

近 45 年霜冻指标变化对我国酿酒葡萄产区的影响

李 华¹, 王 华¹, 游 杰¹, 火兴三¹, 王耀祺²

1. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100

2. 西北农林科技大学信息工程学院, 陕西杨凌 712100

[摘要] 在对近 45 a 全国 504 个气象站点气象资料进行分析整理的基础上, 用 ArcGIS 软件作图, 分析了气候变化引起的无霜期、初霜日、终霜日以及极限低温变化对我国酿酒葡萄栽培的影响, 并对 50 a 后我国的无霜期分布进行了预测。结果表明, 近 45 a 特别是在 20 世纪 80 年代以后, 我国的无霜期显著变长, 终霜日提前, 初霜日推迟, 终霜日变化大于初霜日变化, 埋土防寒线明显向北推移; 霜冻指标变化明显受到我国阶梯形地貌的影响, 在同一阶梯内霜冻指标变化影响面积大, 但是在阶梯抬升地区变化更为显著; 对 50 a 后的无霜期预测表明, 50 a 后我国北部除少数地区以外, 都能够种植酿酒葡萄。

[关键词] 气候变化; 霜冻指标; 埋土防寒线; 葡萄产区

[中图分类号] S425, S663.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)15-0016-07

Relationship Between Frost Indexes and Viticulture Zoning in China in Recent 45 Years

LI Hua¹, WANG Hua¹, YOU Jie¹, HUO Xingsan¹, WANG Yaoqi²

1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China

2. College of Information and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China

Abstract: Based on the analysis of nationwide climatic data in recent 45 years, the software ArcGIS is used to map the variation of Frost Free Period (FFP), Last Frost Day (LFD), First Frost Day (FFD) and minimum temperature. Their effects on viticulture zoning in China are studied. Based on the trend of FFP variation rate, the distribution of FFP in 50 years is predicted. It is found that in recent 45 years, especially after the 80s of the last century, the duration of FFP is increased, LFD is advanced, FFD is delayed, and the bury line of -15°C is moved northward, the variation of LFD is more significant than FFD; the variation of frost indexes is influenced by the step-terrain of China, the area affected by frost indexes change is wide in a same step, but in the areas with a higher step, the variation of those frost indexes is more significant. The prediction of the future shows that the whole territory of north China is suitable for grapevine growing, except some small areas.

Key Words: climate change; frost indexes; bury line; viticulture zoning

CLC Numbers: S425, S663.1

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)15-0016-07

全球气候变暖已成为了一个不争的事实^[1,13-14], 气候变暖会对生态系统^[16-18]乃至国民经济带来极大的影响, 其中对农业的影响尤为显著。葡萄(*Vitis vinifera*)属温带果树, 是世界上栽培面积最大、产量最高的果树之一^[3], 在我国葡萄栽培面积在 2004 年已达 45 万 ha^[4,19]。

高品质葡萄种植区往往分布在较小的气候区域内, 并且因为葡萄是多年生植物, 对灌溉及土壤要求不高, 经济生产树龄大于 50 a, 这使得与别的一年生或多年生作物相比, 葡萄更容易受到气候变化的影响^[9]。霜冻是酿酒葡萄生产中的一个限制性因素, 春季霜冻对葡萄

收稿日期: 2007-06-15

作者简介: 李 华, 陕西杨凌市邠城路 3 号西北农林科技大学葡萄酒学院, 教授, 研究方向为葡萄与葡萄酒;

E-mail: lihuawine@nwsuaf.edu.cn

芽造成伤害,使葡萄减产葡萄浆果质量降低。无霜期的长度直接限制一个地区的葡萄种植适应性和葡萄适栽品种,秋季初霜使葡萄植株合成碳水化合物能力降低,影响浆果的成熟度,减少干物质在葡萄枝条内的积累,降低葡萄植株冬季抗寒能力。欧亚种葡萄冬季成熟枝芽一般只能忍受-15℃的低温,如果冬季温度低于-15℃就需要进行埋土防寒^[2-3]。国外在气候变化对葡萄栽培影响的研究较多^[5-12],国内相关研究主要针对大田作物。本文采用统计学方法对近 45 a 气候变化对我国酿酒葡萄栽培造成的影响进行了研究,并对未来 50 a 无霜期分布进行预测,旨在为相关部门提供决策依据。

