



从杜甫“千秋雪”重现中唐时期成都气候环境特征

洪一婧, 张文涵, 付思妤, 叶程程

Reconstructing the climate and environmental characteristics of Chengdu in the Middle Tang Dynasty from Du Fu's "Thousand Autumns of Snows"

HONG Yijing, ZHANG Wenhan, FU Siyu, and YE Chengcheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16562/j.cnki.0256-1492.2024011501>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

MIS3至MIS1时期闽东沿海地区高分辨率沉积与孢粉地层对古环境变化的响应特征

Response characteristics of high-resolution sedimentation and palynostratigraphy to paleoenvironmental changes in the coastal area of eastern Fujian during the MIS3—MIS1 period

海洋地质与第四纪地质. 2025, 45(1): 29–41

丝绸之路天山廊道中段晚全新世环境与古代文明协同演化

Coevolution of late Holocene environment and ancient civilization in the middle of the Tianshan Corridor of the Silk Road

海洋地质与第四纪地质. 2024, 44(4): 180–189

四川省旧石器—青铜器时期遗址空间分布及其影响因素

The Paleolithic–Bronze age sites in Sichuan Province: Distribution and influencing factors

海洋地质与第四纪地质. 2025, 45(1): 188–198

北黄海盆地东部坳陷中生界次生孔隙的发育规律

Development of Mesozoic secondary pore zones in the Eastern Depression of North Yellow Sea Basin

海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 194–201

临汾盆地晚冰期至中全新世黄土-古土壤序列的风化特征及指示的气候意义

Characteristics of weathering of the loess-paleosol sequences in the Late Glacial Period to Middle Holocene in Linfen Basin and implication for climatic significance

海洋地质与第四纪地质. 2023, 43(2): 181–191

北康-曾母盆地中中新世以来层序地层样式特征探讨

The characteristics of the system domain and the stratigraphic framework of the Beikang-Zengmu Basin since the Middle Miocene

海洋地质与第四纪地质. 2022, 42(3): 111–122



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

洪一婧, 张文涵, 付思好, 等. 从杜甫“千秋雪”重现中唐时期成都气候环境特征 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2025, 45(2): 189-202.
HONG Yijing, ZHANG Wenhan, FU Siyu, et al. Reconstructing the climate and environmental characteristics of Chengdu in the Middle Tang Dynasty from Du Fu's "Thousand Autumns of Snows" [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2025, 45(2): 189-202.

从杜甫“千秋雪”重现中唐时期成都气候环境特征

洪一婧¹, 张文涵², 付思好¹, 叶程程¹

1. 上海师范大学环境与地理科学学院, 上海 200234
2. 上海师范大学人文学院, 上海 200234

摘要: 解析唐诗记载的地理景观和物候信息可重建诗人所处时代的气候环境特征。本文以唐代诗人杜甫 (公元 712—770 年) 的《绝句四首·其三》和张籍 (公元 767—830 年) 的《成都曲》为例, 选取诗中“千秋雪”和“荔枝熟”作为分析要素, 结合物候学及地理信息系统 (GIS) 等手段定量重建中唐时期成都地区的温度、降水和雪线。基于成都处于唐朝荔枝北界这一前提, 通过 GIS 对现代荔枝分布点进行空间分析, 初步限定中唐时期成都地区的最低年均温和年降水量分别为 $(18 \pm 0.4) ^\circ\text{C}$ 和 $(1230 \pm 260) \text{ mm}$, 较现代分别高约 $2 ^\circ\text{C}$ 和 250 mm ; 进一步依据现代雪线、温度和降水的关系, 通过 GIS 空间分析和理论计算推知中唐时期成都地区的雪线高度为 $(4600 \pm 200) \text{ m}$, 较现代低约 700 m 。最后, 通过重建的雪线高度及 GIS 的可见性分析, 推测杜甫诗中“千秋雪”最有可能是九顶山的主峰狮子王峰。

关键词: 荔枝北界; 雪线; 唐诗; 中唐; 成都

中图分类号: P532 文献标识码: A DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2024011501

Reconstructing the climate and environmental characteristics of Chengdu in the Middle Tang Dynasty from Du Fu's "Thousand Autumns of Snows"

HONG Yijing¹, ZHANG Wenhan², FU Siyu¹, YE Chengcheng¹

1. School of Environment and Geographical Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China
2. School of Humanities, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

Abstract: Through the analysis of the geographical landscapes and climatic information recorded in Tang poems, it is possible to reconstruct the characteristics of the climate and environments of the times in which the poets lived. In this paper, we take the "Four Quatrains (No. 3)" by Du Fu (712—770 AD) and "Ode to Chengdu" by Zhang Ji (767—830 AD) of the Tang Dynasty to gain insight into the climatic conditions of their time, and select "Thousand Autumns of Snows" and "Lychee Ripening" as analyzing elements, then combine them with phenology and GIS to quantitatively reconstruct the temperature, precipitation, and snowline of the Chengdu during the Middle Tang Dynasty. Based on the premise that Chengdu was located at the northern boundary of lychee cultivation during the Tang Dynasty, a spatial analysis of modern lychee distribution points was conducted through GIS. The analysis initially identified the minimum annual mean temperature and annual precipitation of Chengdu during the Middle Tang Dynasty to be $(18 \pm 0.4) ^\circ\text{C}$ and $(1230 \pm 260) \text{ mm}$, which were about $2 ^\circ\text{C}$ and 250 mm higher than those in modern times. Furthermore, based on the relationship between the modern snowline, temperature and precipitation, the snowline height in Chengdu during the Middle Tang Dynasty is estimated to be $(4600 \pm 200) \text{ m}$, which is about 700 meters lower than that in modern times. Based on the reconstructed snowline height and GIS visibility analysis, it is hypothesized that the 'Thousand Autumns of Snows' in Du Fu's poem refers to the main peak of Jiu Ding Mountains, Lion King Peak.

Key words: northern boundary of Lychee; snowline; Tang poetry; Middle Tang Dynasty; Chengdu

唐诗不仅在中国古代文学史中占有重要地位, 还在推动诗歌蓬勃发展的同时, 还为后人研究唐代气候提供了重要参考。作为中国古代历史文献的一种, 诗歌不但在空间上范围全面, 而且在时间上历

资助项目: 上海师范大学一般科研项目“西宁盆地早始新世气候最温暖期的硅酸盐风化响应特征及其在应对全球变暖的启示” (SK202257); 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室开放课题“尼泊尔 Kalyan 剖面粘土矿物记录的喜马拉雅地区古近纪化学风化历史” (TPESER202207)

作者简介: 洪一婧 (2003—), 女, 本科生, 地理科学专业, E-mail: 1000514075@smail.shnu.edu.cn

通讯作者: 叶程程 (1991—), 男, 博士, 研究方向为古环境重建, E-mail: yechch1991@shnu.edu.cn

收稿日期: 2024-01-15; **改回日期:** 2024-03-22. 文凤英编辑

时完整^[1-3], 这为古气候重建提供了重要基础。不同于其他代用资料的定年误差, 诗歌所记载的地理景观和物候现象的发生时间都有据可考, 其价值难以替代^[4]。对诗歌中的时间、空间和气候信息进行详细分析, 即可重建诗人所处时代的气候环境特征。

