0.51a	3.61 ± 0.80a
石抗 810 Shikang810	2.51 ± 0.5abcd	4.33 ± 0.66a	4.00 ± 1.00ab	3.61 ± 0.56a
科林 09-2 Kelin09-2	1.00 ± 0.00d	3.67 ± 1.33a	2.51 ± 0.53bcd	2.39 ± 0.77ab
科林 09-32 Kelin09-32	1.25 ± 0.25d	3.67 ± 0.88a	4.51 ± 0.52a	3.14 ± 0.97ab
灵-17 Ling-17	1.25 ± 0.25d	1.00 ± 0.00b	1.00 ± 0.00d	1.08 ± 0.08b
衡棉 3 号 Hengmian 3	3.25 ± 0.47abc	3.33 ± 0.66ab	4.00 ± 0.00ab	3.53 ± 0.23a

注:数据为平均值 ± 标准误,标注不同字母的数字之间差异显著 ($P < 0.05$),Duncan's 新复极差检验。
The data are means ± SE, and followed by different letters are significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

田间调查发现,绿盲蝽在生长季内不同品种棉株顶叶为害不同,依据绿盲蝽为害指数计算获得棉花品种对绿盲蝽的综合抗性级别(表 1)。综合评价表明,亚洲棉表现为高抗,冀丰杂 7 号、GK50、灵-06、灵-34、科林 09-2 表现为中感,HBZ3、石杂 202、石抗 810、科林 09-32 和衡棉 3 号表现为中抗,而灵-17 对绿盲蝽表现为高感。

2.2 不同受害级别棉花冠层光谱诊断

测定了生长期不同棉花品种植株冠层光谱反射率,并对反射率数值一阶微分进行了比较(图 1)。图 1 中光谱曲线显示,同一品种(以冀丰杂 7 号为例)不同时期在 690 ~ 750 nm 的反射率的一阶微分存在显著性差异 ($F = 5.1, P < 0.05$),该波段区域处的反射率可较好的表征棉花植株遭受绿盲蝽危害的程度。光谱反射率一阶微分最大值在

蕾期,对应光谱波段为 717.1 nm,相应的光谱反射率一阶微分的最大值为 0.012。光谱反射率一阶微分最小值在苗期,对应的光谱波段为 717.9 nm,相应的光谱反射率的一阶微分为 0.009。

采用相关分析与回归建模方法研究了不同棉花植株冠层光谱反射率一阶微分与其对绿盲蝽综合抗性指数的相关关系,初步组建了绿盲蝽危害程度的光谱特征模型(表 2)。

由表 2 数据可以发现,棉花苗期冠层光谱反射率一阶微分与其对绿盲蝽抗性具有显著相关性 ($P < 0.05$),回归模型为 $Y = 1336.81x - 5.99, R^2 = 0.89$,表明苗期棉花冠层低反射率可增加绿盲蝽对棉花植株的取食为害,推测苗期棉花冠层高反射光谱有助于植株的抗虫性。

