

广西荔枝龙眼的冻害区划研究*

Division of Freeze Injury of Lichee and Longan in Guangxi

涂方旭 苏志 李艳兰

Tu Fangxu Su Zhi Li Yanlan

(广西气候中心 南宁市民族大道 530022)

(Guangxi Climate Centre, Minzhu Dadao, Nanning, Guangxi, 530022, China)

摘要 根据文献和 1999 年 12 月广西霜冻灾害资料,分析研究广西荔枝、龙眼的冻害指标,确定广西荔枝、龙眼的越冬冻害(或霜冻)指标为:极端最低气温 $-1.9 \sim 0.0^{\circ}\text{C}$ 为轻冻害, $-3.9 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$ 为中度冻害 $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$ 为重冻害。选择 30 年重现期及 5 年重现期的冬季最低气温作区划指标,制作广西荔枝、龙眼冻害区划。确定沿海、玉林市南部、大容山南部的北流和玉州部分区域、都安澄江河谷等地为无冻害区;沿海北部、贵港市、南宁市、南宁地区、玉林市北部地区的平原、丘陵及低山地区,梧州市郊区及苍梧县局部,藤县西部局部,右江河谷沿线海拔 $400 \sim 500\text{ m}$ 以下地区,河池地区的都安到河池一线的河谷平原地区为轻冻害区;梧州市南部和中部(大部),贺州地区南部,柳州地区南部和柳州市大部,河池地区东南部及西部红水河河谷区,百色地区中、南部海拔较低地区、北部的南盘江河谷局部、驮娘江河谷局部,桂林市的恭城河河谷局部,十万大山、六万大山、大明山、西大明山等海拔较高区域为中冻害区;贺州地区的北部和中部,桂林市大部,柳州地区和柳州市北部,河池地区北部和西部山区,百色地区北部山区及南部海拔较高 (600 m 以上)山区为重冻害区。

关键词 荔枝 龙眼 冻害 区划

中图法分类号 S162

Abstract Freeze indices for lichee and longan in Guangxi are analyzed in terms of the freeze injury information collected in Dec. 1999 and relative references. The freeze injury indices are divided into light freeze (-1.9 to 0.0°C), middle freeze (-3.9 to -2.0°C), heavy freeze ($\leq -4^{\circ}\text{C}$). The 30-year return period and 5-year return period were used as criteria. The freeze free areas cover the coastal area, south Yulin city, parts of Beiliu and Yuzhou, the river valley of Deng River in Du'an. The light freeze areas cover the plain, hilly and low mountain areas of north coast, Guigang city, Nanning city, Nanning prefecture and north Yulin; Wuzhou outskirts, parts of Cangwu, west Tengxian, the river valley areas under elevation of 400 to 500 m along You River, the river valley areas from Du'an to Hechi. The middle freeze areas cover the most parts of south and middle Wuzhou, south Hezhou, south Liuzhou prefecture and most parts of Liuzhou city, southeast Hechi prefecture, the river valley of Red River in west Hechi prefecture, low elevation areas in south and middle and parts of the river valleys of Nanpan River and Tuoniang River in north Beise prefecture, parts of Gongcheng River in Guilin, the high elevation areas of Mt. s Shiwandashan, Liuwandashan, Damingshan and West Danmingshan. The heavy freeze areas cover north and middle Hezhou, most parts of Guilin, north Liuzhou prefecture and Liuzhou city, the mountain areas of north and west Hechi prefecture, mountain areas in north and high elevation areas in south Beise prefecture.

Key words lichee, longan, freeze injury, division

荔枝 (*Litchi chinensis*)、龙眼 (*Euphoria longan*) 是我国南方珍贵水果,不仅营养价值高,经济价值也很高。广西种植荔枝、龙眼历史悠久,美名远播。2000

年广西荔枝、龙眼种植面积 $43.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (荔枝 $22.20 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 龙眼 $21.50 \times 10^4 \text{ hm}^2$), 占广西水果总面积的 39.46%, 投产面积 $16.68 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占广西水果总投产面积的 33.41%。广西荔枝、龙眼总产量最高的 1999 年, 达 $62.2 \times 10^4 \text{ t}$ (荔枝 $31.05 \times 10^4 \text{ t}$, 龙眼 $31.16 \times 10^4 \text{ t}$), 占当年水果总产量的 15.25%, 总产值达 28.9 亿元人民币, 占当年广西水果总产值的 32.88%。积极发展荔枝、龙眼这些名特优水果生产, 对振兴广西经济、满足人民日益增长的消费需求、提高人民生活水平具有重要意义。