在过去, 已有学者基于诗歌等历史文献对唐代气候变迁进行了大量的定性研究。例如, 满志敏^[5]对历史文献中表征寒冷气候的资料进行分析, 将唐代气候以8世纪中叶为界划分为两大阶段, 前期与现代相差不大, 而后期气候明显转寒。马亚玲等^[6]梳理了杜诗中关于唐代荆湘地区寒冷和结冰的记录, 分析得到公元768年和769年发生了气候寒冷事件, 支持了唐代气候从公元750年之后波动变冷的结论。此外, 也有部分学者基于历史文献对唐代气候进行了一些定量重建的尝试。例如, 蓝勇^[7]基于柑橘、荔枝和龙眼等植物的物候特性及文献记载的蚕茧熟制, 重建了唐代四川盆地北部地区4月和10月均温(20℃), 比现今的同月均温高约2℃。费杰等^[8]基于唐至五代时期的历史文献记录建立了公元618—959年气候冷暖变化序列; 葛全胜等^[9]梳理了史料中对隋唐时期柑橘种植北界、春耕、海冰等现象的记载, 发现公元601—820年的冬半年均温较今(1961—2000年)高约0.22℃; 821—920年较今低0.42℃。定量重建历史时期的温度、降水和雪线高度并将之与现今气候特征进行对比, 这对过去气候变化的研究和未来气候变化的预测都具有重要意义。一般而言, 雪线高度随气候发生波动, 进而引起冰川运动的进退^[10], 借由各历史时期雪线的重建结果可推断不同时期冰川的消融速度及全球海平面变化趋势, 从而增强人类对未来气候与环境变化的预测及应对能力。然而, 目前基于历史文献定量重建历史时期雪线的研究较少, 多是通过历史文献中积雪的记载进而推断当时的气候特征。如于希贤^[11]利用历史文献研究了云南大理点苍山雪线变化与唐代气候变迁的关系, 但并未定量重建出唐代西南地区的温度、降水和雪线高度。璩向宁和汪一鸣^[12]对历史文献中贺兰山积雪变化的记录进行梳理, 揭示贺兰山积雪变化与天山、太白山和点苍山的积雪变化具有时间变化过程和演化规律的一致性, 进而推测12世纪寒冷期年均温较现代低约1.5~2℃, 且贺兰山永久积雪下限应为3400~3500m。基于历史文献定量重建历史时期雪线存在较大难度, 这与雪线的历史文献记载稀缺且难以进行量化分析有关。鉴于雪线高低的主要影响因素是温度、降水量和地形^[13], 因此本研究尝试利用诗歌和荔枝

物候定量重建中唐时期的温度、降水量后, 再通过GIS空间分析找到与成都具有相似地形条件的区域以此重建雪线高度, 并将之与基于温度和降水量的雪线高度理论计算结果进行交叉印证。

基于诗歌重建某一区域的温度、降水和雪线需要充足的诗句作为支撑。唐朝时成都素有“扬一益(成都)二”的美称, 众多诗人往来蜀地, 留下了大量诗句, 其中就包括张籍和杜甫。在中唐时期, 诗人张籍(公元767—830年)的《成都曲》(约公元796年, 张籍南游时期)写到“锦江近西烟水绿, 新雨山头荔枝熟”^[14], 由诗中“熟”可见荔枝在当时成都地区长势较好。荔枝生态幅较窄, 生长喜温暖湿润, 要求年均温18~26℃, 年降水量1000~2000mm^[15-16]。因此, 通过荔枝的物候特征结合现代荔枝北界的气候特征即可确定中唐时期荔枝北界(即成都地区)的气候特征^[3]。而关于成都地区多年积雪的记载, 可见于杜甫《绝句四首》其三(公元764年)^[17]“两个黄鹂鸣翠柳, 一行白鹭上青天。窗含西岭千秋雪, 门泊东吴万里船”^[18]。”此诗不仅在诗歌的艺术表达上极具鉴赏价值^[17], 更是包含了地理学中雪线的概念。雪线是指在高山和高纬地区, 地表年降雪的积累量和年消融量相等的界限^[12-13, 19], 也就是永久积雪的下限。杜甫写下这首诗时已经完整地见证了成都的四季, “千秋雪”应是经验之谈。结合杜甫自注“西岭”为“西山白雪, 四时不消”, 本研究认为“西岭”是泛指成都平原以西岷江上游的岷山、龙门山、甘松岭、羊拱山、鹧鸪山、大白山、邛崃山、夹金山等山脉, 即唐宋剑南道之“西山”^[20], 而“千秋雪”是指中唐时期“西山”范围中一座终年积雪的山峰。而且利用诗歌中记录的物候现象对诗歌创作时间也可进行推断^[21], 764年杜甫在《绝句四首》中写下的其他诗句也可作为终年积雪的印证。古代以农历为准, 由诗中“因惊四月雨声寒”和“梅熟许同朱老吃”^[18], 可知杜甫看到“千秋雪”的时间约在春末夏初, 足以证明“千秋雪”是指中唐时期一座终年积雪的山峰。除此以外, 杜甫对成都西侧雪山景致还有大量的描写, 例如, “远烟盐井上, 斜景雪峰西”^[18]、“雪岭界天白, 锦城曛日黄”^[18]。然而, 这些记录只能定性说明中唐时期成都地区存在雪线, 而不能定量给出中唐时期成都地区的雪线高度。雪线是由气温、降水和地形共同决定的, 需要指出的是, 由于成都位于副热带高压带附近, 降水量影响雪线的程度比温度更高^[13, 19, 22-23]。因此, 不能简单通过温度高低来推断中唐时期成都地区的雪线高度, 还需要考虑其降水量的高低。在定量重建成都地

区雪线高度后, 本研究尝试解决杜甫诗中“千秋雪”具体位置的争议。在此过程中 GIS 可见性分析 (Visibility) 将用于消除成都城市轴线的倾斜 (北偏东倾斜 30° , 见图 1 古代成都方位坐标^[24]) 对杜甫西望视角造成的影响。

综上所述, 本研究首先基于荔枝物候特性及唐朝诗歌中对四川地区荔枝的记载, 分析了中唐时期和现代荔枝分布北界的变迁, 进一步定量重建中唐时期成都地区的温度和降水量; 在此基础上利用 GIS 空间分析和理论计算定量重建中唐时期成都地区的雪线高度。最后, 借助 GIS 可见性分析排除成都城市斜向格局对杜甫西望视角的影响, 并结合中唐成都地区雪线重建的结果, 推断杜诗中“千秋雪”的具体地理位置。

1 研究区概况

在青藏高原与四川盆地的结合部位, 以邛崃山脉为界, 以西为川西高原^[25] (图 1), 主要包括四川省阿坝藏族羌族自治州、甘孜藏族自治州等地区。川西高原西北部和中部为山地高原气候, 年降雨量 $600\sim 700\text{ mm}$, 东部与南部为中亚热带季风气候, 年降雨量 $900\sim 1200\text{ mm}$ ^[25]。岷山、邛崃山、大雪山和沙鲁里山是川西高原四列呈南北走向的山脉^[26]。

