应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(4):948—955

烟草对烟粉虱的抗性与烟草化学成分的相关性*

任广伟** 王新伟 王秀芳 陈 丹

(中国农业科学院烟草研究所 青岛 266101)

摘 要 为探明烟草对烟粉虱 *Bemisia tabaci*(Gennadius)的抗性机制,分别测定了不同烟草品种的叶绿素相对含量、鲜烟叶及烤后烟叶的化学成分含量,并分析了烟草抗虫性与烟草化学成分的关系。结果表明,中部叶片叶绿素含量与烟粉虱数量呈负相关,相关系数达到了显著水平;鲜烟叶化学成分钾氯比、糖碱比、氮碱比、还原糖、烟碱、蛋白质与烟草品种抗虫性均有一定相关性,但相关系数均未达到显著水平;烤后烟叶化学成分中以烟碱与虫量的相关性最强,且呈负相关,氮碱比与虫量呈正相关。氨基酸总量与烟粉虱虫量呈显著正相关,对烟草品种抗虫性影响较大6种氨基酸为丝氨酸、精氨酸、苏氨酸、谷氨酸、亮氨酸、赖氨酸,相关系数均达到了显著水平。综上,对烟草品种抗虫性影响较大的化学指标为中部叶片的叶绿素、烟碱、6种氨基酸含量以及氮碱比。

关键词 烟草,烟粉虱,化学成分,抗虫性

Correlations between resistance of tobacco to tobacco whitefly and chemical components of tobacco leaves

REN Guang-Wei** WANG Xin-Wei WANG Xiu-Fang CHEN Dan

(Tobacco Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, China)

Abstract With the aim for the resistance mechanism to *Bemisia tabaci* (Gennadius) we determined the chlorophyll content of tobacco leaves, the chemical components in fresh or cured tobacco leaves, and analyzed the correlations between resistance of tobacco to *B. tabaci* and chemical components of tobacco leaves. Results show that significantly negative correlation occurs between the chlorophyll content in middle tobacco leaves and the population amount of *B. tabaci*. The ratio of K_2O to Cl, sugar to nicotine, nitrogen to nicotine, and the contents of reducing sugar, nicotine, protein in fresh leaves are correlated with the resistance of tobacco variety to *B. tabaci*, yet with no significant level. Involving the chemical components of cured tobacco leaves, nicotine demonstrates the most evident and negative correlation to the amount of *B. tabaci*, while the ratio of nitrogen to nicotine, the positive. The total amount of amino acid is significantly positive correlated to the amount of *B. tabaci*. Six amino acids have greater effects on the resistance of tobacco variety, including serine、arginine、threonine、glutamic acid、leucine、lysine, with the correlation coefficient reaching significant level. We conclude that the contents of chlorophyll, nicotine, six amino acids, and the ratio of nitrogen to nicotine have more considerable effects on the resistance of tobacco variety to *B. tabaci*.

Key words tobacco, *Bemisia tabaci*, chemical components, resistance to insects

烟粉虱 *Bemisia tabaci*(Gennadius)属同翅目、粉虱科,广泛分布于多个国家和地区,已成为世界范围内的一种重要害虫。我国有关烟粉虱的记载始于1949年,很长时间内烟粉虱并不是我国农作物的重要害虫,但自20世纪90年代以来,其为害逐年加重,已成为我国农业和园林植物上的一种重要害虫(张芝利和罗晨,2001)。

烟粉虱的寄主植物多达600余种(Oliveira *et al.*,2001),其中烟草是其嗜食寄主植物之一。烟粉虱成虫和若虫均可为害,在烟株叶片和嫩茎上刺吸汁液,造成植株生长发育受阻,并可分泌蜜露污染叶片、诱发煤污病,影响叶片光合作用(王

* 资助项目:中国烟草总公司科技项目(110200902065)。

**E-mail: myzus@126.com

收稿日期:2010-06-18,接受日期:2011-03-25

承香等,2009)。另外,烟粉虱还可传播烟草曲叶病毒病(tobacco leaf curl virus,TLCV)。自 2000 年以来,烟粉虱在山东、河南等烟区发生、为害严重,对烟叶生产造成较大损失(王秀芳等,2010)。

