

研究报告

Research Report

甜樱桃在上海地区的生物学特性评价与研究

纠松涛 徐岩 廖樟华 王磊 王继源 刘勋菊 王世平 张才喜*

上海交通大学农业与生物学院, 上海, 200240

* 通信作者, acaizh@sjtu.edu.cn

摘要 自上世纪 80 年代以来, 上海地区先后多次从大连、烟台等地引进甜樱桃, 但时常出现“花而不实”、畸形果率偏高等问题。目前, 通过筛选低需冷量的品种、应用物理或化学调控措施, 甜樱桃已在上海、浙江等长三角地区实现了连续的小面积丰产。本研究以上海交通大学浦江绿谷实践基地的甜樱桃品种为研究对象, 对不同砧穗组合、不同整形方式、是否经过单氰胺处理的甜樱桃品种的生物学特性进行评价。通过调查树高、干径、新梢长度和粗度、物候期、芽密度、花密度、花器官发育、坐果率以及果实品质等指标, 综合评价不同品种的甜樱桃在上海地区的表现, 以为甜樱桃在上海等南方暖地的引种和丰产栽培提供理论支持。

关键词 甜樱桃, 南方暖地, 生物学特性, 开花特性, 结果习性

Evaluation and Research of the Biological Characteristics of Sweet Cherries in Shanghai

Jiu Songtao Xu Yan Liao Zhanghua Wang Lei Wang Jiyuan Liu Xunju Wang Shiping Zhang Caixi*

School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200240

* Corresponding author, acaizh@sjtu.edu.cn

DOI: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0008

Abstract Since the 1980s, sweet cherry has been introduced from Dalian and Yantai to Shanghai for cultivation. However, it always shows unconformable symptoms, such as floral sterility, the high ratio of pistil deformity and so on. At present, sweet cherry has achieved continuously small-scale high yield through the screening of low-chilling varieties, chemical or physiological regulation measures in the Yangtze River Delta regions such as Shanghai, and Zhejiang. Taking the different varieties of sweet cherry in the Pujiang lvgu practice base of Shanghai Jiao Tong University as experimental materials, we assessed the biological characteristics of sweet cherries with different scion/rootstock combinations, different training systems, and with or without application of hydrogen cyanamide (HC) in this study. Additionally, we evaluated comprehensively the performance of different varieties of sweet cherry in Shanghai through investigating the tree height, trunk diameter, shoot length and thickness, phenological phase, bud and flower densities, floral organ development, fruit setting and fruit quality, which could provide a theoretical support for introduction and high efficiency cultivation of sweet cherry in Shanghai as well as other warm winter regions in southern China.

Keywords Sweet cherry, Warm winter regions, Biological characteristics, Flowering characteristics, Fruiting habits

本文首次发表在 International Journal of Clinical Case Reports 上, 现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License, 协议对其进行授权, 再次发表与传播

收稿日期: 2020 年 6 月 2 日; 接受日期: 2020 年 6 月 2 日; 发表日期: 2020 年 6 月 3 日

引用格式: Jiu S.T., Xu Y., Liao Z.H., Wang L., Wang J.Y., Liu X.J., Wang S.P., and Zhang C.X., 2020, Evaluation and Research of the Biological Characteristics of Sweet Cherries in Shanghai, Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding), 18(8): 01-12 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0008) (纠松涛, 徐岩, 廖樟华, 王磊, 王继源, 刘勋菊, 王世平, 张才喜, 2020, 甜樱桃在上海地区的生物学特性评价与研究, Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding), 18(8): 01-12 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0008))

甜樱桃(*Prunus avium* L.)属蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus* L.)樱亚属(*Cerasus*)的多年生木本落叶果树,原产亚洲西部和欧洲东南部,目前已经实现商业化栽培的国家和地区多达40余个,这些国家主要分布在北纬35°至南纬55°的范围内(张力思,2000)。甜樱桃作为温带落叶果树中果实成熟最早的树种之一,素有“春果第一枝”的美誉。近几年,中国甜樱桃的栽培面积和种植规模都在不断扩大,已逐渐形成以环渤海湾、陇海铁路东段沿线、西南和西北高海拔山地、北方寒地保护地等多个甜樱桃主产区(李兴超和刘坤,2014)。为了将甜樱桃产业向南方继续推进,上海交通大学果树研究室自上世纪90年代先后多次从大连、烟台等地引进试栽甜樱桃,但时常出现“花而不实”和畸形果率异常偏高的现象,难以实现引种丰产的目的(王世平等,2004; Li et al., 2010; 张青等,2017)。研究表明,上海地区冬季低温不足致使甜樱桃胚珠、胚囊分化异常,从而出现“花而不实”现象;夏季高温是上海等南方暖地甜樱桃畸形果率异常偏高的主要原因(李勃等,2010; 刘婧等,2011)。目前,通过使用矮化砧木和选栽低需冷量的品种,辅以单氰胺打破休眠,采用加盖外遮阳的避雨设施等措施,甜樱桃已经在上海、浙江等长三角地区实现了小面积丰产(张才喜等,2013)。

上海地区年平均气温较辽东半岛、山东半岛等甜樱桃传统栽培区高出4℃以上,同时春季升温早且快(张琛等,2017)。甜樱桃果实发育期短,早春病虫害发生少,适合发展“绿色”果品,在上海近郊发展甜樱桃,既可填补北方水果南方栽培的空白,又可实现提前上市,在春末夏初增添新鲜奇缺的“原产地”珍品,还可用以创建都市观光果园,发展前景广阔。为探究在引种和扩大栽培过程中,不同砧穗组合、不同整形方式以及单氰胺处理与否对甜樱桃生物学特性的影响。本研究拟对树高、干径、新梢长度和粗度、物候期、芽密度、花密度、花器官发育、坐果率以及果实品质等指标进行评价,筛选适宜在上海地区栽培且品质优良的甜樱桃品种,以期为上海等南方暖地甜樱桃的引种和丰产栽培提供理论支持。

1 结果与分析

1.1 物候期

调查发现,“黑金”、“哥伦比亚”、“塞莱斯特”、“塞尔维亚”、“卡欧”等大多数品种在3月上旬萌动,3月底4月初进入花期,整个花期持续到4月中上旬,“红蜜”、“美早”、“布拉”、“布鲁克斯”这四个品种

的花期是从3月下旬持续到4月初,而“P8011”的花期则从3月初持续到3月中下旬(图1)。同一品种(“罗亚明”和“罗亚理”)与不同砧木(G5、G6、Ma、D和Co)的砧穗组合物候期进程差异并不明显。以Ma为砧木的“斯特拉”的花期虽比以G5为砧木的花期稍晚,但差异不明显(图1)。在树形方面,“布鲁克斯”和“美早”均采用了纺锤形和UFO两种整形方式。结果发现,UFO树形的“布鲁克斯”比纺锤形树形的花期略有提前,但差异不明显。在所有调查的未喷施单氰胺的甜樱桃品种中,“罗亚明”、“罗亚理”和“P8011”花期明显早于其它品种(图1)。

此外,单氰胺处理表现出了良好的破眠功效。在萌芽前经过单氰胺处理的“红南阳”、“黑金”、“哥伦比亚”、“红灯”、“美早”、“先锋”、“布鲁克斯”、“C4-11”、“U8-10”等品种的花期明显提前。单氰胺处理均使“布鲁克斯”、“萨米托”和“早大果”盛花期提前了9d以上(图2)。大多数在萌芽前喷施了单氰胺的品种的花期在3月中旬到3月下旬之间,即使这些经过单氰胺处理的甜樱桃品种的花期明显提前,但还是比未经单氰胺处理的“罗亚明”和“罗亚理”进入花期的时间晚。同时,研究发现单氰胺对“罗亚明”、“罗亚理”以及“斯特拉”物候期的影响并不明显,可能是因为这些品种具有短低温的特性(表1)。