1 资料和方法

1.1 数据

本文使用中国气象局气象信息中心气象资料室提供的 741 个气象台站的日值资料,剔除时间序列不足 45 a、有站点迁移、远离大陆的海岛,显著高于周围地貌以及数据连续缺失大于 10 d 气象站点数据,最终得到 504 个有用的气象站点数据。对于数据缺失在 10 d 以内的数据,用缺失数据前后数据的平均值代替。所取代表气象站点见表 1。

1.2 霜冻指标选取

选取与酿酒葡萄生产密切相关的年无霜期长度、终霜日、初霜日、年霜冻次数和年极限低温作为霜冻指标。无霜期长度为每年最后一次出现 0℃到第一次出现 0℃之间的日数,充足的无霜期长度是确保葡萄成熟和植株营养积累、安全越冬的保证。一般认为,生产酿酒葡萄的无霜期应在 160~220 d 以内,小于 160 d 没有经济生产酿酒葡萄的条件,大于 220 d 虽然能种植任何成熟类型的酿酒品种,却会影响酿酒葡萄的品质^[13]。终霜日为每年最后一次出现 0℃的时间;初霜日为每年第一次出现 0℃的时间;春天的终霜过晚使葡萄芽受冻,终霜日、初霜日的变化都会影响酿酒葡萄种植适应性。埋土防寒线的确定标准是在 10 a 内,如果冬季极限低温低于-15℃的次数超过 2 次,则需要埋土防寒^[2-3]。

1.3 霜冻指标处理

以各站点提供的最低气温日值为基础,计算出每年无霜期长度均值,得到近 45 a 各站点无霜期长度序列,对各序列进行线性拟合,即 $y=a+bt$, 回归系数 b 则反映了近 45 a 内的无霜期变化趋势,为近 45 a 内无霜期变化的趋势系数。以 10 a 数据 (1964-1973, 1974-1983, 1984-1993, 1994-2003) 为一个时间梯度,求出每个站点 10 a 的无霜期平均值,用 ArcGIS 软件作图,反映每 10 a 的无霜期变化情况。同时,以相同的时间梯度对各站点终霜日和初霜日进行统计,用 ArcGIS 软件制作对应时间梯度图,反映 10 a 期终霜日和初霜日变化规律。在已获得的各气象站点反映无霜期变化趋势的一元线性方程的基础上,计算出我国 50 a 后我国的无霜期值,并用 ArcGIS 软件作图。

以我国现有的酿酒葡萄种植分布区域为基础,将我国分为 14 个酿酒葡萄生态区及小气候区(酿酒葡萄产区的划分如表 1 所示),对同一生态区内的气象站点同日最低温度值进行算术平均,得到与每一个生态区相对应的 45 a 时间序列。在各个时间序列内分别计算出每年的无霜期长度值和初、终霜日出现日期,得到与各产区对应的每年无霜期长度,初、终霜日出现日期 45 a 时间序列并进行一元线性拟合,得到回归系数,反映各个产区的霜冻指标变化情况。

