

# 柑桔冻害的数量化回归分析

黄必恒 施拱生

(浙江林学院, 临安 311300)

**摘要** 在柑桔主产区桔树遭受严重冻害的年份,对构成立地、树体和栽培措施的20多个因子,设置了90个标准地进行了详细调查。应用数量化回归分析诸因子与柑桔冻害之间的关系。结果表明:1991年,影响柑桔冻害达极显著水平的是土层厚度、土壤质地、基肥、追肥和病虫害;达显著水平的是土壤肥力、坡向、树龄、根深和结果量。此外,地类、风势和积雪处理对柑桔冻害也有一定的影响。围绕增强树体耐寒性,发挥树体正常耐寒力等问题,提出了相应的栽培措施。

**关键词** 柑桔属;栽培;冷害;数量化理论;回归分析

**中图分类号** S426; S666

柑桔属(*Citrus*)对低温颇为敏感,遇到恶劣的低温天气易受冻害。浙江省衢州市是柑桔重点产区之一。仅解放后,曾先后遭受5次严重冻害。特别是1991~1992年的一次,因桔树生长期遇到严重干旱,低温期温差大,持续时间长,伴随干风袭击等,使衢州市所辖的6个县区的桔树几乎全遭不同程度的冻害,第2年全市减产60%~80%。柑桔冻害的机理非常复杂,因此,寻找影响柑桔冻害的主导因子,研究预防柑桔冻害的管理措施具有十分重要的经济意义。很明显,柑桔冻害的最主要原因是低温。按气象规律,隔几年出现1次低温是不可避免的,问题是在同一地区同一品种遭受同样的低温,桔树却显示出不同的冻害程度。为了寻找除低温外,引起柑桔冻害的其他因子,我们于1992年2~3月,在衢县对立地、树体和栽培措施等方面的27个因子,进行了详细调查。调查设90块标准地,每块30株,共计2700株。采用数量化方法<sup>[1]</sup>对样本资料进行统计分析。现报告如下。

## 1 调查地点与对象

### 1.1 调查地点

衢县航埠镇、石梁镇、杜泽镇和横路乡所属的22个村镇。

### 1.2 调查对象

以椪柑为主,兼查温州柑、衢桔和胡柚等。因子是①地势、地类、坡向、风势、土类、质地、土壤肥力和土壤厚度。②柑桔品种、树龄、长势、抽梢量、健康度、根深、根幅和株产量。③定植方式、底肥、基肥、追肥、果后肥、防护林、病虫害、干旱时供水情况、防冻措

收稿日期:1995-12-14;修回日期:1996-04-10

施、积雪处理及柑桔冻害等级等。

## 2 方法与原理

设标准地,按叶、枝、干、根冻害程度的5级标准,逐株确定冻害等级,并设定0级为0分,1级为1分,……,5级为5分。每块标准地的各级冻害株数乘以相应的分值并累加为样地得分。样地得分除以样地柑桔株数得样地冻害指数,以此指数来衡量样地的冻害程度。标准地的立地条件、树体、栽培措施等27个因子经实测、查找记录和访问户主获得。根据调查所得的原始资料,结合专业知识及实际情况作直观分析,筛选出20个因子86个样点(全为椪柑)作数量化回归分析。

### 2.1 因子数量化

调查所得的原始数据,有的是数量因子的定量数据,有的是非数量因子的定性数据。将定量数据按其取值范围并结合实际情况合理地分为若干组,每一组作为一个类。而将定性数据的每一个水平作为一个类。这样,20个因子(项目)共分为61个类目。

引入符号  $\delta_i(j, k)$ , 定义

$$\delta_i(j, k) = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 号样点的第 } j \text{ 个项目出现在该项目的第 } k \text{ 类} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

( $i = 1, 2, \dots, 86, j = 1, 2, \dots, 20, k = 1, 2, \dots, m_j, m_j$  为第  $j$  个项目的类目数)

由这些符号组成一张反应表。这样,所有的原始数据均化为0和1表示的数量化数据。

### 2.2 数量化回归

将每个样点的柑桔冻害等级转化为冻害指数。考虑柑桔的冻害指数是各类目的线性函数(本文暂不考虑各因子间的交互作用):

$$\hat{y}_i = \sum_{j=1}^{20} \sum_{k=1}^{m_j} \delta_i(j, k) b_{jk} \quad (i = 1, 2, \dots, 86)$$