荔枝、龙眼原产南亚热带和热带北部, 对气候条件有比较严格的要求^[1-6]。霜冻是发展荔枝、龙眼生产的限制条件, 也是影响荔枝、龙眼产量的重要因素。随着荔枝、龙眼种植面积的扩大, 稳产高产、寒害、冻害等问题逐渐凸现出来, 引起了生产部门及有关部门的关注。特别是 1999 年 12 月的严重霜冻, 致使广西荔枝受灾面积 $7.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (占荔枝总面积的 3%), 冻死荔枝 $0.63 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 龙眼受灾面积 $14 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (占龙眼总面积的 59.3%), 冻死龙眼 $2.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。2000 年荔枝、龙眼总产量分别比 1999 年减产 53% 和 50%, 经济损失严重。荔枝、龙眼的冻害(霜冻)及其防御对策等问题引起政府、生产部门及有关部门的极大关注。因此, 作者研究广西荔枝、龙眼的冻害区划, 为广西发展荔枝、龙眼生产提供理论参考。

1 冻害指标的分析

1.1 有关文献对荔枝、龙眼冻害指标的分析

张养才等^[4,7]指出, 龙眼在气温 0°C 时幼苗受冻, -0.5°C 以下, 大树也要受到不同程度的危害。

1955 年 1 月, 福建省福州和龙溪最低气温分别降到 -4°C 和 -2°C , 龙眼严重受害, 福州市受冻 80% 以上, 有的地点 100%, 冻害严重的主干冻死^[5,7]。表 1 为 20 世纪 50 年代福州龙眼冻害调查情况^[7]。

从表中可以看出龙眼在最低气温 -4°C 以下时, 大树会冻死, $-4.0 \sim -2.0^\circ\text{C}$ 时, 大树发生较重冻害。

另外, 根据福建 1955 和 1963 年 2 次霜冻观察到^[6]: 荔枝在 0°C 时, 嫩叶明显遭受冻害, -2°C 时受冻较重, -3°C 时严重受冻, -4°C 是荔枝致死的临界低温。认为 -2°C 是荔枝受冻的临界温度。

杜鹏等^[8]指出: 荔枝和龙眼越冬期极端最低气温为 0°C 时, 幼苗开始受冻, 下降到 $-2.0 \sim -3.0^\circ\text{C}$ 时, 成龄树中等受害, 当出现 -4°C 低温时, 冻害严重。确定荔枝和龙眼越冬期冻害或霜冻的指标为: 年极端最低气温 $-2.0 \sim 0.0^\circ\text{C}$ 为轻冻害, $-4.0 \sim -2.1^\circ\text{C}$ 为中

等程度冻害, $< -4.0^\circ\text{C}$ 为重冻害。

表 1 20 世纪 50 年代福州龙眼冻害调查情况

Table 1 The freeze injury of longan in the 1950s in Fuzhou, Fujian province

时间 Date	最低气温 Minimum temperature ($^\circ\text{C}$)	霜冻情况 Injury
1951-01-14~ 15	- 1.5	大树老叶微冻枯 Light-withered mature leaves of the big trees
1952-02-19	- 0.6	新梢嫩枝冻枯 Withered young shoots
1954-02-06	- 3.0	大树老叶冻枯如火烧 Burning withered mature leaves of the big trees
1955-01-11~ 16	- 4.0	10年生树地面以上主干冻死 Winterkill of 10-year old trunks above ground 幼苗老叶冻伤 Injury of mature leaves of young trees
1956-01-09~ 10	0.5	大树顶部叶片冻枯 Withered leaves on the top of trees

温福光等^[9]研究指出: “龙眼树在 -2°C 受中等寒(冻)害, -4°C 严重受害”。钟思强等^[21]根据对文献的研究和实地观察, 认为: “龙眼荔枝大树受寒(冻)害的临界温度为 -2°C , 受害致死温度 -4°C 。”