植物的抗虫性是植物对虫害的一种防御反应,是一种可遗传的特性,不同的植物种类或同种作物的不同品种(品系)对昆虫的抗性程度有较大的差异(林克剑等,2003; 吴青君等,2004)。国内外有关人员研究了不同寄主植物或不同作物品种对烟粉虱生物学及生态学特性的影响,并对有关寄主植物的抗虫性机制进行了研究,结果表明,寄主植物的颜色、表皮毛密度、营养成分、次生化合物以及挥发物等是影响抗虫性的重要因素(Tsai and Wang, 1996; Bellotti and Arias, 2001; Chu *et al.*,2001; 徐冉等,2005),王承香等(2009)报道了不同烤烟品种对烟粉虱的生长发育以及繁殖周期的影响存在较大差异。尚未见烟草化学成分与抗虫性相关性的有关报道。

本研究采用 8 种对烟粉虱抗性差异较大的烟草品种,测定了其相关化学成分并分析了与品种抗虫性的相关性,以期为抗虫育种以及烟粉虱的综合治理奠定基础。

1　材料与方法

1.1　供试材料

选取对烟粉虱抗性差异较大的 8 个烟草品种,分别为 Pelo De Oro p-1-6、NC82、Speight G-28、Speight G-140、Sweet Orinoco、中烟 86、NC89、中烟 14,以上品种均为烤烟类型。

1.2　试验和调查方法

试验在中国农业科学院烟草研究所试验基地进行。田间试验采用随机区组设计,每个品种为 1 个处理,重复 3 次。每个小区种植 3 行,每行 20 株,行株距 1 m×0.5 m。整个生育期间未施用任何杀虫药剂,其他栽培管理措施同常规大田生产。试验田周围种植烤烟。

对供试材料以自然感虫的方式进行抗性调查,在烟粉虱发生高峰期(8 月中旬),每个品种随机取 10 株,每株随机取一片中部叶,调查其上烟粉虱成虫、若虫、伪蛹的数量。

另选取土壤肥力、环境条件与上述试验田相近的地块,种植以上 8 个烤烟品种,每个品种 50 株,在烟草整个生育期内防治烟粉虱及其他害虫,其他管理措施同以上试验田。在进行烟粉虱调查的同时,于此试验田内采收各品种中部鲜烟叶,每品种 10 株,每株取大致同一位置的 2 片烟叶,处理后测定化学成分。各部位叶片成熟后及时采收并进行烘烤,取调制后的中部叶片混合等级样品测定化学成分。

1.3　化学成分测定

1.3.1　鲜烟叶处理方法　将鲜烟叶清洗干净,去除主脉,105℃杀青 20 min,65℃烘干、磨碎。

1.3.2　常规化学成分测定　鲜烟叶及调制后烟叶常规化学成分由农业部烟草产品质量监督检验测试中心检测,测定项目包括烟碱、总糖、还原糖、总氮、蛋白质、氯、氧化钾含量等,并计算相关化学成分的比值,包括施木克值、氮碱比、糖碱比、糖氮比等。

采用 SB-33 日立 8350 氨基酸自动分析仪测定各品种主要游离氨基酸含量。

1.3.3　叶绿素相对含量的测定　测定仪器为 SPAD-502 Chlorophyll meter。每个品种取中部叶进行测量,重复 10 次,每个叶片取尖端、中部、基部、叶缘 4 个部位进行测定。

1.4　数据分析

数据分析采用 DPS 3.11 版本。其中,烟粉虱虫口密度、叶绿素相对含量均为各次重复的平均值,各种化学成分与烟草品种抗虫性的关系通过计算虫量与化学成分的相关系数来判定,方差分析采用 Duncan 新复极差法。

2　结果与分析

2.1　烟草品种对烟粉虱的抗性程度

8 个烟草品种对烟粉虱的抗性程度差异显著(表 1),成虫数量为 7.33~165.67 头/叶,若虫和伪蛹数量为 4.33~615.00 头/叶,总虫量为 11.67~780.67 头/叶,其中 Pelo De Oro p-1-6 对烟粉虱抗性最强,中烟 14 对烟粉虱抗性最弱。

