

# 川西高原酿酒葡萄气候区划研究

王艳君<sup>1,2</sup>, 王蕾<sup>3</sup>, 李雅善<sup>2</sup>, 岳晓丽<sup>4,5</sup>, 王雪秋<sup>1</sup>, 南立军<sup>2</sup>, 刘旭<sup>1</sup>

1.西北农林科技大学葡萄酒学院,陕西 杨凌 712100;2.楚雄师范学院化学与生命科学学院,云南 楚雄 675000;3.西北农林科技大学食品学院,陕西 杨凌 712100;4.西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100;5.四川美术学院,重庆 401331)

**摘要:**以川西高原及周边地区73个气象站点1982–2011年30 a的逐日气象数据和川西高原90 m DEM数据为基础,选用生长季活动积温为酿酒葡萄气候区划的热量指标,干燥度为水分指标,采用多元逐步回归法分别建立了生长季活动积温和干燥度与地理、地形因子的关系模型,再结合残差内插法得到了空间化的气象数据模拟值,绘制了川西地区酿酒葡萄适宜栽培区分布图。研究结果显示,川西高原葡萄适宜栽培区分布在白水江河谷,岷江河谷,麻尔柯河及梭磨河河谷,多柯河河谷及大金川河谷,大金川及其支流河谷,雅砻江及其支流鲜水河河谷,水洛河河谷,金沙江及其支流硕曲、定曲河谷及大渡河河谷部分地区,与川西高原干旱河谷的分布一致;本区西南部酿酒葡萄适宜栽培区在海拔3 000 m以下,东北部大致在海拔1 300~2 500 m之间,东南部一般在1 700~2 800 m之间,不同区域、不同熟性葡萄适宜栽培的海拔范围有较大差异。将葡萄栽培区分布与区划结果对比发现,现有的葡萄实际栽培区全部分布在区划图中的葡萄适宜栽培区内,此区划方法适用于川西高原地区。

**关键词:**酿酒葡萄;气候区划;活动积温;干燥度;空间模拟;川西高原

**中图分类号:**S663.1;S162.2 **文献标志码:**A

## Study on climatic regionalization of wine grape in Western Sichuan Plateau

WANG Yan-jun<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>3</sup>, LI Ya-shan<sup>2</sup>, YUE Xiao-li<sup>4</sup>, WANG Xue-qiu<sup>1</sup>, NAN Li-jun<sup>2</sup>, LIU Xu<sup>1</sup>

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. School of Chemistry and Life Sciences, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000, China; 3. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 5. Sichuan Fine Arts Institute, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** This study was performed based on the daily meteorological data of last 30 years (1982–2011) and 90 meter Digital Elevation Database (DEM) of 73 meteorological stations in the Western Sichuan Plateau and its surrounding areas to build a suitable cultivation area map for wine grape growth. We used the active accumulated temperature in growing season of wine grape as the heat index and the dryness index as the moisture index for the climatic regionalization for wine grape growth. The relationship between active accumulated temperature and dryness in growing season and the geographical and topographical factors were modeled using the multiple stepwise regression method. In combination with the residual interpolation method, the spatialization simulation values were obtained. Then, a cultivation suitability distribution map for wine grape growth in the Western Sichuan was developed. The suitable areas are mainly distributed in Baishui River valley, Minjiang River valley, Maerke River valley, and Suomo River, Duoke River valley, Dajinchuan River and its tributary valley, Yalongjiang River and its tributary valley, Shuiluohe River valley, Jinshajiang River and its tributary valley, Dadu River and its tributary valley. The suitable cultivation elevation of wine grape was approximately 1 300~2 500 m in northeastern part, approximately 1 700~2 800 m in southeastern region, and below 3 000 m in the southwestern region of the study area. The result showed that all of the suitable cultivation area for wine grape in the Western Sichuan Plateau distributed in the dry

valleys, but the elevation varied significantly among regions and also grape varieties. The comparison of the current the grape cultivation area and the climatic regionalization results in this study indicated that the current growth of wine grape are all distributed in the suitable cultivation area. Therefore, this distribution map can be used for guiding wine grape growth in the Western Sichuan Plateau.

**Keywords:** wine grape; climatic regionalization; active accumulated temperature; dryness index; spatial simulation; Western Sichuan Plateau

川西高原为青藏高原东南缘和横断山脉的一部分,是青藏高原向我国第二阶梯过渡的区域,介于青藏高原主体和四川盆地之间<sup>[1]</sup>,现在主要指四川甘孜州、阿坝州等地区。这里沟壑纵横,地形地貌极为复杂,地势由西北向东南呈阶梯状倾斜,海拔高差大,气候类型多样,空间分布不均,低纬度低海拔与高纬度高海拔相结合,扩大了整个地区的气候变幅,气候要素受地形的影响而复杂多变,垂直变化突出、立体气候明显<sup>[2]</sup>,总的气候特点是河谷干暖,山地冷湿,光照丰富,降水量少。本区地质环境典型,有绝美的自然风光,丰富的矿产资源、水资源、植被资源,发展潜力巨大<sup>[3,4]</sup>。

本区地表生态脆弱,山高、沟深、水急、路险、土地分散。由于交通不便,长期以来受外界影响较小,保存了较好的自然原貌,保留着厚重的人文历史,经济欠发达,当地居民生活较贫困<sup>[5]</sup>。李华<sup>[6]</sup>1987年开始对川西地区小金县的气候条件进行了论证,发现这里的气候条件非常适合酿酒葡萄栽培。二十多年来,这一带酿酒葡萄产业迅速发展,取得了良好的经济和社会效益。川西高原存在多处葡萄适宜栽培区,由于日照时间长,年均温高,干旱少雨,近年来全省葡萄酒产业主要就集中在川西高原,是我国酿酒葡萄的优生区<sup>[7]</sup>。找出这些区域并合理开发不仅能推动当地经济发展,改善居民生活,还能有效改善所在地生态环境。由于地形气候条件复杂,目前针对这一地区葡萄区划的研究还很少,远不能满足当地葡萄酒产业发展需求,做好川西地区酿酒葡萄区划研究十分必要。