1.2 树体生长状况

同一品种嫁接在不同砧木(图3)以及不同品种嫁接在相同砧木(表2)的砧穗组合下甜樱桃的营养生长状况不同。使用不同砧木的“罗亚理”树体干径差异显著,干径大小依次为“罗亚理”/Ma>“罗亚理”/G6>“罗亚理”/G5。在新梢粗度方面,“罗亚理”/G5和“罗亚理”/G6差异不显著,但显著大于“罗亚理”/Ma;然而在树高和新梢长度方面“罗亚理”与不同砧木组合的差异并不明显。以大青叶(D)为砧木的“罗亚明”新梢长度显著大于以Ma和G5为砧木的“罗亚明”的新梢长度;而在树高、新梢粗度和干径方面,“罗亚明”与G5、D和Ma三种砧木组合间没有显著性差异。同为G5砧木,“哥伦比亚”的树高显著高于“平顺甜”、“拉宾斯”、“先锋”和“C4-11”等其它甜樱桃品种,“平顺甜”的树高则显著低于其它品种;“哥伦比亚”的干径显著大于其它品种,“罗亚理”的干径则显著小于其它品种;“先锋”的新梢粗度显著低于其它品种。

1.3 芽密度和花密度

芽密度的调查结果显示,在上海地区,甜樱桃的

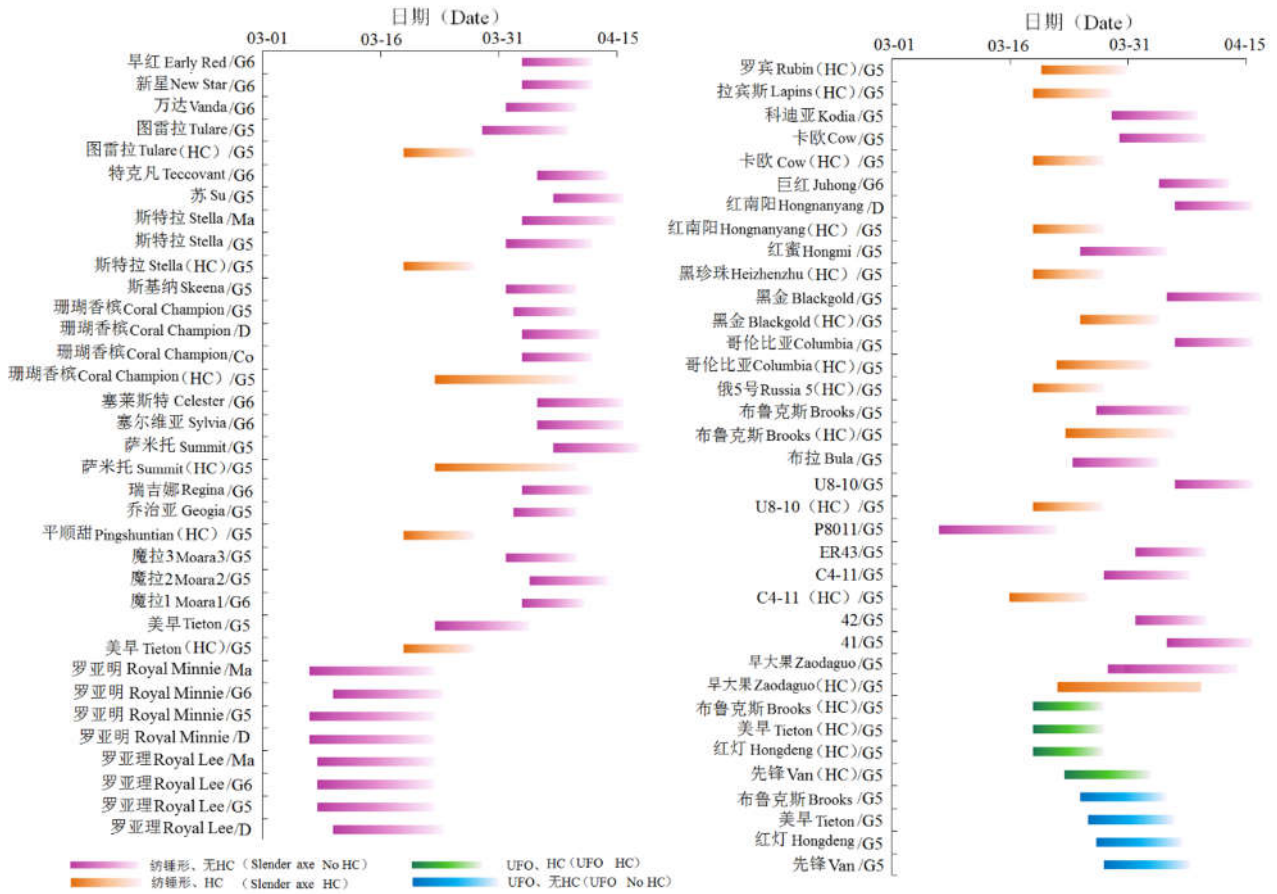


图1 上海地区不同甜樱桃品种的花期状况
Figure 1 Flowering period of different varieties of sweet cherry in Shanghai

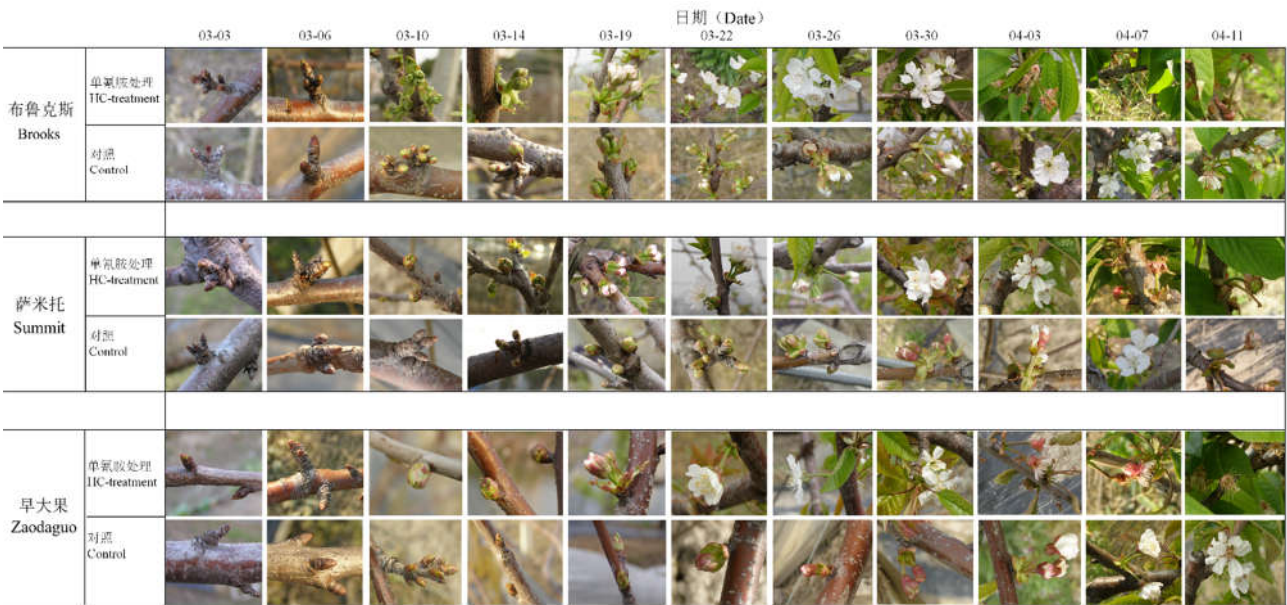


图2 单氰胺处理对甜樱桃开花的影响
Figure 2 Effect of hydrogen cyanamide treatment on the flowering of sweet cherry