2.2　叶片叶绿素相对含量与品种抗虫性的关系

由表 2 可知,供试 8 个烟草品种的中部叶叶绿素相对含量有较大差异,叶绿素相对含量为 29.40~39.08,其中部分品种之间差异显著。相关性分析结果表明,成虫数量、若虫和伪蛹数量、总虫量与叶绿素含量的相关系数分别为 r = -

0.7944($P=0.0185$)、$r=-0.7496$($P=0.0322$)、$r=-0.7759$($P=0.0236$),表明成虫数量、若虫和伪蛹数量、总虫量与中部叶绿素含量均呈负相关,相关系数均达到了显著水平,即叶绿素含量越高,虫量越低,品种抗性越强。

表 1 8 个烟草品种对烟粉虱的抗性程度

Table 1 Resistance degree of eight tobacco varieties to *Bemisia tabaci*

品种编号 No.	品种 Tobacco variety	成虫(头/叶) Adult per leaf		若虫和伪蛹(头/叶) Nymph and psuedopupa per leaf		总虫量(头/叶) Total number	
1	Pelo De Oro p-1-6	7.33	c	4.33	c	11.67	c
2	NC82	27.67	bc	80.00	bc	107.67	bc
3	Speight G-28	45.67	bc	94.33	bc	140.00	bc
4	Speight G-140	76.67	ab	610.00	a	686.67	a
5	Sweet Orinoco	9.33	c	15.00	c	24.33	c
6	中烟 86	107.67	ab	252.67	ab	360.33	ab
7	NC89	29.67	bc	4.33	c	34.00	c
8	中烟 14	165.67	a	615.00	a	780.67	a

注:品种编号下同。同列不同字母表示在 0.05 水平差异显著,表 2 同。

The number of eight tobacco is same for the following tables. Data in the same column with different letters indicate significantly different at 0.05 level. The same for Table 2.

表 2 8 个烟草品种中部叶片叶绿素相对含量

Table 2 Content of chlorophyll in middle leaves of eight tobacco varieties

品种编号 No.	叶绿素相对含量 Content of Chlorophyll	差异显著性 Significance of difference
1	36.30	a
2	35.35	ab
3	34.53	ab
4	33.95	ab
5	39.08	a
6	36.25	a
7	35.40	ab
8	29.40	b

2.3 鲜烟叶常规化学成分与品种抗虫性的关系

测定了 8 个品种烟草中部叶片的常规化学成分,并计算了 5 种化学成分的比值(表 3),结果表明,品种间常规化学成分烟碱、总糖、还原糖、总氮、氧化钾、蛋白质含量有一定差异。对各种化学成分与烟粉虱成虫、若虫和伪蛹、总虫量的相关性进行了分析(表 4)。

按相关系数绝对值从大到小排列,对烟粉虱成虫影响较大的化学成分有糖碱比、钾氯比、氮碱比、还原糖、烟碱,其相关系数绝对值均在 0.5 以上,其中钾氯比、糖碱比、氮碱比与烟粉虱成虫数量呈正相关,还原糖、烟碱与烟粉虱成虫数量呈负相关,但均未达到显著水平。

按相关系数绝对值从大到小排列,对烟粉虱若虫和伪蛹数量影响较大的化学成分有钾氯比、蛋白质、总氮、氮碱比、氧化钾,其相关系数绝对值均在 0.5 以上,但均未达到显著水平。以上各成分含量与烟粉虱若虫和伪蛹数量均呈正相关。

按相关系数绝对值从大到小排列,对烟粉虱总虫量影响较大的化学成分有钾氯比、氮碱比、氧化钾、蛋白质、糖碱比、总氮,其相关系数绝对值均在 0.5 以上,但均未达到显著水平。以上各成分含量与烟粉虱总虫量均呈正相关。烟碱、还原糖与烟粉虱总虫量的相关系数略小于以上化学成分的相关系数,均呈负相关。

2.4 烤后烟叶常规化学成分与品种抗虫性的关系

测定了 8 个品烟草种烤后中部叶片的 5 种常规化学成分,并计算了 3 种化学成分的比值(表 5),结果表明,各品种间烤后叶片的常规化学成分烟碱、总糖、还原糖、总氮、蛋白质等有一定差异。

