



石长松 编著

柑桔冻害与防冻技术

高农出版社

柑桔冻害与防冻技术

石长松 编著

气象出版社

内 容 简 介

正确认识和防御柑桔冻害,是我国北缘地带栽培柑桔获得成功的关键。本书比较全面系统地阐述了我国柑桔的地理分布及其北缘界线,柑桔冻害机理、冻害成因和影响柑桔冻害的因子;比较详细地总结了国内外柑桔防冻栽培技术和柑桔冻后护理技术;介绍了柑桔周期性冻害预测的新观点、新成果、新动向,对近期即将来临的又一次周期性冻害出现的可能性进行了探讨。

本书内容丰富,主题集中,论理充分,层次分明,深入浅出,简明易懂,适用性强,对理论研究也有一定参考价值。可供广大果农、果树科技、气象科技人员和从事柑桔生产与管理的干部阅读,还可作为有关中专和农业中学教学的参考用书。

柑桔冻害与防冻技术

石长松 编著

责任编辑 张国秀

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京燕华营印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经售

开本 787×1092 1/32 印张 4.875 字数 105 千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数 1—2,500 定价 2.60 元

ISBN 7-5029-0255-4/S·028

序(一)

我国是柑桔的原产地，已经为世界各国所公认。四千年前的《禹贡》记载：“淮海惟扬州……厥包桔柚锡贡”，当时的扬州地区包括现今的江苏、安徽、江西等省。战国时代的《山海经》记述：“荆山多桔柏”。楚屈原写的《离骚·桔颂》：“后皇嘉树桔徕服，受命不迁生南国”。“蜀汉江陵千树桔”。宋韩彦直《桔录》提出“桔出苏州、台州，西出荆州，”当时有27个品种。说明当时长江中下游一带是我国柑桔的主产区。10世纪以后，帝国主义侵略我国台湾、福建、广东，带去许多柑桔品种到地中海沿岸栽培，1493年哥伦布移种柑桔到巴西，1769年才引入美国加州。综观古代说明长江中下游盛产柑桔，劳动人民创造了一系列向冻害作斗争的经验，使许多进化的抗寒品种能够继承保存下来。

柑桔是世界上最重要的商品水果，是人人所喜爱的营养食品，现有66个国家栽培，年产量达5400万吨。近十年来，我国的柑桔生产有很大发展，已遍及南方14个省区，栽培面积已达1010万亩，1987年产量已达300万吨。

冻害是我国柑桔发展的一个限制因子。湖北、湖南、浙江、江苏、江西、安徽、云南、贵州、广西、福建、陕西，都有周期性冻害。1955、1969、1977年的冻害，产量损失达35~56%，经济损失严重。生产实践证明：选择避冻区域，北部有高山屏障，利用山坡逆温层、湖泊水库大水体影响可以避冻。选择抗寒品种和砧木，冬季培土包干，提早秋梢“自剪”期，延长树体锻炼时期，培养强壮树体，积累充足

营养物质，栽植防风林均可以防冻。

近代科学研究，揭示植物抗冻的生理生化机制，抗寒锻炼可以提高柑桔的抗冻能力。提高柑桔树体内淀粉、糖类、蛋白质的积累，提高束缚水、脯氨酸、不饱和脂肪酸，可以提高抗寒性。应用生长抑制剂抑制枝梢生长亦能提高抗寒性。

石长松同志编著的《柑桔冻害与防冻技术》，总结生产实践中的经验，提出柑桔的地理分布，冻害成因，冻害的因素，防冻栽培技术，冻后护理和冻害预测，文字通俗，深入浅出，理论联系实际，可以作为农民技术员、柑桔专业户和职业技术学校学生的参考书。对于发展我国北缘地区的柑桔生产，防止冻害损失，繁荣农村经济将能作出贡献。爰此作序，以表祝贺。

李文才

于华中农业大学

一九八八年四月

序(二)

冻害是当今世界柑桔生产上的最大自然灾害。1977年1月30日一次大冻,使我国柑桔树受冻竟达1400万株之多。就是世界上柑桔产量最高,而且科学技术最发达的美国,1981年1月及1982年1月连续在其主产区佛州柑桔遭受大冻后,其总产即由1980年的1149万吨下降到1982年的746万吨,并因此而使美国柑桔产量自1982年开始,退居世界第二位,可见其损失之大,影响之深。