芽密度与品种、砧穗组合以及树形都有相关性。以G5为砧木的甜樱桃品种中,UFO树形的‘布鲁克斯’的芽密度最大,其次为UFO树形的‘先锋’和‘黑金’(图4A)。UFO树形的‘先锋’和‘布鲁克斯’的芽密度

表 1 单氰胺对 3 个短低温甜樱桃品种物候期的影响

Table 1 Effect of hydrogen cyanamide on phenological period of three low-chilling sweet cherries

品种	砧木	单氰胺处理	膨芽期	初花期	盛花期	终花期
Varieties	Stock	HC	Initial budding	Initial flowering	Full-bloom	Final flowering
罗亚明	G5	是	02-24	03-09	03-12	03-21
Royal Minnie		Yes				
		否	02-24	03-09	03-14	03-22
		No				
罗亚理	G5	是	02-24	03-09	03-13	03-22
Royal Lee		Yes				
		否	02-24	03-09	03-14	03-22
		No				
斯特拉	G5	是	03-09	03-31	04-03	04-10
Stella		Yes				
		否	03-09	03-31	04-03	04-10
		No				

表 2 G5 砧木的不同甜樱桃品种间营养生长状况比较

Table 2 Comparison of vegetative growth of different sweet cherry varieties with G5 rootstock

品种	树高	干径	新梢长度	新梢粗度
Varieties	Tree height (cm)	Trunk (mm)	New shoot length (cm)	New shoot thickness (mm)
罗亚理	270.00±45.83 ^{ab}	37.34±1.96 ^{cd}	59.38±8.61 ^a	10.60±1.46 ^a
Royal Lee				
罗亚明	236.67±30.55 ^b	38.11±1.96 ^d	40.00±3.42 ^b	8.99±0.94 ^{ab}
Royal Minnie				
红南阳	266.67±40.41 ^{ab}	49.01±0.39 ^{cd}	45.95±3.16 ^a	8.99±1.26 ^{ab}
Hongnanyang				
俄 5 号	253.33±47.26 ^{ab}	54.98±3.39 ^{bc}	43.41±3.02 ^{ab}	9.46±0.79 ^{ab}
Russia 5				
哥伦比亚	290.00±17.32 ^a	70.10±6.57 ^a	44.99±3.90 ^{ab}	8.53±0.70 ^{ab}
Columbia				
黑金	243.33±25.16 ^{ab}	46.41±1.99 ^{cd}	43.54±2.61 ^{ab}	8.96±0.57 ^{ab}
Blackgold				
平顺甜	225.02±42.43 ^b	42.72±1.79 ^d	47.52±5.07 ^a	9.77±1.43 ^{ab}
Pingshuntingian				
拉宾斯	237.50±53.03 ^b	56.61±0.08 ^{cd}	43.27±3.29 ^{ab}	8.88±0.02 ^{ab}
Lapins				
先锋	261.67±5.77 ^{ab}	65.80±7.31 ^{ab}	46.08±3.32 ^a	8.24±0.73 ^b
Van				
C4-11	261.67±2.89 ^{ab}	65.70±15.60 ^{ab}	48.01±4.60 ^a	9.39±0.64 ^{ab}

注: 小写字母表示以 G5 为砧木的不同甜樱桃品种之间的差异性比较

Note: Lowercase letters indicated the differences between different varieties of sweet cherry with G5 rootstock

显著大于纺锤形同一品种的芽密度(图 4B)。因此,就‘先锋’和‘布鲁克斯’而言,采用 UFO 树形可以显著提高芽密度,抑制营养生长。以 G5 为砧木的‘罗亚理’的芽密度比以 G6 和 Ma 为砧木的‘罗亚理’芽密度大,但差异不显著(图 4C)。调查也发现,以 Ma 为

砧木的‘罗亚明’的芽密度比其它砧木的‘罗亚明’芽密度大(图 4C)。此外,调查显示,甜樱桃的花密度与品种、砧穗组合以及树形也相关。在所有调查品种中,以 G5 砧木的‘先锋’的花密度最大,显著高于其它 G5 砧木的甜樱桃品种(图 4A)。纺锤形‘先锋’的花密

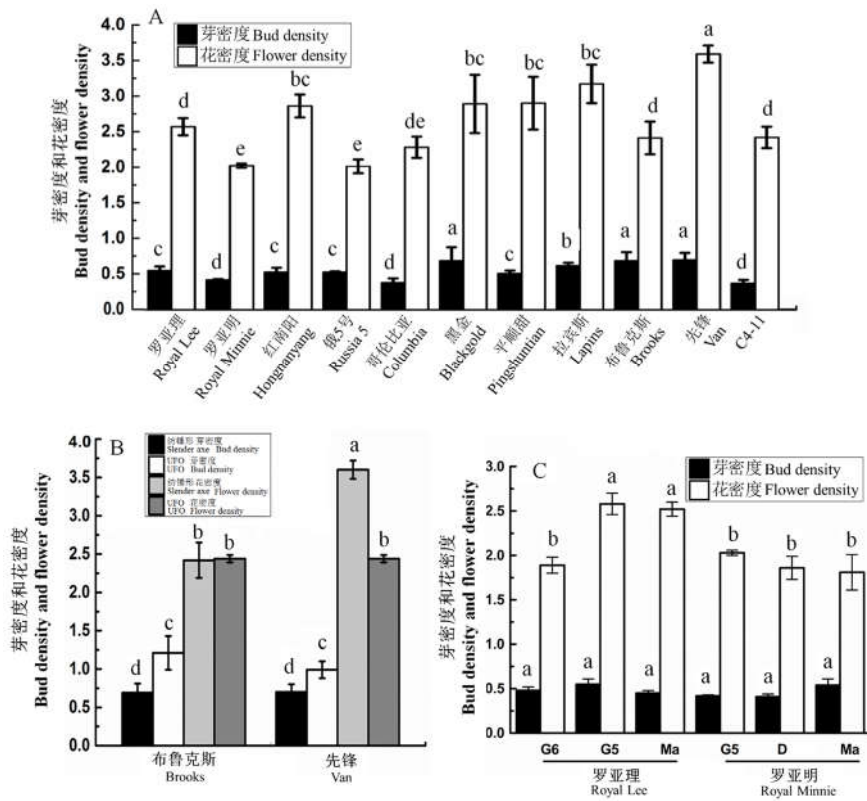


图3 不同砧穗组合下两个短低温甜樱桃品种(‘罗亚理’和‘罗亚明’)营养生长状况

Figure 3 Vegetative growth of two low-chilling sweet cherry varieties ('Royal Lee' and 'Royal Minnie') with different combinations of rootstock and scion