成都平原是位于中国四川盆地西部的一处冲积平原, 由岷江、沱江及其支流携带的泥沙冲积而成, 平均海拔 $484\sim 556\text{ m}$ ^[27]。它地处四川盆地西南缘, 其西部与青藏高原东缘的龙门山和邛崃山相接, 东部以龙泉山为界 (图 1)^[27-28]。成都平原属于亚热带湿润季风气候, 气候温暖, 多年平均气温为 $16.1\text{ }^\circ\text{C}$ ^[29]。这里雨水丰沛, 位于平原西侧的龙门山对大气降雨有显著影响, 东来水汽受其阻挡, 形成地形雨, 因此雅安-都江堰-安县出现多雨地带, 年平均降雨量达 $1200\sim 1600\text{ mm}$, 向东南方向雨量呈现递减趋势, 温江、郫县、新繁、广汉一带降雨量在 1000 mm 左右, 至金堂、成都、新津、龙泉山麓为 900 mm 左右^[29]。充沛的降水, 再加上成都地处四川盆地, 四面环山, 对流弱, 受地形影响大量水汽聚集在盆地高空, 因此成都往往出现多雾的天气。

2 研究方法和数据来源

2.1 基于荔枝物候的中唐成都地区温度和降水量重建

荔枝是典型的亚热带果树, 对气候的反应尤其敏感, 生长喜温暖, 要求年均温 $18\sim 26\text{ }^\circ\text{C}$, 不耐冰雪霜冻。与此同时, 荔枝分布地带雨季明显, 降雨

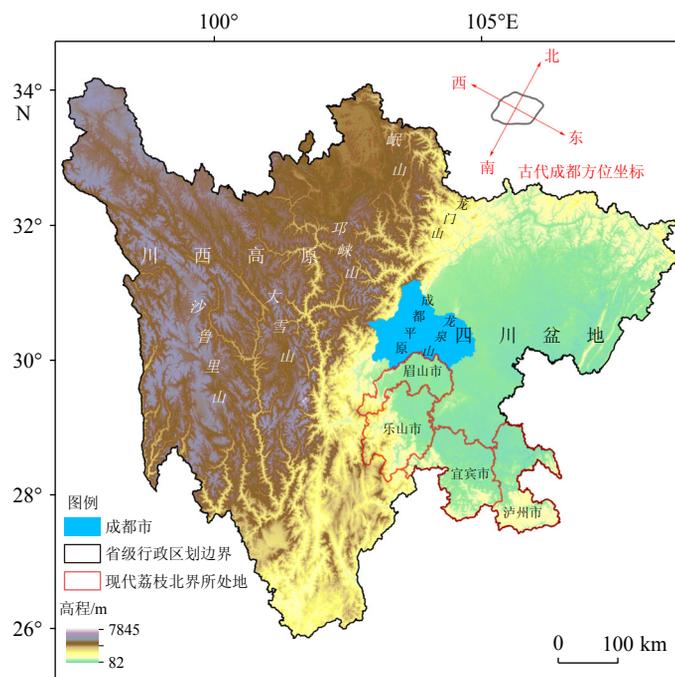


图 1 研究区范围

古代成都方位坐标基于历史地图《唐季扩筑罗城图》及曾寒梅研究^[24]绘制。

Fig.1 Location of the study area

The coordinate of ancient Chengde area are based on the historical map of “The Expansion of Luo Cheng in the Tang Dynasty” and Zeng Hanmei’s research^[24].

多、强度大,年降水量多为1000~2000 mm^[15]。除此以外,荔枝生态幅较窄,野生荔枝生长年极端最高和最低温分别为37.67℃和1.33℃;1月均温为15.16℃,7月均温为27.4℃;≥0℃、≥5℃和≥10℃年积温约8100℃。栽培荔枝生长年极端最高和最低温分别为37.96℃和-0.94℃;1月均温为12.14℃,7月均温为27.49℃;≥0℃、≥5℃和≥10℃年积温约7400℃^[16]。荔枝的窄生态幅决定了其生长北界对气候变化十分敏感,因而现代荔枝北界(位于四川省眉山市、乐山市、宜宾市和泸州市,图2a)的气候参数可用于定量重建唐朝时期荔枝北界(位于成都地区^[30])的温度和降水量。

本文从吴淑娴主编的《中国果树志 荔枝卷》^[15]梳理得到现代荔枝分布点数据,通过ArcMap 10.8软件把数据符号化后,进一步分析得到现代荔枝北界所在地。再基于荔枝对气候的指示意义,初步限定杜甫所处时期成都地区的最低年均温和年降水量。

相关数据来源见表1。

2.2 雪线重建

得到杜甫所处时期成都地区的最低年均温和年降水量后,本研究将通过两种独立的方法交叉验证从而进行雪线高度的重建。

方法一:GIS空间分析

首先,通过ArcMap 10.8软件的栅格计算器工具(Raster Calculator)对中国2016—2020年降水量和年平均气温数据进行处理,得出同时满足杜甫所

处时期成都地区最低年均温和年降水量误差范围的区域,所得区域即定义为“中唐成都气候相似区”。在此基础上,从“中唐成都气候相似区”中筛选出与成都地形条件相似且现阶段存有雪线的区域,该区域的雪线即为杜甫所处时期成都地区的雪线高度。本研究现代雪线高程数据来源为《中国山河全书》^[38]和陈梦蝶基于MCD12Q1数据的雪线提取结果^[39]。

方法二:理论计算

吴锡浩和赵文龙根据各地气象站的实测资料,提出固态降水率的计算方法,使得研究控制雪线发育的主要气候条件归结为年均温、年降水量和年固态降水率这3个因素^[40]。通过年均温、年降水量和固态降水率之间的相关函数可计算出理论雪线高程^[41]。公式如下:

$$T_a = -9.22 + 0.00407 \times P_a \quad (1)$$

$$T_a = 16.2 - 0.269 \times P_{sa} \quad (2)$$

式中, T_a 表示年均温(℃), P_a 表示年降水量(mm), P_{sa} 表示年固态降水率(%)。具体计算步骤为:第一步,按100m的垂直间距,分别计算出气象台站不同高度的7月均温(T_7)和年均温。第二步,根据年平均温度与年降水量的方程(1),计算出不同高度可能的最小年降水量。第三步,根据方程(2)计算出不同高度的年固态降水率。第四步,筛选能同时满足 $T_a \leq -0.5$ ℃、 $T_7 \leq 7$ ℃、 $P_a \geq 50$ mm、 $P_{sa} \geq 65\%$ 这4个气候因子条件的年均温和高度,即是雪线所处高度的年均温和海拔高程^[41]。

表1 研究数据及其来源汇总

Table 1 Data for this research and their sources

数据名称	数据来源
荔枝分布点数据	《中国果树志 荔枝卷》 ^[15] , 四川省植物资源信息网(http://www.scpri.ac.cn), 《四川荔枝种植公布的历史考证》 ^[30]
现代荔枝北界所处地2016—2020年年均温、年降水量数据	四川统计年鉴, 来源于四川省统计局 (http://tj.sc.gov.cn) ^[31-35]
中国2022年地市级行政区划边界数据	中国多年度地市级行政区划边界数据, 数据来源于资源环境科学数据注册与出版系统 (https://www.resdc.cn) ^[36]
中国2022年省级行政区划边界数据	中国多年度省级行政区划边界数据, 数据来源于资源环境科学数据注册与出版系统 (https://www.resdc.cn) ^[37]
2016—2020年中国1km分辨率年降水量数据	中国1km分辨率年降水量数据(1982—2022年), 数据来源于国家科技资源共享服务平台—国家地球系统科学数据中心 (http://www.geodata.cn)
2016—2020年中国1km分辨率年平均气温数据	中国1km分辨率年平均气温数据(1982—2022年), 数据来源于国家科技资源共享服务平台—国家地球系统科学数据中心 (http://www.geodata.cn)
现代雪线高程数据	《中国山河全书》 ^[38] , 《青藏高原地区雪线时空变化动态研究》 ^[39]
GDEM V3 30M分辨率数字高程数据	中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(https://www.gscloud.cn)
成都西面群山山峰点数据	基于谷歌地球卫星影像对山峰拾取坐标点