相关性分析结果表明(表 6),对烟粉虱成虫影响较大的化学成分有烟碱、氮碱比,其相关系数

表 3　8 个烟草品种鲜烟叶常规化学成分(%)

Table 3　Main chemical components in fresh leaves of eight tobacco varieties (%)

化学成分 Chemical components	1	2	3	4	5	6	7	8
烟碱 Nicotine	0. 46	0. 62	0. 23	0. 34	0. 40	0. 45	0. 35	0. 20
总氮 Total nitrogen	4. 57	4. 64	5. 24	5. 81	5. 16	4. 64	5. 19	5. 21
蛋白质 Protein	28. 07	28. 33	32. 51	35. 94	31. 82	28. 52	32. 06	32. 35
还原糖 Reducing sugar	3. 34	2. 93	2. 09	1. 94	1. 94	1. 68	1. 96	1. 93
总糖 Total sugar	4. 63	5. 00	3. 44	3. 25	3. 75	3. 75	3. 25	4. 00
氧化钾 K_2O	3. 17	2. 71	3. 23	3. 31	2. 91	2. 73	3. 21	3. 55
氯 Cl	0. 80	0. 59	0. 64	0. 65	0. 60	0. 57	0. 62	0. 65
钾氯比 K/Cl	4. 00	4. 60	5. 00	5. 10	4. 90	4. 80	5. 20	5. 50
施木克值 Soluble sugar/Protein	0. 16	0. 18	0. 11	0. 09	0. 12	0. 13	0. 10	0. 12
氮碱比 Nitrogen/Nicotine	9. 93	7. 48	22. 78	17. 09	12. 90	10. 31	14. 83	26. 05
糖碱比 Sugar/Nicotine	10. 07	8. 06	14. 96	9. 56	9. 38	8. 33	9. 29	20. 00
糖氮比 Sugar/Nitrogen	1. 01	1. 08	0. 66	0. 56	0. 73	0. 81	0. 63	0. 77

表 4　鲜烟叶化学成分与烟粉虱虫量的相关系数

Table 4　Correlation coefficients between chemical components of fresh tobacco leaves and amount of *Bemisia tabaci*

化学成分 Chemical components	成虫 Adults		若虫和伪蛹 Nymph and psuedopupa		总虫量 Total number	
	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*
烟碱 Nicotine	- 0. 5066	0. 2001	- 0. 4627	0. 2484	- 0. 4818	0. 2267
总氮 Total Nitrogen	0. 2229	0. 5958	0. 5602	0. 1487	0. 5138	0. 1928
蛋白质 Protein	0. 2423	0. 5631	0. 565	0. 1445	0. 5213	0. 1852
还原糖 Reducing sugar	- 0. 5301	0. 1766	- 0. 4239	0. 2953	- 0. 4531	0. 2595
总糖 Total sugar	- 0. 1939	0. 6455	- 0. 2593	0. 5352	- 0. 2539	0. 544
氧化钾 K_2O	0. 4128	0. 3094	0. 5315	0. 1752	0. 5233	0. 1832
氯 Cl	- 0. 2302	0. 5834	- 0. 0727	0. 8643	- 0. 1025	0. 8092
钾氯比 K/Cl	0. 6271	0. 0961	0. 5717	0. 1387	0. 5955	0. 1193
施木克值 Soluble sugar/Protein	- 0. 2797	0. 5023	- 0. 4033	0. 3218	- 0. 3911	0. 338
氮碱比 Nitrogen/Nicotine	0. 5955	0. 1193	0. 5614	0. 1476	0. 5811	0. 1308
糖碱比 Sugar/Nicotine	0. 6396	0. 0877	0. 4921	0. 2155	0. 5303	0. 1763
糖氮比 Sugar/Nitrogen	- 0. 2324	0. 5797	- 0. 3681	0. 3697	- 0. 3529	0. 3913

表 5 8 个烟草品种烤后烟叶常规化学成分(%)

Table 5 Main chemical components in cured leaves of eight tobacco leaves(%)

