

影响柑桔树开花结果性能的生态生理因素

陈 凯

(南京农业大学, 南京 210014)

章文才 潘家铮 马湘涛 张君芝 杨明峰 鲍江锋

(华中农业大学, 武汉 430070)

摘要 本文报道1988年和1989年春夏之际异常和正常的桔园小气候环境对柑桔树开花结果物候期、抽梢生长、幼果发育、生理落果、当年果实产量和品质等性能的影响。结果表明,柑桔树的座果率受许多生态生理因素制约,但第一次生理落果主要与开花期桔园的小气候环境有关,第二次生理落果则与树体营养生理代谢密切相关。据此提出了预测预报柑桔树第二次生理落果的指标及其防御措施。

关键词 柑桔;开花;结果;生态环境;生理因素;小气候条件

The ecophysiological factors affecting flowering and fruit bearing characteristics of citrus trees Chen Kai (Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014), Zhang Wen-Cai, Pan Jia-Zheng, Ma Xiang-Tao, Zhang Jun-Zhi, Yang Ming-Feng and Bao Jiang-Feng (Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070), *J. Plant Resour. & Environ.* 1992, 1 (4), 16~23

Effects of abnormal and normal microclimate environments in citrus groves from spring to summer in 1988 and in 1989 on flowering and fruit bearing characteristics in the same year, such as phenological phases, vegetative growth, development of young fruits, physiological fruit drop, fruit yield and quality in six superior citrus cultivars were studied. It was found that there were multiple ecophysiological factors affecting fruit setting ability of citrus trees. The first physiological fruit drop of citrus trees, however, seems mostly in relation to microclimate environments in citrus groves during its flowering period. There is a close relationship between the second physiological fruit drop of citrus trees and physiological nutrition metabolism of the trees. Furthermore, some indexes predicting the second physiological fruit drop of citrus trees and its precautions for high yield of fruits in citriculture were also discussed in the paper.

Key words citrus; flowering; fruit bearing; ecological environment; physiological factors; microclimate condition

生态环境直接影响柑桔树的生理代谢,春夏之际的桔园小气候条件与柑桔树的开花结果关系密切^[1]。80年代,在柑桔树开花座果期出现过3次热害天气,全国当年减产50~80%^[1~3],

并以1988年受害最为严重。这种现象国外也有发生^(5~8),引起了普遍关注,但缺乏系统研究。本文报道这方面的研究结果,为指导生产提供科学依据。

材料与方 法

1988年(桔园小气候异常年份)和1989年(正常年份),在华中农业大学柑桔试验园同时进行田间试验和桔园小气候指标观测。试验材料为10年生枳(*Poncirus trifoliata* Raf.)砧温州蜜柑(*Citrus unshiu* Marc.)和甜橙(*C. sinensis* Osbeck),品种(品系)为国庆1号(Guoqin No. 1)、龟井(Kamei)、尾张(Owair)、朋娜脐橙(Skaggs Bonanza navel)、锦橙(Jingcheng)和卡特夏橙(Cutter valencia),分别为极早熟、早熟、中熟、中晚熟和晚熟柑桔良种,包括有籽和无籽两种不同类型。柑桔园系北亚热带黄棕壤低山丘陵岗地,海拔35 m,肥力中等。

桔园小气候指标和物候期都按国家规定的标准观测记载。果实可溶性固形物和含糖量分别用国产折光仪和日本产SEPA200型高速自动旋光仪测定,柠檬酸和Vc含量依次用NaOH和2,6-D溶液滴定法测定。各处理均重复3次。仪器使用前都经过校正,每次观测取2~3次读数的平均值。所得资料经常规生物统计处理和分析。

结果与分析

1. 1988年与1989年春夏之际桔园小气候环境的差异

图1表明,两年中供试桔园小气候差别主要表现在4月下旬至6月初的光、温、湿和风等因素上,而此时正是柑桔树开花座果的关键时期,树体对环境变化十分敏感,异常的桔园小气候环境必然影响植株的开花结果性能。