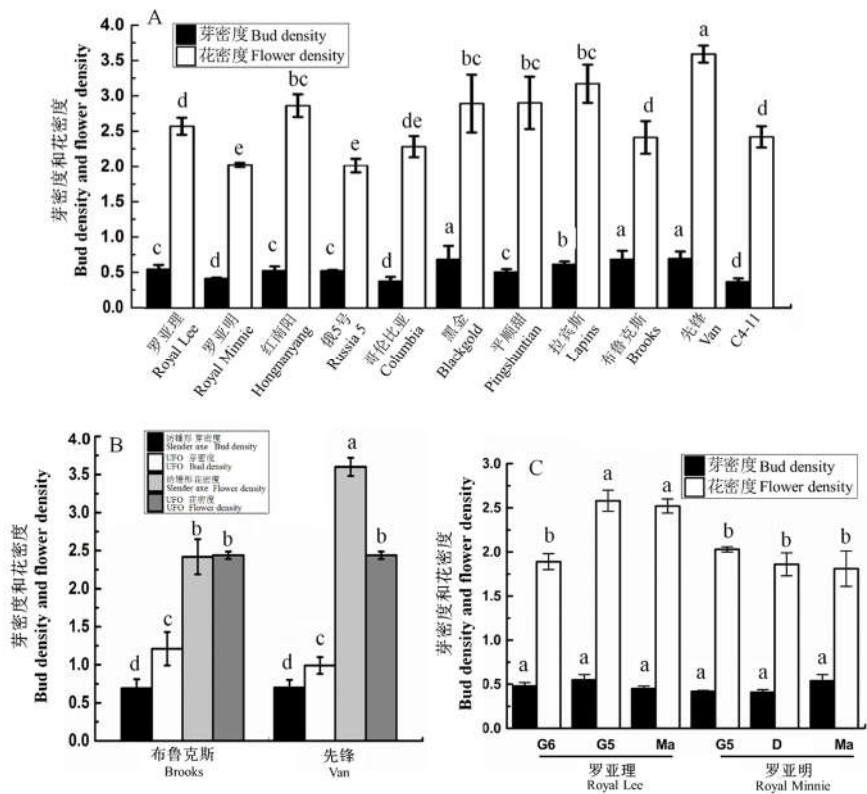


图4 G5 砧木的不同甜樱桃品种的芽密度和花密度

Figure 4 Bud density and flower density of different varieties of sweet cherry with G5 rootstock

度显著大于 UFO 树形‘先锋’的花密度,这表明采用纺锤形整形可以显著提高‘先锋’的花密度(图 4B)。
‘罗亚明’各砧穗组合间的花密度没有显著差异,而 G6 砧木的‘罗亚理’的花密度显著低于其它砧木的‘罗亚理’花密度(图 4C)。

1.4 花器质量

以 G5 作为砧木的甜樱桃各品种的花器发育情况显示,雌蕊退化以‘平顺甜’/G5 的比例最高,达到了 70%,‘红南阳’/G5 和‘哥伦比亚’/G5 雌蕊退化的比例也相对较高,分别达到 28%和 26% (表 3)。结果显示,UFO 树形的‘先锋’退化花的比例显著低于纺锤形的‘先锋’退化花的比例。同时,调查发现 UFO 树形的‘美早’畸形花的比例最高,达到了 9%左右。在 G5、D 和 Ma 三种砧木中,‘罗亚明’/G5 退化花的比例显著低于‘罗亚明’/D 和‘罗亚明’/Ma 的比例;‘罗亚理’与 G5、G6、Ma 三种砧木的组合中雌蕊退化比例都不高,且三者之间差异不显著(表 4)。

1.5 坐果率

上海地区 G5 砧木的不同甜樱桃品种之间的坐果率存在较大差异,‘红蜜’、‘黑珍珠’、‘斯特拉’、‘U8-10’、‘布鲁克斯’和‘拉宾斯’等品种的坐果率相对较高,‘俄 5 号’和‘哥伦比亚’等品种的坐果率相对较低(图 5)。虽然,‘P8011’、‘罗亚明’和‘罗亚理’3 个品种的物候期进程明显快于其它品种,但坐果率都很低。‘先锋’、‘红南阳’、‘美早’、‘ER43’和‘红蜜’等大多数品种经单氰胺处理之后坐果率显著提高。尤其是‘ER43’经单氰胺处理之后达到了 61.68%。未经单氰胺处理的‘红灯’坐果率为 30%,而经过单氰胺处理的‘红灯’坐果率仅有 17%,坐果率显著下调的原因是未经单氰胺处理的‘红灯’的总花芽相对较少,坐果率相对较高,但其绝对坐果数量比经单氰胺处理的少。通常以坐果率 10%作为甜樱桃丰产与否的判断标准,本研究调查发现大多数经单氰胺处理的甜樱桃品种的坐果率均达到了 10%以上,这表明单氰胺能提高多数甜樱桃品种的坐果率。UFO 树形的‘先

表 3 G5 砧木甜樱桃不同品种花器发育情况比较

Table3 Comparison of floral organ development of different sweet cherries with G5 rootstock

品种	树形	砧木	退化花(%)	完全花(%)	畸形花(%)
Varieties	Tree structure	Stock	Abortive flower	Normal flower	Deformity flower
罗亚理	纺锤形	G5	2±1 ^d	98±12 ^a	0 ^c
Royal Lee	Slender axe				
罗亚明	纺锤形	G5	2±2 ^d	98±2 ^a	0 ^c
Royal Minnie	Slender axe				
红南阳	纺锤形	G5	28±5 ^b	71±4 ^{cd}	1±1 ^{bc}
Hongnanyang	Slender axe				
哥伦比亚	纺锤形	G5	26±13 ^b	74±13 ^{cd}	0 ^c
Columbia	Slender axe				
平顺甜	纺锤形	G5	70±14 ^a	30±14 ^d	0 ^c
Pingshuntian	Slender axe				
拉宾斯	纺锤形	G5	5±3 ^d	95±3 ^a	0 ^c
Lapins	Slender axe				
先锋	纺锤形	G5	8±7 ^c	90±1 ^a	2±1 ^b
Van	Slender axe				
C4-11	纺锤形	G5	3±3 ^d	97±3 ^a	0 ^c
	Slender axe				
美早	UFO	G5	5±2 ^{cd}	86±7 ^c	9±7 ^a
Tieton					
先锋	UFO	G5	1±1 ^d	98±1 ^a	1±1 ^b
Van					
萨米托	UFO	G5	5±2 ^{cd}	95±2 ^{ab}	0 ^c
Summit					
布鲁克斯	UFO	G5	10±2 ^c	89±3 ^{bc}	1±1 ^b
Brooks					

表 4 不同砧木短低温甜樱桃品种花器发育情况比较

Table 4 Comparison of floral organ development of low-chilling sweet cherries with different rootstocks

品种	树形	砧木	退化花(%)	完全花(%)	畸形花(%)
Varieties	Tree structure	Stock	Abortive flower (%)	Normal flower (%)	Deformity flower (%)
罗亚理	纺锤形	G6	10±3 ^a	90±3 ^a	0 ^b
Royal Lee	Slender axe				
	纺锤形	G5	2±1 ^a	98±1 ^a	0 ^b
罗亚明	Slender axe				
	纺锤形	Ma	1±0 ^a	98±1 ^a	1±1 ^a
Royal Minnie	Slender axe				
	纺锤形	G5	2±2 ^b	98±2 ^a	0 ^b
Royal Minnie	Slender axe				
	纺锤形	D	26±13 ^a	74±13 ^a	0 ^b
	Slender axe				
	纺锤形	Ma	24±4 ^a	76±4 ^a	0 ^b
	Slender axe				

