

烟草对烟蚜的抗性品种筛选及抗性机制研究*

周婷婷** 林华峰*** 王艳秋 潘敬 张邦贤

(安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036)

摘要 【目的】探明烟草对烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 的抗性机制, 为烟草抗性品种的选育及烟蚜的综合防治提供理论依据。【方法】采用新叶子圆片法测定烟蚜在 20 个烟草品种上的发育历期、繁殖力、存活率等, 并测定了 20 个烟草品种鲜叶可溶性蛋白质含量、pH 值、叶绿素含量及叶背茸毛数量。【结果】在不同烟草品种上烟蚜的选择性、成虫寿命、繁殖力、若蚜历期及存活率差异显著。其中闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 更感虫, 而闽烟 38、贵烟 3 号和云烟 97 具有较强的抗虫性。不同烟草品种鲜叶片中 pH 值的差异并不显著, 但叶背茸毛密度、可溶性蛋白质含量、叶绿素 a 和叶绿体色素含量差异显著, 且与烟蚜成虫量呈极显著正相关, 这表明烟蚜更喜食叶背茸毛密度高、可溶性蛋白质含量高、叶绿素含量高的烟草品种。【结论】20 个烟草品种中, 闽烟 38、贵烟 3 号和云烟 97 具有较强的抗虫性。选育背茸毛密度低、可溶性蛋白质含量低、叶绿素含量低的品种, 可提高烟草对烟蚜的抗性。

关键词 烟蚜, 烟草品种, 叶背茸毛密度, 化学成分, 抗虫性

Identifying tobacco strains resistant to *Myzus persicae* (Sulzer) and investigating the mechanism responsible for resistance to this pest

ZHOU Ting-Ting** LIN Hua-Feng*** WANG Yan-Qiu PAN Jing ZHANG Bang-Xian

(School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Heifei 230036, China)

Abstract 【Objectives】To explore the mechanisms underlying the resistance of tobacco to *Myzus persicae* (Sulzer), provide a theoretical basis for breeding resistant tobacco varieties and developing comprehensive prevention and control methods for *M. persicae*. 【Methods】We quantified the developmental duration, fecundity and survival rates of *M. persicae* on 20 tobacco varieties with a new leaf-disc assay, and measured the soluble protein, pH, chlorophyll content and leaf trichome density of fresh leaves of each variety. 【Results】Adult longevity, fecundity, duration of the nymph period, and survival, were significantly different on different tobacco varieties. Among the varieties examined, Minyan57, Minyan7 and Zhongyan102 had weak resistance, but Minyan38, Guiyan3 and Yunyan97 were highly resistant. There was no obvious difference in the pH of fresh leaves of the different varieties, but there were highly significant, positive, correlations between trichome density, soluble protein content, chlorophyll a and chlorophyll pigment content of each tobacco variety and the number of *M. persicae* adults found on plants of each variety. *M. persicae* preferred varieties with high trichome density, and high soluble protein and chlorophyll content. 【Conclusion】Of the 20 tobacco varieties tested, Minyan38, Guiyan3 and Yunyan97 were the most highly resistant to *M. persicae*. Tobacco varieties with low trichome density, and low soluble protein and chlorophyll content, were more resistant to *M. persicae*.

Key words *Myzus persicae* (Sulzer), tobacco varieties, trichome density, chemical components, resistance to insects

*资助项目 Supported projects: 安徽省烟草公司科技重点项目 (20150551007) 和中国烟草总公司科技重点项目 (110201202003)

**第一作者 First author, E-mail: 13605697177@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: hf.lin@163.com

收稿日期 Received: 2016-06-23, 接受日期 Accepted: 2016-09-29

烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 又名桃蚜, 是农林等经济作物的主要害虫之一。其寄主植物达 50 多科 400 多种, 既可为害甘蓝、烟草、萝卜、白菜、油菜等作物, 又可为害桃、梨、李、杏等果树, 还可在不同寄主之间转移为害(张利军等, 2015)。烟草是我国重要的经济作物, 烟蚜不仅可以直接危害烟株生长发育, 还可以通过口器间接传播烟草病毒病, 影响烤烟品质(王亚锋, 2014)。

植物的抗虫性是植物对虫害的一种可遗传的防御反应, 不同植物种类或同种作物的不同品种(品系)的抗虫性差异较大(林克剑等, 2003; 吴青君等, 2004)。烟蚜在不同寄主植物上的生长发育、繁殖力等生命参数存在一定差异, 已有研究发现桃蚜在桃树、烟草、油菜和甘蓝 4 种寄主植物上的存活率、成若蚜发育历期、产仔动态及内禀增长率存在显著差异(刘绍友等, 1999); 而国内外有关不同烟草品种对烟蚜选择性、生长发育及繁殖的影响及烟草对烟蚜的抗性机制还未见详细报道。本研究就烟蚜对不同烟草品种的选择性和不同烟草品种对烟蚜发育历期、繁殖力、存活率等生命参数的影响及其抗性机制进行研究, 以期筛选烟草抗性品种、提高烤烟品质、有效控制烟蚜提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