1988年4~5月初,在高压脊控制和持久干旱的影响下,我国亚热带地区出现罕见的高温。4月下旬连续8天扬砂浮尘,桔园旱情日趋严重;5月初进一步形成强日照、高温和干热风天气。此时正值柑桔树抽发新梢和花蕾膨大期。其中,5月2日、3日和6日的最高温度及其日温差分别达到35.6℃、35.7℃和34.6℃及12.9℃、10.0℃和12.0℃,表土最高温度及其日温差依次达到59.9℃、58.6℃和57.1℃及39.4℃、35.3℃和35.6℃,空气相对湿度日平均值及最低值分别下降至69%、66%和77%及45%、43%和49%,中午光照强度高达10万lux。上述异常恶劣的小气候环境迫使正处于大蕾期的柑桔花器迅速开放,春梢嫩叶严重日灼。仅5月3日,温州蜜柑的花器开放率达90%以上,并且,大部分位于直射光处的花器在开放的当天下午就因遭受严重日灼导致花瓣枯萎,子房失水软缩,不能膨大。甜橙花期虽早,受影响较小,但也有50%的花器被迫开放,其中,锦橙和卡特夏橙的花药在开花当天就干枯,不能正常授粉,柱头无粘液,子房皱缩,不能受精发育。5月5日,供试树春梢自剪停长,并全部谢花,花瓣和雄蕊脱落,柱头萎缩,大多数子房干瘪后粘附在蜜盘上成为僵果。5月6日傍晚起出现连续6天的低温阴雨天气。其中,5月8日的降水量达110.9 mm,此后3天内日平均温度降至13.3~14.8℃,最高温度17.5℃、最低温度11.6℃,柑桔树根际土温从盛花期的22.5℃降到17.2℃,空气相对湿度高达90%,日照稀少。由此可见,1988年5月初异常恶劣的小气候环境显著缩短了柑桔树的花期,严重损伤了花器和春梢,加上开花前后小气候环境的大幅度变化远远超过了柑桔幼果的适应能力^(1,5),势必影响座果及