正确认识和有效地防御柑桔冻害,是我国北缘地区栽培柑桔获得成功的主要关键之一。湖北是我国柑桔生产的北缘地区之一,受冻害威胁较大,解放后,在引入温州蜜柑进行栽培的同时,即开展了周期冻害发生规律,大冻发生的天气特点,以及防冻措施等方面的研究,并且结合开展了耐冻新品种和株系的选育。三十多年来,经过湖北及我国各教学科研和生产等有关单位实际工作者的共同努力,我国北缘地区对于柑桔冻害与防冻技术的研究已多有成果,进展甚快。这就使得我国北缘地带在1977年1月大冻之后,柑桔生产不仅没有衰落,反而出现了持续发展的势头。但,这也使得柑桔防冻问题显得更为重要。

石长松同志多年专心从事有关柑桔冻害发生的理论及经济有效防冻技术措施的收集整理工作。他广泛涉猎,深入调查,积累了大量资料,在此基础上,经过几年坚持不懈的辛勤劳动,反复思考,分析和整理章节内容,对理论、技术及文字措辞进行了细致的推敲和修改,终于写成《柑桔冻害与

防冻技术》一书。比较全面地概括了柑桔冻害的历史及地理分布，充分地论证了柑桔冻害的气象特点及其周期规律，对迄今为止有关影响柑桔冻害的诸因素和防冻技术措施作了较全面细致的综述，探讨了柑桔冻后护理与柑桔冻害预测等理论问题。该书具有主题集中，层次分明，论理充分，深入浅出，简明易懂和易于掌握运用的特点，我认为是一部对我国北缘地区柑桔生产具有较大实用价值的较系统的柑桔防冻专集，在理论研究方面也有一定参考价值，可供参考、采用。

张力田

一九八七年八月三十日

目 录

序 (一)

序 (二)

第一章 柑桔冻害的普遍性及防冻栽培的意义	1
第一节 世界柑桔冻害的普遍性	1
第二节 我国柑桔冻害的普遍性	2
第三节 柑桔防冻栽培的重要意义	5
第二章 我国柑桔的地理分布及其北缘界线	7
第一节 我国柑桔的地理分布	7
第二节 我国柑桔栽培的北缘界线	8
第三节 北缘地带柑桔产区的气候特点及柑桔生态适应性	10
第三章 柑桔冻害机理与外部表现	16
第一节 柑桔冻害及抗冻机理	16
第二节 柑桔冻害的外部表现	20
第三节 柑桔冻后调查	22
第四章 柑桔冻害的天气条件	24
第一节 平流降温	24
第二节 大雪降温	27
第三节 辐射降温	30
第五章 影响柑桔冻害的因子	33
第一节 柑桔种类、品种 (品系) 与冻害的关系	33
第二节 砧木、砧穗组合及其嫁接方式与柑桔冻害	35
第三节 柑桔树龄、树势及当年载果量与冻害	36

第四节	柑桔休眠期与冻害	37
第五节	柑桔立地纬度与冻害	38
第六节	海拔高度与柑桔冻害	39
第七节	距海洋远近与柑桔冻害	40
第八节	逆温层与柑桔冻害	42
第九节	屏障(山体、林障)与柑桔冻害	45
第十节	大水体与柑桔冻害	50
第十一节	降温的综合效应与柑桔冻害	53
第十二节	解冻过程与柑桔冻害	55
第十三节	土壤条件及管理 with 柑桔冻害	56
第六章	柑桔防冻栽培技术	59
第一节	选育和选用抗冻优良品种	59
第二节	选择适宜的区域和良好的小气候环境	68
第三节	利用逆温层与坡壁效应	70
第四节	合理规划,高标准建园	72
第五节	设置防护林障	74
第六节	抬高栽植,开沟排气	75
第七节	深翻改土,合理施肥	76
第八节	控制晚秋梢,提早自剪期	79
第九节	及时灌溉,调节地表温湿度	80
第十节	矮干高培土	83
第十一节	高砧嫁接	86
第十二节	涂干,包扎主干主枝	87
第十三节	覆盖	88
第十四节	塑料大棚栽培	89
第十五节	熏烟	90
第十六节	喷射抑蒸保温剂	92