1.1.1 烟蚜来源 采自于安徽农业大学植物保护学院温室大棚, 并在该院人工气候室室内的黄瓜上连续饲养 20 代以上备用。

1.1.2 供试植物 闽烟 38、闽烟 57、闽烟 7 号、贵烟 3 号、贵烟 2 号、中烟 102、中烟 103、云烟 105、云烟 97、云烟 117、CF226、CF225、CF220、K346、K326、红花大金元、长脖黄、豫烟 10、G80、G140, 由中国农业科学院(青岛)烟草研究所提供, 烟苗用配方营养土(泥炭:蛭石:有机肥按 6:1:1 体积比混合)种植至 5~7 片真叶时, 备用。

1.2 试验方法

1.2.1 烟蚜对不同烟草品种的选择性试验 采用叶碟法(张利军等, 2015), 根据实验要求稍有改动。取大小一致的不同烟草品种叶片(叶片面积约为 20 cm^2 左右)置于一个边长为 30 cm 正方形的白色塑料盒中均匀排开(以中心位置直径为 12 cm 的圆形滤纸为参照, 均匀排列), 盒子底部铺一层 2 mm 厚的浸水脱脂棉, 上面覆盖一层滤纸用来保湿, 于盒子中心位置(滤纸表面)铺一层不过水的塑料薄膜然后放置 200 头无翅成蚜, 然后用防虫网(100 目)封口。记录时间为 24、48、72 h。重复 3 次。

1.2.2 不同烟草品种对烟蚜生长发育的影响

采用新叶子圆片法(刘树生等, 1987), 根据实验要求稍有改动。试验在人工气候室内进行, 设置环境条件: 温度(26 ± 1), 相对湿度 60%~80%, 光照 L:D=14:10。取各供试寄主大小形状相似的叶片(叶片面积约为 20 cm^2 左右)洗净、晾干, 叶背朝上放入底层铺有滤纸的透明培养皿(直径 8.5 cm, 高 1 cm)内, 叶柄处用浸水脱脂棉保湿, 每皿中放入 1 片寄主植物叶片, 每个叶片上接入 1 头无翅健壮成蚜, 待成蚜产下若蚜后, 剔除成蚜保留 1 头若蚜, 培养皿上用保鲜膜封口并在保鲜膜上用昆虫针扎 20 个孔。每个品种处理蚜虫 30 头。重复 4 次。每天 8:00 和 20:00 各观察 1 次, 详细观察记录若蚜存活及蜕皮情况, 待若蚜长至成蚜开始繁殖时, 每天记录新产若蚜量并及时剔除, 直至供试烟蚜死亡, 试验时每隔 1 d 加一次水, 叶片每 3 d 更换 1 次。

1.2.3 叶背茸毛密度的测量 选取大小一致的不同品种烟草叶片各一片, 在靠中间段主脉两侧及主脉到叶边缘中间位置各用直径为 1 cm 的打孔器取 1 个直径为 1 cm 的圆形观测点, 共 4 个观测点, 在解剖镜下观察并记录观测点内的茸毛数。试验重复 4 次。

1.2.4 烟草叶片可溶性蛋白质含量的测定 采用紫外线吸收法(张立军和樊金娟, 2007a)测

定烟草叶片可溶性蛋白质含量。称取新鲜的烟草叶片 0.5 g, 用 5 mL 蒸馏水研磨成匀浆后, 3 000 r/min 离心 10 min, 上清液即为蛋白质提取液, 用 0.1 mol·L⁻¹ pH 值 7.0 磷酸缓冲液对提取液进行适当稀释, 以 pH 值 7.0 磷酸缓冲液为空白调零, 用紫外分光光度计分别在 280 nm 和 260 nm 波长下测定吸光度值。

1.2.5 烟草叶片细胞液 pH 值的测定 试验方法参照陶玲和任珺 (2009) 的试验方法, 并作部分修改。从选择性试验开始时取样, 选取不同烟草品种无虫叶片各 1 片, 用去离子水洗净晾干后, 称取 2.00 g, 加 12 mL 去离子水, 匀浆后过滤, 用 pH 计测定各样品滤液的 pH 值。试验重复 4 次。

1.2.6 烟草叶片叶绿体色素的定量测定 采用

分光光度计法 (张立军和樊金娟, 2007b), 测定烟草叶片叶绿体色素的含量 (乙醇提取)。

1.3 数据统计分析

采用 DPS 统计分析软件进行数据分析, 其中, 各种化学成分、叶背茸毛密度与烟草品种抗虫性的关系通过相关分析进行相关性比较; 不同烟草品种成虫量、日均产幼虫量均为各次重复的平均值, 方差分析采用 LSD 最小显著差异法。

2 结果与分析

2.1 烟蚜对烟草品种的选择性

由表 1 可以看出, 烟蚜成虫对烟草品种的选择性在不同烟草品种间差异明显。在接虫 24、

表 1 烟蚜成虫对不同烟草品种的选择性
Table 1 Selectivity of the adult of *Myzus persicae* to different tobacco varieties