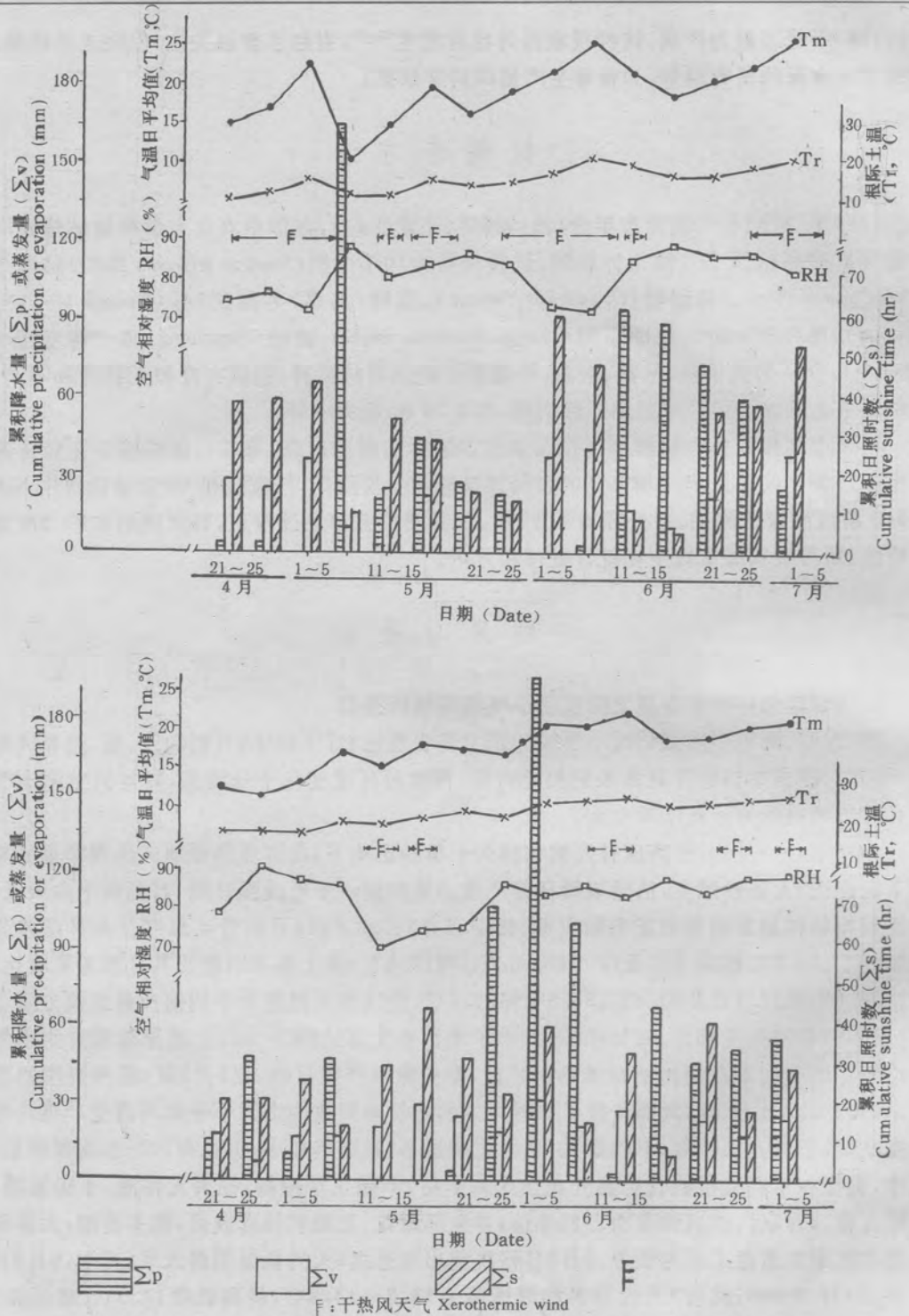


图1 1988年和1989年柑桔树开花座果期的桔园小气候条件(武汉,逐候平均值)

Fig 1 Microclimate conditions in citrus groves from flowering to fruit-setting stage of citrus trees in 1988 and 1989 (Wuhan, means in every five days)

其生长发育。

而1989年柑桔树开花座果期的桔园小气候环境变化很小(图1),4~5月气温平稳上升,光照和水分条件适宜。直到5月下旬和6月上旬,才出现暴雨天气。此时的日平均气温和根际土温已达21℃和25℃,空气相对湿度小于85%,柑桔树已通过第一次生理落果期。因此,1989年春夏之际的桔园小气候环境较有利于柑桔树开花座果。

2. 小气候环境对柑桔树开花结果物候期的影响

1988年与1989年相比(表1),1988年,温州蜜柑的现蕾期和初花期分别比1989年迟3~5天,但盛花期相近,终花期反而提早7~8天,花期缩短11~12天,第一次生理落果提前8~9天,第二次生理落果推迟2~4天,生理落果终止期和果实成熟期依次提早7~9天和5~10天。甜橙的现蕾期、初花期和盛花期分别推迟10天、15~17天和7~9天,终花期提早3~5天,花期缩短12~15天,第一次生理落果期提早7~8天,第二次生理落果期推迟2~3天,生理落果终止期和果实成熟期依次提早5~9天和5天。由此可见,柑桔树开花结果物候期受桔园小气候的影响很大。1988年异常的小气候环境破坏了柑桔树正常的生理代谢过程和生长发育等生物学节奏,使其代谢紊乱,开花结果物候期与正常年份差异很大。

表1 供试柑桔树开花结果主要物候期(日/月,武汉)

Tab 1 Main phenological phases of flowering and fruit bearing in the trial citrus trees (Date/Month, Wuhan)