品种编号 No.	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	总氮 Total nitrogen	蛋白质 Protein	烟碱 Nicotine	施木克值 Soluble sugar/Protein	糖碱比 Sugar/Nicotine	氮碱比 Nitrogen/Nicotine
1	15.50	13.56	2.09	10.50	2.38	1.48	6.51	0.88
2	23.17	18.10	1.48	9.04	2.25	2.56	10.30	0.66
3	26.03	20.21	1.87	9.39	2.13	2.77	12.22	0.88
4	15.44	13.88	2.03	10.24	2.28	1.51	6.77	0.89
5	15.59	14.30	1.80	8.58	2.49	1.82	6.26	0.72
6	17.10	16.99	1.74	8.40	2.29	2.04	7.47	0.76
7	17.94	15.50	2.13	10.95	2.19	1.64	8.19	0.97
8	16.99	14.15	1.93	10.60	1.37	1.60	12.40	1.41

表 6 烤后烟叶化学成分与烟粉虱虫量的相关系数

Table 6 Correlation coefficients between chemical components of cured tobacco leaves and the amount of *Bemisia tabaci*

化学成分 Chemical components	成虫 Adults		若虫和蛹 Nymph and psuedopupa		总虫量 Total number	
	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*
总糖 Total sugar	-0.1402	0.7406	-0.2859	0.4924	-0.2669	0.5228
还原糖 Reducing sugar	-0.0910	0.8303	-0.3156	0.4464	-0.2833	0.4966
总氮 Total nitrogen	-0.0045	0.9917	0.1242	0.7695	0.1043	0.8058
蛋白质 Protein	0.1180	0.7808	0.2462	0.5567	0.2294	0.5848
烟碱 Nicotine	-0.8095*	0.0149	-0.6225	0.0993	-0.6710	0.0685
施木克值 Soluble sugar/Protein	-0.1633	0.6993	-0.3353	0.4168	-0.3128	0.4506
糖碱比 Sugar/Nicotine	0.4645	0.2462	0.2353	0.5749	0.2818	0.4989
氮碱比 Nitrogen/Nicotine	0.7072*	0.0498	0.6013	0.1149	0.6348	0.0909

注: * 表示相关性达到显著水平($P<0.05$)。

* represents the significant correlation($P<0.05$).

均达到显著水平。其中氮碱比与烟粉虱成虫数量呈正相关,烟碱含量与烟粉虱成虫数量呈负相关,表明氮碱比越高,烟草抗虫性越低,烟碱含量越高,烟草抗虫性越强。

对烟粉虱若虫和伪蛹数量以及总虫量影响较大的化学成分仍然为烟碱、氮碱比、氧化钾,其中氮碱比与烟粉虱若虫和伪蛹数量以及总虫量均呈正相关,烟碱含量与二者呈负相关。但均未达到显著水平。

2.5 鲜烟叶氨基酸含量与品种抗虫性的关系

测定了 8 个品种烟草中部鲜烟叶的常见氨基

酸种类的含量(表 7),不同品种的氨基酸含量有一定差异,其中以天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸、精氨酸的含量较高,胱氨酸、蛋氨酸、组氨酸的含量较低。中烟 14、Speight G - 28 2 个品种的氨基酸总含量较高,分别为 360.10、330.60 mg/g,Pelo De Oro p - 1 - 6 、NC82 2 个品种的含量较低,分别为 295.83、298.92 mg/g。

对各种氨基酸含量与烟粉虱成虫、若虫和伪蛹、总虫量的相关性进行了分析(表 8)。结果表明,氨基酸总量与烟粉虱成虫以及总虫量呈显著正相关,与若虫和伪蛹数量的相关系数接近显著水平,表明氨基酸含量越高,品种的抗性越低。就单个氨基酸种类而言,有 17 种氨基酸与烟粉虱虫量呈正相关,部分种类的相关系数达到了显著或极显著水平,仅胱氨酸与烟粉虱虫量呈负相关,但均未达到显著水平。