品种 Variety	成虫数量 (头·株 ⁻¹) Adult number (number per plant)			叶背茸毛密度 (个·cm ⁻²) Trichome density (number·cm ⁻²)
	24 h	48 h	72 h	
闽烟 57	1.29±0.57f	1.57±0.95efg	1.14±0.55i	109.63±6.56k
闽烟 7 号	1.57±0.48f	1.00±0.38g	1.29±0.61i	118.88±6.75k
中烟 102	1.86±0.51f	1.29±0.47fg	1.14±0.40i	130.81±7.56jk
云烟 117	7.43±0.84b	10.00±1.46b	10.43±1.72bc	246.35±3.23bc
CF220	4.00±1.43def	5.00±1.43cd	7.71±2.10cde	235.13±3.89e
CF225	4.29±1.04cdef	3.00±1.33defg	5.00±1.23efg	235.67±3.68e
G80	4.75±2.33bcdef	4.00±1.02defg	4.29±0.97fghi	250.75±3.20de
豫烟 10 号	7.14±1.56bcd	7.71±1.32bc	8.43±1.31bcd	277.44±4.50bc
G140	5.57±1.34bcde	4.00±1.63defg	4.71±1.71efgh	270.07±3.45cd
K326	1.86±0.46f	1.43±0.65fg	1.57±0.72hi	142.56±4.29ij
K346	3.43±0.97ef	2.57±0.69defg	3.14±1.18fghi	168.63±5.10gh
云烟 105	3.57±1.17ef	4.43±1.45cdef	5.00±0.90efg	189.56±5.95fg
长脖黄	4.00±0.87def	3.14±0.83defg	1.86±0.63ghi	205.06±6.58f
CF226	4.43±1.39cdef	4.43±1.04cdef	4.86±0.74efgh	238.88±4.84e
红花大金元	2.99±0.75ef	2.86±0.94defg	3.86±0.63fghi	157.25±8.58hi
中烟 103	7.86±1.01bc	4.86±1.77cde	5.43±1.60def	284.71±7.95bc
贵烟 2 号	13.14±1.14a	14.86±1.30a	11.14±0.70b	299.13±2.02b
闽烟 38	14.43±1.33a	15.29±1.11a	14.57±1.36a	328.03±10.88a
云烟 97	12.00±2.40a	14.86±1.12a	16.86±0.91a	296.18±6.10b
贵烟 3 号	11.86±0.55a	15.71±1.91a	15.86±2.02a	293.94±0.41b

表内数据为平均数±标准误, 同列数据后标有不同字母表示在 0.05 水平经 LSD 多重比较差异显著。表 2~表 4 同。

Data in the table are mean ± SE, and followed by the different letters in the same column indicate significantly different at the 0.05 level tested by LSD. The same as Table 2-Table 4.

48、72 h 后, 烟蚜在闽烟 57、闽烟 7 号、中烟 102 上较少, 显著低于在闽烟 38、贵烟 2 号、贵烟 3 号、云烟 97 上的成虫数量。闽烟 38、贵烟 2 号、贵烟 3 号、云烟 97 烟草品种上的叶背茸毛密度较高, 显著高于闽烟 57、闽烟 7 号、中烟 102。这些结果表明烟蚜成虫对不同烟草品种有一定的取食选择趋性, 且叶背茸毛密度高的烟草品种上成虫数量较多。

2.2 不同烟草品种对烟蚜生长发育的影响

由表 2 可以看出, 烟蚜各虫态历期及世代历期在不同供试烟草品种上存在差异。从烟蚜各虫态历期来看, 烟蚜 1 龄若虫在闽烟 57、闽烟 7 号、中烟 102 和云烟 117 上的发育历期长于在贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号, 其中闽烟 57 显著长于云烟 97, 烟蚜 2 龄若虫在闽烟 57、

和闽烟 7 号上的发育历期显著长于贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号; 3 龄若虫在闽烟 57 上的发育历期显著长于贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号; 4 龄若虫在闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 上的发育历期长于在贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号。从成虫寿命和世代历期来看, 闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号上的成虫寿命显著长于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102, 闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号上的世代历期显著短于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102。由结果可以看出, 成蚜对不同烟草品种间的选择性与烟蚜各龄期在不同烟草品种上的发育历期基本一致, 烟蚜对闽烟 38、贵烟 2 号、贵烟 3 号、云烟 97 的选择性较高, 其各龄期的发育历期、世代历期较短; 而烟蚜对闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 的选择性较低, 其各龄期的发育历期、世代历期较长。

表 2 烟蚜各龄若虫在不同烟草品种上的发育历期

Table 2 Developmental durations of the different nymph of *Myzus persicae* on different tobacco varieties