名称 Name	年份 Year	开花期 Flowering period				生理落果期 Physiological fruit drop period			果实成熟期 Fruit mature period
		现蕾期 Alabasturum	初花期 Early	盛花期 Full	终花期 End	第1次 1st	第2次 2nd	终止期 End	
温州蜜柑 <i>C. unshu</i>									
国庆1号	1989	23/4	3/5	4/5	5/5	10/5	13/6	1/7	5/10
	1989	20/4	28/4	3/5	12/5	18/5	9/6	10/7	15/10
龟井	1988	23/4	3/5	4/5	5/5	10/5	13/6	2/7	12/10
	1989	20/4	28/4	3/5	12/5	18/5	9/6	10/7	20/10
尾张	1988	26/4	3/5	4/5	5/5	10/5	13/6	5/7	5/11
	1989	22/4	30/4	4/5	13/5	19/5	11/6	12/7	10/11
甜橙 <i>C. sinensis</i>									
朋娜脐橙	1988	16/4	25/4	1/5	5/5	10/5	12/6	10/7	15/11
	1989	6/4	8/4	22/4	8/5	17/5	9/6	15/7	20/11
锦橙	1988	16/4	25/4	1/5	5/5	10/5	12/6	3/7	20/11
	1989	6/4	10/4	22/4	8/5	17/5	10/6	12/7	25/11
卡特夏橙	1988	17/4	26/4	2/5	5/5	10/5	12/6	5/7	翌年 20/4
	1989	7/4	11/4	25/4	10/5	18/5	10/6	12/7	25/4

3. 小气候环境对抽梢及幼果生长发育的影响

表2反映了两年中供试柑桔树春、夏梢生长和幼果发育动态。可以看出,在新梢生长发育过程中,叶片质量的变化都有一个明显的转折期,其拐点就是比叶干重最低处。此时,叶片中干物质含量达到最低水平,也正是新梢幼叶由淡绿色变成深绿色的转折期。两年的情况相比,1988年早春的低温干旱环境限制了春梢叶片的生长及其比叶干重的提高。因此,在春梢叶片的比叶干重拐点之前的叶片质量是1989年好于1988年,但以后都呈现相反的情况。两年中夏梢叶片的生长发育及其质量都是1988年好于1989年。上述事实说明,柑桔树春、夏梢生长与幼果发育存在剧烈的营养需求竞争关系。在柑桔栽培上,只有控制适宜的座果数量,才有利于

春梢的发育;通过合理控制夏梢生长量,才有助于平衡果梢同期生长发育对树体营养的需求关系及其源/库比,增强植株的座果能力。

观测结果还表明,柑果实重量和体积都随幼果发育时间的增加而增大;果实发育速度在6月中旬以前较慢,6月下旬以后迅速加快。幼果发育初期含干物质较少,并有下降的趋势,6月上、中旬降至最低水平,此后紧接出现第二次生理落果高峰。以后,果实干物质含量逐渐增高,至6月底以后才处于相对稳定状态。进入7月后,很少再有生理落果。这些迹象表明,柑桔树第二次生理落果与植株当时的碳素代谢营养水平密切相关。

表2 1988年和1989年供试柑桔树幼叶和幼果发育以及生理落果动态(武汉)

Tab 2 Development of young leaf and fruit in the trial citrus tree, and its dynamics of physiological fruit drop in 1988 and in 1989 (Wuhan)

时间 Date (日/月) (D/M)	比叶干重 Special leaf dry weight (mg/cm ²)				单果重量 Weight per fruit (g)		单果体积 Volume per fruit (cm ³)		果实含干物质 Dry matter in fruits (%)		累计生理落果率 Total physiological fruit drop (%)	
	春梢 Spring sprout		夏梢 Summer sprout		1988	1989	1988	1989	1988	1989	1988	1989
	1988	1989	1988	1989								
25/4	7.8	8.2										
30/4	7.2	7.4										
5/5	5.9	6.1			0.1	0.1			29.5	29.3	0.9	
10/5	5.7	5.6			0.1	0.1			29.1	25.8	63.5	1.5
15/5	6.2	5.9			0.2	0.2	0.1		28.8	25.6	89.0	6.1
20/5	6.8	6.3			0.3	0.2	0.2	0.1	28.4	24.3	91.8	39.5
25/5	7.4	6.7			0.7	0.3	0.5	0.2	28.1	24.1	92.0	51.5
30/5	7.8	7.2			1.3	0.5	2.4	0.3	27.5	23.8	92.3	56.1
5/6	7.9	7.6			2.0	0.9	9.5	1.1	25.2	22.5	92.7	57.8
10/6	8.0	7.7	6.8	6.7	3.4	1.4	14.8	2.7	24.9	20.7	92.8	76.4
15/6	8.0	7.8	5.6	5.5	4.0	2.3	28.8	11.1	23.1	25.4	93.0	84.6
20/6	8.0	7.9	6.2	5.8	5.6	3.8	42.5	27.2	25.6	26.3	98.7	89.4
25/6	8.0	7.9	6.9	6.4	7.5	6.9	62.4	51.3	27.3	26.5	98.9	92.9
30/6	8.0	7.9	7.4	7.3	12.6	10.4	115.6	92.5	27.5	26.4	98.9	94.7
5/7	8.0	7.9	7.5	7.4	16.7	14.6	221.7	158.6	27.4	26.3	98.9	95.2
10/7	8.0	7.9	7.5	7.4	21.2	19.3	311.6	251.4	27.5	26.3	98.9	95.2

