

植物学性状参与脐橙果实油斑病调控的矿质营养代谢机制研究

郑永强^{1,2}, 邓烈¹, 何绍兰¹, 易时来¹, 赵旭阳², 毛莎莎²

(¹西南大学-中国农业科学院柑桔研究所国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712; ²西南大学园艺园林学院, 重庆 400715)

摘要:对红橘砧奉节 72-1 脐橙正常和油斑病发生较严重的挂果枝植物学性状以及挂果枝所在营养枝功能叶片和果皮 N、P、K、Ca 含量进行了分析,探讨植物学性状对矿质元素代谢调控与柑橘果实油斑病发生的关系。结果发现奉节 72-1 脐橙果实油斑病的发生与果枝植物学性状和果枝所在功能叶片矿质营养 N、K 和 Ca 含量有紧密的关系,果枝长度 6~15 cm、果枝叶数 7~10 枚、挂果数 2~3 个果实油斑病程度较轻。红橘砧奉节 72-1 脐橙果实油斑病程度较重的挂果枝所在营养枝功能叶片和果皮中 N、K 和 Ca 含量均显著低于油斑病程度较轻的植株,呈显著或极显著负相关,而与叶片和果皮中 P 的含量均未达显著水平。

关键词: 柑橘; 奉节脐橙; 油斑病; 果皮; 叶片; 矿质元素

中图分类号: S666 文献标识码: A 文章编号: 1009-9980(2010)03-461-05

Study on the relation between botany characters, mineral nutrition levels and oleocellosis development in 72-1 Navel orange

ZHENG Yong-qiang^{1,2}, DENG Lie¹, HE Shao-lan¹, YI Shi-lai¹, ZHAO Xu-yang², MAO Sha-sha²

(¹National Engineering Research Center for Citrus Technology, Citrus Research Institute, Southwest University-Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712 China; ²College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715 China)

Abstract: The effects of botany characters of fruit branch, mineral nutrition levels in leaf and fruit peel on oleocellosis development were studied in Fengjie 72-1 Navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). The results showed that the botany characters of fruit branch had a significant influence on oleocellosis development, and fruit oleocellosis decreased significantly when the length of fruit branch, the leaves number and fruits number on the fruit branch varied from 6 to 15 cm, 7 to 10 leaves and 2 to 3 fruits, respectively. Whilst, the N, K and Ca concentration in leaves and fruit peels of slight oleocellosis trees were significantly higher than that in leaves and fruit peels of severe oleocellosis tree, and there were significant negative correlation between degree of oleocellosis and N, K and Ca content in leaves and fruit peels. However, the P content in leaves and fruit peels did not have a significant influence on the degree of oleocellosis.

Key words: Citrus; Fengjie Navel orange; Oleocellosis; Fruit peel; Leaf; Mineral nutrition

柑橘果实油斑病是柑橘果实外皮组织中的油胞破裂后渗出的具有光毒性的橘油对果皮造成的伤害,严重地影响柑橘果实的商品价值和贮藏性能,很多柑橘栽培品种在果实成熟时都会发生程度不同的油斑病,目前已成为柑橘果实的重要生理病害之一^[1-2]。Knight 等^[3]研究表明油斑病病斑是由于柑橘果实外皮皮层油胞细胞瓦解、细胞壁破裂扭曲变形后相互叠加在一起造成的,并认为病斑变褐可能还有如多酚氧化酶和过氧化物酶等一些酶的参

与。Sawamura 等^[4]研究发现,柑橘果实油胞中溢出的橘油被油胞周围组织的抗坏血酸氧化后产生毒性,导致油斑病的发生。而 Wild^[5]研究发现,与有氧条件下相比,无氧条件下果实的油斑病发生率没有降低,但外皮组织凹陷部位没有出现典型的颜色变暗,只有将果实移到有氧条件下,感病部位才出现褐色病斑,因此他认为 O₂ 促进了柑橘外皮病斑的颜色褐变。Shomer 等^[6]研究发现,柑橘果实外皮上的绿褐色病斑,是由于渗到橘皮下表层组织里的橘油阻碍了