2 结果与分析

2.1 近 45 a 霜冻指标变化情况

2.1.1 概况

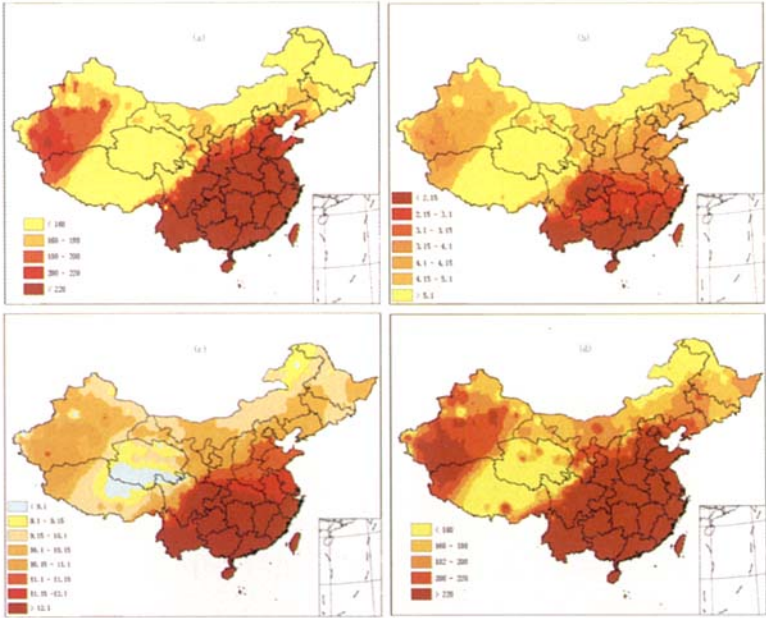
基于全国气象站点的数据,根据以上的霜冻指标,用 ArcGIS 软件分别做出全国近 45 a 无霜期、终霜日和初霜日的分布图。如图 1(a)所示,近 45 a 我国无霜期平均值的分布状况为:由南向北,自西向东逐渐递减,仅有新疆吐鲁番产区、云南高原产区、川南干热河谷产区、黄河故道产区无霜期大于 220 d;山东半岛产区、渭北旱塬地区以及津京产区无霜期为 200~220 d;山西清徐产区、

表 1 我国酿酒葡萄产区及其所用代表气象站点
Table 1 Grapevine growing regions of China and the representative weather stations adopted

酿酒葡萄产区	使用站点	酿酒葡萄产区	使用站点
渭北旱塬产区	西安,武功	山西清徐产区	太原,阳原,介休,榆社
云南高原产区	泸西,蒙自,昆明	河西走廊产区	民勤,武威,高台,张掖,酒泉
四川小金生态区	小金	石河子产区	乌鲁木齐,石河子,达板城
西南干热河谷产区	盐源,西昌	吐鲁番产区	吐鲁番
山东半岛产区	龙口,潍坊,羊角沟,莱阳	贺兰山产区	银川,惠农
怀涿盆地产区	怀来,张家口	津京产区	北京,天津,塘沽,唐山,乐亭
黄河故道产区	郑州,商丘,开封,砀山,赣榆	东北产区	梅河口,通化,章党,集安,临江,靖宇,桦甸,长春,蛟河,四平

河北怀涿产区以及河北昌黎产区无霜期为 180~200 d, 新疆石河子产区、甘肃河西走廊产区、贺兰山东麓产区的无霜期为 160~180 d; 东北产区无霜期低于 160 d, 只能种植具有较强抗寒能力、生长期短东亚种群的山葡萄 (*V. amurensis* (max.) Rupr.), 生产山葡萄酒; 图 1(b)

给出了近 45 a 我国终霜日平均值; 图 1(c) 给出了我国近 45 a 初霜日均值分布情况。由后两个图可以发现, 终霜日与初霜日分布相似, 处于同一个终霜日时间范围内的酿酒葡萄生态区也往往处于同一或初霜日区间以内, 说明二者有很强的相关性。



(a) 近 45 a 我国无霜期平均值分布图; (b) 近 45 a 我国终霜日平均值分布图;
 (c) 近 45 a 我国初霜日平均值分布图; (d) 2054~2063 年我国无霜期分布预测图
 (a) Average distribution of FFP in the past 45 a; (b) Average distribution of LFD in the past 45 a;
 (c) Average distribution of FFD in the past 45 a; (d) Estimated distribution of FFP from 2054 to 2063

图 1 近 45 a 我国主要霜冻指标平均值及对 50 a 后无霜期分布预测图

Fig. 1 Maps of average values of the main frost index distribution in the past 45 a and the distribution of FFP in the 50 a in China