第十七节 加热防冻	93
第十八节 鼓风防冻	94
第十九节 泡沫法防冻	94
第七章 柑桔冻后护理及其恢复生产和增产的技术	
措施	97
第一节 我国柑桔冻后恢复生产和增产的实践	97
第二节 柑桔冻后护理及其培育管理技术	99
第三节 柑桔冻后护理及培育管理在理论上的启示	105
第八章 柑桔冻害预测探讨	110
第一节 柑桔冻害预测的必要性与可能性	110
第二节 柑桔冻害预测的宏观分析	112
第三节 柑桔冻害预测的微观分析	125
第四节 柑桔冻害预测的综合分析	133
参考文献	139
后记	142

第一章 柑桔冻害的普遍性及防冻栽培的意义

第一节 世界柑桔冻害的普遍性

柑桔是主要原产我国的热带、亚热带常绿果树，喜温暖湿润气候。由于柑桔树四季常青，花洁白而芬芳，果实形状美观，色泽鲜艳，营养丰富，酸甜适口，香气馥郁，形色味香俱佳，因而深受人们喜爱。长期以来，被人们引种到世界九十多个国家和地区。目前，柑桔在世界上的地理分布，北限达北纬 45° 附近的苏联克拉斯诺达尔，南达南纬 41° 附近的新西兰北岛之间，以亚热带气候为主的南北纬地区。由于柑桔实际分布已经从原产地向北大幅度推进，因而，世界上许多重要柑桔产区大都存在冻害问题。以美国为主的北美柑桔产区，以中国、日本为主的亚洲柑桔产区，以苏联为主的黑海、里海柑桔产区都存在冻害问题。

美国是世界上生产柑桔最多的国家，有着有利的海洋性气候条件，但全国大山脉均系南北走向，冬季从北极来的冷空气易于南下造成冻害。所以，冬季冻害是美国柑桔园的普遍问题。佛罗里达州1940~1964年24年间出现过三次大冻，位于美国南端的得克萨斯州，1962年也出现过 $-7.7\sim-11^{\circ}\text{C}$ 的低温冻害。1957~1958年冬季美国出现 -10°C 低温，全国柑桔冻死5%~10%，减产25%。1981年1月和1982年1月，连续两年在其主产区佛罗里达州出现大冻，极端低温达 -14°C ，致使美国柑桔总产由1980年的149万吨下降到1982年的764万吨，并因此而退居世界第二位。1985年1月又受大

冻，柑桔产量再度下降，故美国把防冻、施肥和灌溉列为柑桔栽培的三大关键栽培技术。

日本处于纬度偏北地带，气温较低，栽培柑桔的地区年平均温度在 $14.1\sim 19.2^{\circ}\text{C}$ 之间，冬季冻害和夏季风害是日本柑桔生产的两大主要灾害。1963年冬季寒流袭击日本的主要柑桔产区静冈县，气温下降到 -9°C ，冰点以下低温持续达25天。仅1961年以来，就出现过四次冻害（1963年、1967年、1977年和1981年）。所以，日本的柑桔生产从建园到全部管理，都十分重视防冻技术的运用。

地处亚热带和热带的墨西哥，以栽培橙类为主，也有冻害发生，1975年产量240万吨，1977年受冻减产约三分之一。地处欧洲西南部的西班牙和位于里海、黑海沿岸的苏联格鲁吉亚和阿塞拜疆柑桔产区更是常受冻害。只有地中海沿岸的柑桔产区，因受夏季干热冬季多雨的“地中海式”气候影响，南非柑桔产区受热带雨林气温之益而无较大冻害。即使是这样的地区，在个别年份也偶尔有所发生，如意大利的柑桔在1984年冬至1985年春就受到过 -10°C 以下的冻害。

纵观全局，说柑桔冻害问题是世界柑桔生产中带普遍性的问题，是毫不过份的。因此，柑桔冻害及其防冻栽培技术问题，就成了当今世界绝大多数柑桔产区普遍关心的重大课题。由此可见，研究柑桔冻害及防冻栽培技术，对世界柑桔生产是具有重要意义的。

第二节 我国柑桔冻害的普遍性

柑桔冻害与柑桔黄龙病被认为是我国柑桔生产的两大灾害。柑桔黄龙病是南方柑桔生产的主要威胁，而冻害问题是长江中下游和偏北地区柑桔生产的主要威胁，更是一个带普

遍性的问题。

中国柑桔研究所1977年的调查表明，建国以来，涉及面大、灾情严重、损失较大的冻害有三次：1954~1955年，1968~1969年，1976~1977年。在1976~1977年大冻中，除福建、广东、四川、云南、台湾省外，湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海、浙江、河南、陕西、甘肃、贵州及广西北部等十二个省市均遭受冻害。这次冻害不仅涉及面广，而且损失严重。