收稿日期: 2009-08-10 接受日期: 2009-12-31

基金项目: 中央高校科研业务费重点项目(XDJK2009B025); 科技部支撑计划项目(2007BAD47B02, 2007BAD47B04 和 2008BAD92B08); 重庆市柑桔学重点实验室开放基金 CKLC200806; 重庆市重大攻关项目(CSTC, 2006)

作者简介: 郑永强,男,副研究员,博士,研究方向为柑桔逆境分子生理学。Tel: 023-68349726, E-mail: zhengyq@swu.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

叶绿素向成色素细胞的分化，进而形成巨型叶绿体造成的。目前关于柑橘果实油斑病大部分研究主要集中在柑橘油斑病发生的生理现象和表观特征上，尚未见有关柑橘油斑病防治相关的生理研究方面的报道。我们探讨了红橘砧奉节 72-1 脐橙果实油斑病与植物学性状以及与果皮和叶片矿质元素含量的关系，以阐明柑橘油斑病形成矿质营养代谢调控机理，为制定降低柑橘油斑病程度的栽培措施提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 柑橘油斑病的田间调查

试验于 2007—2008 年在重庆奉节县朱衣镇柑橘示范园进行。随机选取生长势基本一致的 12 a 生红橘 (*Citrus tangerine* Hort. ex. Tanaka) 砧奉节 72-1 脐橙 (*C. sinensis* Osbeck) 5 株，于 11 月 25 日，随机统计每株树 10 枝挂果枝的叶片数、挂果枝长度以及挂果数，同时统计每一果枝上每个果实油斑病斑面积和个数，其中 $>0.25 \text{ cm}^2$ 和 $\leq 0.25 \text{ cm}^2$ 的病斑，分别记为 x_1 和 x_2 ，单果果实油斑病程度以公式 $DO=0.5 x_1+0.25 x_2$ 计算而得。采用 20 个果实的单果油斑病总面积及 DO 相关分析表明 $R^2=0.92$ ，达到极显著正相关。DO 值越大表明单果油斑病发病程度越高^[7]。

1.2 果皮和叶片矿质元素含量的测定

2007 年 11 月 25 日在上述果园随机选取 10 株生长势基本一致的 12 a 生红桔砧奉节 72-1 脐橙植株，每株按照病情轻重分别选取油斑病发生程度较轻 (发生率在 10% 以下) 和严重 (发生率在 50% 以上) 的挂果枝各采集果实 20 个，同步采集样品果所在果枝的营养枝功能叶片 20 枚，共 2 个处理，10 次

重复。于实验室立即用无离子水清洗，叶片和剥取的果皮在 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青 20 min，然后在 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下烘干，研磨成粉。用凯氏定氮法测定 N，钼蓝比色法测 P，火焰光度法测 K，原子吸收分光光度法测定 Ca 含量。

1.3 数据处理

每试验处理重复 10 次，每处理统计数据为平均值 \pm S.D.。数据采用 SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 软件进行分析，处理间的差异显著性采用 Duncan's T-test 分析。

2 结果与分析

2.1 植物学性状对果实油斑病的影响

2007—2008 年调查结果表明，红桔砧奉节 72-1 脐橙结果枝的挂果数、长度和叶片数对果枝上果实油斑病发生程度有显著影响 (图 1,2)。采用 SPSS17.0 曲线回归模拟建立的果实油斑病程度 (y) 与果枝长度 (x_1) 和果枝叶数 (x_2) 的回归方程分别为： $y=0.86+6.94/x_1$ 和 $y=6.15-1.16x_2+0.07x_2^2$ ($n=50$)，方程的 R^2 分别为 0.157 6 和 0.147 9，均达到显著水平。由图 1-A 可知红桔砧奉节 72-1 脐橙果枝长度大于 6 cm 时果实油斑病显著降低，结合邹定贵^[8]研究结果证明果枝过长不利于来年丰产，对于过长果枝应该修剪保留 9~15 cm，因而果枝长度应该在 6~15 cm 较为适宜。而由图 1-B 和图 2 可知，果枝叶数 7~10 枚，果枝挂果数为 2~3 个时，果实油斑病发生程度较轻。当红桔砧奉节 72-1 脐橙果枝的挂果数由 1 个增加到 2 个时，果实油斑病程度由 2.35 显著降低到 0.52；而当果枝挂果数由 2 个增加到 3 个时，果实油斑病程度由 0.52 显著降低到 0.27。