对烟草品种抗虫性影响最大的 3 种氨基酸为丝氨酸、苏氨酸和精氨酸,其含量均与烟粉虱虫量呈正相关,相关系数达到了极显著水平;酪氨酸与烟粉虱成虫数量呈极显著正相关,但与若虫和伪蛹、总虫量相关不显著。另外有 3 种氨基酸的含量与烟粉虱虫量亦呈显著正相关,分别是谷氨酸、亮氨酸、赖氨酸。

表 7　8 个烟草品种鲜烟叶氨基酸含量(mg/g)

Table 7　Content of amino acids in fresh leaves of eight tobacco leaves

氨基酸种类 Amino acids	1	2	3	4	5	6	7	8
天门冬氨酸 Asp	31.20	34.17	39.08	37.60	32.55	34.82	45.61	47.55
苏氨酸 Thr	14.47	14.12	14.08	15.27	14.70	15.07	14.60	16.08
丝氨酸 Ser	13.64	13.55	13.68	14.97	13.90	14.31	14.21	15.94
谷氨酸 Glu	48.69	47.40	52.92	52.43	46.14	46.03	47.09	60.75
脯氨酸 Pro	15.02	13.61	16.97	14.65	14.64	15.25	14.51	16.73
甘氨酸 Gly	16.09	15.46	16.45	17.00	16.72	16.54	16.04	17.22
丙氨酸 Ala	20.06	21.81	21.11	21.33	22.02	21.68	20.98	22.68
胱氨酸 Cys	1.99	2.24	0.00	2.02	1.84	1.98	1.83	0.00
缬氨酸 Val	18.71	17.30	27.50	18.67	18.95	18.90	18.96	25.02
蛋氨酸 Met	5.59	5.41	5.88	4.30	4.90	4.44	3.72	5.76
异亮氨酸 Ile	16.12	14.95	17.00	16.76	16.27	16.16	16.40	18.13
亮氨酸 Leu	24.72	24.46	25.02	25.70	25.90	25.90	24.57	26.47
酪氨酸 Tyr	11.33	11.43	11.66	11.79	11.67	12.66	11.94	12.91
苯丙氨酸 Phe	15.32	14.84	15.94	16.06	16.19	16.61	16.49	17.12
赖氨酸 Lys	14.95	17.68	18.61	19.48	18.01	19.34	18.91	20.87
氨 NH_3	7.85	7.14	10.18	9.79	8.01	8.01	10.41	10.18
组氨酸 His	4.85	5.33	5.36	5.78	5.62	5.40	5.59	6.10
精氨酸 Arg	18.24	18.03	19.16	19.89	18.90	19.61	19.28	20.61
总量 TAA	298.83	298.92	330.60	323.50	306.93	312.71	321.13	360.10

3　讨论

本文研究结果表明,中部叶片的叶绿素、烟碱、6 种氨基酸含量以及氮碱比是影响烟草品种对烟粉虱抗性的主要化学成分。本文所测定的相关化学成分如烟碱、还原糖、总糖、总氮、蛋白质以及相关化学成分的比值,是影响烟叶内在品质的重要因素,其含量受遗传因素的影响,同时也受生态条件、栽培措施、调制工艺等因素的影响(中国农业科学院烟草研究所,2005)。本文初步明确了相关化学成分对烟草抗虫性的影响,在生产实践中,可通过调整栽培措施来调节烟草体内化学成分的含量,在一定程度上减轻烟粉虱的为害程度。

昆虫对较远距离寄主植物的定向主要通过视觉作用来完成(赵冬香等,2004),其中寄主的颜色对昆虫的降落、取食、产卵等有较大的影响。曹凤

表 8 鲜烟叶氨基酸含量与烟粉虱虫量的相关系数

Table 8 Correlation coefficient between content of amino acids and amount of *Bemisia tabaci*

