

## 2 个杭菊主栽品种形色差异及其与菊小长管蚜数的相关性

祝 愿, 王梦馨, 崔 林, 韩宝瑜\*

(中国计量大学浙江省生物计量及检验检疫技术重点实验室, 杭州 310018)

**摘 要:** 选用 60 日龄的盆栽早小洋菊和晚小洋菊苗接种菊小长管蚜无翅成蚜, 15 d 后发现前者的蚜数和蚜虫繁殖倍率皆显著地大于后者。检测了 2 个品种株高、分枝数、叶片长和宽、叶片长宽比、叶裂数等株形特征, 测定二者叶片上、下表皮的亮度  $L^*$ 、色度坐标  $a^*$  和  $b^*$ 、饱和度  $C$ 、总色值  $E^*$  等色度特征, 并分析了各种特征的数值与蚜数相关性。结果显示, 叶片长宽比、叶片上表皮  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  皆分别与蚜数正相关 ( $P < 0.01$ ); 早小洋菊叶片长宽比显著大于晚小洋菊 ( $P < 0.05$ ); 早小洋菊上表皮  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  和  $C$  分别大于晚小洋菊 ( $P < 0.05$ )。结论认为, 该蚜嗜好叶片形状狭长、叶色更黄绿更加鲜艳明亮的早小洋菊。

**关键词:** 早小洋菊; 晚小洋菊; 菊小长管蚜; 抗性; 定向行为

中图分类号: S682.11

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)06-1143-04

## Difference in external morphology and foliage color of two elite *Chrysanthemum* cultivars of Hangbaiju and their correlation with abundance of *Macrosphoniella sanborni* (Gillette)

ZHU Yuan, WANG Mengxin, CUI Lin, HAN Baoyu

(Zhejiang Provincial Key Laboratory of Biometrology and Inspection & Quarantine, China Jiliang University, Hangzhou 310018)

**Abstract:** The potted sixty day-olds seedlings of *Chrysanthemum* cultivars of Zaoxiaoyangju and Wanxiaoyangju were inoculated with the wingless adult aphids, *Macrosphoniella sanborni* (Gillette). After fifteen days, both aphid abundance and multiplication rate on the former were significantly larger than those on the latter. Not only plant shape characteristics, such as plant height, branch number, leaf length, leaf width, blade length-width ratio and leaf cleft number, were detected, but also chroma characteristics, including lightness  $L^*$ , chroma coordinate  $a^*$  and  $b^*$ , color saturation  $C$  and total color value  $E^*$  of upper and lower epidermis of leaves were analyzed; moreover, the correlation of each of them with aphid abundance was analyzed, respectively. The results showed that both the length-width ratio of blade and  $L^*$ ,  $a^*$ , or  $b^*$  of upper epidermis of leaves were positively correlated with aphid abundance, respectively ( $P < 0.01$ ). The blade length-width ratio of cultivar Zaoxiaoyangju significantly was larger than that of cultivar Wanxiaoyangju ( $P < 0.05$ ).  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  of upper epidermis of leaves of cultivar Zaoxiaoyangju were respectively larger than those of cultivar Wanxiaoyangju ( $P < 0.05$ ). It was considered that the aphid prefers cultivar Zaoxiaoyangju due to its blade being much narrower and leaf color being even much yellowish-green and bright.

**Key words:** *Chrysanthemum* cultivar of Zaoxiaoyangju; *Chrysanthemum* cultivar of Wanxiaoyangju; *Macrosphoniella sanborni* (Gillette); resistance against pest; orientated behavior

杭白菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 原产地为浙江省桐乡市, 是我国著名的茶用菊, 为杭州的一张名片<sup>[1]</sup>。从 4 月份苗期至 12 月份花期, 菊花植株一直受菊小长管蚜 *Macrosphoniella sanborni* (Gillette) 为害, 严重时可致植株萎缩、生长不良、

花量减少、花朵畸形或品质下降。有些年份的 6—8 月该蚜还传播菊花病毒病。杭白菊主栽品种为早小洋菊和晚小洋菊, 分别占总面积 70% 和 15%, 田间发现二者对于菊小长管蚜及病毒病的抗性有所差别。作物抗性包含组成型抗性和诱导型抗性,