品种 Variety	发育历期 Developmental duration (d)				成虫寿命 Adult longevity	世代历期 Generation period
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar		
闽烟 57	2.25±0.32a	2.22±0.15a	2.23±0.23a	2.05±0.21ab	9.88±0.92fg	10.75±0.39a
闽烟 7 号	1.88±0.43ab	2.21±0.27ab	2.00±0.29ab	2.10±0.15a	7.63±0.69g	10.19±0.51ab
中烟 102	2.15±0.31ab	1.91±0.18abc	1.93±0.17ab	2.05±0.17ab	10.19±1.06fg	10.04±0.40abc
云烟 117	2.03±0.53ab	1.90±0.21abc	1.84±0.06ab	2.00±0.21abcd	16.19±1.61cd	9.76±0.39abcd
CF220	1.95±0.46ab	1.88±0.13abc	1.86±0.23ab	2.03±0.34abc	12.25±1.56def	9.71±0.53bcde
CF225	1.89±0.50ab	1.88±0.38abc	1.85±0.12ab	1.96±0.21abcd	12.00±1.47defg	9.57±0.45bcdef
G80	1.85±0.10ab	1.83±0.11abc	1.82±0.06ab	1.88±0.13abcd	14.68±1.64cde	9.37±0.14bcdefg
豫烟 10 号	1.83±0.17ab	1.75±0.13abc	1.76±0.11bc	1.79±0.11abcd	15.98±1.56cd	9.13±0.36cdefgh
G140	1.82±0.11ab	1.78±0.30abc	1.75±0.10bc	1.95±0.21abcd	11.33±1.43efg	9.29±0.22bcdefg
K326	1.74±0.10ab	1.76±0.16abc	1.83±0.10ab	1.93±0.19abcd	10.58±1.78efg	9.26±0.18bcdefg
K346	1.74±0.22ab	1.65±0.15c	1.80±0.11abc	1.91±0.21abcd	12.88±2.00def	9.09±0.47cdefgh
云烟 105	1.73±0.16ab	1.70±0.12bc	1.77±0.10bc	1.76±0.10abcd	11.86±1.12defg	8.96±0.27defgh
长脖黄	1.72±0.24ab	1.63±0.15c	1.74±0.10bc	1.64±0.13abcdef	11.00±1.47efg	8.73±0.34efghi
CF226	1.69±0.17ab	1.68±0.12c	1.74±0.32bc	1.56±0.17cdef	15.94±1.63cd	8.66±0.33fghi
红花大金元	1.67±0.45ab	1.56±0.09c	1.70±0.18bc	1.58±0.08bcdef	17.69±1.66c	8.51±0.24ghi
中烟 103	1.60±0.30ab	1.55±0.13c	1.67±0.06bc	1.80±0.12abcd	18.25±1.70bc	8.62±0.24fghi
贵烟 2 号	1.60±0.24ab	1.56±0.05c	1.69±0.08bc	1.71±0.12abcde	18.84±1.80bc	8.55±0.33ghi
闽烟 38	1.58±0.10ab	1.45±0.13c	1.55±0.17bc	1.25±0.10ef	22.13±1.64b	7.83±0.35ij
云烟 97	1.41±0.16b	1.58±0.17c	1.66±0.13bc	1.52±0.19def	28.88±2.05a	8.16±0.32hij
贵烟 3 号	1.43±0.21ab	1.53±0.18c	1.36±0.13c	1.18±0.11f	18.59±1.44bc	7.49±0.37j

表 3 烟蚜各龄若虫在不同烟草品种上的存活率
Table 3 Survival rate of the different nymph of *Myzus persicae* on different tobacco varieties

品种 Variety	各虫期的存活率 Survival rate of different stage (%)				1 龄-成虫 1st instar to adult	平均产仔量 Fecundity
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar		
闽烟 57	81.08±2.57e	73.33±2.66i	72.73±2.98g	85.71±2.91def	37.84±2.55h	36.00±1.08k
闽烟 7 号	81.08±2.49e	76.67±2.37hi	73.91±2.26g	78.57±3.24g	37.84±2.55h	41.75±2.86ijk
中烟 102	82.14±2.96de	78.25±3.39ghi	77.78±2.20fg	83.33±2.20fg	42.87±2.97h	39.43±1.78jk
云烟 117	82.93±4.01cde	88.25±3.53cdef	90.00±2.27abcde	92.00±2.27bcd	61.00±1.87defg	45.35±4.53hij
CF220	83.33±1.65cde	85.00±4.30defg	88.24±2.54cde	92.87±2.29bc	58.33±2.05efg	51.81±2.34gh
CF225	84.00±2.16cde	90.48±2.07abcde	84.21±1.90def	93.33±2.10abc	60.00±5.40defg	48.25±2.06hi
G80	84.65±0.51cde	89.32±2.10bcde	88.00±2.16cde	95.24±1.91abc	63.64±4.85defg	52.13±1.30fgh
豫烟 10 号	85.00±2.86bcde	88.25±3.88cdef	86.67±3.47cde	91.67±2.87bcde	60.00±3.74defg	50.09±2.77h
G140	85.32±2.25bcde	86.22±2.80def	92.00±2.83abc	85.00±2.86efg	58.82±3.38efg	50.65±1.81gh
K326	85.72±2.46bcde	83.33±1.70efgh	84.00±2.16ef	89.47±4.01bcdef	54.30±3.38g	57.79±2.61efg
K346	86.34±2.32bcde	84.22±2.32efg	87.50±3.17cde	92.32±2.10bcd	59.09±2.82efg	61.25±1.05cde
云烟 105	86.67±2.52bcde	96.15±1.47ab	92.00±2.83abc	95.45±2.54abc	73.33±4.59bc	52.65±1.59fgh
长脖黄	87.82±2.59abcd	83.72±2.50efgh	83.33±1.70ef	92.87±1.89bc	57.14±3.18fg	63.14±1.89cde
CF226	88.07±1.52abcd	81.37±2.00fgh	87.50±3.17cde	95.00±2.55abc	59.70±2.64efg	66.00±2.74bcd
红花大金元	88.24±2.09abcd	90.00±1.47abcde	92.59±2.06abc	91.30±2.10bcde	67.65±3.46cde	61.51±3.70cde
中烟 103	88.89±2.40abc	91.67±1.38abcd	90.91±1.63abcd	88.89±3.21cdef	66.67±2.78cdef	59.79±0.64def
贵烟 2 号	91.30±1.67ab	90.48±2.07abcde	89.47±1.74bcde	93.75±2.31abc	69.54±3.47cd	74.45±0.54a
闽烟 38	91.43±1.65ab	96.88±2.20a	96.77±2.28a	100.00±0.00a	85.71±3.45a	68.53±5.35abc
云烟 97	93.33±1.25a	96.43±1.76ab	96.30±2.24ab	100.00±0.00a	86.67±3.70a	72.15±3.76ab
贵烟 3 号	94.12±1.97a	93.75±2.45abc	93.33±2.10abc	96.33±2.25ab	79.42±2.46ab	68.53±3.59abc