氨基酸种类 Amino acids	成虫 Adults		若虫和伪蛹 Nymph and psuedopupa		总虫量 Total number	
	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*	相关系数 *r*	显著水平 *P*
天门冬氨酸 Asp	0.5896	0.1240	0.4414	0.2736	0.4786	0.2303
苏氨酸 Thr	0.8500**	0.0075	0.8405**	0.0090	0.8627**	0.0058
丝氨酸 Ser	0.8742**	0.0045	0.8904**	0.0030	0.9092**	0.0018
谷氨酸 Glu	0.7137*	0.0468	0.7357*	0.0375	0.7497*	0.0322
脯氨酸 Pro	0.5443	0.1631	0.3315	0.4225	0.3775	0.3566
甘氨酸 Gly	0.6583	0.0759	0.7389*	0.0362	0.7425*	0.0349
丙氨酸 Ala	0.6312	0.0933	0.5043	0.2025	0.5392	0.1679
胱氨酸 Cys	-0.5099	0.1967	-0.3155	0.4466	-0.3578	0.3842
缬氨酸 Val	0.4212	0.2987	0.2426	0.5626	0.2804	0.5012
蛋氨酸 Met	0.0970	0.8193	0.0090	0.9831	0.0249	0.9533
异亮氨酸 Ile	0.6833	0.0617	0.6271	0.0961	0.6524	0.0795
亮氨酸 Leu	0.7399*	0.0358	0.6978*	0.0543	0.7223*	0.0430
酪氨酸 Tyr	0.9137**	0.0015	0.6136	0.1056	0.6820	0.0624
苯丙氨酸 Phe	0.7106*	0.0482	0.5007	0.2063	0.5503	0.1576
赖氨酸 Lys	0.7964*	0.0180	0.7018*	0.0523	0.7358*	0.0375
氨 NH_3	0.3974	0.3297	0.4141	0.3077	0.4212	0.2987
组氨酸 His	0.6839	0.0614	0.7202*	0.0439	0.7313*	0.0393
精氨酸 Arg	0.8637**	0.0057	0.8135**	0.0140	0.8422**	0.0087
总量 TAA	0.7997*	0.0172	0.6914	0.0575	0.7275*	0.0408

注: * 表示相关性达到显著水平($P<0.05$), **表示相关性达到极显著水平($P<0.01$)。

* represents the significant correlation ($P<0.05$), **represents the extremely significant correlation ($P<0.01$).

勤(2005)研究表明,当黄色和绿色同时存在时,烟粉虱雌成虫对黄色的趋性较强,而二者分别与红色同时存在时,黄色和绿色都表现出较强的引诱作用。其他研究也表明烟粉虱对黄色光有较强的趋性(Berlinger,1980;林克剑,2006),在防治上也往往采用黄色诱板来引诱烟粉虱成虫。本研究结果表明,烟粉虱虫量与叶绿素含量呈负相关,叶绿素的相对含量不同,叶片颜色也会有一定的差异,会在一定程度上影响烟粉虱成虫对寄主的选择性。

植食性昆虫对寄主植物的选择,除了对植物要进行感受、识别外,还取决于取食后在营养代谢上的反应。寄主植物体内营养元素含量的高低与植食性昆虫的发生程度有关,蛋白质、脂类、可溶性糖、氨基酸等营养物质或次生代谢物质相对含量的改变,其中某种营养物质的缺乏或搭配比例不当,都会影响昆虫的正常发育,直接影响昆虫的生长和繁殖,从而使寄主本身通过降低害虫的存活率而获得抗虫性(钦俊德,1980;王琛柱等,1993)。本文研究结果表明烟草体内的化学成分如烟碱、含氮化合物(蛋白质、氨基酸、总氮)与烟粉虱的发生程度有较大的关系,可认为是影响烟草抗虫性的重要化学物质。

烟碱是烟草体内的一种重要的生物碱,主要在根系内合成后输送到茎和叶中。叶表茸毛也可分泌烟碱、降烟碱和新烟碱等化合物,这些生物碱对多种昆虫有毒杀作用,与烟草抗蚜性有重要关系(高熹和潘贤丽,2004),本研究结果表明烟碱含量与烟粉虱虫量呈负相关,可能与上述机制有关。

研究表明,植株的含氮量对植物生长及烟粉虱的存活、繁殖可产生明显影响。例如:氮素能改变棉花植物的营养状况,同时棉花植株体内氮化合物含量高低也会影响烟粉虱体内氨基酸的代谢情况(Crafts-Brandner,2002);棉花植株中氮元素