其中  $b_{jk}$  为第  $j$  个项目的第  $k$  个类目得分值,用最小二乘法确定各得分值,

进一步求得回归标准差  $S = 0.1719$ , 复相关系数  $r = 0.8601$  及各因子的偏相关系数及相应的检验值  $t$  (表1)。

## 3 结果与分析

复相关系数  $r = 0.8601$  显著大于临界值  $r_{0.01} = 0.3113$ , 说明所考虑的因子对柑桔冻害有极显著影响。从表1的偏相关系数及相应的检验值  $t$  可以看出,对柑桔冻害有极显著影响的是土层厚度、土壤质地、基肥、追肥和病虫害。有显著影响的是土壤肥力、坡向、树龄、根深和结果量。此外,地类、风势和积雪处理对柑桔冻害也有一定影响(达到0.10的显著水平)。以上各因子的水平之间比较可从类目得分值看出。一般说来,同一项目中得分值高的类目影响柑桔冻害程度大。

### 3.1 冻害与立地环境

立地环境的优劣直接影响柑桔的冻害。土层厚、肥力好、质地疏松,使根系分布深而广,

表 1 数量化回归分析表

Table 1 Analysis of quantitative regression

项 目	类 目	得 分	得分范围	偏相关系数	t 值		
1	地 形	平 地	0.862				
		凸 地	0.810	0.187	0.176 5	1.445 3	
		凹 地	0.675				
2	地 类	田 坂	0				
		丘 地	-0.200	0.200	0.239 9	1.992 3	△
3	土 类	水 稻 土	0				
		带 砂 土	-0.033	0.033	0.087 2	0.705 4	
		黄 土	0.005				
4	土层厚度	浅35cm以下	0				
		中35~45cm	-0.359	0.359	0.334 2	2.859 1	**
		深45cm以上	-0.357				
5	土壤质地	紧 密	0				
		中 等	0.330	0.384	0.329 4	2.812 8	**
		疏 松	0.384				
6	土壤肥力	差	0				
		中	0.076	0.142	0.303 6	2.568 8	*
		好	-0.066				
7	坡 向	平 地	0				
		东	0.260				
		南	0.230				
		东 南	0.187	0.372	0.249 2	2.074 6	*
		西 北	0.143				
8	风 势	背 风	0				
		稳 风	0.043	0.110	0.234 3	1.943 0	△
		迎 风	0.110				
9	树 龄	4 a 以下	0				
		4 ~ 7 a	-0.126				
		7 ~ 10 a	-0.078	0.204	0.298 1	2.517 4	*
		10 a 以上	0.063				
10	生长势	差	0				
		中	-0.094	0.094	0.137 8	1.121 4	
		好	-0.046				
11	根 深	浅	0				
		中	-0.068	0.174	0.267 0	2.260 7	*
		深	-0.174				
12	根 幅	窄150cm 以下	0				
		中150~250cm	0.036	0.036	0.061 8	0.499 4	
		宽250cm 以上	0.028				

续表

项 目	类 目	得 分	得分范围	偏相关系数	t 值		
13	产量	20kg以下	0	0.249	0.309 8	2.627 3	*
		20~50kg	0.063				
		50~100kg	0.052				
		100kg以上	0.249				
14	基 肥	不 施	0	0.214	0.353 4	3.045 7	**
		土 杂 肥	-0.160				
		栏 肥	-0.214				
		化 肥	-0.066				
15	追 肥	无	0	0.181	0.396 3	3.480 5	**
		有	-0.181				
16	果后肥	无	0	0.009	0.022 0	0.177 7	
		有	0.009				
17	病虫害	无	0	0.297	0.402 5	3.545 3	**
		轻	-0.017				
		重	-0.280				
18	干旱供水	干 旱	0	0.185	0.176 6	1.446 9	
		中 等	0.039				
		供 水	-0.146				
19	防冻措施	无	0	0.036	0.087 6	0.709 4	
		有	0.036				
20	积雪处理	积 雪	0	0.094	0.225 7	1.868 2	△
		摇 雪	-0.094				

临界值:  $t_{0.01}(65) = 2.66$ ,  $t_{0.05}(65) = 2.00$ ,  $t_{0.10}(65) = 1.76$

汲取的营养多, 营养积累丰富, 因而耐寒力强, 不易冻害。如果土层薄、肥力差, 缺乏营养, 根系不发达, 柑桔吸收不到足够的养料, 体内养分积累少, 耐寒力差易受冻害。调查的样点中, 土层厚、肥力好的28块标准地, 其柑桔的平均冻害指数为2.01, 其中立地条件最好的7块标准地, 平均冻害指数仅为0.5。而土层薄、肥力差的5块标准地, 其柑桔平均冻害指数为3.68, 两者差异较大(表2)。

表 2 各类目平均冻害指数比较表

Table 2 Comparison among average freezing indices on various items

项 目	类 目	冻害指数	项 目	类 目	冻害指数	项 目	类 目	冻害指数
土层肥力	土层厚肥力好	2.01	树 龄	幼 龄 树	2.57	病虫害	无	2.14
	土层薄肥力差	3.68		壮 龄 树	2.24		严 重	3.02
基 肥	栏 肥	1.57		老 龄 树	3.24	坡 向	南	2.32
	土 杂 肥	1.78	结 果 量	少	2.29		北	3.44
	化 肥	3.11		多	3.36	积雪处理	摇 雪	1.56
	无 基 肥	3.70	根 深	深	1.72		不 摇 雪	3.10
追 肥	施	1.96	浅	3.59				
	不 施	3.56						