2.3 不同烟草品种对烟蚜存活率和繁殖力的影响

烟蚜在 20 个烟草品种上的存活率差异显著。从表 3 中可以看出, 1 龄若虫在贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号上的存活率显著高于闽烟 57、闽烟 7 号、中烟 102 和云烟 117 上的存活率, 其中在闽烟 57 和闽烟 7 号上的存活率只有 81.08%, 而在贵烟 3 号上达到 94.12%; 2 龄若虫在闽烟 38 上的存活率最高, 为 96.88%, 显著高于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 上的存活率; 3 龄若虫在闽烟 57 上的存活率最低, 为 72.73%, 与贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号存在显著差异; 4 龄若虫在闽烟 38 和云烟 97 上的存活率达到 100.00% 显著高于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102; 1 龄若虫~成虫在闽烟 38、

云烟 97 和贵烟 3 号的存活率显著高于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102, 与烟蚜各龄期若虫在其对应的烟草上的存活率基本一致。从烟蚜在不同烟草上的平均产仔量可以看出, 烟蚜在贵烟 2 号、闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号上的产仔量显著大于在闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 上的产仔量, 其他品种间差异不显著。由结果可以看出, 成蚜对不同烟草品种间的选择性与烟蚜在不同烟草品种上的存活率、繁殖力基本一致, 烟蚜对闽烟 38、贵烟 2 号、贵烟 3 号、云烟 97 的选择性较高, 其各龄期的存活率较高, 成蚜的繁殖力较强; 而烟蚜对闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 的选择性较低, 其各龄期的存活率较低, 成蚜的繁殖力较弱。

2.4 烟草叶片部分化学成分的含量

测定了 20 个烟草品种鲜叶片部分化学成分 (表 4), 结果表明, 不同烟草品种鲜叶片中 pH 的差异并不明显, 但鲜叶片中可溶性蛋白质含量、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿体色素含量有一定差异。供试的 20 个烟草品种中,

闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号叶片中可溶性蛋白含量显著高于闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102, 其中贵烟 3 号的可溶性蛋白质含量最高, 为 $166.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 闽烟 57 的含量最低, 为 $109.86 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; 从表 4 中还可以看出, 叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿体色素均在闽烟 57 号中的含量较低, 而在贵烟 3 号中的含量最高, 且差异性显著。

表 4 20 个烟草品种鲜烟叶部分化学成分含量
Table 4 Content of some chemical components in fresh leaves of twenty tobacco varieties

品种 Variety	叶片化学成分物质含量 Content of some chemical components in fresh leaves ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)					
	可溶性蛋白 Soluble protein	pH	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	类胡萝卜素 Carotenoid	叶绿体色素 Chlorophyll pigments
闽烟 57	109.86±4.06h	5.56±0.00gh	457.67±5.55k	188.61±6.72hi	81.61±2.89ijk	727.88±14.90l
闽烟 7 号	110.58±1.82h	5.73±0.02abc	528.19±52.21j	338.43±48.46de	67.78±21.12jkl	934.40±89.26jk
中烟 102	131.74±7.41fg	5.65±0.02 bcdefg	522.71±7.31j	206.73±3.38gh	93.57±0.32ijk	823.02±10.20kl
云烟 117	123.97±5.99gh	5.64±0.02 cdefg	737.52±3.34gh	769.45±63.20b	97.40±11.08hij	1 604.37±52.68cd
CF220	124.86±6.92gh	5.744±0.03ab	721.85±1.79h	586.42±12.28c	31.09±7.37l	1 339.35±18.51fg
CF225	124.27±3.75gh	5.66±0.01bcdef	785.35±7.96fg	390.30±53.99d	162.24±19.50fg	1 337.90±81.35fg
G80	120.49±10.24gh	5.72±0.06abcd	848.06±34.84e	236.09±6.11fgh	124.37±0.55ghi	1 001.94±12.04ij
豫烟 10 号	124.92±11.12gh	5.56±0.03gh	774.76±9.12fgh	302.45±22.85ef	147.38±7.19fgh	1 224.59±20.78gh
G140	136.33±5.16efg	5.69±0.05bcd	988.11±9.52cd	848.79±5.90a	61.36±18.41jkl	1 898.26±15.92a
K326	122.38±7.18gh	5.72±0.04abcd	641.48±6.19i	116.92±5.13ij	301.16±16.34c	1 495.56±25.92de
K346	149.21±3.40bcde	5.64±0.03defg	838.75±5.14e	279.55±2.26efg	179.17±24.36ef	1 297.47±26.14fg
云烟 105	145.93±6.91def	5.67±0.02bcde	969.74±7.86cd	62.25±13.46j	320.71±39.00bc	1 352.70±40.53f
长脖黄	148.70±0.42cde	5.57±0.03fgh	1 072.59±23.83b	850.72±24.76a	50.74±4.02jkl	1 974.04±46.40a
CF226	157.54±5.48abcd	5.73±0.05abcd	1 077.48±12.16b	278.22±12.65efg	159.48±3.41fg	1 285.76±50.50fg
红花大金元	142.73±6.77def	5.73±0.04abcd	814.26±4.58ef	79.789±12.79j	219.74±41.14de	1 113.80±50.02hi
中烟 103	164.93±0.07abc	5.73±0.03abcd	944.18±12.10d	209.11±12.41gh	240.72±4.16d	1 394.00±27.75ef
贵烟 2 号	165.51±5.27ab	5.60±0.02efg	1 017.01±24.84c	406.63±13.10d	123.58±20.18ghi	1 547.21±27.50cd
闽烟 38	164.25±2.12abc	5.71±0.03bcd	1 091.49±29.10b	841.69±40.76ab	46.65±12.12kl	1 979.82±42.41a
云烟 97	165.11±1.24ab	5.80±0.03a	1 217.66±7.08a	66.49±23.53j	371.41±3.29a	1 655.56±21.21bc
贵烟 3 号	166.98±1.06a	5.50±0.04h	1 222.80±12.16a	174.10±7.27hi	355.64±7.04ab	1 752.54±18.94b