注:本研究所所有数据采用统一的GCS_WGS_1984坐标系。

2.3 “千秋雪”具体位置探究

定量重建成都地区雪线高度后,本研究尝试确定“千秋雪”的具体地理位置。由于古代成都城市斜向格局会影响杜甫西望的视角,因此本研究使用GIS中的可见性分析推测杜甫西望所见之山的概率,以此来确定“千秋雪”的具体地理位置。

本研究使用 ArcMap 10.8 软件可见性分析中的视域分析 (Viewshed) 去消除古代成都斜向格局对“千秋雪”具体位置判定的影响,使用的数字高程数据为 GDEM V3 30M 分辨率数字高程数据。现代成都杜甫草堂是基于唐朝杜甫草堂原址重建而成,自从唐昭宗天复二年(902年)诗人韦庄(836—910年)寻得草堂遗址并重建茅屋开始,草堂旧址经过了数次修葺和扩大,原址范围应当比现今草堂范围小^[42]。由于缺乏唐朝成都杜甫草堂范围及草堂室内窗户方位的具体记载,且现代杜甫草堂地势起伏不大,从范围较小的旧址西望的视角和现代杜甫草堂西北角西望的视角大致相当,因此本研究沿着现代杜甫草堂西北角(平均海拔约为500m)每隔5m取一个点,共计35个点,用以模拟杜甫西望视角,并在 ArcMap 10.8 软件中进行视域分析。在此基础上,通过 ArcMap 10.8 软件的栅格计算器工具将满足杜甫所处时期成都地区雪线高度以上的区域和视域分析得到的可见区域进行叠置分析。由于观测点是用以模拟杜甫西望视角的,因此能被观测点看见次数最多且满足海拔高度高于杜甫所处时期成都地区雪线的山峰即为“千秋雪”。

3 结果与讨论

3.1 基于荔枝物候的中唐成都温度和降水量的重建

关于唐朝成都是否是荔枝北界,以及成都荔枝是否具有气候变化的指示意义,已有众多学者进行了探讨。竺可桢^[43]首次援引张籍《成都曲》中“锦江近西烟水绿,新雨山头荔枝熟”来说明唐朝成都都有荔枝种植,并以荔枝物候特征佐证唐朝气温较今温暖。蓝勇^[30]进一步考证历史时期长江上游地区荔枝分布的地理范围,其中援引张籍《成都曲》证实唐朝成都都有荔枝种植,并基于荔枝生长需年均温18℃以上推测当时成都、乐山等地年均温较今成都、乐山等地高出1~2℃左右^[44]。此后,郭声波^[45]引卢纶《送从舅成都县丞广归蜀》中“晚程椒瘴热,

野饭荔枝阴”来说明中唐时成都有荔枝已是长安士人的常识,并对张籍《送蜀客》中“木棉花发锦江西”^[14]进行考证,认为可用唐朝成都能生长荔枝和木棉来解释唐代气候偏暖^[46]。目前,唐朝成都有荔枝种植这一论断已被众多学者接受。例如,吴淑嫔^[15]在其主编的《中国果树志 荔枝卷》中认为中国古代荔枝分布北限可达成都市郊区;葛全胜^[47]在其编著的《中国历朝气候变化》中也引用张籍《成都曲》和卢纶《送从舅成都县丞广归蜀》说明唐朝成都有荔枝生长。但也有学者提出了异议,娄雨亭(辛德勇笔名)^[48]基于薛涛《忆荔枝》认为成都虽能栽种荔枝但无法食用,不具备经济价值,因此无法用成都荔枝指示气候变化。此后,聂顺新^[49]进一步提出:曾在成都居住过的杜甫、薛能和郑谷的诗中未曾提及成都荔枝,因此成都并非荔枝分布的北界。另外,满志敏^[50]曾提出动植物自然分布带、经济分布带和观赏分布带三种分布类型间存在差异且对气候具有不同的指示意义。蓝勇^[51]据此进一步提出在经济分布带与观赏分布带间存在生长分布带,生长分布带应是自然分布带的最北部地区,荔枝能在这一分布带内自然生长、结果,但品质并未达经济开发的水准,唐朝成都荔枝即可划分为这一类型。聂顺新^[49]基于满志敏提出的动植物“观赏分布区”不具有气候指示意义从而认为唐代荔枝分布在川江河谷是局地气候所导致的,无法证明唐代温暖湿润。由此看来,目前学术界对唐朝成都是否是荔枝北界及成都荔枝是否具有气候变化的指示意义仍没有达成广泛一致。

本研究对《全唐诗》^[52]中的四川荔枝诗进行了细致整理(表2),发现中唐时期四川有荔枝记载的最北界位于成都地区,由此认为成都是唐朝荔枝北界。中唐时期成都有荔枝且能自然生长,应处于荔枝分布的过渡地带,因此对气候波动更为敏感,这对于指示成都地区的气候波动是具有关键意义的。例如,张籍在《成都曲》中写道“锦江近西烟水绿,新雨山头荔枝熟”,由“熟”可见成都荔枝生长状况较好。卢纶在《送从舅成都县丞广归蜀》中也提及了成都荔枝,写道“晚程椒瘴热,野饭荔枝阴”。李端在《送何兆下第还蜀》中提到“袅猿枫子落,过雨荔枝香。劝尔成都住,文翁有草堂”,说明唐朝成都种有荔枝。唐朝乐山也种有荔枝,薛涛《忆荔枝》写道“近有青衣连楚水,素浆还得类琼浆”,其中“青衣”据娄雨亭考证即为青衣江,其下游处于今乐山^[48]。薛能《荔枝诗》也夸赞乐山荔枝“颗如松子色如樱,未识蹉跎欲半生”。此外,唐朝四川地区最富盛名