在特定的地理范围内,气候条件决定能否种植葡萄、种植的品种以及所能生产的葡萄酒种类和品质<sup>[8]</sup>。气候区划通常以热量(温度)为主要指标,中国雨热同季的气候条件使得降水也成为中国酿酒葡萄栽培的主要限制因子<sup>[9]</sup>。李华和火兴三<sup>[10-11]</sup>结合中国气候特点,提出了以无霜期为热量指标,干燥度为水分指标的中国葡萄气候区划指标体系,对中国的酿酒葡萄产区进行了区划。该区划结果显示,在川西高原地区,存在几个小的酿酒葡萄适宜栽培区。由于本区地形复杂,气象站点相对稀

疏,以气象站点数据直接采用内插法作图,仅能指出适宜栽培区的大致位置,对于其具体的分布范围无法详细描述。李学强等<sup>[12]</sup>用无霜期等指标对阿坝州酿酒葡萄栽培进行了区域化,指出了阿坝州酿酒葡萄适宜栽培区范围,与当地实际吻合,但是此研究主要是基于当地种植经验总结得出的,仅能用于其附近个别县区规划。

本文结合 GIS 的空间内插及数理统计学理论,根据川西地区 73 个气象站点 1982-2011 年 30 年逐日气象数据计算各站点 30 年平均干燥度、无霜期、活动积温,采用多元逐步回归法分别建立活动积温和干燥度的模拟模型;根据川西地区 90 m DEM 数据,结合气象数据模型趋势面模拟及残差订正得出研究区域的无霜期及活动积温空间连续表面,在此基础上做出川西高山地区酿酒葡萄适宜栽培区分布图,并推算出了不同酿酒葡萄适宜栽培区海拔范围。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区域地理范围

川西高原位于四川省西部,为青藏高原东南缘和横断山脉的一部分,高原面上海拔 4 000~4 500 m,分为川西北高原和川西山两部分。川西高原与成都平原的分界线是雅安邛崃山脉,山脉以西便是川西高原,在地理上主要包括甘孜、阿坝两州,占四川省整个版图的 2/3<sup>[5]</sup>。本文研究区域为甘孜、阿坝两州,借助中国 1:50 万行政区划图确定研究区位置(图 1)。

### 1.2 研究数据

本研究采用的基础数据为国家气候中心提供的四川省各气象站点 1982-2011 年 30 年逐日气象数据,包括平均气温、最低气温、最高气温、降水量、风速、相对湿度和日照时数以及各站点的经纬度、海拔高度等。选取位于北纬 27.9°以北,东经 104.3°以西的气象站点,剔除在 1982-2011 年期间有变迁、缺测数据较多或在 2011 年前撤消的站点,得到 73 个气象站点 30 年的气象数据并进行整理分析。通过课题组自主编写的数据处理程序,分别计算出

各站点 30 年(1982–2011 年)平均无霜期、生长季活动积温、生长季干燥度等数据。DEM(数字高程模型)数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://www.gscloud.cn>),分辨率为 3"(90 m)。

### 1.3 区划指标选择

**1.3.1 热量指标** 中国常用的葡萄气候区划热量指标有无霜期、活动积温、光热指数等<sup>[13–15]</sup>。我国北方年温差较大,葡萄生长主要限制因子是生长期长度;川西地区纬度相对较低,气温年较差小,在海拔较高的区域(如道孚、马尔康等站点)夏季冷凉,无霜期虽长,但热量无法满足葡萄生长需求(表 1),因此无霜期长度不能判断葡萄能否经济栽培,不适合作为这一地区葡萄气候区划的热量指标。参照生长季活动积温、生长季有效积温、光热指数等指标对葡萄适宜栽培区划分标准<sup>[15–18]</sup>,对这一地区适宜区和不适宜区的划分基本一致,考虑到我国气象台站的地面气候资料普遍记录活动积温<sup>[19]</sup>,取值、计算都更方便,本研究选用生长季活动积温作为川西地区葡萄气候区划的热量指标。

结合生产实际和贺普超<sup>[13]</sup>、火兴三<sup>[15]</sup>等的研究成果,在这一地区我们以生长季活动积温 2 500℃作为葡萄适宜栽培区和非适宜栽培区的分界线。不同熟性葡萄品种需要的活动积温范围见表 2。

**1.3.2 水分指标** 常用的酿酒葡萄气候区划指标有:水热系数、水热值、成熟期降水量、干燥度等。李华和火兴三<sup>[10–11]</sup>对以上指标进行了对比分析,认为干燥度衡量了一个地方的降水量是否满足酿酒葡萄生长所需,更适合雨热同季的中国气候。川西

地区同中国大部分地区一样冬干夏雨,在本项研究中,我们使用生长季干燥度作为酿酒葡萄气候区划的水分指标,它是酿酒葡萄在生长季的蒸发蒸腾量(实际需水量,  $ET_c$ )与降水量的比值。干燥度的表达式为:

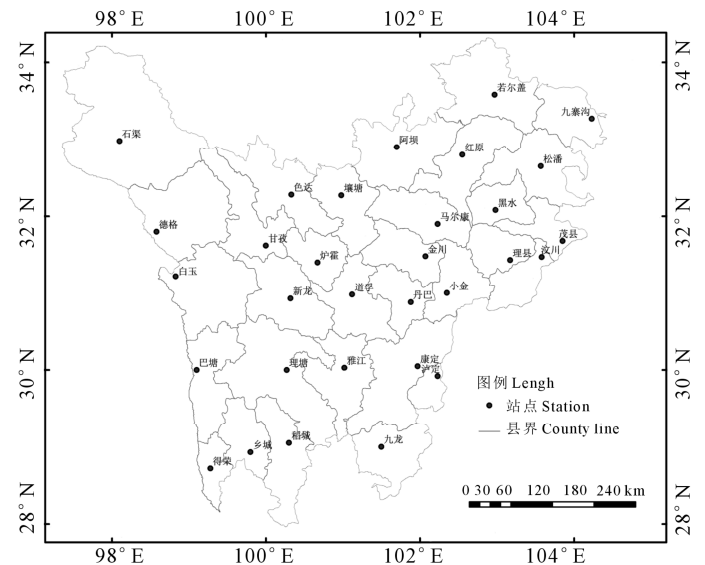


图 1 川西高原地理位置

Fig.1 The geographical location of the Western Sichuan Plateau

表 2 葡萄不同品种对生长期活动积温的需要量<sup>[20]</sup>

Table 2 The requirement of active accumulated temperature by different grape varieties in growth period

类别 Varieties	生长季活动积温/℃ Active accumulated temperature
极早熟和早熟 Very early and early ripening	2500~2700
中熟 Middle ripening	2700~3200
晚熟 Late ripening	3200~3500
极晚熟 Very late ripening	>3500

表 1 川西地区典型站点区划指标对比

Table 1 The comparison of regionalization index of typical stations in Western Sichuan

站点 Station	海拔高度/m Elevation	无霜期/d Frost-free period	光热指数 Huglin index	生长季活动积温/℃ Active accumulated temperature	生长季有效积温/℃ Effective accumulated temperature	30 年日最低温度 <-15℃ 天数/d < -15℃ days in 30 years	4-9 月干燥度 Dryness index
甘孜 Ganzi	3394	136	965.4	1756.9	453.6	255	0.94
炉霍 Luhuo	3250	142	1099.6	1916.7	525.7	248	0.87
巴塘 Batang	2589	229	2235.4	3238.4	1435.4	0	1.31
雅江 Yajiang	2601	212	1931.2	2850.5	1095.5	0	0.82
金川 Jinchuan	2169	245	2228.0	3213.6	1401.9	0	0.83
德格 Dege	3184	150	1093.1	1876.8	503.1	54	0.85
新龙 Xinlong	3275	155	1325.7	2099.0	615.0	79	0.90
道孚 Daofu	2957	164	1388.6	2278.0	723.4	33	0.98
九龙 Jiulong	2925	185	1266.8	2266.9	677.5	1	0.62
乡城 Xiangcheng	2842	203	1724.1	2797.2	1068.5	0	1.29
马尔康 Maerkang	2664	172	1512.2	2344.2	749.8	5	0.71
白玉 Baiyu	3260	156	1419.1	2221.0	694.7	48	1.00
康定 Kangding	2616	198	972.6	2003.1	589.4	0	0.59

$$DI = ET_c / P$$

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

式中, $DI$ 为生长季干燥度; $ET_c$ 为酿酒葡萄生长季的蒸散量; $P$ 为同期降水量; $K_c$ 为作物系数; $ET_0$ 为参考作物蒸散量,按Penman-Monteith方法计算。

针对各个地区酿酒葡萄作物系数 $K_c$ 值目前还没有见到报道,李华<sup>[21]</sup>参考了FAO的推荐值,并考虑了我国的气候特点和葡萄产区的实际栽培条件,选取在生长季的最大作物系数 $K_c = 0.8$ 作为研究的作物系数。

酿酒葡萄蒸散量可以看作是它的实际需水量。干燥度指标实际上是衡量了一个地区的降水量是否满足酿酒葡萄生长所需。干燥度 $DI = 1$ 表示降水量与作物需水量恰好相等,水分盈余量为0; $DI$ 值愈大,说明愈干燥,葡萄处于干旱胁迫状态,有利于糖分和酚类物质的积累、提高葡萄浆果和葡萄酒的品质以及防止病虫害等; $DI$ 值愈小则说明愈湿润,不利于糖分和酚类物质的积累,导致病害流行,最终降低葡萄的品质,进而影响了酿酒葡萄的经济栽培性<sup>[10]</sup>。在全国区划中,李华等以 $DI \geq 1$ 作为葡萄适宜栽培区应满足的水分条件。在川西高原,由于葡萄园多有一定的坡度,有利于排水,减少了降水过多带来的危害,结合实际情况,本研究将 $DI = 0.75$ 作为川西地区葡萄栽培水分适宜区与非适宜区的分界线。

**1.3.3 其它指标** 埋土防寒是我国其它地区葡萄区划必须考虑的问题,如果某个地区每5~10 a中出现一次 $-15^\circ\text{C}$ 或更低的温度时,则需要埋土防寒<sup>[15]</sup>。对照本区各站点30年间 $-15^\circ\text{C}$ 出现次数(表1)可以发现,本区所有热量可以满足葡萄生长的站点1982~2011年30年间均未出现过 $-15^\circ\text{C}$ 的低温,因此川西高原葡萄栽培不需要埋土防寒。在个别接近区域酿酒葡萄适宜种植海拔上限的葡萄园,可能会有冷害发生,需要采取一些防寒措施。