2.1.2 近 45 a 无霜期变化情况

图 2(a) 给出了我国近 45 年的无霜期变化情况, 图中我国无霜期变化没有明显的规律可循, 有时即使在同一葡萄产区无霜期的变率也有所不同。在图中云南高原产区的无霜期变化情况最为明显, 大于 8 d/10 a; 河北怀涿产区、新疆吐鲁番产区和小金小生态区无霜期变率达到 6~8 d/10 a, 变化明显; 北京、山东烟台地区、黄河故道产区以及吉林梅河口、辽原等地的无霜期变化达到 4~6 d/10 a; 河北昌黎产区、渭北旱塬产区、山东半岛产区东部及东北产区大部的无霜期变率为 2~4 d/10 a; 贺兰山东麓产区、山西清徐产区、新疆石河子产区的无霜期变化不明显, 仅为 0~2 d/10 a; 但在山西清徐产区 and 新疆石河子产区有部分地区无霜期呈下降趋势。

从图 3 可以看出, 近 40 a, 特别是 1984~2003 年 20 a 间, 我国的增温趋势明显。无霜期分布在除内蒙古

东部和甘肃外的全国范围内, 大于 160 d 区域呈全面扩张趋势。与 20 世纪 60 年代相比, 70 年代的无霜期分布变化范围不大, 仅在东北出现小范围的扩张; 与此同时, 160~180 d 区域在内蒙古西部及甘肃敦煌、武威及酒泉地区发生较大幅度缩进, 说明在这个地区有一个降温的过程。1983~2003 年 20 年期间, 所有梯度无霜期区域均大幅向北、向西推进, 河北南部、北京南部、天津地区及山东绝大部分地区无霜期都超过 220 d, 可以种植所有酿酒葡萄品种。在同一时期, 内蒙古西部无霜期 160~180 d 区域迅速恢复并大幅超过 20 世纪 60 年代水平。这一时期内最显著的变化在东北地区: 辽宁南部辽东半岛地区无霜期达到 180~200 d, 能够种植中晚熟酿酒葡萄品种; 三江平原无霜期达到 160~180 d 水平, 理论上能够进行中早熟品种的种植, 但是这一区域冬季过于寒冷, 需注意进行埋土防寒。在新疆地区, 无霜期区域变化不明显。我国的地形自东向西呈阶梯状上

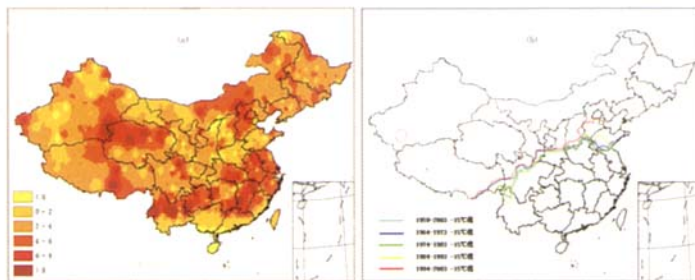
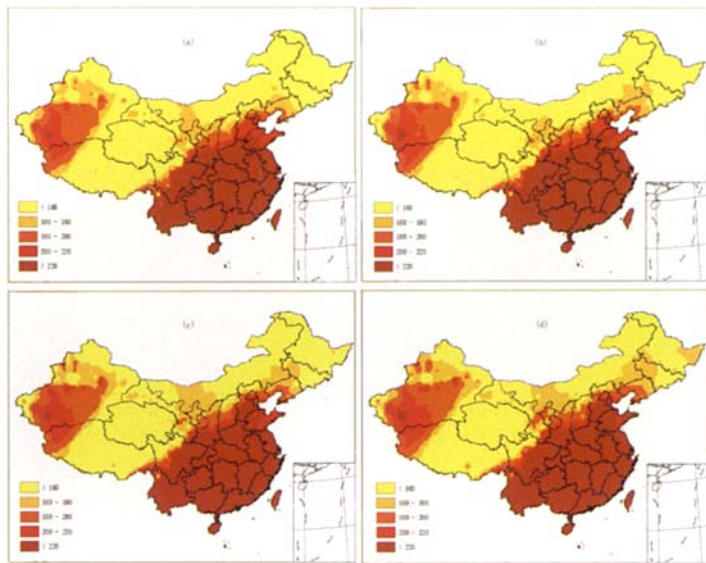


图 2 我国近 45 a 无霜期变化趋势(a)及 -15°C 埋土防寒线变化图(b)

Fig. 2 Trend of FFP distribution (a) and the variation of -15°C bury line in the past 50 a in China (b)