收稿日期: 2018-03-31

基金项目: 浙江省基础公益研究计划项目 (LGN18C160006), 浙江省自然科学基金项目 (LY17C140002) 和浙江省大学生科技创新项目 (2017R409055) 共同资助。

作者简介: 祝 愿, 硕士研究生。E-mail: zy522620881@163.com

\* 通信作者: 韩宝瑜, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: han-insect@263.net

株形、叶色、植株气味、叶片形状、叶片厚度、叶片蜡质、茸毛密度和长度等都属于组成型抗性的元素。早小洋菊与晚小洋菊外观稍有差别,拟在相同日龄二品种的盆栽菊苗上接种相同数量的菊小长管蚜,逐日记载蚜数变化,统计分析其与菊花株形和叶色等因子的相关性,以解析该蚜对于寄主品种的定向行为差异导致的杭菊品种抗蚜性差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

从桐乡市菊园收集菊小长管蚜若蚜,于中国计量大学试验菊园的异种大白菊植株上连续饲养,取第2代成蚜产下的新鲜卵,置于人工气候箱中异种大白菊菊苗上饲养2代,再选取生长一致的无翅成蚜用于接蚜试验。箱内温度为(24±2)℃,湿度(65±5)%,光照L:D=14:10。

供试的盆栽早小洋菊和晚小洋菊菊苗由桐乡市农业技术推广服务中心提供,置于温室中备用,试验时为60日龄。

### 1.2 方法

**1.2.1 温室内接蚜** 参照Deng等<sup>[2]</sup>的方法并改进,选用人工气候箱中异种大白菊品种上生长一致的菊小长管蚜无翅成蚜,用软毛笔小心地将其接到玻璃温室内盆栽早小洋菊和晚小洋菊菊苗顶芽上。每个品种30株,相互间距10cm,围成一小块,每株接5只成蚜;2个品种间距5m。第5天开始统计每株蚜数,每隔5d1次,连续统计4次。温室温度为(24±2)℃,相对湿度(65±8)%。

**1.2.2 测定菊苗形态指标** 参照刘丽<sup>[3]</sup>等方法,测定盆栽早小洋菊和晚小洋菊菊苗株高(cm)、分枝数(分叉数)、叶片长(cm)、叶片宽(cm)、叶片长宽比和叶裂数(个)。

**1.2.3 测定菊苗叶片色度和亮度** 使用日本Konica Minotia公司生产的CM-3600A型色彩色差计,光源为D65,观察角度为10°,色光斑直径设为8mm。选择反射光源,分别在全黑箱和全白板状态下对色

彩色差计参数进行校正。检测杭白菊芽下第4叶。色空间选用绝对测量方式(L\*a\*b\*色差系统),其中L\*表示亮度,值域为0~100,0表示纯黑色,100表示纯白色,值愈大表示亮度愈高。色度坐标a\*代表红绿色,为正值时表示红色,为负值时表示绿色。色度坐标b\*代表黄蓝色,为正值时表示黄色,为负值时表示蓝色。

### 1.3 统计分析

试验数据采用DPS软件进行统计分析,其中2组数据之间差异采用t检验,杭白菊植株形态指标、叶色指标分别与植株上蚜数之间关系采用相关性分析。利用OriginPRO2017软件绘制植株叶色的色彩三维图<sup>[4]</sup>,以揭示两品种叶色之间的差异。

$$\text{色彩饱和度 } C = (a^2 + b^2)^{1/2} [5]$$

$$\text{总色值 } E^*ab = (a^2 + b^2 + L^2)^{1/2} [6]$$

繁殖倍率 = 接种20d蚜虫平均数量/接种时蚜虫平均数量<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 2个杭白菊主栽品种上蚜数差异

接蚜之后,2个菊花品种上蚜数差异在第5天、第10天不明显;而在第15天、第20天的蚜数差异达显著水平(P<0.05),繁殖倍率差异也达显著水平(P<0.05),皆以早小洋菊上蚜数和繁殖倍率为大(表1)。

### 2.2 2个杭白菊主栽品种形态指标差异

早小洋菊与晚小洋菊的株高、分枝数、叶长和叶裂数未有显著差异。而晚小洋菊叶片宽度显著高于早小洋菊(P<0.05),早小洋菊叶片长宽比显著高于晚小洋菊(P<0.05)(表2)。