本区土地多有一定的坡度。葡萄因较耐干旱和土壤瘠薄,可以在相对不大范围内发育根系,相比其它果树更适宜在坡地上栽培,然而坡度越大水土流失越严重,葡萄园土壤管理也越困难。因此,葡萄种植应优先考虑坡度在 $20^\circ \sim 25^\circ$ 以下的缓坡、斜坡。即使其它指标满足葡萄生产需求,坡度过大也不宜用于葡萄园建设,本研究将坡度作为区划的辅助指标,土地坡度大于 $45^\circ$ 直接从适宜区中排除,并进一步将适宜区坡度在 $0^\circ \sim 25^\circ$ 和 $25^\circ \sim 45^\circ$ 的区域区分开。

## 1.4 研究方法

估算气象要素的空间分布及变化有两种基本方法:用内插法来插值现有的观测数据形成等值线的空间分布,但当观测资料稀疏、地形比较复杂时,该方法的准确性很难保证,且结果随插值方法的不同而不同,其根本原因在于内插法不能充分考虑气象要素空间分布与诸多地理环境要素间的复杂函数关系<sup>[22]</sup>;用回归分析法来建立气象要素与空间变量如地理位置、地形等的关系方程,这种方法在定量反映真实地形上各要素的空间分布时具有优势,但是当空间范围较大时,回归公式往往在计算部分地区的气象要素值时存在相对较大的误差<sup>[22-23]</sup>。川西地区地域宽广,站台稀少,地形特殊,气候空间差异显著,先用回归分析法模拟出气象要素与环境的关系,再将不同地区的区域差异以残差插值的形式消除,兼具两种方法优势,更适合本区特点。

本研究根据川西地区90 m DEM提取出影响山区小气候、立体气候现象的宏观地理位置及微地形因子,即经度、纬度、海拔、坡度、坡向等。然后分别以各气象站无霜期、干燥度为输出变量,以气象站的经度、纬度、海拔高度、坡度、坡向和地形遮蔽度等为输入变量,利用SPSS统计软件进行多元逐步回归分析并建立回归方程,计算各气象站点不同指标模型计算值与实际数据的差值,得到每个气象站点各指标残差,同时对残差采用克里金法插值<sup>[24-25]</sup>,得到栅格化的残差。将残差进行空间插值后再加上回归方程的计算结果即得到栅格化的活动积温、干燥度空间模拟值<sup>[26-28]</sup>。最后根据干燥度及活动积温空间分布计算值栅格做出川西高山地区酿酒葡萄适宜栽培区分布图。

**1.4.1 宏观地理因子和小地形因子的提取** 借助ArcGIS地理信息平台软件将各气象站点的活动积温、干燥度数据展绘成栅格图层;以川西地区90 m DEM栅格数据为基础,根据GIS空间分析功能,从DEM中提取出各站点坡度、坡向、海拔数据并分别加载到观测站点的属性库中,即观测站点的无霜期及干燥度图层中包含经度、纬度、海拔、坡度、坡向、活动积温、干燥度等属性项,并将以上属性数据导出到SPSS数据分析软件中。

**1.4.2 川西地区生长季活动积温空间模拟** 影响气温空间分布的因素主要有宏观地形因子和小地形因子。宏观地理因子主要有该地的经度、纬度和海拔高度,小气候因素主要是该地的坡向、坡度和地形遮蔽度<sup>[29]</sup>。因此,要建立川西高山地区活动积温空间模拟模型首要任务就是提取出与该地区气

候关联的宏观地理因子和小地形因子<sup>[30]</sup>。

气象要素模拟值可分解为趋势部分和残差部分。趋势部分反映区域性的总的气候特征,受大范围的系统性的宏观因子如经度、纬度、海拔高度等因素及局部的小地形因子的控制;残差部分反映的则是局地气候变化,受一些随机因素影响<sup>[31]</sup>。因此生长季活动积温的空间分布可表示为:

$$\sum Ta = a(\phi, \lambda, h, \alpha, \beta, k, \varepsilon)$$

其中,  $\phi, \lambda$  分别为纬度和经度,  $h$  为地形高程,  $\alpha, \beta$  分别为坡度和坡向;  $k$  为遮蔽度; 影响活动积温的其它因素用回归分析中的  $\varepsilon$  表示, 则地理、地形影响下的活动积温估算模型为:

$$\sum Ta = a_0 + a_1\phi + a_2\lambda + a_3h + a_4\alpha + a_5\beta + a_6k + \varepsilon$$

式中,  $a_0$  为常数项,  $a_1 \sim a_6$  是各项的系数, 估算活动积温的水平分辨率也为 3", 同地形高程的分辨率。

当忽略不计残差项时, 上式可表示为  $\sum Ta = a_0 + a_1\phi + a_2\lambda + a_3h + a_4\alpha + a_5\beta + a_6k$ 。

建模时, 首先对坡向数据进行预处理<sup>[32]</sup>, 坡向是正北为 0, 正南为 180, 因此 0° 和 360° 的坡向是相同的, 即都为正北方向。本研究首先将度数转为弧度, 然后对之取余弦, 这样东西坡向基本相同, 而南北向则有正负之分。然后对所统计各气象站点的经度、纬度、海拔、坡度、坡向余弦值进行标准化。最后借助 SPSS 软件对观测站点活动积温数据进行多元逐步回归分析, 建立活动积温趋势模型:

$$\sum Ta = 21475.136 - 101.822\phi - 132.738\lambda - 0.997h + 11.398\alpha$$

经检验, 该模型  $R = 0.973$ , 在  $\text{Sig} = 0.0001$  水平上显著。

活动积温空间分布除了受宏观地理因子和微观地形因子影响外, 还受到一些随机因素的影响, 这里通过观测样点的实测值与计算值直接比较, 将随机因素以残差的形式表示出来。利用上述计算模型和各气象站点的地理地形数据计算出该站点的活动积温计算值, 将各站点实际活动积温值与模型计算值的差值作为残差值 ( $\varepsilon = \sum Ta_{\text{实际}} - \sum Ta_{\text{预测}}$ ), 利用克里金插值法<sup>[24]</sup>对残差值进行空间内插, 得到  $\varepsilon$  值的栅格图层。利用川西高原地区 90 m DEM 栅格数据, 在 ArcGIS 的表面分析模块下计算出各栅格活动积温值。将模拟值栅格图层和残差值栅格图层进行叠加, 即可得到活动积温栅格图层。