含量提高有利于烟粉虱种群发展,并且其发育历期随氮肥施用量增加而缩短(Blua and Toscano, 1994; Bi *et al.*, 2001);甜瓜植株中必需氨基酸浓度下降会导致烟粉虱体重下降(Blackmer and Byrne, 1999)。本研究结果表明,烟草体内的部分含氮化合物(蛋白质、氨基酸、总氮)与烟粉虱虫量呈正相关,含氮化合物的含量对烟粉虱种群数量有较大影响,这与以上报道相似。

本文仅分析了烟草体内主要化学成分与烟草抗虫性的关系,其中相关性较强的化学物质如何影响烟粉虱的行为及生长发育,烟草体内次生化学物质、挥发物以及物理形态等因素与抗虫性有何关系,尚需进一步研究。

参考文献(References)

Bellotti AC, Arias B, 2001. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. *Crop Protection*, 20: 813—823.

Berlinger MJ, 1980. A yellow sticky trap for whiteflies: *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. *Entomol. Exp. Appl.*, 27(1): 98—102.

Bi JL, Ballmer GR, Hendrix DL, Henneberry TJ, Toscano NC, 2001. Effect of cotton nitrogen fertilization on *Bemisia argentifolii* popplations and honeydew production. *Entomol. Exp. Appl.*, 99: 25—36.

Blackmer JL, Byrne DN, 1999. Changes in amino acids in *Cucumis melo* in relation to life—history traits and flight propensity of *Bemisia tabaci*. *Entomol. Exp. Appl.*, 93(1): 29—40.

Blua MJ, Toscano NC, 1994. *Bemisia argentifolii* (Homoptera, Aleyrodidae) development and honeydew production as a function of cotton nitrogen status. *Environmental Entomology*, 23(2): 316—321.

曹凤勤,2005. 烟粉虱寄主定向行为的化学机制研究. 硕士学位论文. 儋州: 华南热带农业大学.

Chu CC, Freeman TP, Buckner JS, 2001. Susceptibility of upland cotton cultivars to *Bemisia tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) in relation to leaf age and trichome density. *Annals of Entomological Society of America*, 94(5): 743—749.

Crafts—Brandner SJ, 2002. Plant nitrogen status rapidly alters amino acid metabolism and excretion in *Bemisia tabaci*. *J. Insect Physiol.*, 48(1): 33—41.

高熹,潘贤丽,2004. 烟草抗虫性研究进展. 热带农业科学, 24(6): 59—66.

林克剑,吴孔明,魏洪义,郭予元,2003. 寄主作物对 B 型烟粉虱生长发育和种群增殖的影响. 生态学报, 23(5): 870—877.

林克剑,2006. B 型烟粉虱寄主选择机制及其应用的研究. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.

Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20: 709—723.

钦俊德,1980. 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报, 23(1): 106—111.

Tsai JH, Wang K, 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. *Environmental Entomology*, 25(4): 810—816.

王琛柱,张青文,杨奇华,1993. 植物抗虫性的化学基础. 植物保护, 19(6): 39—41.

王承香,薛明,耿小红,王洪涛,李玲玲,李庆亮,2009. 烟草品种和温度对 B 型烟粉虱和温室白粉虱生物学参数的影响. 生态学报, 29(2): 720—726.

王秀芳,任广伟,王新伟,管恩森,2010. 烟粉虱在山东烟区的发生动态及为害调查. 植物保护, 36(3): 145—147.

吴青君,徐宝云,朱国仁,张友军,2004. B 型烟粉虱对不同蔬菜品种趋性的评价. 昆虫知识, 41(2): 152—154.

徐冉,张礼凤,王彩洁,王金龙,2005. 抗烟粉虱大豆种质资源筛选和抗性机制初探. 植物遗传资源学报, 6(1): 56—58.

张芝利,罗晨,2001. 我国烟粉虱的发生危害和防治对策. 植物保护, 27(2): 25—30.

赵冬香,高景林,陈宗懋,2004. 植食性昆虫对寄主植物的定向行为研究进展. 热带农业科学, 24(2): 62—68.

中国农业科学院烟草研究所,2005. 中国烟草栽培学. 上海: 上海科学技术出版社. 66—94.