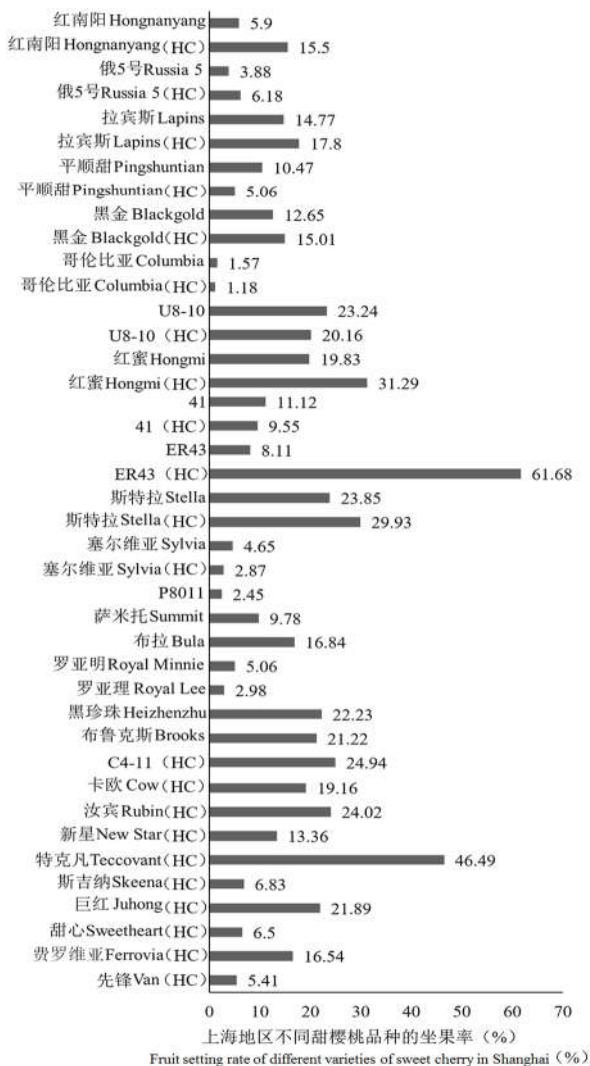


图 5 上海地区 G5 砧木的不同甜樱桃品种的坐果率 (%)

Figure 5 Fruit setting rate of different varieties of sweet cherry with G5 rootstock in Shanghai (%)

锋’坐果率显著高于纺锤形该品种的坐果率(表 5),表明采用 UFO 树形可能会提高部分品种的坐果率。如表 6 所示,不同砧木甜樱桃的坐果率也存在差异,以 Ma 和 D 为砧木‘罗亚理’的坐果率显著高于以 G5 和 G6 为砧木的坐果率;D 砧木的‘罗亚明’坐果率显著高于 G5 砧木的坐果率。

1.6 果实品质

从调查结果来看,经单氰胺处理‘黑金’的平均单果重最大,其次是经单氰胺处理的‘先锋’,而‘ER43’的平均单果重最小,仅有 4.68 g(表 7)。“红蜜”、“红灯”以及经单氰胺处理的“黑金”和“美早”的可溶性固形物含量较高,而“拉宾斯”、“C4-11”、“先锋”和“ER43”等品种的可溶性固形物含量较低。虽然“ER43”的坐果率最高,但其单果重较小,可溶性固形物含量也较低。单氰胺还表现出可以提高部分品种的平均单果重和增加可溶性固形物的作用。如经单氰胺处理后“红蜜”、“先锋”、“拉宾斯”、“美早”和“红灯”的平均单果重均有较大的提高,“先锋”和“美早”的可溶性固形物含量有明显的提高,表明单氰胺在增加果实大小方面的作用可能要比提高可溶性固形物含量更突出。大多数甜樱桃品种的纵横径比小于 1,呈扁圆形,“红蜜”、“先锋”、“斯特拉”、“黑珍珠”、“C4-11”和“美早”的果形指数接近于 1。“红蜜”、“先锋”、“红灯”在施用单氰胺后,果实纵横径比有所降低。

2 讨论

近些年来,上海、浙江等南方暖地先后引进了‘罗亚理’、‘罗亚明’、‘斯特拉’等短低温甜樱桃品种

表 4 不同砧木短低温甜樱桃品种花器发育情况比较

Table 4 Comparison of floral organ development of low-chilling sweet cherries with different rootstocks

品种	树形	砧木	退化花(%)	完全花(%)	畸形花(%)
Varieties	Tree structure	Stock	Abortive flower (%)	Normal flower (%)	Deformity flower (%)
罗亚理	纺锤形	G6	10±3 ^a	90±3 ^a	0 ^b
Royal Lee	Slender axe				
	纺锤形	G5	2±1 ^a	98±1 ^a	0 ^b
	Slender axe				
	纺锤形	Ma	1±0 ^a	98±1 ^a	1±1 ^a
	Slender axe				
罗亚明	纺锤形	G5	2±2 ^b	98±2 ^a	0 ^b
Royal Minnie	Slender axe				
	纺锤形	D	26±13 ^a	74±13 ^a	0 ^b
	Slender axe				
	纺锤形	Ma	24±4 ^a	76±4 ^a	0 ^b
	Slender axe				

表 5 单氰胺对上海地区甜樱桃坐果率的影响

Table 5 Effect of hydrogen cyanamide on fruit setting rate of sweet cherry in Shanghai

品种	树形	砧木	单氰胺处理	坐果率(%)	0.05 水平差异检测
Varieties	Tree structure	Stock	HC	Fruit-setting percentage	$p < 0.05$
美早	UFO	G5	Yes	24 ^{cd}	HC 是, 否间差异显著
Tieton	UFO		No	15 ^c	Significant difference of with and without HC
先锋	UFO	G5	Yes	23 ^{cd}	HC 是, 否间差异显著, Significant difference of with and without HC;
Van	UFO		No	12 ^{cd}	树形间差异显著,
	纺锤形		Yes	5 ^e	Significant difference of UFO and Slender axe
	Slender axe				
布鲁克斯	UFO	G5	Yes	55 ^b	HC 是, 否间差异显著,
Brooks	UFO		No	25 ^B	Significant difference of with and without HC
	纺锤形		No	21 ^{BC}	树形间不显著
	Slender axe				No significant difference of UFO and Slender axe
红灯	UFO	G5	Yes	17 ^d	HC 是, 否间差异显著,
Hongdeng	UFO		No	30 ^A	Significant difference of with and without HC
ER43	纺锤形	G5	Yes	62 ^a	HC 是, 否间差异显著, Significant difference of with and without HC
	Slender axe		No	8 ^E	
斯特拉	纺锤形	G5	Yes	30 ^c	HC 是, 否间差异不显著,
Stella	Slender axe		No	24 ^B	No significant difference of with and without HC
红蜜	纺锤形	G5	Yes	31 ^c	HC 是, 否间差异显著, Significant difference of with and without HC
Hongmi	Slender axe		No	20 ^{BC}	
红南阳	纺锤形	G5	Yes	15 ^d	HC 是, 否间差异显著, Significant difference of with and without HC
Hongnanyang	Slender axe		No	6 ^E	
拉宾斯	纺锤形	G5	Yes	18 ^d	HC 是, 否间差异不显著,
Lapins	Slender axe		No	15 ^c	No significant difference of with and without HC