表2 《全唐诗》中四川荔枝诗

Table 2 Lychee of Sichuan mentioned in the poems of Tang Dynasty

地点	时间	作者	诗名	提及“荔枝”的诗句	文献来源
	中唐	张籍	成都曲	“锦江近西烟水绿，新雨山头荔枝熟”	
成都	中唐	李端	送何兆下第还蜀	“袞猿枫子落，过雨荔枝香。劝尔成都住，文翁有草堂”	[52]
	779年	卢纶	送从舅成都县丞广归蜀	“晚程椒瘴热，野饭荔枝阴”	
	中唐	卢纶	送张郎中还蜀歌	“邛竹笋长椒瘴起，荔枝花发杜鹃鸣”	
乐山	807年	薛涛	忆荔枝	“近有青衣连楚水，素浆还得类琼浆”	[52]
	866年	薛能	荔枝诗	“颗如松子色如樱，未识蹉跎欲半生”	
宜宾	765年	杜甫	宴戎州杨使君东楼	“重碧拈春酒，轻红擘荔枝”	[52]
	767年	杜甫	解闷十二首·其十	“忆过泸戎摘荔枝，青峰隐映石逶迤”	
泸州	891年	郑谷	荔枝树	“肠断渝泸霜霰薄，不教叶似灞陵红”	[52]
	891年	郑谷	将之泸郡旅次遂州遇裴晤员外谪居于此话旧凄凉因寄二首·其二	“我拜师门更南去，荔枝春熟向渝泸”	
万县 (唐朝忠州)	819年	白居易	重寄荔枝与杨使君，时闻杨使君欲种植故有落句之戏	“香连翠叶真堪画，红透青笼实可怜”	
	819年	白居易	种荔枝	“十年结子知谁在，自向庭中种荔枝”	[52]
	820年	白居易	荔枝楼对酒	“荔枝新熟鸡冠色，烧酒初开琥珀香”	

的是宜宾和泸州的荔枝。杜甫《宴戎州杨使君东楼》中“重碧拈春酒，轻红擘荔枝”和《解闷十二首·其十》中“忆过泸戎摘荔枝，青峰隐映石逶迤”就提到了宜宾出产的荔枝。郑谷《荔枝树》写道“肠断渝泸霜霰薄，不教叶似灞陵红”，诗中的荔枝产地是在渝州（今重庆）和泸州。郑谷后又写下《将之泸郡旅次遂州遇裴晤员外谪居于此话旧凄凉因寄二首·其二》，其中“我拜师门更南去，荔枝春熟向渝泸”也表明渝州（今重庆）和泸州荔枝在当时具有盛名。唐朝忠州同样也有荔枝种植，白居易在《荔枝楼对酒》中描绘忠州荔枝“荔枝新熟鸡冠色，烧酒初开琥珀香。”综上分析，成都处于唐朝荔枝生长北界，而现在成都早已没有荔枝自然生长。现代四川荔枝主要分为两大类：古代品种群和近代引进的栽培品种群。古代品种大多为早熟品种，品质欠佳，但具备耐寒、粗生、丰产的特性，而近代引进的品种多数为中、晚熟品种^[15]。四川出产的荔枝品种各具不同的耐寒程度，大红袍具有高度耐冷性，泸州桂味和马贵荔具有耐冷性，妃子笑具有中度耐冷性^[53]。目前中国西南地区荔枝主要分布在29°N的泸州市合江县^[30]，其栽培最普遍、最多的品种是大红袍^[15]。虽然现今四川荔枝品种多具有抗寒性，但其属于满志敏划分的经济分布带，具有一定气候指示意义。

本研究的现代荔枝分布点信息主要参考《中国

果树志 荔枝卷》^[15]、四川省植物资源信息网、《四川荔枝种植分布的历史考证》^[30]和各地区年鉴来确定，表3为我国四川省的荔枝分布点。由图2可知现今荔枝北界大致处于四川省眉山市、乐山市、宜宾市和泸州市。由于重庆市万州区武陵镇荔枝分布过于稀疏，且无法与其他北界所处地连成线，故没有列为北界。

根据四川省年鉴中的数据（表4）可计算得2016—2020年现代荔枝北界所处地的年均温约为18℃（5年平均，2016—2020年）^[31-35]，年降水量约为1230mm（5年平均，2016—2020年）^[31-35]。因此，中唐时期成都地区的最低年均温为18±0.4℃，最低年降水量为1230±260mm。成都地区最低年均温较今高约2℃，最低年降水量较今高约250mm。依据荔枝物候重建的中唐温度、降水特征可见中唐时期较今更为温暖、湿润。杜甫《梅雨》中“南京（即唐时成都）犀浦道，四月熟黄梅”^[18]也可印证这一推断的合理性。一般而言成都梅熟时间较江、浙、两湖地区梅熟晚，中唐时期成都梅熟在农历四月，比现今江、浙、两湖地区梅熟提前了一个月左右^[54]，可见中唐成都的温暖。

除荔枝外，中唐时期也有记载其他喜温暖植物的诗歌。例如，从张籍《送蜀客》中“木棉花发锦江西”^[14]可知唐代成都有木棉生长。史学通认为古代文献中的“木棉”分别代指三种植物（表5）：其一是

表 3 现代荔枝分布点信息

Table 3 Information of modern lychee distribution sites

序号	地名	地区	位置	年均温/℃	年降水量/mm
1	洪雅县	四川省眉山市	29.90°N、103.37°E	16.6	1435.5
2	峨眉山市	四川省乐山市	29.60°N、103.48°E	17.2	1555.3
3	犍为县	四川省乐山市	29.21°N、103.94°E	17.5	1141.3
4	市中区	四川省乐山市	29.55°N、103.76°E	/	1082.0
5	沙湾区	四川省乐山市	29.41°N、103.54°E	/	1530.3
6	夹江县	四川省乐山市	29.74°N、103.57°E	17.1	1428.4
7	屏山县	四川省宜宾市	28.83°N、104.34°E	18.2	1209.8
8	江安县	四川省宜宾市	28.72°N、105.06°E	18.1	1132.0
9	筠连县	四川省宜宾市	28.16°N、104.50°E	17.6	/
10	泸县	四川省泸州市	29.15°N、105.37°E	18.1	1179.4
11	纳溪区	四川省泸州市	28.77°N、105.36°E	17.4	1150.8
12	叙永县	四川省泸州市	28.15°N、105.44°E	17.9	1172.6
13	凤鸣镇	四川省泸州市合江县	28.71°N、105.88°E	18.2 (合江县年均温)	1134.9 (合江县年降水量)
14	榕山镇	四川省泸州市合江县	28.86°N、105.91°E	18.2 (合江县年均温)	1134.9 (合江县年降水量)
15	大桥镇	四川省泸州市合江县	28.83°N、105.71°E	18.2 (合江县年均温)	1134.9 (合江县年降水量)
16	福宝镇	四川省泸州市合江县	28.78°N、106.08°E	18.2 (合江县年均温)	1134.9 (合江县年降水量)
17	盐边县	四川省攀枝花市	26.68°N、101.85°E	19.2	1065.6
18	米易县	四川省攀枝花市	26.90°N、102.10°E	19.7	1112.6
19	德昌县	四川省凉山彝族自治州	27.40°N、102.17°E	17.7	1049.0
20	宁南县	四川省凉山彝族自治州	27.06°N、102.75°E	19.3	960.0
21	武陵镇	重庆市万州区	30.50°N、108.25°E	18.2	1155.8

注: 表中位置来源于百度地图拾取坐标系统<https://api.map.baidu.com/lbsapi/getpoint/>, 并已经将百度地图的BD09坐标系转换为WGS84坐标系; 表中的年均温、年降水量数据来源于各地政府网及四川省公共气象服务网<https://www.scggqx.com>。

表 4 现代荔枝北界所处地 2016—2020 年年均温和年降水量

Table 4 Averages of annual temperature and annual precipitation of the sites where the modern northern boundary of lychee are located during 2016—2020