### 2.3 2个杭白菊主栽品种叶色指标差异

叶片上、下表皮色度坐标a\*皆是负值,指示叶片色彩以绿色为主、红色成分很少;叶片上、下表皮色度坐标b\*皆是正值,指示叶色以黄色为主、蓝色成分很少。亦即菊花叶色以黄绿色为主(表3)。

表1 温室内接蚜后2个杭白菊品种上蚜数及其繁殖倍率差异

Table 1 Difference in both aphid abundance and multiplication rate on two *Chrysanthemum* cultivars of Hangbaiju in the greenhouse after introduction

菊花品种 <i>Chrysanthemum</i> cultivar	蚜数 Abundance				繁殖倍率 Multiplication rate
	5 d	10 d	15 d	20 d	
早小洋菊 TZ	9.11±0.86 <sup>a</sup>	13.44±1.43 <sup>a</sup>	27.33±1.83 <sup>a</sup>	43.22±1.50 <sup>a</sup>	8.60±0.34 <sup>a</sup>
晚小洋菊 TW	9.11±0.70 <sup>a</sup>	14±1.08 <sup>a</sup>	21.56±1.44 <sup>b</sup>	38.22±1.04 <sup>b</sup>	7.60±0.23 <sup>b</sup>

注:表中数据为平均差±标准差;标有不同字母的同一列数据之间差异达显著水平;采用了t检验;早小洋菊,晚小洋菊;下同。

Note: Data are average ± SD; Difference in numerals in the same column with different letters reaches the level of P < 0.05; Student's t test is used; TZ, TW; The same below.

表 2 2 个杭白菊主栽品种形态特征指标比较

Table 2 Comparison between morphological characteristic indices of two *Chrysanthemum* cultivars of Hangbaiju

菊花品种 Chrysanthemum cultivar	株高/cm Plant height	分枝数/n No. of branches	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	长宽比 length-width ratio	叶裂数 No. of leaf clefts
早小洋菊 TZ	61.74±1.83 <sup>a</sup>	5.52±0.48 <sup>a</sup>	6.54±0.31 <sup>a</sup>	4.14±0.30 <sup>b</sup>	1.73±0.12 <sup>a</sup>	3.72±0.31 <sup>a</sup>
晚小洋菊 TW	60.45±1.62 <sup>a</sup>	5.36±0.41 <sup>a</sup>	6.73±0.43 <sup>a</sup>	5.46±0.40 <sup>a</sup>	1.37±0.10 <sup>b</sup>	3.76±0.30 <sup>a</sup>

表 3 2 个杭白菊主栽品种叶片色泽参数比较

Table 3 Comparison between parameters of leaf color of two *Chrysanthemum* cultivars of Hangbaiju

叶片部位 Site of leaf	品种 Cultivar	亮度 $L^*$ Lightness	色度坐标 $a^*$ Chroma coordinate	色度坐标 $b^*$ Chroma coordinate	饱和度 $C$ Color saturation	总色值 $E^*$ Total color value
上表皮 Upper epidermis	早小洋菊 TZ	33.50±0.06 <sup>a</sup>	-4.35±0.06 <sup>b</sup>	10.05±0.24 <sup>a</sup>	10.96±0.24 <sup>a</sup>	35.27±0.09 <sup>a</sup>
	晚小洋菊 TW	33.03±0.06 <sup>b</sup>	-3.95±0.02 <sup>a</sup>	9.17±0.08 <sup>b</sup>	9.98±0.08 <sup>b</sup>	34.51±0.06 <sup>b</sup>
下表皮 Lower epidermis	早小洋菊 TZ	29.62±0.13 <sup>a</sup>	-4.49±0.05 <sup>a</sup>	8.58±0.16 <sup>a</sup>	9.69±0.15 <sup>a</sup>	31.18±0.15 <sup>a</sup>
	晚小洋菊 TW	29.56±0.09 <sup>a</sup>	-4.44±0.10 <sup>a</sup>	9.04±0.16 <sup>a</sup>	10.09±0.15 <sup>a</sup>	31.25±0.09 <sup>a</sup>

表 4 2 个杭白菊主栽品种叶色和株形特征及其与蚜数的相关性

Table 4 Foliage color and plant form characteristics and each correlation with aphid abundance of two elite *Chrysanthemum* cultivars of Hangbaiju