2.5 烟草叶片叶背茸毛密度和主要化学成分的含量与品种抗虫性的关系

对鲜烟叶部分化学成分与烟蚜成虫量的相关性进行分析可知 (表 5), 烟草鲜叶中 pH 与烟蚜成虫量呈负相关, 但其相关系数并未达到显著

水平, 这表明, 烟草鲜叶片 pH 对烟草品种的抗虫性影响较小; 但烟草鲜叶中可溶性蛋白质含量、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和叶绿体色素含量均与烟蚜成虫量呈正相关, 相关系数达到显著水平, 且可溶性蛋白质含量、叶绿素 a 和

表 5 鲜烟叶部分化学成分与烟蚜虫量的相关系数
 Table 5 Correlation coefficients between part of the chemical components of fresh tobacco leaves and amount of *Myzus persicae*

化学成分 Chemical compositions	24 h		48 h		72 h	
	相关系数 (<i>r</i>) Correlation coefficient	<i>P</i>	相关系数 (<i>r</i>) Correlation coefficient	<i>P</i>	相关系数 (<i>r</i>) Correlation coefficient	<i>P</i>
可溶性蛋白 Soluble protein	0.7099**	0.0003	0.6448**	0.0016	0.5942**	0.0045
pH	- 0.0917	0.6925	- 0.1499	0.5165	- 0.0313	0.8927
叶绿素 a Chlorophyll a	0.7192**	0.0002	0.6785**	0.0007	0.6728**	0.0008
叶绿素 b Chlorophyll b	0.2342	0.3068	0.1594	0.4901	0.1169	0.6138
类胡萝卜素 Carotenoid	0.1966	0.3931	0.2607	0.2537	0.3271	0.1479
叶绿体色素 Chlorophyll	0.6372**	0.0019	0.5813**	0.0057	0.5616**	0.0081
叶背茸毛密度 Trichome density	0.8758**	0.0001	0.8053**	0.0001	0.8184**	0.0001

**表示相关性达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

** indicates extremely significant correlation ($P < 0.01$).

叶绿体色素含量的相关系数均达到了极显著水平, 这表明, 烟草鲜叶片中可溶性蛋白质含量、叶绿素 a 和叶绿体色素含量对烟草品种的抗虫性影响较大。烟草叶背茸毛密度与成虫量的平均值均呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.8758、0.8053 和 0.8184, 这说明烟蚜成虫对烟草品种的选择性与烟草叶背茸毛密度有直接关系, 且叶背茸毛密度低的烟草品种抗虫性较强。

3 讨论

已有研究表明, 对于食性较广的昆虫, 不同寄主植物或同一寄主植物的不同品种(系)对其繁殖和种群增长均会产生一定的影响(胡想顺等, 2007; 郭小奇等, 2008; 付晓伟等, 2009; Chen and Parajulee, 2010; 郭箫等, 2010; 赵曼等, 2013)。但有关烟蚜的相关报道则相对较少。本试验研究了烟蚜对 20 个烟草品种的选择性及其在不同烟草品种上的发育历期、存活率和繁殖力等, 实验结果表明, 不同烟草品种对烟蚜的选择性及适生性具有明显影响, 即同种植物不同品种对烟蚜的抗性不同。不同烟草品种对烟蚜的选择性、发育历期、存活率及繁殖力的影响基本一致, 在 20 个烟草品种中, 烟蚜成虫在闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号上的选择性较强, 存活率较