Groff^[1-21]认为: 龙眼种植的纬度较荔枝稍高一些, 其受害温度分别为: 幼树 $-1.1 \sim -0.6^\circ\text{C}$, 大树叶片 $-2.7 \sim -2.2^\circ\text{C}$, 小分枝为 $-3.9 \sim -3.3^\circ\text{C}$, 大分枝和树干为 -4.4°C 。文献[10]列出龙眼的越冬耐寒力为 -4°C , 荔枝为 -3°C 。但李月兰^[11]在寒冻害调查中发现, 在相同一块地(同高度、同一方位), 荔枝受害等级比龙眼要轻。

1.2 从 1999 年冬的霜冻调查资料分析广西荔枝、龙眼冻害指标

1999 年冬的霜冻是 1975 年后一次严重的霜冻, 是新中国成立以来灾害最重的一次霜冻, 也是广西荔枝、龙眼种植面积大幅度增长以来发生的最严重的霜冻。根据这次霜冻灾害的大量调查资料, 可以进一步分析荔枝、龙眼的霜冻指标。

1999 年 12 月 22~ 27 日, 广西亚热带作物研究所(南宁明阳)连续出现 6 d 霜冻, 极端最低气温为 0.5°C , 该所龙眼受害率 73.8%, 荔枝受害率为 23%, 但受害等级均为 I 级(轻, 树冠受害干枯 $< 1/3$)。该所龙州试验站 1999 年 12 月 21~ 27 d 连续 7 d 出现霜冻, 其中 12 月 23~ 26 日连续最低气温 $-1.2 \sim -0.5^\circ\text{C}$, 试验站荔枝龙眼均受不同程度冻害^[12]。说明最低气温下降到 0°C 以下, 荔枝龙眼出现不同程度冻害。最低气温在 0°C 以上时, 荔枝龙眼的冻害较轻。

庞庭颐在 1999 年 12 月广西霜冻发生后到十多个气象站和广西职业技术学院调查了荔枝、龙眼冻害与最低气温的关系^[13]。贵港站最低气温 0.0℃,其周围的龙眼没有受害;北流、平果最低气温 - 0.2℃,横县 - 0.5℃,灵山 - 1.2℃,以上各站的荔枝、龙眼均是秋稍或冬梢受害,但树冠叶片受害率小于 10%;岑溪最低气温 - 1.7℃,南宁吴圩、浦北为 - 1.9℃,以上各站荔枝、龙眼的树冠叶片受害率 10% ~ 50%;苍梧最低气温 - 2.7℃,藤县和广西职业技术学院为 - 2.9℃,以上各站龙眼、荔枝树冠叶片受害率为 50% ~ 80%;广西职业技术学院钟思强的龙眼试验地最低气温 - 3.5℃,龙眼的树冠叶片受害率达 80% ~ 100%、龙眼树的主枝干枯,少数龙眼树主干因冻害而裂皮死亡。

1999 年 12 月 20~ 26 日,广东省梅州市出现连续 7 d 低温霜(冰)冻天气,冻害最严重的大埔县,最低气

表 2 1999 年冬季霜冻对广西荔枝、龙眼产量的影响

Table 2 The effect of freeze injury on yields of lichee and longan in Guangxi in the winter of 1999

县市 Region	最低气温 Minimum temperature (°C)	荔枝 Lichee		龙眼 Longan	
		1999年投产面积 Growth area in 1999(hm ²)	2000年总 产增长率 Total increment in 2000 (%)	1999年投产面积 Growth area in 1999(hm ²)	2000年总 产增长率 Total increment in 2000 (%)
贺州 Hezhou	- 3.5			1 170	- 96
藤县 Tengxian	- 2.9	1 361	- 76	1 729	- 58
苍梧 Cangwu	- 2.7	1 598	- 78	275	- 75
南宁市郊 Nanning outskirts	- 1.9	447	- 58	2 257	- 61
浦北 Pubei	- 1.9	8 582	- 63	1 424	- 32
岑溪 Cenxi	- 1.7	365	- 92	1 218	- 98
象州 Xiangzhou	- 1.6			692	- 99
武宣 Wuxuan	- 1.6			333	- 67
来宾(合山) Laibin(Heshan)	- 1.2			979	- 64
灵山 Lingshan	- 1.2	19 667	- 58	8 707	- 35
靖西 Jingxi	- 0.9			199	- 61
鹿寨 Luzhai	- 0.6			187	- 88
横县 Hexian	- 0.5	3 252	- 41	2 433	- 39
平果 Pingguo	- 0.2	144	- 39	1 413	- 19
北流 Beiliu	- 0.2	18 133	- 43	6 067	- 36
贵港 Guigang	0.0	5 397	- 56	4 352	- 55
大新 Daxin	0.0			6 944	- 50

负值表示减产;用产量增长率来表示霜冻危害的程度。Minus values stand for reduction of yield. The injury degree is indicated by yield increment.