4. 小气候环境对柑桔树生理落果的影响

观测结果表明,供试柑桔树两年的生理落果都为双峰型(表2),这与前人的研究结果相符^[2-4],但1988年第一次生理落果量显著大于1989年,第二次生理落果情况恰好相反,并且,1988年两次生理落果的间隔期比1989年延长1倍(表1)。这些事实进一步证明,柑桔树第一次生理落果与开花座果期的桔园小气候环境密切相关,盛花期遇到不利的环境就会显著加剧第一次生理落果,并使幼果生理脱落期提早;柑桔树第二次生理落果则与树体营养供求状况有更直接的关系,座果过多或夏梢生长过旺都会降低树体营养水平,加重第二次生理落果。1988年由于座果很少,植株营养供求矛盾不大,因此,第二次生理落果推迟,落果量很少;1989年的情况截然相反。由此可见,影响柑桔树座果率的主导因素包括生态和生理两方面。前者主要取决于盛花期前后的桔园小气候环境,后者涉及树体内各种生理反应,并非仅是高温、低湿或营养供求等单方面的原因^[2-4]。因此在生产中必须采取相应的技术措施以全面协调这些生态生

理因素,这样才能较有效地减轻生理落果。

5. 预测预报柑桔树第二次生理落果的指标

由于树体营养供求关系比桔园小气候环境较容易进行人工调控,因此,探讨其第二次生理落果指标,在生产中较有实用价值。

通过对即将发生第二次生理落果的柑桔果实(从形态和大小上看刚停止发育,果皮颜色仍正常,果柄已形成离层,一触即落)和在树上正常生长的果实解剖观察,发现前者纵径、横径、果皮厚度、囊瓣厚度和果心直径、果形指数、单果重量、干物质含量都减小,果实含水量却增大(表3)。经生物统计分析,这两类果实的上述指标中除果皮厚度和果心直径未达显著差异水平外,其余都达到显著或极显著差异水平。并且,t 测验值以果实干物质含量最大,果实纵径和囊瓣厚度其次。这一实验结果再次证明,柑桔树第二次生理落果确系树体营养供应不足,使部分发育较差的幼果自然淘汰的一种生物学反应。从表2和表3可见,在春夏之际桔园小气候环境良好,柑桔树大年结果的条件下(1989年),当果实干物质含量降至20.7%时是树体即将发生第二次生理落果的临界指标;在春夏环境异常,柑桔树小年结果时(1988年),由于座果少,树体营养供求矛盾小,该临界指标上升为23.1%。并且,上述指标在各供试树种和品种(品系)之间无显著性差异,说明它很适合作为预测预报柑桔树第二次生理落果的参考指标。

表3 柑桔树第二次生理脱落的果实与正常果实性状的差异(1989年,武汉)

Tab 3 Differences between the second physiological dropping fruit and normal fruit in citrus trees (in 1989, Wuhan)