项目 Item	回归方程 Regression equation	相关系数 $R$	显著性 Significance
上表皮 $L^*$ Lightness 亮度	$y = -295.98640 + 9.6350x$	0.527	0.005**
Upper epidermis $a^*$ Chroma coordinate 色度坐标	$y = -138.70591 + 39.3252x$	0.563	0.002**
$b^*$ Chroma coordinate 色度坐标	$y = -119.36375 + 14.9722x$	0.702	0.000**
$C$ Color saturation 色彩饱和度	$y = -37.34827 + 5.9090x$	0.285	0.150
$E^*$ Total color value 总色值	$y = -117.10470 + 4.05996x$	0.266	0.179
下表皮 $L^*$ Lightness 亮度	$y = -140.32836 + 5.5707x$	0.267	0.179
Lower epidermis $a^*$ Chroma coordinate 色度坐标	$y = -11.31261 - 8.03592x$	0.193	0.334
$b^*$ Chroma coordinate 色度坐标	$y = -8.83273 + 3.7833x$	0.271	0.172
$C$ Color saturation 色彩饱和度	$y = -10.23735 + 3.5167x$	0.262	0.187
$E^*$ Total color value 总色值	$y = -96.78870 + 3.8861x$	0.267	0.178
株高/cm Plant height	$y = 62.23586 - 0.05027x$	0.111	0.596
分枝数/n No. of branches	$y = 4.93089 + 0.02244x$	0.170	0.416
叶长/cm Leaves length	$y = 6.09958 + 0.02605x$	0.256	0.217
叶宽/cm Leaves width	$y = 5.33362 - 0.02350x$	0.219	0.292
长宽比 Length-width ratio	$y = 1.17718 + 0.01679x$	0.528	0.007**
叶裂数 No. of leaf clefts	$y = 3.30014 + 0.008809x$	0.207	0.320

注：“\*”和“\*\*”分别表示相关性显著 ( $P < 0.05$ ) 和极显著 ( $P < 0.01$ )。

Notes: “\*” and “\*\*” respectively stand for significant and very significant correlationship.

统计分析显示: 早小洋菊叶片上表皮  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值皆显著高于晚小洋菊 ( $P < 0.05$ ), 早小洋菊叶片下表皮  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值也分别高于晚小洋菊 (表 3)。

饱和度  $C$  指色彩的鲜艳程度, 取决于该色中含色成分和消色成分 (灰色) 比例。早小洋菊上表皮  $C$  值显著高于晚小洋菊 ( $P < 0.05$ ), 说明早小洋菊上表皮颜色比晚小洋菊上表皮更鲜亮, 早小洋菊下表皮虽没有晚小洋菊下表皮鲜艳, 但差异不显著 (表 3)。

早小洋菊上表皮总色值  $E^*$  值显著大于晚小洋菊上表皮总色值  $E^*$  值; 其下表皮总色值  $E^*$  值略小于晚小洋菊下表皮  $E^*$  值, 但差异不显著 (表 3)。

综合  $a^*$ 、 $b^*$ 、 $L^*$ 、 $C$  和  $E^*$  值的分析结果, 发现早小洋菊叶色比晚小洋菊叶色更黄绿、更亮、更鲜艳 (表 3)。

## 2.4 2 个杭白菊主栽品种叶形和叶色与蚜数相关性

杭白菊上表皮  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、叶片长宽比均与菊花上蚜虫数量呈极显著正相关, 而其他指标与蚜数

的相关不显著。可见菊小长管蚜偏爱叶片形状狭长、叶色更黄绿、更亮、更鲜艳的早小洋菊（表4）。

### 3 结论

早小洋菊和晚小洋菊是杭白菊主栽品种，前者栽培面积更大。田间作业发现前者蚜害稍重，何种原因使然？

在菊小长管蚜、棉蚜和桃蚜3种菊蚜中，菊小长管蚜的为害最重。就本研究观察的该蚜定向行为而言，其明显偏嗜叶片长宽比值较大亦即叶形狭长的叶片，偏爱更黄绿、更亮、更鲜艳的叶色。叶形和叶色是蚜虫远距离定位寄主植物的重要线索<sup>[8]</sup>，早小洋菊比晚小洋菊株形和叶色更符合菊小长管蚜的嗜好，其遭受的蚜害就会更重些。常金华等<sup>[9]</sup>检测了不同抗、感性高粱品种的抗蚜性与蚜数的关系，发现高抗品系的叶片颜色呈浅绿色，高感蚜品系的叶片呈墨绿色，也说明了叶片颜色与蚜虫的趋性间存在着关联。