据报导，仅湖北、湖南、浙江、安徽、江苏、陕西七省，就有1400万株柑桔受冻，占总株数的75%。其中，江苏、浙江、安徽、上海三省一市比常年产量减少40%~50%，江苏吴县、无锡、镇江近两万亩柑桔成年树60多万株，受冻35万余株，占58.3%。湖南因冻减产75%。湖北宜昌受冻面积达98.9%，冻后减产80%，向以无冻著称的长江峡谷内的秭归，也未能幸免。甘肃武都地区1974年柑桔产量达到80万斤，1977年受冻后仅产10万斤。全国损失近两亿斤。

四川盆地是我国气候条件比较优越的柑桔产区，以生产橙类为主，也存在冻害威胁。1955年、1956年、1957年三次冻害对柑桔（主要是橙类、柚类）生产也有不小影响，生产夏橙的金堂县，1975年12月25日，极端最低温度为 -4.8°C ，气温在 0°C 以下的天气达17天，在 -3°C 以下有7天，连续16天霜冻，下雪3天，13天结冰，池塘小溪冻结。是金堂21年一遇的冻害，也是四五十年所罕见的大冻。可见，就是在我国条件较好的地区也存在着冻害问题。

在我国，柑桔冻害的发生有其大致的规律，冻害重现的时间距离在8~14年之间，平均约为11年。湖北在1933年、1945年、1955年、1969年、1977年都出现过较严重的低温冻

害，五次冻害之间相距四个时段为44年，平均正好11年。湖南情况也大致相同。所以在“两湖”地区把冻害出现的时间规律称之为11年一周期。

上海农业科学院对上海地区1873年以来的气象资料的研究表明， -10°C 以下的低温，平均约为10年一遇， -9°C 以下低温，平均约为5年出现一次。 -7°C 以下低温出现频率达58.6%。因此，上海地区把柑桔冻害出现的时间规律总结为10年一大冻，5年一中冻，2~3年一小冻。

我国幅员辽阔，地形复杂，大冻出现的时间规律也只是大致的周期规律，不可能成为机械模式。中小冻害出现的时间差异和地域差异就更为复杂些，1977年大冻后，一些地区又在不同年份出现了不同程度的冻害。1980年1月31日，江苏的南京、无锡和安徽的歙县分别出现 -10.8°C 、 -8.3°C 和 -10.6°C 低温，致使部分柑桔受冻。1984年1月湖北的孝感、江陵等地分别出现了 -13.7°C 和 -11.3°C 低温，鄂中南部部分柑桔受冻。同年冬季，江西出现建国以来从未有过的大雪，临川等地柑桔遭受比较严重冻害。1985年12月上旬末，湖北通山，安徽铜陵、望江，江西宜春、宁都等地出现 $-6.3\sim-10.5^{\circ}\text{C}$ 低温，上海出现 $-7.7\sim-8.5^{\circ}\text{C}$ 低温均造成柑桔不同程度冻害。

从历史上看，我国柑桔冻害纪录可以追溯到宋朝政和元年（公元1111年），位于江苏与浙江之间2250平方公里的太湖全部结冰，坚可行车，自唐代建立起来的太湖洞庭山桔园遭到毁灭性冻害。从宋政和元年至清朝光绪二十九年（公元1903年）的约800年间，有严重冻害十五次，其中有五次使柑桔全部冻死。至于一般冻害就更为常见。公元1650年至1700年，我国处于最寒冷期，在这50年间，太湖、淮河、汉

水四次结冰。我国热带地区，雪和冰的出现也不希罕。如光绪十八年（1892~1893年冬）广东曾出现大雪冰冻。建于唐朝，经营千余年的江西桔园在公元1654年和1676年两次严冬中遭受毁灭性破坏。