年份	年均温/℃				年降水量/mm			
	泸州市	乐山市	宜宾市	眉山市	泸州市	乐山市	宜宾市	眉山市
2020	18.0	18.3	17.7	18.2	1396.8	1555.3	1746.0	1292.6
2019	18.1	18.2	17.5	17.7	1036.3	1483.1	1130.5	1167.9
2018	18.2	18.5	17.7	18.1	1388.4	1511.9	1190.0	924.6
2017	18.2	18.6	19.1	18.2	975.2	849.5	823.5	1083.1
2016	18.3	18.6	19.0	18.4	1443.7	1187.8	1482.5	990.2
平均值		18.2				1232.9		
标准差 (σ)		0.4				260		

一年生草棉(棉花),即锦葵科棉属草棉;其二是多年生树棉,即锦葵科棉属树棉,主要生长于古代交、广地区;其三是攀枝花,即木棉科木棉属木棉^[55]。根据郭声波研究,由于中唐时期草棉还未传入四川地区,因此张籍诗中的木棉应为木棉科木棉属的木棉(攀枝花)或是锦葵科棉属的树棉^[46]。攀枝花是典型的热带、亚热带温湿气候指示性植物,其生长最适温度为23~31℃,喜高温湿润气候,不耐寒^[56],多分布于26°N以南,海拔1400 m以下区域,主要分布于广西、广东、贵州、云南和四川省南部等省区^[57-58]。同样,树棉也需要温暖环境才能生长,根据郭声波研究,树棉在现今云南禄丰等县低海拔温暖地区(年均温约17.8℃)尚有栽培,在四川已近乎绝迹^[46]。树棉和攀枝花都是喜温暖的植物,而这两种植物已然无法在现今成都自然生长^[7,46],可辅以说明唐朝成都气候温暖。

3.2 雪线高度重建

经过 ArcMap 10.8 软件处理得到了 2016—2020 年中国年降水量图和年均温图,在此基础上,使用 ArcMap 10.8 软件中的栅格计算器功能确定年降水量处于 970~1490 mm (即 1230 ± 260 mm) 的范围和年均温处于 17.6~18.4℃ (即 18 ± 0.4 ℃) 的范围。再通过栅格计算器工具计算出两个图层相交部分,即“中唐成都气候相似区”(见图 2a)。“中唐成都气候相似区”的范围集中分布于四川省东部和重庆市西部结合处,湖北省南部和湖南省北部结合处,广西壮族自治区、云南省及贵州省结合处以及西藏自治区山南市的南部。其中西藏自治区山南市的南部及云南省高黎贡山南段(见图 2a 和图 2b)目前有雪线存在。陈梦蝶基于 MCD12Q1 土地覆盖产品的雪线提取方法,以 2001—2011 年 MCD12Q1 的 IGBP 土地覆盖类型产品为基础数据,提取得到 2001—2011 年山南地区雪线高程为 4500~4800 m^[39]。

另外,根据张立汉梳理的资料,高黎贡山的雪线高程为 4680~5440 m^[38]。

除此以外,通过年均温、年降水量和固态降水率之间的相关函数可计算出理论雪线高程^[41]。其中气象台站平均高程选取了乐山气象台站(海拔 424.2 m)、峨眉山气象台站(海拔 3047.4 m)、眉山气象台站(海拔 415.4 m)、合江气象台站(海拔 283.4 m)和宜宾气象台站(海拔 340.8 m)。在此基础上再将四川省乐山市、泸州市、宜宾市和眉山市各地的 7 月均温^[31-35]、年均温^[31-35]等参数代入方程(1)和(2),可得最终理论雪线高程为 4400 m。

通过上述两种方法的相互印证,我们将杜甫所处时代成都地区的雪线最低值确定为(4600±200) m,较现代雪线(大雪塘北坡)低 700 m 左右。本研究通过荔枝物候和 GIS 空间分析的方法得到杜甫所处时期成都地区最低年均温较今高约 2℃,最低年降水量较今高约 250 mm (成都年均温 16.3℃,年降水量 976 mm^[7])。一般而言,雪线作为年降雪量与年消融量相等的平衡线,温度升高会使得消融量增大,从而导致雪线海拔上升;而降水量增大会使得降雪积累量增大,从而使得雪线海拔降低^[13,59]。考虑到唐朝降水量的增幅量已达到现今年降水总量的 30%,而对应的温度增幅却只有 2℃,由此可以看出唐朝时期显著增大的降雨量使得雪线降低量明显大于因温度升高而导致的上升量,因此唐朝时期的雪线较今低 700 m 是合理的。这也与教材中结论是一致的^[13,19,22]:地球上雪线位置最高处并不在赤道,而在南北半球的副热带高压带,如接近赤道附近的东非乞力马扎罗山的雪线高度为 4570~5425 m,而处于 20~25°S 的安第斯山脉的雪线高度却高达 6400 m。这是由于降水量对雪线的影响较温度对雪线的影响更大,赤道附近尽管温度更高,然而其降水量也多;对比而言,副热带高压带温度虽然相对赤道地区低,然而降水量却明显减少。

表 5 三种“木棉”区别

Table 5 Differences among the three types of "Mumian" (cotton-like plants)

科属名	种名	古称或别名	生长条件	分布地区
锦葵科 棉属 (<i>Gossypium</i>)	草棉 (<i>herbaceum</i>)	棉花、吉贝、木棉	年均温 18~24℃ 为宜*	现主要分布于广东、云南、四川、甘肃和新疆等省区**
	树棉 (<i>arboreum</i>)	樟树、梧桐木、娑罗木、木棉、吉贝树	年均温约 17.8℃ ^[46]	云南禄丰等县低海拔温暖地区尚有栽培 ^[46]
木棉科 木棉属 (<i>Gossampinus</i>)	木棉 (<i>malabarica</i>)	攀枝花、英雄树	生长最适温度为 23~31℃,喜高温湿润气候,不耐寒 ^[57]	主要分布于广西、广东、贵州、云南和四川南部等省区 ^[57-58]

注:参考郭声波^[46]。*来源于https://www.cma.gov.cn/kppd/kppdqxyr/kppdnyqx/201212/t20121215_197016.html; **来源于<https://baike.baidu.com/item/草棉/1914485>。