高, 繁殖力较强且各龄期的发育历期、世代历期较短; 而烟蚜在烟草品种闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 上的选择性差, 存活率较低、繁殖力较弱且各龄期发育历期、世代历期较长。由此得出, 烟草品种闽烟 38、云烟 97 和贵烟 3 号为烟蚜的相对易感品种, 应避免大规模生产种植。而烟草品种闽烟 57、闽烟 7 号和中烟 102 对烟蚜的存活及繁殖具有较大的抑制作用, 在生产种植上可优先考虑。该结果对生产中抗蚜烟草品种的选育具有一定的参考作用。

寄主植物叶背茸毛密度是品种的特征数量性状之一, 也是物理抗性的重要组成部分。本试验中, 烟草叶背茸毛密度与成虫量的平均值均呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.8758、0.8053 和 0.8184, 这说明烟蚜成虫对烟草品种的选择性与烟草叶背茸毛密度有直接关系, 且叶背茸毛密度低的烟草品种抗虫性较强。类似的研究结果也出现在黄瓜叶片物理性状对黄瓜抗蚜性的影响(任佳等, 2014), 以及 Q 型烟粉虱对不同烟草品种的选择性中(李毅等, 2014)。可能烟草叶背茸毛越多越有利于烟蚜的附着, 保护烟蚜不受风、雨等外力的影响及天敌的攻击, 因此, 在选育抗性品种时, 应注意培育茸毛较少的烟草品种, 有望提高烟草对烟蚜的抗性。

寄主植物对烟蚜的抗性能力是一个综合性状,不但受茸毛密度等物理特征的影响,而且还受到内部营养成分的制约(郭线茹和贺钟麟,1990;秦焕菊等,1998),如寄主植物对烟粉虱的抗性主要与寄主植物的外部物理特征和内部化学物质有关(Bellotti and Arias,2011)本试验通过对20个烟草品种鲜叶中pH值、可溶性蛋白质含量、叶绿素含量进行了测定,并对其与烟蚜虫量的相关性进行了分析。结果表明,烟草鲜叶中pH与烟蚜成虫量呈负相关,但其相关系数并未达到显著水平,这表明,烟草鲜叶片pH对烟草品种的抗虫性影响较小;但烟草鲜叶中可溶性蛋白质含量、叶绿素a和叶绿体色素含量均与烟蚜成虫量呈正相关,相关系数达到显著水平,这表明,烟草鲜叶片中可溶性蛋白质含量、叶绿素a和叶绿体色素含量对烟草品种的抗虫性影响较大。但对烟草品种抗虫性影响较大的化学物质是如何影响烟蚜的取食行为及生长、发育,还有待研究。

参考文献 (References)

- Bellotti AC, Arias B, 2011. Host plant resistance to white flies with emphasis on cassava as a case study. *Crop Protection*, 20(9): 813–823.
- Chen C, Parajulee MN, 2010. Development and population growth of *Lygus hesperus* on selected weed hosts, artificial diet and cotton in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*, 103(6): 2009–2018.
- Fu XW, Guo XR, Luo MH, Yuan GH, Hu R, Yang XY, Li L, 2009. Effects of two tobacco species on experimental and natural population dynamics of *Helicoverpa assulta* Guenée. *Acta Ecologica Sinica*, 29(5): 2340–2348. [付晓伟, 郭线茹, 罗梅浩, 原国辉, 胡锐, 杨新影, 李亮, 2009. 两种烟草对烟夜蛾实验种群和自然种群增长的影响. *生态学报*, 29(5): 2340–2348.]
- Guo X, Li KB, Yin J, Wang B, Cao YZ, 2010. Effects of wheat varieties on population parameters of *Macrosiphum avenae* (Fabricius). *Scientia Agricultura Sinica*, 43(10): 2056–2063. [郭箫, 李克斌, 尹娇, 王冰, 曹雅忠, 2010. 不同小麦品种(系)对麦长管蚜生命参数的影响. *中国农业科学*, 43(10): 2056–2063.]
- Guo XQ, Fu XW, Feng HQ, Qiu F, Guo XR, 2008. Effects of host plants on the development, survival and fecundity of *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Miridae). *Acta Ecologica Sinica*, 28(4): 1514–1520. [郭小奇, 付晓伟, 封洪强, 邱峰, 郭线茹, 2008. 不同寄主对中黑盲蝽 (*Adelphocoris suturalis*) 生长发育和繁殖的影响. *生态学报*, 28(4): 1514–1520.]
- Guo XR, He ZL, 1990. Effects of *Myzus persicae* (Sulzer) damage on the content of chemical components and properties of tobacco leaves. *Journal of Henan Agricultural University*, 24(4): 419–427. [郭线茹, 贺钟麟, 1990. 烟蚜 *Myzus persicae* 为害对烟叶化学成分含量及性状的影响. *河南农业大学学报*, 24(4): 419–427.]
- Hu XS, Zhao HY, Hu ZQ, Li DH, Zhang YH, 2007. Biological parameters of green bugs feeding on the seedlings of 10 wheat varieties and resistance analysis. *Plant Protection*, 33(4): 38–42. [胡想顺, 赵惠燕, 胡祖庆, 李东鸿, 张宇红, 2007. 麦二叉蚜在10个小麦品种(系)室内苗期生物学反应及抗性分析. *植物保护*, 33(4): 38–42.]
- Li Y, Lin HF, Jin P, Chen DX, Li MY, 2014. The selectivity of Q-biotype *Bemisia tabaci* for different varieties of tobacco, *Nicotiana tabacum*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1320–1326. [李毅, 林华峰, 金鹏, 陈德鑫, 李茂业, 2014. Q型烟粉虱对不同烟草品种的选择性. *应用昆虫学报*, 51(5): 1320–1326.]
- Lin KJ, Wu KM, Wei HY, Guo YY, 2003. The effects of host plants on growth and development of *Bemisia tabaci* populations in China (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Ecologica Sinica*, 23(5): 870–877. [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.]
- Liu SJ, Hou YP, Zhou JH, An YG, Hu ZD, Hu MR, 1990. A study on the adaptability of biotypes of the greenwich aphid, *Myzus persicae* (Sluggler) to host plants. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 8(4): 1–4. [刘绍友, 侯有明, 周靖华, 安英鸽, 胡作栋, 胡美绒, 1999. 桃蚜不同体色生物型的寄主适应性. *西北农业学报*, 8(4): 1–4.]
- Liu SS, 1987. Let know a leaf-disc method for rearing aphids. *Entomological Knowledge*, 24(2): 98, 113–116. [刘树生, 1987. 介绍一种饲养蚜虫的方法新的叶子圆片法. *昆虫知识*, 24(2): 98, 113–116.]
- Ma LN, Liu YH, Wang YJ, Wang CX, Zhang L, 2006. Development and reproduction of *Myzus persicae* (Sulzer) as influenced by different host plants. *Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science)*, 28(1): 74–76. [马丽娜, 刘映红, 王雅静, 王春霞, 张玲, 2006. 寄主植物对烟蚜生长发育和繁殖的影响. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 28(1): 74–76.]