2.2 果实油斑病发生程度与果皮矿质元素 N、P 和

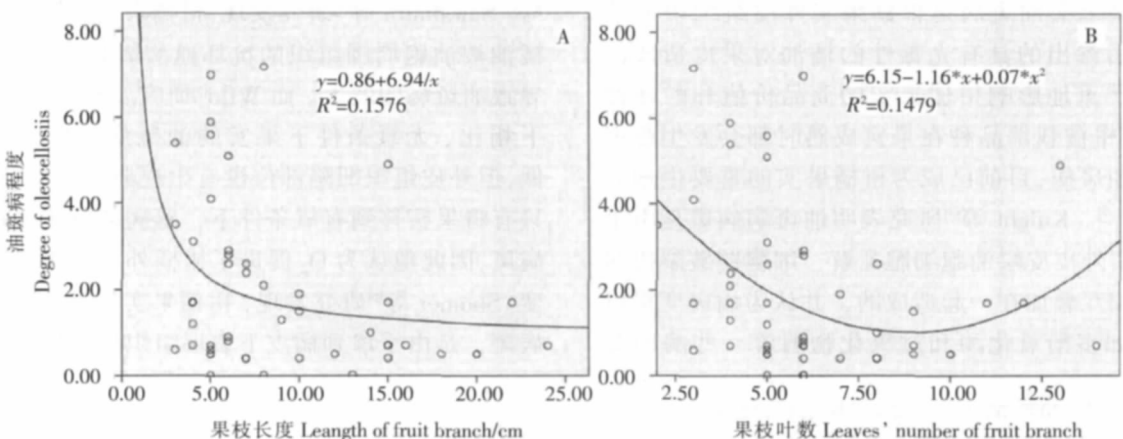


图 1 果枝长度和果枝叶数对红橘砧奉节 72-1 脐橙果实油斑病程度的影响

Fig. 1 Effect of the length and leaves number of fruit branches on oleocellosis degree (DO) of 72-1 Navel orange

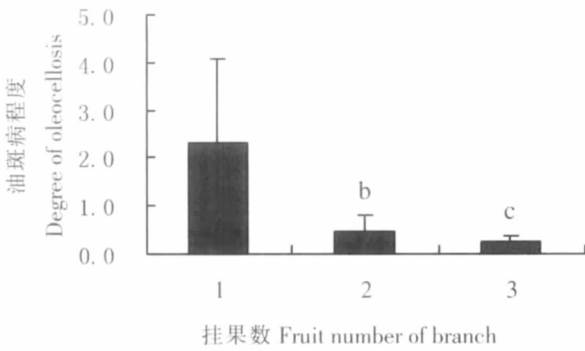


图2 果枝挂果数对红橘砧奉节 72-1 脐橙果实油斑病程度的影响

相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著,图 3-4 同

Fig. 2 Effect of the fruit number of fruit branch on oleocellosis degree (DO) of 72-1 Navel orange

Means with the same letter within a column were not significantly different at $P=0.05$ (Duncan's T Test), The same Fig.3-4)

K 含量的关系

试验分析结果表明,奉节 72-1 脐橙果实的油斑病发生程度与果皮中矿质元素 N、P 和 K 的含量存在不同的相关性(图 3),正常果和油斑病严重的果实果皮中 N 含量存在一定的差异,检测结果为正常果果皮氮素含量低于发生油斑病的果实,但差异不显著;油斑病果实的 P 含量与正常果差异未达显著水平。而正常果果皮中 K 的含量显著高于油斑病发生程度较重的果实,且油斑病发生程度与果皮 K 含量呈显著负相关($r=-0.523, n=20$)。