1.4.3 干燥度空间模拟模型建立 干燥度是蒸发量和降水量的比值, 也就是说蒸发量和降水量共同

决定了干燥度。影响降水量的地理地形因素有: 海拔、经度、纬度、坡度、坡向等<sup>[29,33]</sup>; 影响蒸发量的地理地形因素有海拔、坡度、坡向、遮蔽度等<sup>[34]</sup>。综上, 干燥度的决定因素有海拔、经度、纬度、坡度、坡向、遮蔽度等。

干燥度的空间分布可表示为:

$$DI = d(\phi, \lambda, h, \alpha, \beta, k, \varepsilon)$$

式中, 数据处理方法同上节, 建立干燥度计算模型:

$$DI = 7.974 + 0.026\phi - 0.079\lambda + 2.746E - 0.05h$$

经检验, 该模型  $R = 0.595$ , 在  $\text{Sig} = 0.0001$  水平上显著。

利用干燥度模型和各气象站点的地理地形数据计算出该站点的干燥度计算值, 将各站点实际干燥度值与模型计算值的差值作为残差值 ( $\varepsilon = DI_{\text{实际}} - DI_{\text{预测}}$ ), 用克里金法对残差值进行空间内插, 得到  $\varepsilon$  值的栅格图层, 利用栅格计算器做出干燥度计算值栅格图层和残差值栅格图层进行叠加, 即可得到干燥度栅格图层。

## 2 研究结果

将活动积温栅格图层及干燥度栅格图层进行叠加, 以活动积温 > 2 500°C 且干燥度大于 0.75 的地区为适宜区, 以表 2 中不同熟性葡萄品种活动积温范围对适宜区进行分区, 并在得到的图层中排除坡度 > 45° 的区域, 得到川西高原酿酒葡萄适宜栽培区空间分布图 (图 2); 在以上图层中进一步排除坡度 > 25° 的地块, 绘制川西酿酒葡萄适宜区坡度 < 25° 地块分布图 (图 3)。

研究结果显示, 川西高原所有的葡萄适宜栽培区都分布在河谷中, 包括 (1) 九寨沟县白水江河谷地区; (2) 松潘、黑水、茂县、理县、汶川岷江河谷地区; (3) 马尔康县麻尔柯河及梭磨河河谷地区; (4) 金川县多柯河河谷及大金川河谷地区; (5) 丹巴、小金县大金川及其支流河谷地区; (6) 道孚、雅江、九龙南部雅砻江及其支流鲜水河河谷地区; (7) 稻城东部及南部水洛河河谷地区; (8) 巴塘、得荣、乡城金沙江及其支流硕曲、定曲河谷地区; (9) 康定大渡河河谷部分地区。以上区域与川西高原干旱河谷的分布一致<sup>[35-36]</sup>, 也就是说, 川西高原的葡萄适宜栽培区分布在该区的干旱河谷中。

由活动积温模型和当地葡萄实际栽培情况可大致推算出经、纬度等条件一定的情况下葡萄最高适宜栽培海拔 (表 3), 本区在 3 000 m 以下海拔与干燥程度基本呈正相关, 在东部存在葡萄适宜栽培的最低海拔, 汶川、茂县在 1 300 m 左右, 康定、九龙

在1700 m左右,海拔在最高和最低海拔之间可以种植酿酒葡萄;在西部则无最低海拔,只要在最高海拔以下均可种植酿酒葡萄。一般中熟葡萄品种适宜区分布在最高海拔线以下200~500 m;晚熟葡萄品种最适宜区分布在最高海拔线下500 m左右,适宜区分布在最高海拔线500 m以下;坡向、坡度对适宜区海拔范围也有较大影响,如10°的向阳坡地可使适宜海拔提高150 m左右。

川西高原西南部,葡萄适宜栽培区分布图和海拔3000 m以下区域分布基本一致,说明在这一地区,水分不是限制因子,本区海拔3000 m以下的地区热量指标可满足葡萄生长需要,为适宜区;东南各县为湿润向干旱的过渡地带,泸定、九龙、康定东南部降水较多,生长季干燥度低于0.75,病害易发生,不适合栽培酿酒葡萄;川西高原西北部海拔都在

3000 m以上,热量不足,不适合葡萄栽培;东北各县主要的限制因子为热量,酿酒葡萄可以经济栽培的最高海拔在2400~2800 m不等,大体上随纬度升高降低;汶川、茂县河谷区也有海拔较低的地块因干燥度较低而不适合种植酿酒葡萄;川西高原西北地区海拔均在3000 m以上,热量不足,无适宜区分布。

将本文的葡萄适宜栽培区模拟结果与现有葡萄栽培区分布对照(图3),发现现有栽培区全部在模拟的适宜区范围内。图3中蓝色点为现有主要葡萄酒庄或酿酒葡萄种植基地,葡萄生长状况良好。