温 - 4.0℃,该县绝大多数的荔枝、龙眼几乎全部干枯,1 年树龄的荔枝树枝条也已干枯。全县仅在三河坝附近公路边一西向的小谷地上见到一片未受冻害的荔枝等果树^[14]。说明最低气温降到 - 4.0℃以下,荔枝、龙眼冻害十分严重。

1.3 从 1999 年冬的霜冻对产量的影响分析广西荔枝、龙眼的冻害指标

表 2 是 1999 年冬季霜冻对广西部分县市荔枝、龙眼产量的影响(资料来源于广西区政府发展水果生产办公室)。表 2 中最低气温低于 - 1.6℃ 的多数站减产显著。

根据表 2 的数据可以求得荔枝总产增长率 L_x (%)、龙眼总产增长率 L_y (%) 与冬季最低气温 T_d (°C) 的回归方程为:

$$L_z = -43.9559 + 124577T_d,$$

$$L_y = -45.6365 + 11.3796T_d.$$

这两个回归方程的相关系数分别为 0.76 和 0.49,置信概率分别达到 99% 和 95%。根据回归方程计算不同最低气温时广西荔枝、龙眼总产增长率,计算值列于表 3

表 3 1999 年冬季最低气温与荔枝、龙眼产量统计关系计算值
Table 3 The relationship between the temperature and the yields of lichee and longan in the winter of 1999

最低气温 Minimum temperature (°C)	荔枝产量 增长率 Increment of lichee yield (%)	龙眼产量 增长率 Increment of yield of longan(%)
0	-44	-45
-1	-56	-57
-2	-69	-68
-3	-81	-80
-4	-94	-91

考虑荔枝、龙眼的大小年因素以及荔枝、龙眼“在普通年份下三分之一不成花,三分之一‘花而不实’,三分之一果树投产”的现象,结合表 3 的计算结果,可以认为:最低气温低于 0.0°C,对龙眼、荔枝的产量有影响,低于 -2.0°C 影响明显。由于最低气温不到 -4.0°C 时,减产已达 90% 以上,故可以认为 -4.0°C 是严重冻害的临界温度

1.4 广西荔枝、龙眼的冻害指标

综合以上的分析,可以确定荔枝、龙眼越冬期冻害(霜冻)指标如表 4。

表 4 广西荔枝、龙眼冻害(霜冻)指标

Table 4 Freeze injury indices of lichee and longan

冻害(霜冻)等级 Degree of freeze injury	冬季极端最低气温 Extremely minimum temperature(°C)
无 Non	> 0.0
轻 Light	-1.9~0.0
中 Middle	-3.9~-2.0
重 Heavy	≤ -4.0

表 4 所列的指标,主要是针对大面积种植(经济生产)确定的,以大树为主。荔枝、龙眼的霜冻程度与品种、树龄、结果量多少、立地地理环境(例如山体、水体的影响及坡度、坡位、坡向等)、低温霜冻持续时间有关,例如,对果苗而言,最低气温接近 0.0°C 也可能受

害。表 4 指标与大多数专家学者研究的临界温度 0.0°C、-2.0°C、-4.0°C,上下相差 0.1°C,没有原则差别。

2 广西荔枝、龙眼冻害区划

2.1 区划指标

在分析累年最低气温作冻害区划指标的优缺点的基础上选择一定重现期的冬季最低气温作为荔枝、龙眼冻害区划主要指标。重现期是概率的倒数。一定重现期的最低气温值,不仅表示了最低气温的数值,也同时表示了该最低气温出现的概率(频率)。

研究广西 88 个气象站冬季极端最低气温的概率分布函数,分别用正态分布、双正态分布、耿贝尔 I 型极值分布、三种概率分布函数,求得了各气象站重现期为 5 年、10 年、15 年、20 年、30 年、50 年一遇的最低气温值,并制作气候分布图^[15](图 1)。考虑广西地形复杂,为了比较客观地了解广西最低气温的分布情况,作者还对广西各重现期冬季最低气温进行了小网格分析^[16]。作出广西 30 年一遇的冬季最低气温小网格分析图(图 2)。