(a) 1964–1973 年我国无霜期均值分布图; (b) 1974–1983 年我国无霜期均值分布图;
(c) 1984–1993 年我国无霜期均值分布图; (d) 1994–2003 年我国无霜期均值分布图
(a) Distribution of FFD from 1964 to 1973; (b) Distribution of FFD from 1974 to 1983;
(c) Distribution of FFD from 1984 to 1993; (d) Distribution of FFD from 1994 to 2003

图 3 1964–2003 年我国无霜期长度变化 10 a 期图

Fig. 3 Variation of FFP from 1964 to 2003 in the 10 a period in China

升,从图 3 中可以看出,我国无霜期变化显著地受到这种阶梯形地貌的影响,在阶梯抬升区域无霜期变化不明显(如西南向青藏高原过渡地区;陕西、山西向黄土高原递进区;以及河北向内蒙古高原递进区),但是在同一地理阶梯区域内,无霜期的变化非常明显。

2.1.3 对未来 50 a 无霜期分布的预测

图 1(d)给出了基于目前无霜期变化率,对 50 a 后(2054–2063 年)无霜期分布预测图。在图中,中国北部除了内蒙古东北部及黑龙江西北部以外都能够种植酿酒葡萄。现有的大部分酿酒葡萄产区的无霜期都大于 220 d,能够种植任何成熟类型的酿酒葡萄品种;山西清徐产区的无霜期为 200–220 d;甘肃河西走廊产区,新

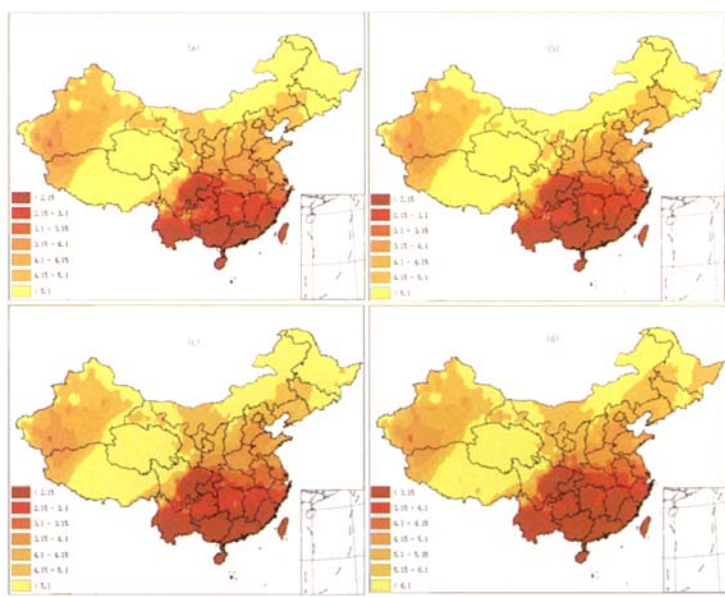
疆石河子产区,贺兰山东麓产区,吉林省西部,内蒙古中西部及靠近吉林、辽宁的大片地区,以及三江平原的无霜期达到 180–200 d。

2.1.4 近 45 a 内终霜日变化情况

1964–2003 年 10 a 期终霜日变化如图 4 所示,与无霜期 10 a 期变化规律相似,相对于 20 世纪 60 年代,我国西部内蒙古、甘肃以及新疆的终霜日出现大量缩进。与无霜期 10 a 期变化这一时期在山东、河南、山西无霜期无明显变化不同,在 20 世纪 70 年代这些地区终霜日出现提前。在 20 世纪 90 年代,东北地区终霜日变化最为剧烈,吉林西部、黑龙江西南部及三江平原的

终霜日都提前到了4月15日到5月1日之间。其他地区终霜日变化规律与同时期的无霜期变化规律相似,但是即使是在升温最为显著的20世纪80-90年代,甘

肃高台、敦煌等地的终霜日还没有恢复到20世纪60年代水平。与无霜期的变化规律相同,终霜日的变化也受到地形地貌的制约。



(a) 1964-1973 年我国终霜日均值分布图; (b) 1974-1983 年我国终霜日均值分布图;
(c) 1984-1993 年我国终霜日均值分布图; (d) 1994-2003 年我国终霜日均值分布图
(a) Distribution of LFD from 1964 to 1973; (b) Distribution of LFD from 1974 to 1983;
(c) Distribution of LFD from 1984 tp 1993; (d) Distribution of LFD from 1994 to 2003