### 3 讨论与结论

川西高原处于中国西南高山葡萄酒产区范围内,因为其低纬度、高海拔使得该区的葡萄与葡萄酒具有独特的风格。随着近年来川西地区葡萄与葡萄酒产业的迅速发展,亟需对本区进行酿酒葡萄气候区划研究,以引导该产业健康、合理、科学地发展。由于区域内地形气候条件极为复杂,且气候与中国传统葡萄酒产区有较大差异,进行酿酒葡萄气候区划使用的方法和指标也根据本区的特点进行了筛选。川西地区日照丰富,气温日较差大,而年较差小,无霜期长,日照时数和生长期长度不是葡萄栽培的限制性因素,本区葡萄经济栽培的限制因素是海拔过高造成的热量不足。因此,本研究采用了活动积温作为本区酿酒葡萄气候区划的主要指标。本区东南部降水量较多,生长季过多的降水易造成光温不足和病害流行,不适合种植酿酒葡萄,研

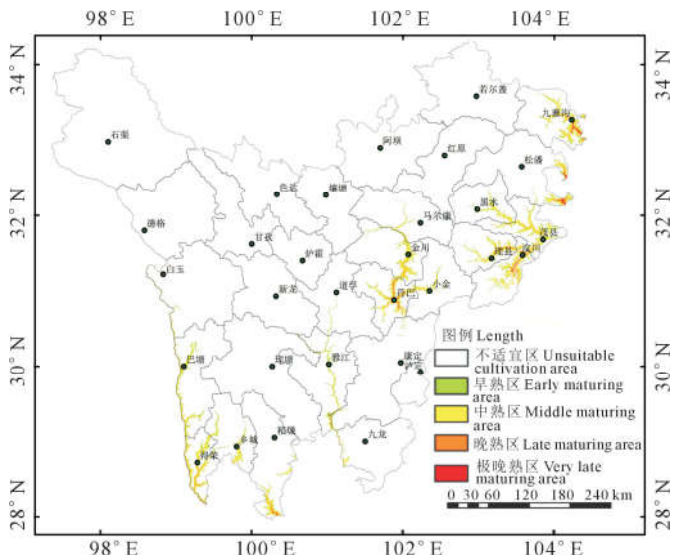


图2 川西高原酿酒葡萄适宜栽培区分布图

Fig.2 The distribution of suitable cultivation area for wine grape in Western Sichuan Plateau

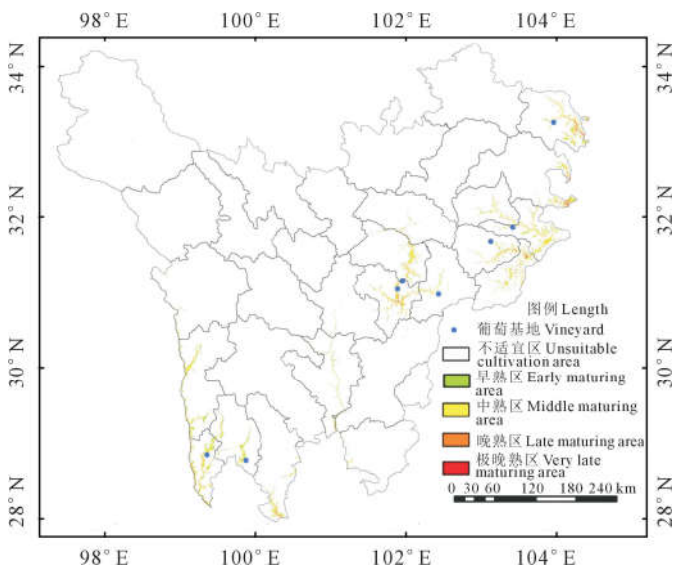


图3 川西高原酿酒葡萄适宜区坡度<25°地块与现有主要葡萄基地分布对照

Fig.3 The comparison of present major grape growth base distribution and the suitable area for slope <25° in Western Sichuan Plateau

表3 川西高原酿酒葡萄适宜栽培区最高海拔

Table 3 The elevation range of the suitable cultivation area for wine grape in Western Sichuan Plateau

县名 County	最高海拔/m Highest altitude	县名 County	最高海拔/m Highest altitude	县名 County	最高海拔/m Highest altitude
九寨沟 Jiuzhaigou	2400	金川 Jinchuan	2800	雅江 Yajiang	2900
松潘 Songpan	2400	汶川 Wenchuan	2500	巴塘 Batang	3000
黑水 Heishui	2400	理县 Li County	2600	稻城 Daocheng	2900
马尔康 Maerkang	2500	小金 Xiaojin	2800	九龙 Jiulong	2800
白玉 Baiyu	2900	道孚 Daofu	2700	乡城 Kiangcheng	3000
茂县 Mao County	2500	丹巴 Danba	2800	得荣 Derong	3000

究参考李华等<sup>[10]</sup>的研究成果,将干燥度 $\leq 0.75$ 的区域从适宜区排除。本研究区划数据建模采用插值与建模相结合的方法,这种方法不仅考虑各观测数据间空间关联的宏观地理因子和各气候因子与影响其空间分布的微地形因子,并考虑了一些随机因素带来的气候观测值的误差项,降低了空间预测误差。研究采用 3"的数字高程模型,具有较高精度,相应提取到了更准确的坡度、坡向等地形因子数据,得到了精度、准确度较高的气象数据计算值栅格,以克里金法对随机误差项插值得到残差值栅格并去残差,绘制了精度较高的川西地区酿酒葡萄气候区划图。