图 2 与图 1 比较:(1)小网格分析图北部、西部 ≤ -4°C 的区域较大,与广西北部西部多山的实际情况相符。-4°C 等值线的走向,对境内大桂山、驾桥岭和大瑶山、青龙山、金钟山、六韶山等山地(顶峰海拔为 1240~2062 m)的影响,反映得比较清楚。(2)小网格分析图 -2°C 等值线包围的 > -2°C 区域略有缩小。一是湘桂铁路沿线一带,-2°C 线南压;二是都安到河池一带、右江河谷一带比较窄小;三是 -2°C 等值线以南,沿大容山、六万大山、十万大山、大明山等地出现最低气温(< -2°C)的闭合区域

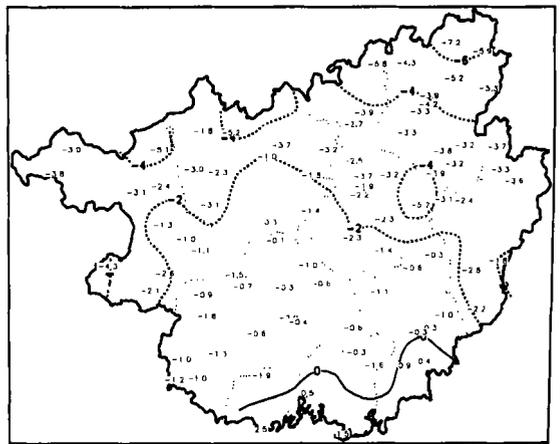


图 1 广西 30 年一遇冬季最低气温分布图

Fig. 1 The minimum temperature distribution on the 30-year return period in Guangxi

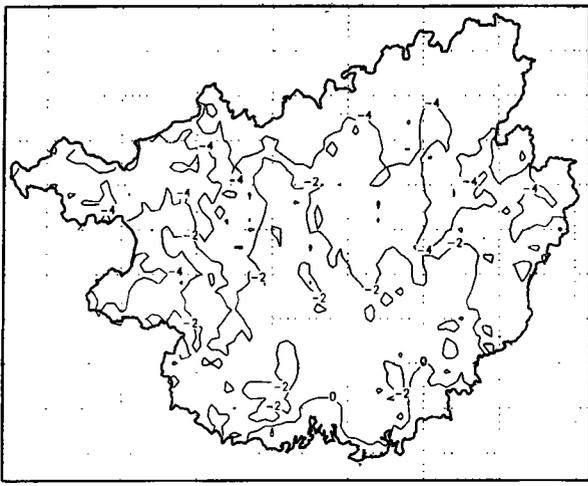


图2 广西30年一遇冬季最低气温小网格分析图

Fig. 2 The minimum temperature distribution on the 30-year return period in Guangxi by the small grid analysis

2.2 广西荔枝、龙眼冻害区划

根据上述不同重现期广西最低气温分布图,即可制作广西荔枝、龙眼的冻害区划。例如在某一个重现期冬季最低气温分布图中,可以划分 $> 0^{\circ}\text{C}$ 、 $0 - 2^{\circ}\text{C}$ 、 $-2 - 4^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq -4^{\circ}\text{C}$ 等4个区域,这4个区域冻害的对应等级分别为(基本)无(冻害)、轻(冻害)、中(冻害)、重(冻害)。这就是一个荔枝、龙眼冻害区划。重现期 T 的等值线 0°C (-2°C 、 -4°C) 以南(最低气温高于该等值线一侧)的区域是无(轻、中)冻害发生区,该区域发生更重一级冻害的概率,即发生轻(中、重)冻害的概率,不超过 $1/T$ 。因此,在每一个重现期广西冬季最低气温分布图中,根据冻害指标就可以作出一个广西荔枝、龙眼的冻害区划。重现期不同,该等级冻害区域内,发生偏重等级冻害的概率不同,重现期越大,该冻害区域内发生更重冻害的概率越小。