注: 小写字母表示单氰胺处理下不同品种间的差异性比较; 大写字母表示未经单氰胺处理的不同品种间的差异性比较

Note: Lowercase letters indicated the differences between different varieties of sweet cherry with hydrogen cyanamide (HC); Capital letters represented the differences between different varieties of sweet cherry without HC

进行小面积的设施栽培试验, 取得了一定的成效, 但也发现了南方暖地甜樱桃栽培所面临的困难(徐芳杰

等, 2014)。与辽东半岛、山东半岛以及欧美甜樱桃主产区相比, 南方暖地应属于甜樱桃生长的次适宜区,

表 6 砧木对甜樱桃坐果率的影响

Table 6 Effect of rootstock on fruit setting rate of sweet cherries

品种	树形	砧木	单氰胺处理	坐果率(%)
Varieties	Tree structure	Stock	HC	Fruit-setting percentage (%)
罗亚理	纺锤形	G5	No	3 ^b
Royal Lee	Slender axe	Ma	No	6 ^a
		G6	No	2 ^b
		D	No	6 ^a
罗亚明	纺锤形	G5	No	5 ^b
Royal Minnie	Slender axe	D	No	9 ^a

表 7 上海地区 G5 砧木的不同甜樱桃品种的果实品质状况

Table 7 Fruit quality of different varieties of sweet cherry with G5 rootstock in Shanghai

品种	单氰胺处理	平均单果重(g)	最大单果重(g)	果形指数	可溶性固形物(%)
Varieties	HC	Average fruit weight	Maximum fruit weight	Fruit shape index	TSS
红蜜	Yes	7.42±0.37	9.62	0.86	16.90±0.36
Hongmi	No	6.37±0.11	6.89	0.996	18.00±0.58
先锋	Yes	8.53±0.24	10.62	0.93	15.30±0.45
Van	No	7.00±0.33	7.66	0.99	14.03±0.51
斯特拉	Yes	6.98±0.18	8.79	1.01	15.28±0.18
Stella	No	7.19±0.38	8.35	1.00	15.84±0.45
拉宾斯	Yes	8.11±0.27	9.64	0.93	12.36±0.12
Lapins	No	6.91±0.30	7.57	0.96	13.64±0.31
黑珍珠	No	7.00±0.15	9.11	0.96	13.58±0.65
Heizhenzhu					
黑金	Yes	10.13±0.28	11.19	0.87	16.93±0.26
Blackgold					
ER43	Yes	4.68±0.12	6.78	0.86	15.00±0.48
C4-11	Yes	7.19±0.11	15	0.98	12.80±0.62
布鲁克斯	Yes	8.83±0.34	12.17	0.88	14.96±0.54
Brooks	No	8.52±0.39	11.1	0.89	15.78±0.13
红灯	Yes	7.87±0.24	13.64	0.84	16.76±0.42
Hongdeng	No	6.89±0.23	8.83	0.91	16.14±0.35
先锋	Yes	7.59±0.21	10.5	0.94	12.62±0.33
Van	No	7.99±0.36	9.41	1.03	12.74±0.28
美早	Yes	8.43±0.28	10.68	0.90	18.66±0.34
Tieton	No	7.61±0.13	10.45	0.99	13.53±0.48

年平均气温较同期甜樱桃的最适宜产区烟台高出 3℃~4℃,且夏季温度高,持续时间长(谷大军等,2009)。筛选适合南方气候特点的甜樱桃品种是实现上海等南方地区甜樱桃丰产栽培的关键环节。

张璐(2011)认为上海等南方暖地甜樱桃由于休眠期所累积的冷量不足使得花芽分化受到影响,进而造成甜樱桃畸形果率偏高、坐果率偏低。本团队前期研究表明单氰胺可以打破部分甜樱桃品种的休眠,促进萌芽并成功提高坐果率,效果十分明显(李勃等,2011)。本文研究发现,通过喷施单氰胺,‘先

锋’、‘美早’、‘布鲁克斯’、‘黑金’、‘红灯’、‘红南阳’、‘黑珍珠’、‘ER43’、‘俄 5 号’、‘哥伦比亚’、‘平顺甜’、‘萨米托’及‘桑缇娜’等甜樱桃品种的物候期都大幅提前。砧木也是影响甜樱桃在上海等南方暖地栽培的重要因素,不同的砧木对嫁接品种的生物学特性以及土壤、气候的适应性与抗逆性等方面都有很大的影响。中国甜樱桃栽培中常用的砧木有 Ma、D、G5、G6、Co 等,每种砧木各有优劣,总体看来,相同树龄的砧穗组合的各项生长指标与砧木和接穗的品种都密切相关。选用 Ma 作为砧木树体干径

和树高都要显著大于其它砧木, 营养生长旺盛。G5 砧木能够显著抑制甜樱桃的营养生长, 具有良好的矮化性状, 以 G5 为砧木的甜樱桃在树高、干径、冠幅、主干粗度与长度等树势参数以及新梢粗度和长度等生长势指标等方面均比其它砧木的甜樱桃低。因此, 选用 G5 作为砧木不仅能提高花芽质量, 改善生殖生长, 还能有效控制树势, 平衡生殖生长与营养生长。在上海等南方地区发展甜樱桃产业, 建议选取可使各品种的树冠相对矮小、生长势相对弱化的矮化砧木。此外, 本研究还发现树形对甜樱桃的各项生长参数也有影响。采用 UFO 树形可有效提早部分甜樱桃品种的花期, 如‘先锋’、‘美早’等, 还可以提高部分品种的坐果率和果实品质。

综上, 结合前人的研究结果, 本研究提出针对上海等南方暖地甜樱桃栽培的具体措施如下:

(1) 选择适宜的短低温品种以及砧穗组合

选择低需冷量的品种, 同时配合设施栽培, 在一定程度上能够使这些低需冷量的品种适应南方气候, 正常结果(王磊等, 2014)。本文研究表明, ‘罗亚明’和‘罗亚理’两个品种的物候期进程明显早于其它品种, 属于短低温品种。甜樱桃大多自交不亲和, 这两个品种的花期与其它品种没有重合, 意味着没有花粉来源, 这可能是导致它们坐果率极低的一个重要原因。砧木是甜樱桃栽培的基础, 要选用可使嫁接品种树冠相对矮小、生长势相对弱化的矮化砧木为宜, 综合来看, G5 砧木是一个不错的选择。

(2) 合理使用单氰胺破眠剂

单氰胺处理有助于打破休眠、促进萌芽、提高坐果率、改善果实品质, 这与前人研究结果类似(李勃等, 2011; 王磊等, 2016; 陈晓丹等, 2017)。除了‘罗亚明’、‘罗亚理’、‘斯特拉’等少数低需冷量品种的物候期与单氰胺处理与否无关, 绝大多数经单氰胺处理的品种物候期进程明显提前, 单氰胺起到了非常明显的破眠作用。其次, 单氰胺处理使得甜樱桃坐果率显著上调。其次, 单氰胺处理能明显提高‘美早’的平均单果重和可溶性固形物含量。

(3) 改进栽培管理措施

南方暖地甜樱桃的生产一方面受到的冷量不足的制约, 这一障碍可以通过施用单氰胺等破眠剂或者选用低需冷量品种来解决, 另一方面受盛花期极端气候(高温、冷害和暴雨)的影响, 因此设施栽培在南方甜樱桃产业发展中就显得十分必要了(陆锦明等, 2015)。在上海等南方地区设施栽培条件下, 采用根域限制栽植方式、较小的定植角度及选用长势中庸的苗木均有利于 UFO 树形的快速构建, 可实现机械化修剪和采