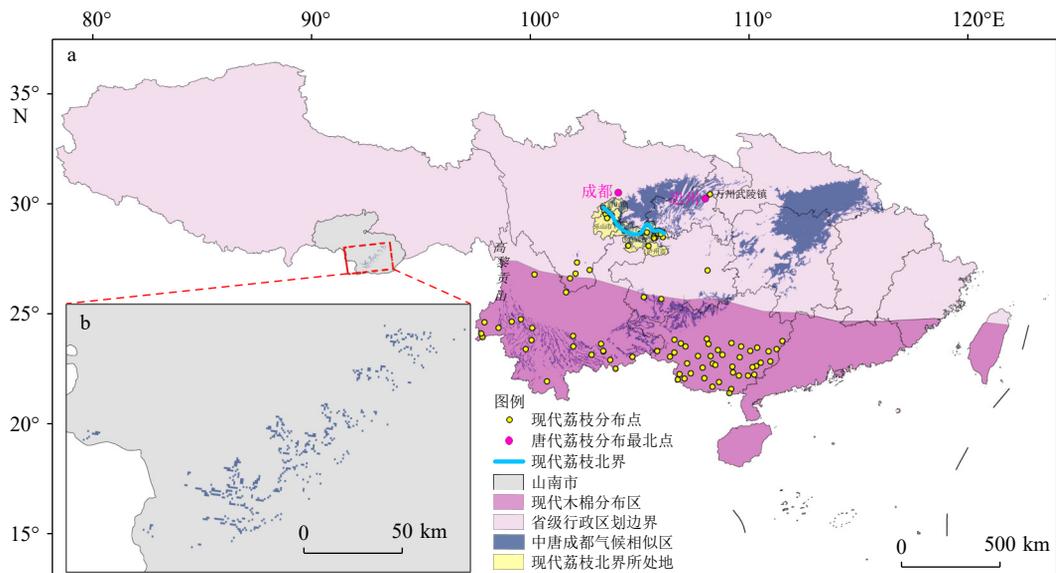


图 2 现代荔枝北界及中唐成都气候相似区

a: 中国现代荔枝北界及中唐成都气候相似区, b: 西藏自治区山南市的中唐成都气候相似区。

Fig.2 Modern northern boundary of lychee growing and similar climatic regions in ancient Chengdu area during the Middle Tang Dynasty

a: Modern northern Boundary of lychee in China and the similar climatic regions in ancient Chengdu area during the Middle Tang Dynasty, b: The similar climatic regions of ancient Chengdu in the Middle Tang Dynasty in Shannan City, Xizang Autonomous Region.

3.3 结合雪线高度及 GIS 可见性分析探究“千秋雪”具体位置

杜甫诗中“千秋雪”的具体地理位置在一千两百多年来被众多学者考证(表 6)。在古代,学者多以方志、文献分析来探究古代诗歌、典籍里的地理信息。大部分学者认为西岭是确指,仇兆鳌认为西山是指岷山^[60],而《嘉庆重修一统志》认为西山是指九顶山^[61]。此外,也有学者认为西岭是泛指成都西面的群山,但无论是泛指还是确指,各个学者的结论都存在分歧。与此同时,20 世纪 80 年代大雪塘被命名为西岭雪山,使得大家误认西岭雪山为杜诗中的“西岭”。随着 GIS 技术的兴起,部分学者开始使用地理学方法考证中国古代诗歌中的地理信息。2013 年,赵华用一系列数学、地理方法指出“西岭”是泛指,“千秋雪”可能是四姑娘山的幺妹峰。赵华基于唐朝温度比现代高约 1~2℃ 的结论^[43],并结合幺妹峰和大雪塘所处区域的温度、降水和地形推断大雪塘在唐朝时的雪线比现在更高,因此杜甫更可能看见四姑娘山的幺妹峰^①。诚然唐朝温度高会使得消融量增多,但是唐朝的多雨环境却在另一方面使得降水量明显增大。而且,经典的地貌学教科书中均明确指出在副热带高压带附近,降水量影

响雪线的程度比温度更高^[13,19],因此,将唐朝温度高作为主要因素去推测唐朝雪线比现在高是不科学的。

综上所述,前人简单通过“千秋雪”终年积雪的特征去推断更可能是哪一座山或笼统地认为是成都西侧的山脉,并没有使用更为精确、科学的技术手段和地理学的方法推测出中唐时期成都地区的雪线高度,也没有考虑到古代成都北偏东倾斜 30° 的斜向格局对杜甫西望视角的影响。对此,本研究尝试结合重建的雪线高度和 GIS 可见性分析结果去推测“千秋雪”的具体地理位置。

在已知唐朝雪线高度为 4600 ± 200 m 的基础上,文本尝试结合 GIS 可见性分析中的视域分析来推测杜甫诗中“千秋雪”的具体地理位置。视域分析可以确定对一组观察点要素可见的栅格表面位置,输入要素为多个观测点时,栅格单元值记录的是输入表面栅格中每个像元被观测点观察到的次数^[72-73]。在本研究中杜甫草堂观测点即是用以模拟杜甫向西望的视角(见图 3c),最终得到的视域分析结果中可见次数越多的山峰即是杜甫向西望看到频率越多的山峰(见图 3a)。

根据图 3b 可以分析得九顶山狮子王峰(海拔 4989 m)最多能被 15 个观测点看到,是分析结果中能被最多观测点看到的一座山峰。图 3a 中幺妹峰

① 在成都遥望雪山。由两幅照片看杜甫“窗含西岭千秋雪”的指向——成都的自然人文之旅 [缩略版]。 <https://mp.weixin.qq.com/s/QKaOFQYBwHyfb1196ghfEQ>, 2022-05-02.

表6 学者对“西岭”的认识

Table 6 Different explanations to the “Western Mountains” by modern researchers

学者/官修	学者/著作年代	泛指/确指	山脉/山峰	出处
胡三省	宋末元初	泛指	西山在成都西	《资治通鉴音注》疏陈子昂上书云：“西山在成都西，松、茂二州都督府所统诸羌州，皆西山羌也。” ^[62]
仇兆鳌	明末清初	确指	岷山	《杜诗详注》引《元和郡县志》注《西山三首》云：“岷山，即汶山，南去青城山百里，天色晴朗，望见成都。山顶停雪，常深百丈，夏月融泮，江川为之洪溢，即陇之南首也。”仇注又引李宗谔《图经》云：“维州，南界，江城，岷山连岭而西，不知其极，北望高山，积雪如玉，东望成都若井底，一面孤峰，三面临江，是西蜀控吐蕃之要冲。” ^[60]
浦起龙	清	泛指	松、维等州诸山	《读杜心解》注云：“西山，即松、维等州诸山” ^[63]
杨伦	清	确指	岷山	《杜诗镜诠》引注与仇注同 ^[18]
中国清朝官修地理总志	清	确指	九顶山	《嘉庆重修一统志》：在茂州列鹅村，去州四十里，实威茂彭灌之中。其高六十里，山有九峰，四时积雪，经暑不消，晨光射之，烂若红玉，去成都五百里。“西望之若在户牖，居人呼为九顶山，杜子美所咏西山即此也。” ^[61]
李绍明	1980年	泛指	唐代西山为成都平原以西岷江上游诸山之泛称	《唐代西山诸羌考略》引胡三省注 ^[64]
高文德	1995年	泛指	西山为唐代对成都平原以西，岷江上游诸山的泛称	《中国少数民族史大辞典》 ^[65]
张天健	1996年	确指	大雪塘（又名庙基岭）	《杜甫“窗含西岭千秋”“西岭”考实》 ^[66]
山东大学古典文学教研室	1998年	确指	松潘县南之雪栏山	《杜甫诗选》“西岭”即“雪岭”，在松潘县南之雪栏山，积雪终年不消，故名。 ^[67]
郭声波	2002年	泛指	唐宋剑南道之“西山”，通常认为是对成都平原以西岷江上游的岷山、龙门山、甘松岭、羊拱山、鸛鹑山、大白山、邛崃山、夹金山等山脉的统称	《川西北羌族探源---唐宋岷江西山羁縻州部族研究》 ^[20]
王军	2013年	确指	西岭，即西山，为岷山主峰（雪宝顶）	《诗心：从<诗经>到<红楼梦>》西岭，即西山，因在成都西得名，为岷山主峰（雪宝顶）。因山顶终年积雪，故又称雪岭、雪山。“千秋雪”，岭上终年不化的积雪，言时间之久。 ^[68]
赵华	2013年	泛指	西岭是泛指，千秋雪是四姑娘山幺妹峰	《由两幅照片看杜甫“窗含西岭千秋雪”的指向——成都的自然人文之旅[缩略版]》 ^①
田峰	2016年	泛指	西山包含了松、茂、维等州的诸多山脉，即今之川西北的岷山	《杜甫从秦州到巴蜀荆湘到地理感知和文化体验》 ^[69]
马玮	2017年	泛指	西岭指岷山，岷山在成都西	《杜甫诗歌赏析》 ^[70]
吴石玉	2020年	确指	雪岭、西山，也称西岭、雪山，今名雪宝顶，为岷山主峰，在今四川松潘县东	嘉庆《四川通志》中的成都杜甫草堂历史资料综述 ^[71]