图 4 1964-2003 年我国终霜日长度变化 10 a 期图
Fig. 4 Variation of FFP from 1964 to 2003 in the 10 a period in China

2.1.5 近 45 a 初霜日变化情况

通过对图 5 中国近 45 a 10 年期初霜日变化情况的研究可以发现,在近 45 a 内我国的初霜日变化更具有延续性。与无霜期和终霜日 20 世纪 70 年代在我国西部发生明显的缩进不同,近 45 a 内我国的终霜日始终呈现向西向北不断扩张的趋势,但是较之无霜期和终霜日的变化,初霜日的变化更为平缓,这说明我国在秋季的升温没有春季剧烈,所以近 45 a 我国无霜期的增加主要是由终霜日贡献的。

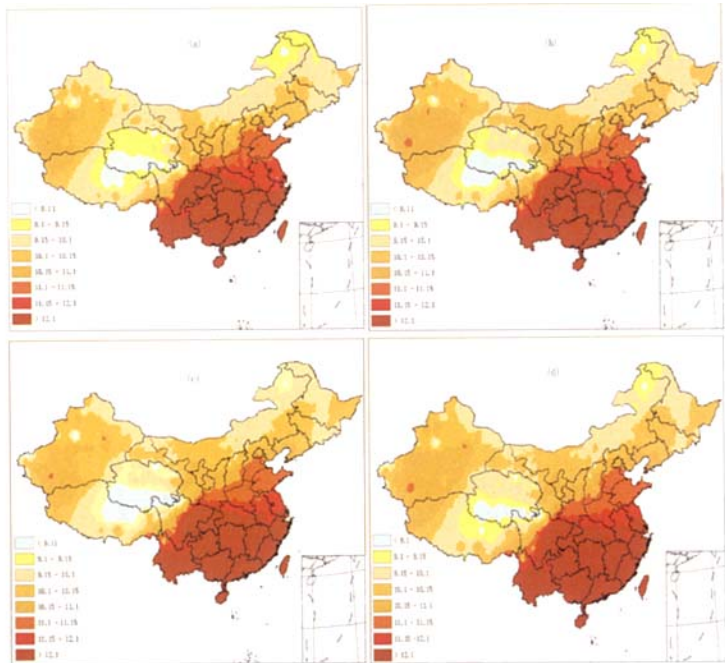
2.1.6 近 45 a -15℃埋土防寒线的变化

近 45 a 中国埋土防寒线变化图如图 2(b)所示,我国的-15℃埋土防寒线基本上沿我国第一个地理阶梯线变化。1964-1983 年埋土防寒线基本无变化,但是在 20 世纪 80 年代,埋土防寒线在河北北部和山东西部明显向北推移,但同时,在云南西北部却出现了明显的后退;进入 20 世纪 90 年代后,埋土防寒线全线向北推进,在西部推进到了西藏东南部,在川西地区也出现明显北移,在甘肃南部推进到了天水以南的地区、山西南部及

东南部,山东全境、河北和天津南部以及北京南部边界区域都可以不再进行冬季埋土防寒,另外在新疆西南部和田地区出现了一个小区域,不用进行冬季埋土。

2.2 我国主要酿酒葡萄产区近 45 a 霜冻指标变化情况

对主要酿酒葡萄产区进行分类总结后将各产区无霜期变率、终霜日变率、初霜日变率和年霜冻次数变率罗列于表 2 中。从表中可以看出,近 45 a 我国各大产区除新疆石河子产区和甘肃河西走廊产区以外增温情况明显。各产区无霜期变长,适宜种植的葡萄品种增多;春季终霜日提前,春季霜冻次数减少,葡萄植株在春季遭受冻害的可能性降低;秋季初霜日推迟利于新梢成熟,在枝条内积累碳水化合物,提高葡萄植株的抗寒力。表中终霜日的变化幅度大于初霜日,因而终霜日变化对无霜期增长贡献率大于初霜日。各个产区中变化最为明显的区域为新疆吐鲁番产区、怀涿盆地产区、小金小生态区、西南干热河谷产区 and 新疆吐鲁番产区,它们大多处在中国地形地貌急剧变化地区,这说明在地貌急剧变化地区无霜期变化更加明显。在地貌变化不