本课题组经过1年的田间调查发现绿盲蝽成、若虫虫口在早小洋菊、晚小洋菊和异种大白菊上有差异但不显著，在早小洋菊上虫口微微小于在晚小洋菊<sup>[10]</sup>。作物抗虫的复杂性由来已久，既涉及害虫对于作物外形和色泽的趋性，更深度关联着作物对于害虫的抗性。植物对昆虫防御性能表现在自身形态、特殊化学成分和挥发性气味等多个方面<sup>[11]</sup>。本组测得桐乡种植的早小洋菊、异种大白菊、小黄菊和黄药菊的鲜花中皆含有丰富的氨基酸<sup>[12]</sup>，从小黄菊鲜花中就分离了76种香气成分<sup>[13]</sup>。这些复杂的氨基酸和香气成分关联着菊花抗虫性和菊蚜取食的适口性。一些蚜虫、叶蝉和飞虱等刺吸式昆虫取食行为与寄主植物抗虫物质的关联可借助于刺吸电位技术（EPG）、高效液相色谱（HPLC）和气质联用仪（GC-MS）等予以检测<sup>[14]</sup>。本课题组因此使用EPG检测菊小长管蚜在早小洋菊、晚小洋菊顶叶上刺吸行为差异，用HPLC检测了两品种鲜叶主要化学成分质和量的异同，综合分析EPG和HPLC检测结果，认为晚小洋菊的抗性略微强一点（待发表）。

### 参考文献：

- [1] 陈轶. 桐乡杭白菊产业的主要问题与解决对策[J]. 浙江农业科学, 2014, 55(8): 1166-1168.
- [2] DENG Y M, CHEN S M, LU A M, et al. Production and characterisation of the intergeneric hybrids between *Dendranthema morifolium* and *Artemisia vulgaris* exhibiting enhanced resistance to chrysanthemum aphid (*Macrosiphoniella sanbourni*)[J]. *Planta*, 2010, 231(3): 693-703.
- [3] 刘丽, 郭巧生, 徐文斌. 药用菊花不同栽培类型植物学形态比较[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(24):2891-2895.
- [4] 姜文龙, 范俊俊, 张丹丹,等. 观赏海棠不同叶位色彩特征及特异种质挖掘[J]. 园艺学报, 2017, 44(6): 1135-1144.
- [5] 汪琳, 应铁进. 番茄果实采后贮藏的颜色动力学研究[J]. 食品科技, 2000 (5): 49-51.
- [6] 张语凡, 相乐康, 王鑫, 等. 结合传统性状客观化分析何首乌不同炮制方式与炮制程度的色彩色差[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(20): 1-7.
- [7] 何俊平, 陈发棣, 陈素梅, 等. 不同菊花品种抗蚜虫性鉴定[J]. 生态学杂志, 2010, 29(7):1382-1386.
- [8] HAN B Y, ZHANG Q H, BYERS J A. Attraction of the tea aphid, *Toxoptera aurantii*, to combinations of volatiles and colors related to tea plants[J]. *Entomol Exp Appl*, 2012, 144(3): 258-269.
- [9] 常金华, 张丽, 申书兴, 等. 不同基因型高粱的理化特性与抗蚜性的相关性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9 (1): 55-61.
- [10] 王梦馨, 韩善捷, 张嘉荟,等. 杭白菊园绿盲蝽发生与防治[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(2):244-247.
- [11] 杨乃博, 伍苏然, 沈林波, 等. 植物抗虫性研究概况[J]. 热带农业科学, 2014, 34(9):61-68.
- [12] 王彦苏, 王梦馨, 韩善捷,等. 杭白菊4个栽培品种鲜花及制成品氨基酸含量及差异[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(6):1024-1028.
- [13] 王梦馨, 沈学根, 周建松, 等. 杭菊栽培品种小黄菊鲜花和制成品香气组成分析[J]. 浙江农业学报, 2014, 26 (4): 900-907.
- [14] 郑雨婷, 王梦馨, 崔林,等. 基于 EPG 技术分析茶树品种对茶小绿叶蝉的抗性及其相关的抗性物质[J]. 生态学报, 2017, 37(23): 8015-8028.