名称 Name	果实直径 Fruit diameter (cm)		果形指数 Dv/Dc	单果重 Weight per fruit (g)	含干物质 Dry matter (%)	含水份 Water content (%)	果皮厚 Peel thickness (%)	囊瓣厚 Cystocarp thickness (cm)	果心直径 Core diameter (cm)
	纵径 Cross	横径 Vertical							
即将脱落的果实 Falling fruit									
温州蜜柑 <i>C. unshiu</i>									
国庆1号	1.61	1.80	0.39	2.83	21.08	78.92	0.47	0.26	0.34
龟井	1.54	1.70	0.91	2.44	20.84	79.16	0.44	0.24	0.34
尾张	1.04	1.27	0.82	0.79	20.62	79.38	0.31	0.20	0.22
甜橙 <i>C. sinensis</i>									
朋娜脐橙	1.76	1.69	1.04	1.88	21.12	78.88	0.43	0.29	0.26
锦橙	1.47	1.36	1.08	1.45	20.77	79.23	0.32	0.24	0.25
卡特夏橙	1.37	1.32	1.04	1.25	19.89	80.11	0.32	0.22	0.24
正常生长中的果实 Normal fruit									
温州蜜柑 <i>C. unshiu</i>									
国庆1号	1.90	2.08	0.91	4.41	27.33	72.67	0.48	0.38	0.36
龟井	1.78	1.82	0.98	2.94	26.88	73.12	0.45	0.29	0.34
尾张	1.31	1.45	0.90	1.54	25.43	74.57	0.32	0.29	0.23
甜橙 <i>C. sinensis</i>									
朋娜脐橙	2.18	1.91	1.14	4.43	26.65	73.35	0.41	0.40	0.29
锦橙	1.89	1.71	1.11	3.17	24.56	75.44	0.40	0.34	0.27
卡特夏橙	1.79	1.69	1.06	2.86	24.46	75.54	0.39	0.32	0.27
生物统计 t 检验 t test									
t 值	9.83**	6.35**	3.84*	4.84**	12.80**	6.56**	0.85	9.58**	2.49

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

此外,表3还表明,柑桔树第二次生理落果前夕正是幼果纵径快速增大和囊瓣迅速发育的

阶段,这两项指标在即将脱落的果实与正常果实之间都有极显著的差异,很容易直接观测和掌握,操作较简便快速.因此,生产上可据此变化来辅助预测预报柑桔树第二次生理落果,以便适时采取针对性的防御措施。

6. 小气候环境对柑桔树结果性能的影响

本研究证实,春夏桔园小气候环境对柑桔树结果性能有显著的影响(表4)。1988年因柑桔树开花座果期的小气候环境恶劣,供试树的平均座果率和株产分别为1.55%和6.06 kg。其中,甜橙的开花物候期稍早,受影响略小;温州蜜柑受影响较大,并以开花较迟的尾张座果最少。此外,属于有籽类型的锦橙和卡特夏橙的座果率和株产都显著高于无籽类型的朋娜脐橙和温州蜜柑各品系。由于种子的生长与幼果的发育有着相互促进的关系,种子是树体合成生长素、赤霉素和细胞分裂素的中心,有利于向果实中调运较多的营养物质^[4],因而能促进幼果生长发育,增强座果能力。座果率的高低最终直接影响株产。1989年春夏之际的桔园小气候环境风调雨顺,供试树的座果率和株产都显著高于1988年的水平。这说明创造良好的小气候环境是实现柑桔树高产优质栽培的必要条件之一。

表4 1988年(异常年份)和1989年(正常年份)柑桔树结果性能和果实理化特性的差异(武汉)

Tab 4 Differences of fruit bearing ability and its physiologic biochemical characteristics of citrus trees in 1988 (abnormal year) and in 1989 (normal year) (Wuhan)