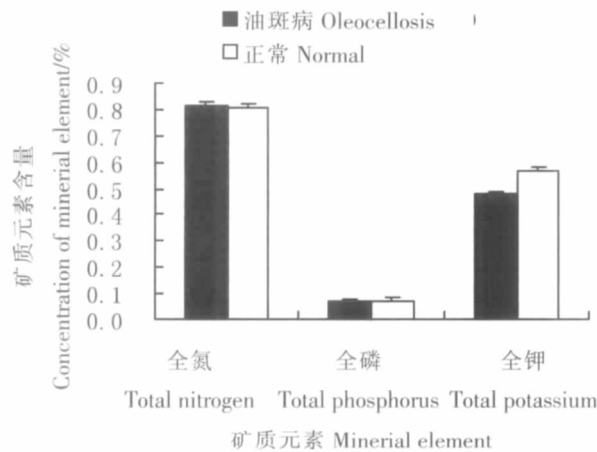


图3 红桔砧 72-1 脐橙正常果和油斑病果果皮矿质元素 N、P 和 K 的含量

Fig. 3 Contents of N,P and K in peel of normal and oleocellosis fruits of 72-1 Navel orange

2.3 果实油斑病程度与叶片中 N、P 和 K 含量的关系

图 4 显示,果实油斑病发生较轻的果枝所在营养枝功能叶片与油斑病严重发生果枝营养枝功能叶

片中 N 和 K 的含量均存在显著差异,且均为油斑病程度较轻挂果枝所在营养枝显著高于油斑病严重发生的植株,果实油斑病程度与果枝所在营养枝功能叶片中 N 和 K 的含量呈显著或极显著负相关, r 值分别为 -0.517 和 -0.673 ($n=20$);而油斑病程度轻微和油斑病发生严重的挂果枝所在营养枝功能叶片中 P 的含量无明显差异。

2.4 果实油斑病程度与叶片和果皮中 Ca 含量的关系

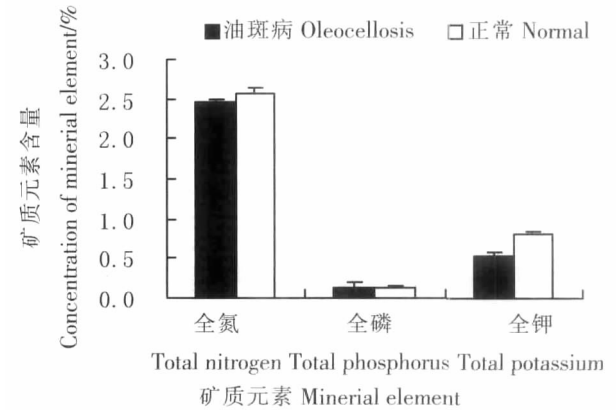


图4 红橘砧奉节 72-1 脐橙叶片矿质元素 N、P 和 K 含量

Fig. 4 contents of N,P and K in leaf of normal and oleocellosis fruits of 72-1 Navel orange

对油斑病发生程度不同的奉节 72-1 脐橙植株挂果枝果皮中矿质元素 Ca 和所在营养枝功能叶片含量的比对分析结果表明(图 5),果面正常和油斑病危害严重的果枝,其所在营养枝叶片 Ca 含量呈显著差异,正常果实的果枝所在营养枝功能叶片 Ca 含量显著高于油斑病严重发生的果枝所在营养枝功能叶片,果实油斑病发生程度与其果枝所在营养枝功能叶片 Ca 含量显著相关,相关系数 $r=-0.609$ ($n=20$),