综上所述，可见我国长江中下游及其偏北的北缘地带的柑桔栽培，从古至今一直存在着冻害的威胁。所以，研究柑桔冻害及防冻栽培技术，对于我国柑桔生产更具有重要意义。

第三节 柑桔防冻栽培的重要意义

柑桔冻害及防冻栽培技术的深入研究和解决，是我国柑桔栽培北缘地区生产中一个普遍的、急切的任务，在生产实践和理论研究方面都具有重要意义。

首先，我国受周期性冻害影响的柑桔产区，柑桔栽培面积和产量占全国将近一半，这一地区正确实施以防冻为重点的高产栽培技术，不仅对本地区，而且对全国柑桔生产的稳定增长和持续发展都是十分重要的。

其二，我国是柑桔的主要原产地，有4000多年的栽培历史。不仅有丰富的品种资源和生产经验，而且有自唐宋以来我国柑桔冻害的历史记载资料，有在长期与冻害斗争中积累起来的柑桔避冻、防冻和抗冻的丰富经验，特别是近30多年来的生产实践和科学研究，极大地丰富和发展了柑桔避冻、防冻、抗冻的经验和理论。将散见于各种刊物、文章和报告中的经验和理论，进行系统分析、归纳与综合，必将有助于研究的进一步深化。

其三，柑桔防冻栽培技术，是柑桔生产上的一项迫切而又关键的应用技术，研究和掌握好柑桔防冻栽培技术，必将

促进柑桔生产的不断发展，并将成为桔农科学致富的得力工具。

其四，柑桔防冻栽培技术的深入研究，在理论上具有如下重要意义。

1. 柑桔冻害及其防冻栽培技术研究的深入及发展，使得柑桔栽培科学的横向发展大为加强，它所涉及的问题，不仅与植物生理、遗传及生态等科学有密切关系，而且与气象、天文、天体物理等科学有重要关系。这使得我们可以认为，柑桔防冻栽培，对于柑桔栽培科学本身来说，在一定意义上具有向其边缘分枝的性质，它需要超出柑桔栽培的传统范畴，从新的角度，引入新的科学理论进行新的探索，并解决过去所无法解决的问题。如柑桔冻害的成因，柑桔冻害的周期规律，柑桔冻害的预测预报等。

2. 柑桔冻害及防冻栽培技术研究的深入，又必然会促进柑桔栽培科学向其纵深发展。如柑桔分布的界限，柑桔受冻的机制，柑桔防冻原理，柑桔防冻栽培新技术的运用，柑桔抗冻新品种的选育等研究内容将会得到扩充和更新。

3. 柑桔冻害及防冻栽培技术研究的深入，将会为柑桔区划布局，为提高栽培效益，提供进一步的理论依据。

第二章 我国柑桔的地理分布 及其北缘界线

第一节 我国柑桔的地理分布

柑桔在我国分布很广，南起北纬 15° 的中沙群岛，北至北纬 37° 的山东黄河以南、山西黄河沿岸，西北至 $33^{\circ}27'$ 的甘肃武都。其间包括广东、广西、福建、台湾、浙江、四川、湖南、湖北、江西、安徽、江苏、上海、云南、贵州、甘肃、陕西、河南、山东黄河以南、山西南部黄河沿岸，此外，近年还发现在西藏喜马拉雅山以南，特别是海拔较低的地区，也有柑桔的分布。这样，我国就有二十个省、市和自治区有柑桔的分布。地跨热带、亚热带和温带三个气候带。其中，广东的中沙群岛、海南岛属热带；台湾、福建、广东、广西和云南南部属亚热带；浙江、江苏、江西、湖南、湖北和上海属北亚热带；四川的主要柑桔产区如宜宾、江津、重庆、万县等地，以及湖北的长江三峡地区、浙江的温州、江西的赣州、福建的三明、湖南的道县等属于中亚热带；其它地区均属于温带。而温带和北亚热带地区的柑桔都常有冻害发生。

柑桔不同品种的地理分布大致是：宽皮桔类分布在北纬 $19^{\circ}\sim 37^{\circ}$ ，年平均气温在 $14\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，极端低温在 -9°C 左右的地区，甜橙分布在北纬 $19^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，年平均气温在 $15\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，极端低温在 -6.5°C 以上的地区；柠檬分布在北纬 $19^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，年平均气温在 $16.5\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，极端低温在 -5°C 以上地区。章文才教授指出：“夏橙产区以年积温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 在 $6\,000^{\circ}\text{C}$ 以上，极端低温在 -2°C 以上地区为适宜，极端低温在 -3°C 以下