柑桔的冻害与地类、坡向也有较密切的关系，生长在丘地上的柑桔比生长在旷野平地的柑桔的耐寒力要强一些。主要原因是旷野平地比丘地常年水分丰足，甚至积水，且土层较薄，影响根系向纵深延伸，而丘地较干燥，柑桔为获得足够水分，促使根系向纵深发展，同时增加根冠比，树体地上部分相对小，地下部分相对大，在遇到冻害年份显示出较高的耐寒性。生长在带沙性黄泥土的丘地上，柑桔的抗寒性最强。调查资料中有 6 块这种丘地，冻害指数仅在 0.07~1.17 之间，平均为 0.82。对于坡向和风势来说，北向、迎风的柑桔易受冻害。冬天，寒潮来时，常伴有强劲的北风，坡向朝北的柑桔迎风而立，遭受干冷寒风的袭击而受冻害。如调查资料中冻害程度达 4~5 级的 6 块标准地均处于迎风的北向坡地。

### 3.2 冻害与管理措施

培育管理是柑桔生产的中心环节。管理好，技术高，柑桔生长良好，生理机能强，耐寒性强，不易受冻害。

**3.2.1 肥料对柑桔冻害有显著影响** 用栏肥和土杂肥作基肥，不但肥效长，而且能改良土壤，使土质疏松，有利于根系向纵深发展。根系发达，吸收到充足的养料，增加有机物质的积累，因而生理机能强盛，耐寒力强。若用化肥作基肥，只能起到短时的肥效，且对改良土壤无益。一般施基肥时间为柑桔休眠期或半休眠期或开始复苏前，所施的化肥在根系复苏开始吸收养料前已差不多流失。所以用化肥作基肥的柑桔，其耐寒性明显低于用栏肥或土杂肥作基肥的。调查的样点中，用栏肥、土杂肥、化肥作基肥和不施基肥的柑桔，其平均冻害指数分别为 1.57, 1.78, 3.11 和 3.70，前两者与后两者之间差异很大，而后两者差异不大。所以施化肥作基肥并不能提高柑桔的耐寒力。

同样，追肥对柑桔的冻害也有显著影响。在柑桔生长旺盛期施以追肥，使柑桔得到营养补充，增加养分积累，从而提高耐寒力。施追肥和不施追肥的柑桔平均冻害指数分别为 1.96 和 3.56。但施果后肥对柑桔的冻害无影响。

**3.2.2 病虫害对柑桔冻害有显著影响** 柑桔受病虫害危害，削弱了光合叶面积和同化效率，扰乱了生理机能，合成物少，加上自身抗病消耗大量有机物质，体内养分奇缺，遇到寒冷的天气，病态的柑桔极易冻害。调查资料中，病虫害严重的 9 块样地，平均冻害指数达 3.62。因此，果农平时要留心观察，一旦发现病虫害，应立即采取有效措施及时防治。

**3.2.3 积雪处理、干旱供水及其他** 下雪天，及时将枝叶上的积雪摇落<sup>[2]</sup>，避免枝叶被积雪压断、冻伤。应在积雪未冻之前摇雪，否则枝叶易被摇断。采用摇雪和不摇雪的标准地，其柑桔平均冻害指数分别为 1.56 和 3.10，两者差别明显。

另外，在干旱时供水对柑桔也有影响。调查资料显示，在干旱期供水做得好的 5 块标准地，其柑桔冻害指数仅为 0.5~1.0，而另 5 块标准地，在长达 100 d 的干旱期不供水，冻害指数高达 3.87~4.93。究其原因，干旱时不供水，柑桔处于“饥饿”状态，有机物质合成少，组织不充实，胶体物质形成少，一遇到低温，加上干风袭击，加速生理脱水，使叶片卷缩、退绿，枝梢干枯，耐寒力下降。所以在干旱期要及时供水，且要供足。

从调查的资料看，有的农户虽采取一些防冻措施，如覆草和去枯叶等，但由于措施不力，仅此不足以防冻。个别农户在柑桔的根茎部用塑料布包裹，再用垃圾、栏肥等铺盖，起到了良好的保温防冻效果。