(a)1964–1973 年我国初霜日均值分布图;(b)1974–1983 年我国初霜日均值分布图;
(c)1984–1993 年我国初霜日均值分布图;(d)1994–2003 年我国初霜日均值分布图
(a) Distribution of FFD from 1964 to 1973; (b) Distribution of FFD from 1974 to 1983;
(c) Distribution of FFD from 1984 to 1993; (d) Distribution of FFD from 1994 to 2003

图 5 1964–2003 年我国初霜日长度变化 10 a 期图
Fig. 5 Variation of FFP from 1964 to 2003 in the 10 a period in China

表 2 我国主要酿酒葡萄产区近 45 a 霜冻指标变化情况
Table 2 Variation of frost indexes in grapevine growing regions in the past 45 a in China

我国酿酒葡萄产区	无霜期变率		终霜日变率		初霜日变率	
	均值/d	变率 /(d·10 a ⁻¹)	均值/d	变率 /(d·10 a ⁻¹)	均值/d	变率 /(d·10 a ⁻¹)
新疆石河子产区	164.42	0.01	4.22	0.75	10.50	0.77
新疆吐鲁番产区	230.84	7.32	3.17	-3.46	11.30	3.86
甘肃河西走廊产区	164.70	0.12	4.26	-0.24	10.80	-0.12
宁夏贺兰山产区	173.20	1.38	4.22	-0.96	10.13	0.42
渭北旱塬产区	237.53	3.32	3.19	-2.90	11.12	0.42
山西清徐产区	191.19	0.94	4.12	-0.61	10.21	0.33
河北怀涿盆地产区	186.45	7.05	4.14	-3.27	10.19	3.78
京津产区	219.11	2.44	3.29	-2.10	11.40	0.33
东北产区	154.68	3.35	4.31	-2.50	10.30	0.86
山东半岛产区	217.57	2.84	4.40	-2.08	11.80	0.76
黄河故道产区	233.43	2.89	3.24	-2.75	11.13	0.14
西南干热河谷产区	301.87	6.66	2.10	-7.34	12.10	-0.68
云南高原产区	328.80	5.81	1.20	-5.437	12.15	0.37
四川小金生态区	244.05	7.37	3.12	-4.79	11.12	2.58

明显的高原及平原地区虽然各个霜冻指标变化幅度没有地貌急剧变化地区明显,但是由于这些区域地域辽阔,容易在地图上表现为大规模移动。

3 结论与讨论

在分析我国近 45 a 我国无霜期、终霜日、初霜日以及冬季极限低温在全国范围及主要葡萄栽培生态区变化的基础上,讨论了气候变暖所引起的霜冻指标变化对我国酿酒葡萄栽培的影响。得出结论如下。

1) 在近 45 a 内,特别是在 20 世纪 80 年代以后,我国的无霜期显著变长,葡萄生长期增长,终霜日提前,春季遭受霜冻的可能更小,初霜日推迟,利于葡萄枝条积累养分,提高抗寒能力,并且终霜日的变化大于初霜日的变化,埋土防寒线明显北移,需要进行冬季埋土防寒的区域减少。

2) 我国霜冻指标的变化明显受到我国阶梯形地貌的影响,在同一阶梯内霜冻指标的影响范围大,但是在阶梯抬升地区的变化更为显著,在地貌抬升区域种植葡萄更容易受到气候变化的影响。

3) 基于现有的无霜期变率对 50 a 后我国葡萄种植区域进行预测,结果是我国北部除少数地区以外,都能够种植酿酒葡萄。

4) 在图 1(a)中,南疆无霜期 160~220 d 的区域越过昆仑山,延伸入青藏高原,这是因为在西藏可用气象站点较少,在进行插值时发生偏移,使得有关西藏的无霜期分布明显失真。相同的问题也存在于以后的各个图中,故不对西藏的霜冻指标变化进行分析。