名称 Name	年份 Year	座果率 Fruit setting (%)	株产 Yield per tree (kg)	果实理化特性 Physiologic biochemical characteristics of fruits						
				单果重 Weight per fruit (g)	可食率 Edible part (%)	干物质 Dry matter (%)	可溶性固形物 TSS (%)	总糖 Total sugars (%)	柠檬酸 Citric acid (%)	维生素 C Vc (mg/100g)
温州蜜柑 <i>C. unshiu</i>										
国庆1号	1988	1.36	6.42	157.63	80.49	12.01	8.92	7.12	1.18	31.69
	1989	5.15	25.58	145.68	83.68	11.89	8.81	7.03	1.11	30.92
龟井	1988	1.10	3.05	161.58	76.93	12.12	8.73	6.85	1.26	30.58
	1989	4.75	19.61	156.21	79.25	12.11	8.65	7.01	1.12	30.22
尾张	1988	0.82	2.88	158.60	81.47	14.83	11.62	9.26	1.24	28.66
	1989	5.45	23.63	141.72	82.63	13.22	10.81	8.15	1.00	27.35
甜橙 <i>C. sinensis</i>										
朋娜脐橙	1988	1.45	7.46	235.73	76.90	16.20	12.80	9.48	1.06	49.34
	1989	4.72	26.87	160.38	78.29	15.87	11.04	9.40	0.75	45.43
锦橙	1988	2.34	8.69	202.34	69.12	14.56	10.91	8.18	1.89	59.78
	1989	7.07	22.96	178.52	75.68	15.78	10.52	8.14	1.59	50.34
卡特夏橙	1988	2.26	7.84	126.77	73.60	17.07	13.17	11.21	1.83	39.07
	1989	7.29	23.12	122.35	74.63	17.25	12.88	10.67	1.54	39.03

两年的果实理化特性相比(表4),1988年因结果数量少,养分供应充足,果实发育较大,单果重增加,果实中干物质、可溶性固形物、总糖、柠檬酸和维生素C含量都提高,但果皮增厚,果面粗糙,果心增大,使果实可食率和果汁中糖酸比值都略有下降。1989年供试柑桔的各项品质指标则与上述情况相反(表4)。并且,两年中各种类和品种(品系)间的变化规律及差异都十分一致。说明本研究结果具有较好的代表性。以上实验结果也充分说明,生态和生理条件对柑桔果实产量和品质形成都有十分重要的作用。

讨论与建议

本研究证明,春夏之际桔园的小气候环境对柑桔树的开花结果性能有显著影响。1988年我国柑桔大幅度减产的主要原因在于开花座果期的异常干热小气候环境,迫使花器过快开放并遭受严重日灼,以及花后连续低温阴雨,使树体内水分和养分等生理代谢失控而导致大量落花落果。生产上,在柑桔树开花座果期通过采取地面覆草和合理灌、排水等措施,可以在一定程度上改善桔园小气候环境,减轻不利环境条件的影响,提高柑桔树的开花和座果能力,减少第一次生理落果^[1]。

本研究还证明,柑桔树体内营养供求水平对第二次生理落果有较大影响。当果实发育到一定时期,干物质含量下降到临界水平时,即将发生第二次生理落果。因此,生产中可根据柑桔果实发育状况及其干物质含量水平来预测预报第二次生理落果情况。在小气候环境适宜,座果较多时,应及时增施速效肥料,合理控制夏梢生长,节约树体养分,以促进幼果生长发育;同时,还可适当疏除过密的纤弱枝、徒长枝、病虫枝和过多的幼小果实,改善树冠通风透光条件,以利增加光合产物的积累,维持健壮的树势,达到高产稳产优质高效的栽培目的。

参 考 文 献

- 1 陈凯,章文才,潘家铮等. 1990:中国园艺学会成立六十周年纪念暨第六届年会论文集(1.果树),万国学术出版社,北京. 182~185页.
- 2 汪铎. 1969:地理科学 9(1):67~74.
- 3 桂春根,葛永平. 1986:园艺学报 13(2):139~141.
- 4 中川昌一. 1978:果树园艺原论——开花结实的生理を中心として. 日本国养贤堂发行,日本. 324~408.
- 5 Chen K, W C Zhang, D H Liu. 1991:Proceedings of the International Citrus Symposium. International Academic Publishers. 332~337.
- 6 Hilgeman R H. 1973: *California Citrography* 58(6):423~447.
- 7 Kodar V P. 1983: *Horticultural Abstracts* 53(2):2149.
- 8 Palmer R L. 1977: Proceedings of International Society of Citriculture. International Academic Publishers. 3:1048~1052.

(责任编辑:邱敬萍)