- Qing HJ, Ren GW, Zhang HY, Wang GF, Wang L, Wang YB, 1998. Study on tobacco chemical composition at different developmental stages and its relationships with variety and amount of *Myzus persicae* (Sluggar). *Chinese Tobacco Science*, (2): 29–32. [秦焕菊, 任广伟, 张怀宝, 王桂芬, 王立, 王允白, 1998. 烟草化学成分与烟蚜种群数量关系的研究. *中国烟草科学*, (2): 29–32.]
- Ren J, Zhou HC, Chen XH, Hu QJ, Yang AM, Zhou JH, Shao JZ, Qian YY, 2014. Effect of physical characteristics of leaf on resistance of cucumber to aphid. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 22(1): 52–57. [任佳, 周福才, 陈学好, 胡其靖, 杨爱民, 周建华, 邵久之, 钱媛媛, 2014. 黄瓜叶片物理性状对黄瓜抗蚜性的影响. *中国生态农业学报*, 22(1): 52–57.]
- Tao L, Ren J, 2009. The impact of urban air pollution on the pH value of greening tree species leaves. Chinese Society for Environmental Sciences Annual Conference Proceedings. Wuhan, Hubei, China. 194–198. [陶玲, 任珺, 2009. 城市大气污染对绿化树种叶片 pH 值的影响. *中国环境科学学会学术年会论文集*. 中国湖北武汉. 194–198.]
- Wang YF, 2014. The influence of infection with TMV and CMV in tobacco on the population development, food finding of *Myzus persicae* and CMV transmission efficiency by aphid. Master dissertation. Chongqing: Southwest University. [王亚锋, 2014. TMV 与 CMV 复合侵染烟草对烟蚜的种群增长、取食选择和 CMV 蚜传效率的影响. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]
- Wu QJ, Xu BY, Zhu GR, 2004. Field evaluation of preference of *Bemisia tabaci* biotype B to different vegetable varieties. *Entomological Knowledge*, 41(2): 152–154. [吴青君, 徐宝云, 朱国仁, 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.]
- Zhang LJ, Fan JJ, 2007a. *Plant Physiology Experiment Course*. Beijing: China Agriculture University Publishing House Press. 71–72. [张立军, 樊金娟, 2007. *植物生理学实验教程*. 北京: 中国农业大学出版社. 71–72.]
- Zhang LJ, Fan JJ, 2007b. *Plant Physiology Experiment Course*. Beijing: China Agriculture University Publishing House Press. 36–39. [张立军, 樊金娟, 2007. *植物生理学实验教程*. 北京: 中国农业大学出版社. 36–39.]
- Zhang LJ, Li YY, Ma RY, Zhao ZG, Liu TX, 2015. Performance and morphological differentiation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on three types of host plants. *Acta Ecologica Sinica*, 35(5): 1547–1553. [张利军, 李丫丫, 马瑞燕, 赵志国, 刘同先, 2015. 3 种寄主上桃蚜的选择性及形态分化. *生态学报*, 35(5): 1547–1553.]
- Zhao M, Guo XR, Li WZ, Luo MH, Yan FM, 2013. Effects of different maize hybrids (inbreds) on the growth, development and population dynamics of *Rhopalosiphum maidis* Fitch. *Acta Ecologica Sinica*, 33(15): 4707–4714. [赵曼, 郭线茹, 李为争, 罗梅浩, 闫凤鸣, 2013. 不同玉米品种(系)对玉米蚜生长发育和种群增长的影响. *生态学报*, 33(15): 4707–4714.]