收作业, 非常具有推广价值(陈晓丹等, 2016)。

(4) 加强肥水管理

甜樱桃的萌芽、开花和坐果都需要消耗大量的养分, 而坐果期的养分需求主要来自当年的营养吸收。因此, 适宜的肥水管理对于促进花器官正常发育、提升坐果率和果实品质起着非常重要的作用。研究表明, 甜樱桃的裂果与肥水管理有很大的联系(Beppu et al., 2005; 顾文毅等, 2018)。因此, 合理的肥水管理是实现甜樱桃优质丰产的基础。

3 材料与方法

3.1 实验材料

本实验在上海交通大学浦江绿谷基地(东经 121.49°, 北纬 31.04°)避雨设施大棚中开展, 供试甜樱桃定植于 2013 年, 采用根域限制栽培, 株距 3 m, 行距 4 m, 花期采用蜜蜂授粉。使用的砧木包括乔化砧木‘马扎德’(Marzzard, Ma)和‘大青叶’(DQY, D), 半矮化砧木‘考特’(Colt, Co)以及矮化砧木‘吉塞拉 6 号’(Gisela6, G6)和‘吉塞拉 5 号’(Gisela5, G5)。甜樱桃采取纺锤形树形和垂直篱壁分枝结果式整枝体系(UFO 树形)两种整形方式, 其中 UFO 树形只有水平主干是树体永久性部分, 在水平主干上培养直立向上的主枝条, 间距设置为 15~20 cm, 该树形便于机械化修剪和采收作业。单氰胺处理参考王磊等(2016)的方法。为了避免漂散, 喷施单氰胺通常在无风的早晨进行。

本研究调查的甜樱桃品种共有 48 种如下: ‘罗亚明’(‘Royal Minnie’), ‘罗亚理’(‘Royal Lee’), ‘塞尔维亚’(‘Sylvia’), ‘斯特拉’(‘Stella’), ‘黑金’(‘Blackgold’), ‘哥伦比亚’(‘Columbia’), ‘瑟莱斯斯特’(‘Celester’), ‘卡欧’(‘Cow’), ‘布鲁克斯’(‘Brooks’), ‘万达’(‘Vanda’), ‘先锋’(‘Van’), ‘美早’(‘Tieton’), ‘魔拉’(‘Moara’), ‘斯吉纳’(‘Skeena’), ‘乔治亚’(‘Geogia’), ‘科迪亚’(‘Kodia’), ‘雷吉纳’(‘Regina’), ‘特克凡’(‘Teccovant’), ‘超红’(‘Giant Red’), ‘大紫’(‘Black Tata’), ‘汝宾’(‘Rubin’), ‘P8011’, ‘红南阳’(‘Hongnanyang’), ‘俄 5 号’(‘Russia 5’), ‘平顺甜’(‘Pingshuntian’), ‘红灯’(‘Hongdeng’), ‘C4-11’, ‘U8-10’, ‘拉宾斯’(‘Lapins’), ‘图雷拉’(‘Tulare’), ‘珊瑚香槟’(‘Coral Champion’), ‘布拉’(‘Bula’), ‘魔拉 1’(‘Moara 1’), ‘魔拉 2’(‘Moara 2’), ‘魔拉 3’(‘Moara 3’), ‘早红’(‘Early Red’), ‘新星’(‘New Star’), ‘萨米托’(‘Summit’), ‘苏’(‘Su’), ‘黑珍珠’(‘Heizhenzhu’), ‘费罗维亚’(‘Ferrovia’), 41、42, ‘红蜜’(Hongmi), ‘黑珍珠’

(Heizhenzhu)、‘巨红’(Juhong)、‘甜心’(Sweetheart)、‘早大果’(Zaodaguo)。

3.2 物候期观察

参照华盛顿州立大学的标准,甜樱桃的花芽物候期可以分为以下8个阶段:膨芽期(First swelling)、转绿期(Side green)、脱苞期(Green tip)、花簇期(Tight cluster)、露白期(First white)、初花期(First bloom)、盛花期(Full bloom)和终花期(Post bloom)。其中,以花朵开放5%、50%和75%分别作为初花期、盛花期和终花期的评判标准。从脱苞期开始每隔3天记录1次物候期。

3.3 树体营养生长参数测定

2月20日,供试的每个甜樱桃品种随机选取3株,作为3个生物学重复,测量树高及接芽上方10 cm处干径,在每株上随机选取3根主枝测量其长度和基部粗度,统计3根主枝的总芽数,计算芽密度。芽密度=3根主枝的芽总数/3根主枝的总长度。测量重复3次。

3.4 花密度统计

供试的每个甜樱桃品种随机选取3株,作为3个生物学重复,每株随机挑选100个花芽,统计100个花芽盛开的花朵总数。花密度=花朵总数/花芽总数。测量重复3次。

3.5 花器官发育状况调查

供试的每个甜樱桃品种随机选取3株,作为3个生物学重复,每株随机挑选100个盛开的花,记录完全花、畸形花(多雌蕊的花朵)和退化花(雌蕊缺失的花朵)的数量。测量重复3次。

3.6 坐果率统计

供试的每个甜樱桃品种随机选取3株,作为3个生物学重复,每株随机选取3根枝条,在露白期统计每个枝条上的花朵数,并挂牌标记。于花谢后3周统计果实数。坐果率=果实数/花朵数×100%。

3.7 果实品质测定

果实采于2016年5月25日,数据测定于2016年5月25日。供试的每个甜樱桃品种随机选取3株,作为3个生物学重复,每株树随机选10个果实,每个品种总计测定30个果实。用游标卡尺测量果实纵径和横径,计算纵径/横径(果形指数);用电子天平测定甜樱桃的单果质量,计算平均单果质量和最大单果

质量;使用数显式糖度计(LH-B55)测量甜樱桃果实中的可溶性固形物含量。

3.8 数据处理

使用Excel 2010进行数据分析,使用Origin 9.0软件进行作图,使用SAS 8.2软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和LSD法进行差异显著性分析($p < 0.05$)。

作者贡献

纠松涛是本研究设计和实验的执行人,完成资料分析和论文初稿的写作;王继源、刘勋菊、徐岩、王磊和廖樟华参与图表制作、资料的收集和整理;王世平参与论文的修改和校订;张才喜是项目的构思者及负责人,指导论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由国家博士后创新人才支持计划项目(BX20180199)、国家重点研发计划项目(2018YFD0-201300)和中国博士后科学基金面上项目(2018M6-42028)共同资助。

参考文献

- Beppu K., Aida K., and Kataoka I., 2005, Increased endogenous gibberellin level induces early embryo sac degeneration of satohnikiki' sweet cherry in a warm region, *Acta Horticulturae*, 667(667): 423-432
- Chen X.D., Wang L., Huang J.Y., Liao Z.H., Ma C., Wang S.P., and Zhang C.X., 2017, Preliminary study on the evaluation of different varieties of sweet cherry, *Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits)*, 46(3): 109-112 (陈晓丹, 王磊, 黄嘉赞, 廖樟华, 马超, 王世平, 张才喜, 2017, 甜樱桃不同品种需冷量评估初探, *中国南方果树*, 46(3): 109-112)
- Chen X.D., Wang L., Ma C., Zhang C.X., Yan Y.J., Bi S.Y., Wang J., Peng Y.Z., Xu W.P., and Wang S.P., 2016, A preliminary evaluation of sweet cherries growth under modified upright fruiting offshoots (UFO) system in Shanghai, *Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science)*, 9: 1111-1119 (陈晓丹, 王磊, 马超, 张才喜, 严雨洁, 毕思赞, 王杰, 彭勇政, 许文平, 王世平, 2016, 上海地区甜樱桃改良型篱壁式栽培模式初步评估, *果树学报*, 9: 1111-1119)
- Gu D.J., Zhang Q.J., Liu K., Zhao Y., and Yu K.H., 2009, Effect of temperature on phenological stage of sweet cherry flower bud in facility culture, *Beifang Yuanyi (Northern Horticulture)*, 5: 146-147 (谷大军, 张琪静, 刘坤, 赵岩, 于克辉, 2009,