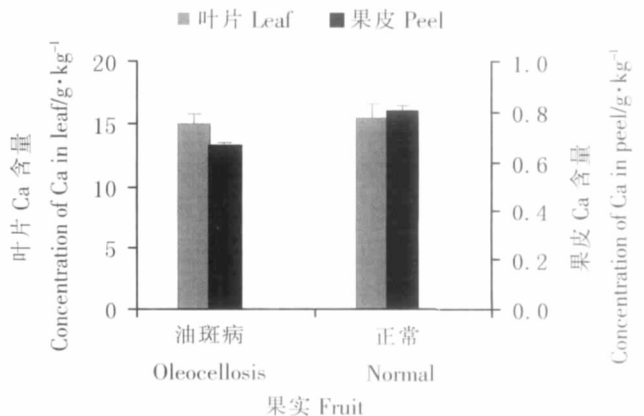


图5 红橘砧奉节 72-1 脐橙正常株和油斑病严重植株叶片和果皮的 Ca 含量

Fig. 5 Contents of Ca in leaf and peel of normal and oleocellosis plant of 72-1 Navel orange

呈极显著负相关;正常果果皮中 Ca 含量也显著高于油斑病果实,且果实油斑病程度与果皮中 Ca 含量呈显著负相关, r 值为 -0.538 ($n=20$)。

3 讨 论

柑橘果实油斑病是一种生理病害,果实发病后,主要在果皮上形成伤疤,一般并不影响果肉的食用性。但随着我国人民生活水平的不断提高,消费者不仅要求果实内质口感好,也对果实的外观提出了更高的要求。然而柑橘油斑病由于长期以来不太受关注,国内外尤其是近年来的相关研究报道较少。Chikaizumi^[9]和 Wild^[5]的研究结果均表明,柑橘油斑病主要发生在 8 月底至 11 月上旬,即果实快速膨大期,且树冠外围的果实比内膛果实发病重,可能是由于此时期果实快速膨大需要大量营养元素供给,如果所需营养元素供给不足就会导致果皮油胞发育受到影响,导致油斑病发生或加重。本研究结果表明,果枝长度 6~15 cm、果枝叶数在 7~10 枚、果枝挂果 2~3 个时果实油斑病程度较轻。果枝长度、果枝叶片数和果枝挂果数等都在一定程度上影响着果实的营养水平,因此认为,奉节 72-1 脐橙果实油斑病发生及发生程度与植株营养水平紧密相关。这一研究结果为奉节 72-1 脐橙采用疏花疏果和树体结构调整等技术以防治果实油斑病提供了理论依据。

油斑病作为一种生理性病害,矿质元素的丰缺必然会对该生理性病害产生影响。研究结果显示,脐橙果实油斑病程度与果皮和叶片中 N、K 含量均呈显著或极显著负相关,表明树体 N、K 营养水平较低可能是导致果实油斑病发生的重要原因之一。我国已报道的柑橘叶片营养元素适量指标为 N 2.9%~3.5%;P 0.12~0.16%;K 0.10~0.18%;Ca 23~37 g·kg⁻¹^[10],而在本试验条件下,红橘砧奉节 72-1 脐橙叶片中营养元素含量分别为 N 2.4%~2.5%;P 0.1%~0.2%;K 0.6%~0.9%;Ca 14~15 g·kg⁻¹, 矿质营养元素分析检测结果表明供试树营养状况较差。树体内 K 水平较低,甜橙果皮薄,施 K 后可以增加果皮厚度,进而降低油斑病程度。这可能是因为 K 作为酶激活剂可以促进代谢过程,导致同化产物的产生,运输能力增强,蛋白质、脂类、纤维素的合成增加,而有利于果皮发育^[11-12]。根据本试验结果,认为适当提高氮、钾施肥用量将有利于减轻或防止奉节 72-1 脐橙果实油斑病的发生。

李正国等^[13]研究发现,生长期喷钙处理可以显著提高果皮和叶片中钙的含量,降低奉节脐橙果实

油斑病发生率。本试验结果表明,红橘砧奉节 72-1 脐橙果实油斑病发生程度与果枝叶片和果皮中 Ca 含量呈显著负相关,说明挂果枝所在营养枝功能叶片和果皮中 Ca 含量的提高可以显著降低柑橘果实油斑病发生率。可能是因为 Ca 作为细胞壁的重要组成部分,能与羧基结合,形成离子键,将邻近的果胶键连结在一起,从而增加了细胞壁的硬度和可塑性,果实经 Ca 处理后可增加主要存在于初生壁和胞间层的不溶性果胶的比例,保持细胞的硬度^[14-16],防止油胞破裂,进而降低果实油斑病的发生率及发生程度。