荔枝、龙眼是常绿乔木,经济寿命达百年以上。一般定植后 5 年左右(青壮年树、适龄投产树)开始结果,15 年左右以后(成年树、壮年结果树)进入盛产期。莫炳泉^[3]认为,荔枝种植 25~30 年后进入盛产期。由于荔枝、龙眼幼树抗冻害能力较低,因此,5 年以内最好不遇冻害。考虑大面积种植的经济效益,15 年内,最好 30 年内无中等以上冻害。加上世界气象组织规定标准气候值的统计年限是 30 年(例如 1931~1960 年、1961~1990 年等)。因此,在制作荔枝、龙眼冻害区划中,可以选择 30 年一遇的冬季最低气温为主,并参考 5 年、15 年一遇的最低气温。

根据 30 年一遇和 5 年一遇的冬季极端最低气温小网格气候分布图,可以作出广西荔枝、龙眼冻害区划,即 30 年一遇的冬季最低气温 0°C 等值线以南 ($> 0.0^{\circ}\text{C}$) 的区域为无冻害区; 30 年一遇冬季最低气温 -2°C 等值线以南 ($> -2^{\circ}\text{C}$),且 5 年一遇的冬季最低气温 0°C 等值线以南 ($> 0.0^{\circ}\text{C}$),无冻害区以北的区域为轻冻害区; 30 年一遇冬季最低气温 -4°C 等值线以南 ($> -4^{\circ}\text{C}$),且 5 年一遇冬季最低气温 -2°C 等值线以南 ($> -2^{\circ}\text{C}$),轻冻害区以北的区域为中冻害区; 除无、轻、中冻害区以外的其它区域为重冻害区。

各级冻害区域分布见图 3

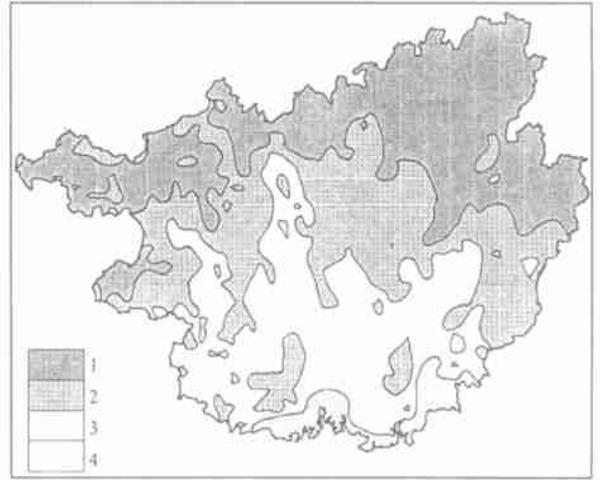


图3 广西荔枝、龙眼冻害区划

Fig. 3 The division of freeze injury of lichee and longan in Guangxi

1.重 Heavy, 2.中 Middle, 3.轻 Light, 4.无 Non.

从图 3 看,无冻害区主要分布在沿海、玉林市南部、大容山南部的北流、玉州部分区域、都安澄江河谷等地。本区域内荔枝、龙眼发生轻冻害(冬季最低气温 $\leq 0.0^{\circ}\text{C}$) 概率不大于 $1/30$ 。轻冻害区主要分布在沿海北部、贵港市、南宁市、南宁地区三地市(大部)、玉林市北部(以上地区的平原、丘陵及低山地区)、梧州市郊区及苍梧县局部、藤县西部局部、右江河谷沿线海拔 $400 \sim 500 \text{ m}$ 以下地区、河池地区的都安到河池一线的河谷平原地区。本区域内,荔枝、龙眼发生中冻害(冬季最低气温 $\leq -2.0^{\circ}\text{C}$) 的概率不大于 $1/30$,发生轻冻害的概率不大于 $1/5$ 。中冻害区主要分布在梧州市南部和中部(大部)、贺州地区南部、柳州地区南部和柳州市大部、河池地区东南部及西部红水河河谷区、百色地区中、南部海拔较低地区、北部的南盘江河谷局部、驮娘江河谷局部、桂林市的恭城河河谷局部、十万大山、六万大山、大明山、西大明山等海拔较高区域。本区域内,荔枝、龙眼发生重冻害(冬季最低气温 $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$) 的概率不大于 $1/30$,发生中冻害的概率不大于 $1/5$ 。重冻害区包括贺州地区的北部和中部、桂林市大部、柳州地区和柳州市北部、河池地区北部和西部山区、百色地区北部山区及南部海拔较高 (600 m 以上) 山区。本区域内荔枝、龙眼发生重冻害的概率大于 $1/30$ 。