研究结果显示,川西地区广大的高原面上不适宜种植酿酒葡萄,适宜栽培区主要分布在川西地区西南和东北的河谷之中,与研究区干旱河谷的分布高度一致,海拔范围在 1 300~3 000 m 之间,主要在 1 700~2 800 m,不同区域适宜海拔范围不尽相同,总的趋势是西南适宜区海拔较高,东北较低,东南地区由于降水较多,适宜区范围很窄。在川西高原西南部,葡萄适宜栽培区分布图和海拔 3 000 m 以下区域分布基本一致;东南各县葡萄适宜区最高海拔在 2 800 m 左右,最低海拔在 1 700 m 左右;东北部各县主要的限制因子为热量,酿酒葡萄可以经济栽培的最高海拔在 2 400~2 800 m(主要在 2 500 m 左右)不等,大体上随纬度升高而降低,此区酿酒葡萄适宜种植的最低海拔在 1 300 m 左右。一般中熟葡萄品种适宜区分布在各区最高海拔线以下 200~500 m 的区域;晚熟葡萄品种最适宜区分布在最高海拔线下 500 m 左右,适宜区分布在最高海拔线 500 m 以下;坡向、坡度对适宜区海拔范围也有较大影响,如 10°的向阳坡地可使适宜海拔提高 150 m 左右。本区域内的酿酒葡萄栽培可参考这一海拔范围进行品种选择。

本文使用插值与建模相结合的方法<sup>[26-28]</sup>对中国川西葡萄产区范围区划进行了探索,精度相对较高,为西南高山产区葡萄区划工作提供了参考。本文的研究区域横跨大,西高东低的地势客观造就了区域内地理、地形等诸因子间的多重相关性,可能造成模型不够精确和稳健<sup>[23]</sup>。本研究得到的干燥度回归方程  $R$  值仅为 0.592,会给研究带来一定的误差,需要在以后工作中进一步进行方法研究。本研究给出的最适宜海拔范围是根据气象数据建模结果、残差插值结果估算得出,并根据实地调研、当地种植经验及相关文献和报道进行了调整,由于川西气候复杂,建园选择栽培品种时这一范围仅可参

考,不可盲目照搬。本区酿酒葡萄适宜栽培区主要分布在河谷之中,由于河谷区海拔高差很大,气候带密集,野生动物有可能在不属于它们的气候带出现,因此在规划酿酒葡萄基地的时候应考虑这一因素,注意远离珍稀动物生存区域,做好相关防护工作。

**致谢:**感谢四川省农业厅高瑛研究员对本研究的支持和帮助。

#### 参 考 文 献:

- [1] 李川,陈静,朱燕君. 川西高原近五十年气候变化的初步研究[J]. 高原气象,2003,22(增刊):138-144.
- [2] 陈亚梅,和润莲,刘洋,等. 川西高山林线交错带凋落叶分解初期转化酶特征[J]. 生态学报,2016,36(13):1-10.
- [3] 冯莉,宋苒苒,侯皓. 基于 SWOT 分析法下的四川省旅游业现状分析及策略研究[J]. 中国商论,2015,(17):152-154.
- [4] 徐柯健,张百平. 大香格里拉地区自然与文化多样性[J]. 山地学报,2008,26(2):212-217.
- [5] 彭琴. 体验经济时代川西山地体育旅游开发路径研究[J]. 四川体育科学,2016,35(3):88-90.
- [6] 李华. 优质葡萄生态区——四川小金[J]. 葡萄栽培与酿酒,1987,(1):17-20.
- [7] 陈晓娟,张鸿,王剑,等. 川西高原酿酒葡萄霜霉病和白粉病绿色防治技术[J]. 四川农业科技,2015,(3):38-39.
- [8] Jorge T, Alain C. A multicriteria climatic classification system for rape-growing regions worldwide[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2004,124:81-97.
- [9] 李华,兰玉芳,王华. 中国酿酒葡萄气候区划指标体系[J]. 科技导报,2011,29(1):75-79.
- [10] 李华,火兴三. 中国酿酒葡萄气候区划的水分指标[J]. 生态学杂志,2006,25(9):1124-1128.
- [11] 李华,火兴三. 酿酒葡萄区划热量指标的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(12):69-73.
- [12] 李学强,陈华英,马海燕,等. 阿坝州酿酒葡萄栽培区划[J]. 阿坝科技,2011,(1):13-18.
- [13] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1999.
- [14] 李华,颜雨,宋华红,等. 甘肃省气候区划及酿酒葡萄品种区划指标[J]. 科技导报,2010,28(7):68-72.
- [15] 火兴三. 中国酿酒葡萄气候区划指标体系及区域化研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [16] Huglin P. Nouveau Mode d'Evaluation Des Possibilités Heliothermiques d'un Milieu Viticole[M]. Symposium International Sur L'ecologie De La Vigne,1978,89-97(法语).
- [17] Huglin P. Biologie et ecologie de la vigne[M]. Paris:Payot Lausanne,1986(法语).
- [18] Winkler A J, Cook J A, Kliever W M. General Viticulture[M]. Berkley:University of California Press, 1974.
- [19] 罗国光. 关于葡萄气候区划指标问题的探讨[J]. 河北林业科技,2004,(5):61-63.
- [20] 李华,王华,王艳君. 中国葡萄气候区划与品种区域化[C]//第九届国际葡萄与葡萄酒学术研讨会论文集. 杨凌:西北农