因而,在本实验条件下加强果园肥水管理,增施氮钾钙肥,可以显著降低柑橘果实油斑病的发生。

4 结 论

果枝长度 6~15 cm、果枝叶数 7~10 枚、挂果数 2~3 个果实油斑病程度显著降低,可见果枝生物学性状及果枝所在营养枝矿质营养水平对果实油斑病发生率及发生程度均有显著影响,同时挂果枝及挂果枝所在营养枝植物学性状对功能叶片和果皮矿质营养 N、K 和 Ca 含量有显著影响,暗示植株植物学性状参与调控果枝及所在营养枝营养水平进而调控果实油斑病发生。同时,在供试树营养状况较差情况下果实油斑病的发生与果皮和叶片中 N、K、Ca 含量呈显著或极显著负相关,也证明了这一点。

参考文献 References:

- [1] ALMELA V, SEGURA V, GARIGLIO N, GONZÁLEZ-PRIMO D, JUAN M, AGUSTÍ M. El colapso de la corteza de las naranjas Navel [J]. *Phytoma*, 2000, 119: 43-52.
- [2] WARDOWSKI W F, PETRACEK P D, GRIERSON W. Oil spotting (oleocellosis) of citrus fruit[M]. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1998.
- [3] KNIGHT T G, KLEBER A, SEDGLEY M. The relationship between oil gland and fruit development in Washington navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck)[J]. *Ann of Bot*, 2001, 88: 1039-1047.
- [4] SAWAMURA M, MANABE T, KURIYAMA T, KUSUNOSE H. Rind spot and ascorbic acid in the flavedo of citrus fruits[J]. *Journal of Horticultural Science*, 1987, 62: 263-267.
- [5] WILD B L. New method for quantitatively assessing susceptibility of citrus fruit to oleocellosis development and some factors that affect its expression[J]. *Aust J of Exp Agri*, 1998, 38: 279-285.
- [6] SHOMER I, ERNER Y. The nature of oleocellosis in citrus fruits[J]. *Bot Gazette*, 1989, 150: 281-288.
- [7] ZHENG Y Q, HE S L, YI S L, ZHOU Z Q, MAO S S, DENG L. Characteristics and oleocellosis sensitivity of citrus fruits[J]. *Sci Hortic*, 2010(123): 312-317.
- [8] ZOU Ding-gui. The fruit branch pruning techniques of mandarin

- (*Citrus reticulata* Blanco)[J]. Zhejiang Citrus, 1999, 16: 19-24.
- 邹定贵. 宽皮柑桔果蒂枝修剪技术[J]. 浙江柑桔, 1999, 16: 19-24.
- [9] CHIKAIZUMI S. Mechanisms of rind-oil spot development in Encore (*Citrus nobilis* Lour. × *C. deliciosa* Ten.) fruit[J]. Journal of Japan Soc Hort Sci, 2000, 69: 149-155.
- [10] LI Min-he. Disease cause s of citrus yellowing and it s comprehensive control counter measure in congjiang county[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2007, 35:118-120.
- 李民和. 从江县柑桔黄化的原因及综合防治措施[J]. 贵州农业科学, 2007, 35: 118-120.
- [11] LI Gang-li. Mineral nutrition [M]/Physiology of fruit trees. Zeng Xi-ang ed. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1992: 327.
- 李港丽. 矿质营养[M]//曾骥. 果树生理学. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 327.
- [12] LV Zhong-shu. Physiology of fruit trees (1st edition)[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing Press, 1982: 149-175.
- 吕忠恕. 果树生理学(第一版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982: 149-175.
- [13] LI Zheng-guo, LI Dao-gao, LI Chun-fan, HUANG Ren-hu, GAO Xue, YANG Ying-wu. Effects of calcium spray during fruit development on peel pitting and quality of Fengjie Navel orange[J]. Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science Edition, 2006, 28(6): 922-925.
- 李正国, 李道高, 李纯凡, 黄仁湖, 高雪, 杨迎伍. 生长期喷钙对脐橙果实果皮褐变和品质的影响[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 28(6): 922-925.
- [14] JANSEN E F, ROSIE J. Peatic metabolism of growing cell walls[J]. Plant Physiol, 1960(35): 87-97.
- [15] NANCY W C. Calcium hydride reduces splitting of lambert sweet cherry[J]. J Am Soc Hort Sci, 1986, 111: 173-175.
- [16] CLINE J A, HANSON E J. Relative humidity around apple fruit influences its accumulation of calcium[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1992, 117: 542-546.