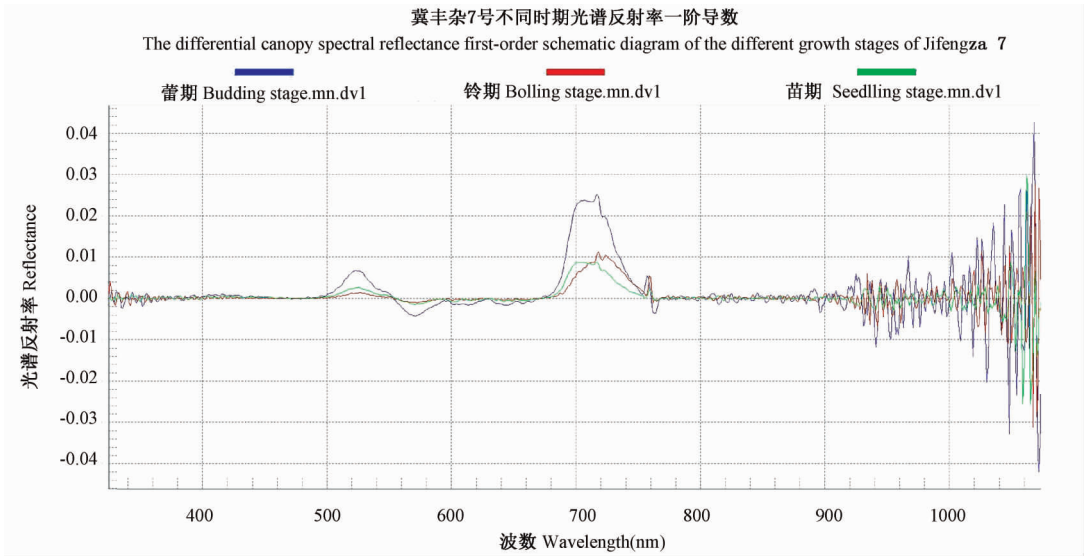


图 1 不同生长时期棉花冠层光谱反射率一阶微分示意图

Fig.1 The differential canopy spectral reflectance first-order schematic diagram of cotton plants along the developmental stages

表 2 基于冠层光谱指标的绿盲蝽为害等级 (Y) 的回归诊断模型

Table 2 Regression model of the spectral reflectance in different developmental stages

生长期 Developmental stage	回归模型 Regression model	相关系数 R^2	P P value
苗期 Seedling stage	$Y = 1336.81x - 5.99$	$R^2 = 0.89$	0.01
蕾期 Budding stage	$Y = 1929x - 1.75$	$R^2 = 0.28$	0.07
铃期 Bolling stage	$Y = 435.23x - 2.45$	$R^2 = 0.06$	0.72

3 讨论

田间调查了不同棉花品种绿盲蝽危害情况,结果显示亚洲棉属于高抗品种,冀丰杂 7 号等表现为中抗,灵-17 表现为高感,这些结果可为棉花抗虫种质资源筛选提供依据。

高光谱分辨率遥感以其分辨率高、信息丰富等优点,有着其他常规遥感不可比拟的优势 (Carter,1993; Bisun,1998; Guan and Nutter,2002; Jr and Guan,2002),可以及时、大面积并无损伤的对作物病虫肥造成的胁迫进行监测 (Kieckhefer and Kantack,1980; Demetriades-Shah and Steven,1988; Krause and Weis,1991; Carter *et al.*,1996; George,1998; Guan and Nutter,2002)。其连续的光谱可以真实全面的反映植被固有的信息以及被病

虫肥胁迫后的差异性。有报道指出,当作物受到病虫害侵染为害后的前期,健康作物和受侵染作物在可见光波段的光谱之间的差异不甚显著,但利用高光谱遥感测得的近红外光区的光谱特征却可以显著的区分出健株和病株 (Krause and Weis,1984)。与传统利用双眼观察可见光区植株叶片颜色改变而得出的预报相比,高光谱遥感可以在病虫害的危害前期就做出预警 (Riedell,1989; Malthus and Madeira,1993; Merideth,1998)。棉株冠层反射率是棉花影响昆虫取食为害的重要因子,本文发现棉花冠层光谱反射率与棉花对绿盲蝽的抗性具有密切关系,绿盲蝽趋向于低反射光谱叶片取食危害,而高反射光谱对绿盲蝽具有潜在的拒避效果,初步结果可为棉花抗盲蝽评价选育提供一个简便快速的科学参考。当然棉花抗

虫特性是多因素共同作用的结果,需要多手段全方位系统研究。

参考文献 (References)