### 3.3 冰害与树体

树龄、根深、结果量及抽梢量对柑桔的冻害均有显著影响。幼树生理机能弱,老树生理机能逐渐衰退,因而幼、老树的抗寒力差。壮年树生命力强,新陈代谢旺盛,抗寒力强。柑桔冻害与树体营养状况有密切关系。营养状况主要体现在结果量、抽梢量和根系状况等。结果量或抽梢量过多,消耗掉体内大量的养分,使体内积累减少,耐寒力减弱。调查资料中有5块壮龄标准地,结果量为 $20.0\sim 30.0\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ ,其冻害指数为1.0左右。而另5块壮龄标准地,结果量为 $37.5\sim 230.0\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ ,其冻害指数高达 $3.17\sim 4.93$ 。由于结果量、抽梢量及根系状况都与光合产物有关,所以,凡能提高光合效率,产物积累较多且器官间产物分配较合理的桔树,都能发挥正常的耐寒力,否则,易受冻害。

## 4 小结与讨论

对1991年柑桔冻害严重地区衢县调查所得的样本资料进行数量化回归分析可知,柑桔的冻害程度与立地环境、管理措施和树体本身都有密切关系。

- 4.1 组成立地环境的诸因子中,土层厚度、土壤肥力和土壤质地是影响柑桔冻害的主导因子。其次是坡向、风势和地类。生长在土层厚、肥力好的土壤上的柑桔,其耐寒性强,不易受冻害;生长在北坡向、迎风面的柑桔易受冻害;丘地上的柑桔,其耐寒性比旷野田地的要好。
- 4.2 栽培措施和管理技术对柑桔的冻害有显著影响。基肥、追肥和病虫害是影响柑桔冻害的主导因子。以栏肥和土杂肥作基肥,在生长旺盛期施以追肥可提高柑桔的耐寒力。病虫害要及时防治,干旱时应及时灌足水,积雪时摇雪是有效的防冻措施。冬季最好用塑料布或稻草等包裹根茎部,再用栏肥、土杂肥、垃圾和杂草等覆盖,以防冻害。
- 4.3 柑桔冻害与树体本身有密切关系。幼树、老树、结果量过多或抽梢量过大的柑桔易遭冻害。根系深、长势好的柑桔不易冻害。因此要多施有机肥,促进根系发展,同时要合理地控制结果量和抽梢量,以保存一定的树体养分。
- 4.4 影响柑桔冻害的因子之间存在着交互作用。由于因子多,交互作用复杂,本文未作详细分析,有待以后进一步研究。影响柑桔冻害的众多因子中,最主要的是低温和低温持续时间、温差、干风等都是无法控制的自然因素。本文仅考虑同是在1991年低温气候条件下的其他诸因子。由于是调查资料,不同于预先设计好的实验数据,所得资料难免与实际有差异,但在大量数据下能反映事物的规律性。

**致谢** 调查工作得到张德明、吴小军、周建铭和李志豪等的协助,在此表示感谢。

## 参 考 文 献

- 1 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1986. 215~219
- 2 黎章矩, 高林, 王白坡, 等. 浙江省名特优经济树种栽培技术. 北京: 中国林业出版社, 1995. 189~190

Huang Biheng (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Shi Gongsheng. **A Quantitative Regression Analysis of Freezing Damage in Citrus.** *Zhejiang For Coll*, 1996, 13(4): 441~447

**Abstract:** An investigation was conducted in the year with severe freezing damage of more than 20 factors related to sites, trees and culture practice on 90 standard plots in main growing areas of *Citrus*. By means of quantitative regression, the studies on the relationship between factors and freezing damage in *Citrus* showed that the extent to which the trees were injured under the weather condition of 1991 was significantly influenced by earth depth, basal manure, additional manuring, insect pests and plant diseases followed by soil fertility, slope direction, tree age, depth of roots and fruit quantity. In addition, the site type, wind scale and disposal of snow accumulation was also related to the freezing damage. Culture measures were suggested.

**Key words:** *Citrus*; cropping; freezing damage; quantitative theory; regression analysis

## 欢迎订阅1997年《江苏林业科技》

《江苏林业科技》为公开发行的综合性的林业科学技术刊物。1974年创刊。主要报道良种选育、育苗造林、园林绿化、林业经济、林副特产、森林经营、森林保护、林业调查、林业机械、野生动物、多种经营、环境保护等方面的研究论文、试验报告、经验总结，以及林业新成果和新技术，有较强的技术性和实用性。已被定为全国中文核心期刊《CAJ-CD》入编期刊、《中国林业文摘》核心期刊和江苏省一级期刊。欢迎订阅，欢迎投稿。

《江苏林业科技》为季刊。中国刊号：CN 32-1236/S；国际标准刊号：ISSN1001-7380。每期定价4.00元，全年订费16.00元。现已开始办理1997年订阅手续，需订阅者请将订款汇至南京中华门外东善桥省林科所内本刊编辑部，邮政编码：211153。订款从银行和邮局汇寄均可。

开户银行：南京市农行秦淮办新街口一分。户名：江苏省林业科学研究所。

帐号：033151801000122

《江苏林业科技》编辑部