《果树学报》2010 年参考文献著录格式

参考文献只选主要的列入(未公开发表的请勿列入,必要时可在文中加注或用脚注说明)。参考文献表按顺序编制,各篇文章按正文部分标注的序号用阿拉伯数字依次列出,并置于方括号内。文献的著录请按下列格式:

【期刊】 责任者. 文献篇名[文献类型标志]. 刊名, 年份, 卷(期): 起止页码。

【专著】 责任者. 书名[文献类型标志]. 其他责任者. 版本项(初版不写). 译者(原著不写). 出版地: 出版者, 出版年: 引文页码。

【论文集析出文献】 析出文献的作者. 析出文献题名[文献类型标志]// 论文集主要责任者. 论文集题名. 出版地: 出版者, 出版年: 析出文献的页码。

【学位论文】 责任者. 篇名[D]. 保存地点: 保存单位, 年份。

【专利文献】 专利申请者或所有者. 专利题名: 专利国别, 专利号[P]. 公告日期或公开日期[引用日期]。

【电子文献】 作者. 题名: 其他题名信息[EB/OL]. 出版地: 出版者, 出版年(更新或修改日期)[引用日期]. 获取和访问途径。

注: 凡属电子书、电子图书中的析出文献以及电子报刊中的析出文献的著录格式分别按专著、析出文献的格式著录。

作者须全列出, 欧美等国作者均按姓前名后顺序书写, 名可用缩写字母(省略缩写点); 专著中无“出版地”或“出版者”的中英文献著录“[出版地不详][S.l.]”或“出版者不详/[s.n.]”。

示例:

【期刊】 XIE Jiang-hui, LIU Cheng-ming, MA Wei-hong, LEI Xin-tao. Analysis of genetic relationships among mango germplasm by RAPD markers [J]. Journal of Fruit Sci-

ence, 2005, 22(6): 649-653.

谢江辉, 刘成明, 马蔚红, 雷新涛. 芒果种质遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 果树学报, 2005, 22(6): 649-653.

【专著】 ZHANG Fu-suo. Environment stress and plant breeding [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999: 330-348.

张福锁. 环境胁迫与植物育种[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 330-348.

【论文集析出文献】 FOURNEY M E. Advances in holographic photoelasticity [C]// American Society of Mechanical Engineers. Applied Mechanics Division, Symposium on Applications of Holography in Mechanics, August 23-25, 1971, University of Southern California, Los Angeles, California. New York: ASME, 1971: 17-38.

【学位论文】 CALMS R B. Infrared spectroscopic studies on solid oxygen[D]. Berkeley: University of California, 1965.

【专利文献】 KOSEKI A, MOMOSE H, KAWAHITO M. Compiler: US, 828402 [P/OL]. 2002-05-25 [2002-05-28]. <http://FF&p=1&u=netathtml/PTO/search-bool.html&r=5&f=G&l=50&col=AND&d=PG01&sl=IBM. AS. &os=AN/IBM&RS=AN/IBM>.

【电子文献】 [1] Online Computer Library Center, Inc. History of OCLC [EB/OL]. [2001-01-08]. <http://www.oclc.org/about/history/default.htm>.

[2] CHRISTINE M. Plant physiology: plant biology in the Genome Era[J/OL]. Science, 1998, 281: 331-332 [1998-09-23]. <http://www.sciencemag.org/cgi/collection/anatormp>.