以上区划中,轻冻害和无冻害区大部分是目前广西荔枝、龙眼的主产区。但东部梧州市区划的轻冻害区域与荔枝、龙眼主产区相比,区划面积偏小,而都安—河池一线的河谷平原区域,不是荔枝、龙眼主产区。

3 结束语

我们综合前人对荔枝龙眼冻害指标的研究结果,分析近年荔枝、龙眼冻害的新资料,以3(年一遇及4(年一遇的冬季极端最低气温 0°C 、 -2°C 、 -4°C 为指标,采用小网格气候分析方法,制作了广西荔枝、龙眼冻害区划,这个区划对于合理制定广西荔枝龙眼的经济生产布局,减少荔枝龙眼冻害,提高荔枝龙眼种植的经济效益有参考价值。

致谢

本文研究工作得到广西壮族自治区人民政府水果生产办公室的大力支持,提供了荔枝、龙眼生产的有关资料,使研究工作顺利完成,特此致谢。

参考文献

- 1 钟思强,李月兰,黄在猛.龙眼荔枝的气候生态特性及其在广西的布局.广西气象,1994,15(4): 223~ 227.
- 2 钟思强,苏维佳.农业气象与我国热区名特优水果生产.热带地理,1996,16(3): 204~ 210.
- 3 莫炳泉.荔枝高产栽培技术.第2版.南宁:广西科学技术出版社,1997. 617~ 619.
- 4 钱光祯,胡友群,林绍鸢等.龙眼高产栽培技术.第2版.南宁:广西科学技术出版社,1998. 6~ 7.

- 5 柯冠武.龙眼高产优质栽培.北京:中国农业出版社,1999. 2~ 6.
- 6 庄王璧.荔枝速生丰产优质栽培技术.北京:中国农业出版社,1999. 77~ 85.
- 7 张养才,何维新,李世奎.中国农业气象灾害概论.北京:气象出版社,1991. 171.
- 8 杜鹏,李世奎,温福光等.华南南部主要热带果树农业气象灾害风险分析.见:李世奎主编.中国农业灾害风险评价与对策.北京:气象出版社,2000. 116~ 121.
- 9 陈尚谟,黄寿波,温福光.果树气象学.北京:气象出版社,1998. 393~ 454.
- 10 张波主编.农业灾害学.西安:陕西科学技术出版社,1999. 258~ 260.
- 11 李月兰,论龙眼、荔枝生产的若干农业气象部题及对策.广西气象,2000,21(1): 43~ 46.
- 12 广西热作所寒害调查组.广西亚热带作物研究所作物遭受霜冻调查.广西热作科技,2000,(2): 23~ 25.
- 13 庞庭颐.荔枝等果树的霜冻低温指标与避寒种植环境的选择.广西气象,2000,21(1): 12~ 14.
- 14 陈朝辉,李永兴,方国祥等.梅州山区热带水果和经济作物的地域布局.热带地理,2000,20(3): 199~ 204.
- 15 苏志,李艳兰,涂方旭.广西冬季极端最低气温的概率分布模型选择及其极值和重现期计算.广西科学,2002,9(1): 73~ 77.
- 16 苏志,李艳兰,涂方旭.广西冬季最低气温的小网格分析.广西气象,2002,23(1): 27~ 30.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第224页 Continue from page 224)

素处理的略高;缓释尿素、涂层尿素的氮素利用率比普通尿素分别提高5.14%、4.39%(绝对值)。

参考文献

- 1 谭宏伟,周柳强,谢如林等.广西农田养分循环与平衡分析.广西科学院学报,2000,16(2): 82~ 86.
- 2 国家统计局.中国农业统计年鉴.2000.
- 3 张肇元,谭宏伟,周清湘等.广西土壤钾素状况与平衡施肥研究.北京:中国农业出版社,1998.

- 4 许秀成,李蔚萍,王好斌等.包裹型缓释、控释肥料专题报告:包膜(包裹)型控释放肥料各国研究进展.磷肥与复肥,2000,5.
- 5 中国科学院南京土壤研究所.李庆远与我国土壤科学的发展.南昌:江苏科学技术出版社,1992.
- 6 任祖金.缓释氮肥的增产效应研究.土壤通报,1997,28(1): 22~ 24.

(责任编辑:邓大玉)