- 业科技大学出版社,2015:1-10.
- [21] 李华. 葡萄栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [22] 舒守娟,王元,储惠芸.地理和地形影响下我国区域的气温空间分布[J]. 南京大学学报(自然科学版),2009, 45(3): 334-342.
- [23] 舒守娟,王元,熊安元. 中国区域地理、地形因子对降水分布影响的估算和分析[J]. 地球物理学报,2007, 50(6): 1703-1712.
- [24] 石淑芹,陈佑启,李正国,等. 基于空间插值技术和辅助信息的吉林省玉米土地生产潜力研究[J]. 干旱地区农业研究, 2011,29(5):209-218.
- [25] 张胜雷.空间降水资源评估方法及其在地理信息系统中实现技术的研究[D]. 兰州:兰州大学,1997.
- [26] 何红艳,郭志华,肖文发. 降水空间插值技术的研究进展[J]. 生态学杂志,2005,24(10):1187-1191.
- [27] 朱琳,朱延年,陈明彬,等. 基于GIS陕南商洛地区农业气候资源垂直分层[J].应用气象学报,2007,(1):108-113.
- [28] 杨文峰,朱琳,李星敏,等. 基于GIS的陕西省酿酒葡萄气候区划[J].干旱地区农业研究,2014,32(3):244-249.
- [29] 汪璇,吕家恪,刘洪斌,等. 基于GIS的重庆农业气候资源空间分布精细模拟研究. 中国农学通报,2009,25(14):256-262.
- [30] 彭俊贤. 林区气温空间分布模拟技术探讨[J]. 林业科技, 2011,36(4):38-39.
- [31] 叶江霞. 横断山区温度及降雨气候资料空间信息化研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(19):11767-11770.
- [32] 王景雷,孙景生,周祖昊,等. 基于DEM的作物需水量估算方法[J]. 灌溉排水学报,2005,24(5):36-38.
- [33] 刘勇,邹松兵. 祁连山地区高分辨率气温降水量分布模型[J]. 兰州大学学报,2006,42(1):7-12.
- [34] 翁笃鸣,罗哲贤. 山区地形气候[M]. 北京:气象出版社,1990.
- [35] 孙辉,唐亚,黄雪菊,等. 横断山区干旱河谷研究现状和发展方向[J]. 世界科技研究与发展,2005,27(3):54-61.
- [36] 高媛媛,刘琼,王红瑞,等. 基于RS和GIS的干旱河谷范围界定方法研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2012,48(1):92-96.

(上接第179页)

极显著水平, LAI 和叶片叶绿素含量与红边特征参数( $D_{\lambda_{red}}$ 、 $\lambda_{red}$ 、 $S_{red}$ )之间均达到极显著水平,这与王秀珍等在水稻上的研究结果一致<sup>[15]</sup>,块根产量与红边参数之间有较好相关性,但仍未达到显著水平。农学参数与光谱之间相关关系表明可以通过提取冠层高光谱参数对甜菜叶片农学参数进行估测,从而为甜菜氮素管理的快速无损监测提供依据。

## 4 结 论

不同施氮水平下甜菜冠层光谱反射率随着施氮量的增加而升高,与 M1 相比, M2 氮素运筹模式下的冠层光谱反射率和冠层光谱“红边”在叶丛快速生长期较低,在糖分积累期较高。光谱变量与叶片全氮含量,红边参数与 LAI、叶绿素含量之间显著相关,研究结果为进一步应用高光谱快速无损监测技术进行甜菜氮素管理提供支持。

### 参 考 文 献:

- [1] 贺佳,刘冰锋,李军.不同生育时期冬小麦叶面积指数高光谱遥感监测模型[J].农业工程学报,2014,30(24):141-150.
- [2] 唐延林,黄敬峰,王人潮.水稻不同发育时期高光谱与叶绿素和类胡萝卜素的变化规律[J].中国水稻科学,2004,18(1):59-66.
- [3] 马勤建,王登伟,黄春燕,等.棉花叶面积指数和地上干物质积累量的高光谱估算模型研究[J].棉花学报,2008,20(3):217-222.
- [4] 胡昊,自由路,杨俐苹,等.不同氮营养冬小麦冠层光谱红边特征分析[J].植物营养与肥料学报,2009,15(6):1317-1323.
- [5] 代辉,胡春胜,程一松.冬小麦冠层光谱红边特征分析[J].中国生态农业学报,2007,15(5):80-83.
- [6] 谭昌伟,周清波,齐腊,等.水稻氮素营养高光谱遥感诊断模型[J].应用生态学报,2008,19(6):1261-1268.
- [7] 刘冰峰,李军,贺佳,等.基于高光谱植被指数的夏玉米地上干物质质量估算模型研究[J].农业机械学报,2016,47(3):254-261.
- [8] 李映雪,朱艳,戴延波,等.小麦叶面积指数与冠层反射光谱的定量关系[J].应用生态学报,2006,17(8):1443-1447.
- [9] 王登伟,黄春燕,马勤建,等.棉花地上各组分干物质积累量的高光谱定量模型研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2010,25(5):529-533.
- [10] 陈国庆,齐文增,李振,等.不同氮素水平下超高产夏玉米冠层的高光谱特征[J].生态学报,2010,30(22):6035-6043.
- [11] Hansen P M, Schjoering J K. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, (86): 542-553.
- [12] Tian Yongchao, Gu Kaijian, Chu Xu, et al. Comparison of different hyperspectral vegetation indices for canopy leaf nitrogen concentration estimation in rice[J]. Plant and Soil, 2014, 376(1/2): 193-209.
- [13] 杨荣超,田海清,李斐,等.基于冠层高光谱的甜菜不同生育时期 SPAD 值估测研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(7):50-54.
- [14] 王燕飞,李翠芳,李承业,等.我国甜菜栽培模式研究进展[J].中国糖料,2011,(1):55-57.
- [15] 王秀珍,王人潮,李云梅,等.不同氮素营养水平的水稻冠层光谱红边参数及其应用研究[J].浙江大学学报,2001,27(3):301-306.