- Bisun D, 1998, Remote sensing of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll alb, and total carotenoid content in *Eucalyptus* leaves. *Remote Sens. Environ.*, 66(5):111 – 121.
- Carter GA, 1993. Response of leaf spectral reflectance to plant stress. *Am. Bot.*, 80:239 – 243.
- Carter GA, Dell TR, Cibula WG, 1996. Spectral reflectance characteristics and digital imagery of a pine needle blight in the southeastern United State. *Can. J. For. Res.*, 26(5): 402 – 407.
- Demetriades-Shah TH, Steven MD, 1988. High spectral resolution indices for monitoring crop growth and chlorosis. Proceedings of 4th International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing. Aussois, France.
- George AB, 1998. Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales; an evaluation of some hyperspectral approaches. *Remote Sens. Environ.*, 66(1):273 – 285.
- Guan J, Nutter JF, 2002. Relationships between defoliation, leaf area index, canopy reflectance, and forage yield in the alfalfa-leaf spot pathosystem. *Comput. Electron. Agr.*, 12(3):97 – 112.
- Jr NF, Guan J, 2002. Quantifying alfalfa yield losses caused by foliar diseases in Iowa, Ohio, Wisconsin, and Vermont. *Plant Disease*, 86(7):269 – 277.
- Kieckhefer RW, Kantack BH, 1980. Losses in yield in spring wheat in South Dakota caused by cereal aphids. *Econ. Entomol.*, 73(3):582 – 585.
- Krause GH, Weis E, 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. Interpretation of fluorescence signals. *Photosynth. Res.*, 5(7):139 – 157.
- Krause GH, Weis E, 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Boil.*, 42(4):313 – 349.
- Malthus TJ, Madeira AC, 1993. High resolution spectroradiometry: spectral reflectance of field bean leaves infected by *Botrytis fabae*. *Remote Sens. Environ.*, 45(2): 107 – 116.
- Merideth Jr WR, 1998. The role of host plant resistance in *Lygus* management. *Proc. Beltwide Cotton Conf. Memphis TN.*, 25(1):940 – 944.
- Minolta Co. Ltd, 1989, Chlorophyll SPAD -502 instruction manual. Radiometric Instruments Operations. 17 – 21.
- Riedell WE, 1989. Effects of Russian wheat aphid infestation on barley plant response to drought stress. *Physiol. Plantarum.*, 77(2):587 – 592.
- Wu K, Li W, Feng H, Guo Y, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Prot.*, 21(3):997 – 1002.
- Wu KM, Guo YY, 2005. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annu. Rev. Entomol.*, 50(7):31 – 52.
- 曹扬, 吴敌, 赵秋剑, 张永军, 郭予元, 2012. 不同棉花品种(系)抗盲蝽田间鉴定与评价. *应用昆虫学报*, 49(4): 917 – 922.
- 陈鹏程, 张建华, 雷勇辉, 2006. 高光谱遥感监测农作物病虫害研究进展. *农业信息科学*, 22(2):388 – 391.
- 程一松, 胡春胜, 2001. 高光谱遥感在精准农业中的应用. *农业系统科学与综合研究*, 3(17):193 – 196.
- 林凤敏, 吴敌, 陆宴辉, 张永军, 王沫, 吴孔明, 郭予元, 2010. 棉花叶片性状(厚度和油点密度)与其对绿盲蝽抗性的关系. *昆虫学报*, 53(7):780 – 785.
- 陆宴辉, 2008. 盲椿象生态适应性研究. 博士学位论文. 北京:中国农业科学院植物保护研究所.
- 乔红波, 程登发, 孙京瑞, 2005. 麦蚜对小麦冠层光谱特性的影响研究. *植物保护*, 31(2):21 – 26.
- 吴曙雯, 王人潮, 陈晓斌, 2001. 稻叶瘟对水稻光谱特性的影响研究. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 20(1):73 – 76.
- 夏敬源, 1996. 棉花抗虫性研究与利用. *棉花学报*, 8(2): 57 – 64.
- 徐文华, 卞同洋, 刘标, 王瑞明, 郑央萍, 2007. 棉盲蝽优势种在转 Bt 基因抗虫棉田的动态分布. *江西农业学报*, 19(9):53 – 58.