- 温度对设施栽培甜樱桃花芽物候期的影响, 北方园艺, 5: 146-147)
- Gu W.Y., Liu X.L., and Wei H.B., 2018, Characteristics and comprehensive evaluation of 8 kinds of large fruit cherries, Shaanxi Nongye Kexue (Shaanxi Journal of Agricultural Sciences), 64(3): 60-63 (顾文毅, 刘小利, 魏海斌, 2018, 8种大果樱桃品种特性与综合评价, 陕西农业科学, 64(3): 60-63)
- Li B., Li S.P., Xie Z.S., Xu W.P., Zhang C.X., Liu Q.Z., Liu C.L., and Wang S.P., 2010, Study on the biological characteristics and flower bud differentiation of sweet cherry in Shanghai and Yantai area, Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science), 27(3): 349-354 (李勃, 李淑平, 谢兆森, 许文平, 张才喜, 刘庆忠, 刘成连, 王世平, 2010, 上海和烟台地区甜樱桃生物学特性及花芽分化进程研究, 果树学报, 27(3): 349-354)
- Li B., Wang L., Zhang C. X., and Wang S. P., 2011, Effect of Hydrogen cyanamide on breaking the dormancy of sweet cherry in Shanghai, Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits), 40(5): 22-25 (李勃, 王磊, 张才喜, 王世平, 2011, 上海地区使用单氰胺打破甜樱桃休眠的效果, 中国南方果树, 40(5): 22-25)
- Li B., Xie Z., Zhang A., Xu W., and Wang S., 2010, Tree growth characteristics and flower bud differentiation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) under different climate conditions in China, Horticultural Science, 37: 6-13
- Li X. C., and Liu K., 2014, Problems and countermeasures of sweet cherry industry in China, Shanxi Guoshu (Shanxi Fruits), (1): 28-30 (李兴超, 刘坤, 2014, 我国甜樱桃产业存在的问题及对策, 山西果树, (1): 28-30)
- Liu J., Sun P.Q., Shi Z.A., Peng F.T., and Li X.L., 2011, Study on the sensitive period of flower bud morphological differentiation in sweet cherry, Huabei Nongxuebao (Acta Agriculturae Boreali-Sinica), 26(S1): 287-289 (刘婧, 孙培琪, 史作安, 彭福田, 李宪利, 2011, 甜樱桃花芽形态分化敏感期的研究, 华北农学报, 26(S1): 287-289)
- Lu J.M., Zhu T.H., Zhang L.L., and Tang G.J., 2015, Cultivation technique of high yield and high quality in the protected area of sweet cherry greenhouse, Shanhai Nongye Keji (Shanghai Agricultural Science and Technology), 6: 74-75 (陆锦明, 朱天华, 张丽丽, 汤桂钧, 2015, 甜樱桃塑料大棚保护地高产优质栽培技术, 上海农业科技, 6: 74-75)
- Wang L., Zhang C.X., Wang X.L., Li J.F., Yang Q., and Wang S. P., 2014, Studies on scion rootstock adaptability of sweet cherries (*Prunus avium*) in warm region, Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science), (S1): 139-145 (王磊, 张才喜, 王小龙, 李节法, 杨琪, 王世平, 2014, 暖地甜樱桃砧穗组合适应性研究, 果树学报, (S1): 139-145)
- Wang L., Zhang C.X., Xu W.P., Chen X.D., Peng Y.Z., Wang S. P., and Ma C., 2016, Effects of hydrogen cyanamide on carbohydrates and nitrogen metabolism during endo-dormancy releasing and flowering of sweet cherries (*Prunus avium* L.), Guoshu Xuebao (Journal of Fruit Science), 6: 709-718 (王磊, 张才喜, 许文平, 陈晓丹, 彭勇政, 王世平, 马超, 2016, 单氰胺对甜樱桃休眠解除及开花过程树体碳氮营养的影响, 果树学报, 6: 709-718)
- Wang S.P., Yuan C.J., Dai Y.T., Shu H., Yang T.Y., and Zhang C.X., 2004, Development of flower organs in sweet cherry in shanghai area, Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica), 31(3): 357-359 (王世平, 袁彩娟, 戴韵婷, 舒緩, 杨天仪, 张才喜, 2004, 上海地区栽培的欧洲甜樱桃花器发育的观察, 园艺学报, 31(3): 357-359)
- Xu F.J., Zhang X.Y., and Luo J., 2014., The main limiting factors of sweet cherry cultivation in south China and the corresponding improvement measures, Shanghai Nongye Xuebao (Acta Agriculturae Shanghai), 3: 106-116 (徐芳杰, 张学英, 骆军, 2014, 南方地区甜樱桃栽培的主要限制因子及针对性改良措施, 上海农业学报, 3: 106-116)
- Zhang C.X., Wang L., and Wang S.P., 2013, Breeding and utilization of short-temperature varieties of sweet cherry in south China, Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits), 42(4): 48-51 (张才喜, 王磊, 王世平, 2013, 南方暖地甜樱桃短低温品种选育和利用, 中国南方果树, 42(4): 48-51)
- Zhang C., Shen G.Z., Xi D.J., Pei J.B., Huang K.K., and Liu H., 2017, Research progress on the effect of temperature on flowering and fruiting of sweet cherry in southern China, Zhongguo Guoshu (China Fruits), 1: 66-70 (张琛, 沈国正, 郝笃隼, 裴嘉博, 黄康康, 刘辉, 2017, 温度对南方地区甜樱桃开花结实影响的研究进展, 中国果树, 1: 66-70)
- Zhang L.S., 2000, Origin, distribution and cultivation of sweet cherry, Beifang Guoshu (Northern Fruits), 4: 31 (张力思, 2000, 甜樱桃的起源、分布及栽培现状, 北方果树, 4: 31)
- Zhang L., 2011, Effects of hydrogen cyanamide on dormancy release and floral organ development of sweet cherry in warm winter area, Thesis for M.S., Shanghai Jiaotong University (张璐, 2011, 单氰胺对暖冬地区甜樱桃休眠解除和花器发育的影响, 硕士学位论文, 上海交通大学)
- Zhang Q., Shen G.Z., Liu H., Huang K.K., Sun C.G., Pei J.B., Xi D.J., Zhang C., and Pan F.R., 2017, Preliminary report on introduction and cultivation of sweet cherry in high altitude mountain area of Zhejiang province, Zhongguo Guoshu (China Fruits), 1: 26-29 (张青, 沈国正, 刘辉, 黄康康, 孙春光, 裴嘉博, 郝笃隼, 张琛, 潘凤荣, 2017, 浙江高海拔山区甜樱桃引种栽培初报, 中国果树, 1: 26-29)