参考文献 (References)

- [1] IPCC Working Group I. Climate change 2001: The scientific basis[R]. New York: Cambridge University Press, 2001.
- [2] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- HE Puchao. Viticulture [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [3] 李华. 葡萄集约化栽培手册[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001.
- LI Hua. Handbook of Viticulture [M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 2001.
- [4] FEDERICO C. Statistiques mondiales[M]. Paris: Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, 2005.
- [5] RAMAKRISHNA R N, MICHAEL A W, DANIEL R C, et al. Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry[J]. Clim Res, 2001, 19: 25-34.
- [6] GREGORY V G, MICHAEL A W, OWEN R C, et al. Climate change and global wine quality [J]. Climate Change, 2005, 73: 319-343.
- [7] GREGORY V J. Climate change in the western United States grape growing regions[J]. Acta Hort, 689: 41-59.
- [8] SCOTT M R. Increasing growing-season length in Illinois during the 20th century[J]. Clim Change, 2002, 52: 219-238.
- [9] GREGORY V J, ROBERT E D. Using a synoptic climato-

logical approach to understand climate-viticulture relationships[J]. Intern J Climatology, 2000, 20: 813-837.

- [10] GARCÍA de CORTÁZAR ATAURI Iñaki, BRISSON N, SEGUIN B. Estimation de l'impact du changement climatique sur les résultats agronomiques de la vigne avec le modèle STICS [J]. Actes Mondiaiviti Bordeaux, 2004: 151-159.
- [11] WEBB L B, WHETTON P, BARLOW E W R. Impact on Australian viticulture from greenhouse induced temperature change[C]//International Congress on Modeling and Decision Making, Modelling and Stimulation Society of Australia and New Zealand, 2005: 1504-1510.
- [12] WHITE M A, DIFFENBAUGH N S, GREGORY J V. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century[J]. PNAS, 2006, 103 (30): 11217-11222.
- [13] 丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3-8.
- DING Yihui, REN Guoyu, SHI Guangyu, et al. History and trend in the future of climate change over China[J]. Advances in Climate Change Research, 2006, 2(1): 3-8.
- [14] 于淑秋. 近 50 年我国日平均气温的气候变化 [J]. 应用气象学报, 2005, 16(6): 787-793.
- YU Shuqiu. The change of daily temperature during recent 50 years in China [J]. Quart J Applied Meteor, 2005, 16(6): 787-793.
- [15] 李华, 火兴三, 房玉林. 我国酿酒葡萄区划指标的研究 [J/OL]. 中国科技论文在线 [2005-09-27]. <http://www.paper.edu.cn>.
- LI Hua, HUO Xingsan, FANG Yulin. Study of the zoning indexes of the grapevine in China [J/OL]. China Science Paper Online. [2005-09-27]. <http://www.paper.edu.cn>.
- [16] 徐铭志, 任国玉. 近 40 年中国气候生长期的变化 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 306-312.
- XU Mingzhi, REN GHuoyu. Change in growing season over China: 1961-2000[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 2004, 15(3): 306-312.
- [17] 郑景去, 等. 近 40 年中国植物物候对气候变化的响应研究 [J]. 中国农业气象, 2003, 24(1): 28-32.
- ZHENG Jingqu, et al. Changes of plant phenological period and its response to climate change for the last 40 years in China[J]. Chin J Agrometeor, 2003, 24(1): 28-32.
- [18] 李华, 房玉林. 论葡萄产业可持续发展模式的目标——优质、稳产、长寿、美观[J]. 科技导报, 2005, 23(9): 20-22.
- LI Hua, FANG Yu-lin. Study on the mode of sustainable viticulture: Quality, stability, longevity and beauty [J]. Science and Technology Review, 2005, 23(9): 20-22.
- [19] 李华. 中国葡萄酒的地理标志与标准体系 [J]. 科技导报, 2004, 22(1): 58-60.
- LI Hua. The geographical indication and standard system of China's wine [J]. Science and Technology Review, 2004, 22(1): 58-60.

(责任编辑 王芷)