(海拔 6250 m)、巴朗山(海拔 5040 m)和大雪塘(海拔 5353 m)能被 10 个观测点看到。太子城峰(海拔 4816 m)能被 8 个观测点看到。由于观测点是用以模拟杜甫西望视角的,因此满足海拔高度高于重建雪线高度且能被观测点看见次数最多的山峰即为“千秋雪”。从视域分析结果看,“千秋雪”更可能是九顶山狮子王峰。九顶山位于四川盆地西北部,处于今茂县东南部,属龙门山系尾段^[74]。在对“西山”具体位置的研究中,部分记载表明杜诗中“西山”的具体位置应该在九顶山^[75],如前文提及的中国清朝官修地理总志《嘉庆重修一统志》认为西山是指九顶山^[61]。道光《茂州志》载:“州南四十里列鹅村,山有九峰,四时积雪,一名雪山,俗呼九顶山,昔人谓

此为佛居”,指出九顶山有“四时积雪”的特征^[74]。并且,九顶山狮子王峰与杜甫草堂的距离为 99 km,从距离来看狮子王峰被杜甫看到的概率也很高(见图 3a)。

4 结论

(1)中唐时期成都地区处于荔枝生长的北界,而荔枝是一种生态幅较窄的植物,因此唐朝时期荔枝北界(成都地区)的气候特征应与现代荔枝北界(眉山、乐山、宜宾、泸州)大致相同的。通过对这些区域的多年温度和降水量进行统计,本研究得出中唐成都地区最低年均温和年降水量分别为

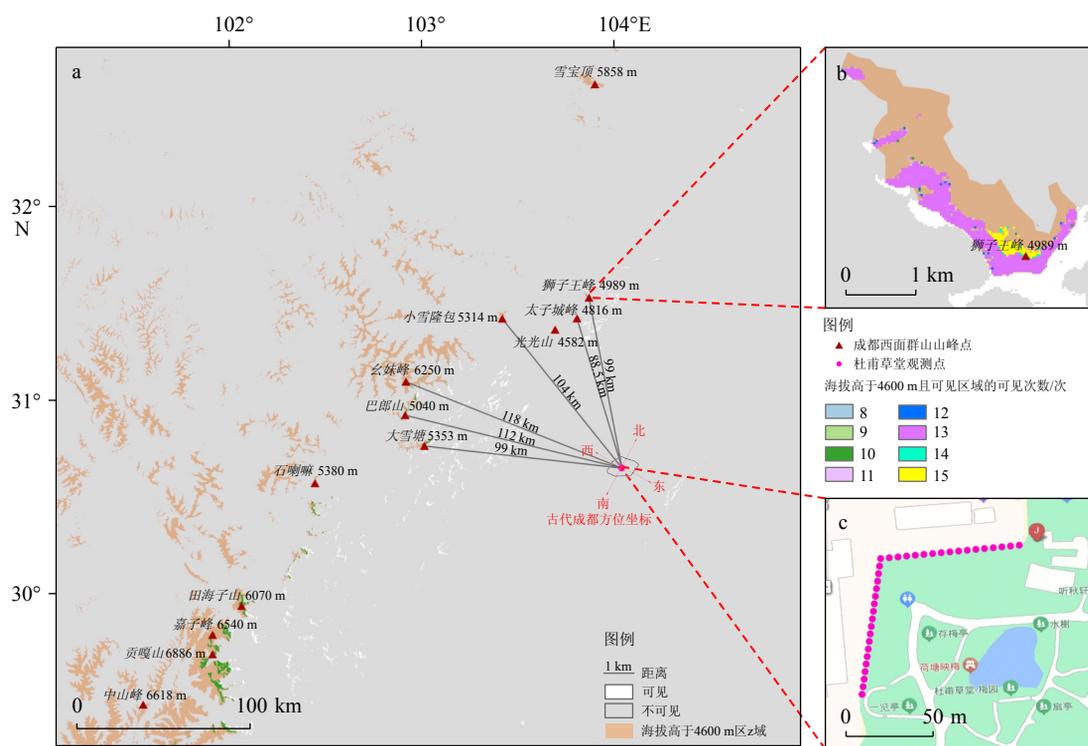


图3 视域分析栅格图

a: 基于杜甫草堂观测点进行视域分析后的结果图, 视域分析结果为“可见”与“不可见”, 另外图中给出了海拔高于 4600 m 的区域范围、各个山峰的海拔高度及距杜甫草堂的距离; b: 九顶山狮子王峰区域的视域分析结果图, 图中给出了海拔高于 4600 m 且可见区域的可见次数, 九顶山狮子王峰最多被看见 15 次; c: 杜甫草堂西北角观测位置示意图(底图来源于百度地图)。

Fig.3 Raster map of viewshed analysis

a: The result of viewshed analysis based on the observation point of Du Fu Thatched Cottage, which can be classified into "visible" and "invisible" regions. In addition, the figure also shows the regions with an altitude above 4600 m, the altitude of each mountain and the distance from Du Fu Thatched Cottage, b: The viewshed analysis results of the Lion King Peak area of Jiu Ding Mountains. The figure shows the number of visible areas with an altitude above 4600 m, and the Lion King Peak of Jiu Ding Mountains is seen for a maximum of 15 times, c: Observation position map of the northwest corner of Du Fu Thatched Cottage (base map is from Baidu map).

(18 ± 0.4) °C 和 (1230 ± 260) mm, 分别比现代高约 2 °C 和 250 mm。

(2) 在此基础上由 GIS 空间分析和理论计算这两种推求雪线的方法相互印证, 得到杜甫所处时代成都地区的雪线最低值为 (4600 ± 200) m, 比现代低 700 m 左右, 综合考虑距离、山峰高度和视域分析结果, 本研究认为“千秋雪”最有可能是九顶山狮子王峰。

参考文献 (References)

- [1] 侯甬坚, 祝一志. 历史记录提取的近 5~2.7ka 黄河中下游平原重要气候事件及其环境意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(4): 23-29. [HOU Yongjian, ZHU Yizhi. Important climatic events showed by historical records from middle and lower reach plain of the Yellow River during 5~2.7 Ka and their environmental significance[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2000, 20(4): 23-29.]
- [2] 费杰, 侯甬坚, 刘晓东, 等. 基于黄土高原南部地区历史文献记录的唐代气候冷暖波动特征研究 [J]. 中国历史地理论丛, 2001, 16(4): 74-81. [FEI Jie, HOU Yongjian, LIU Xiaodong, et al. Fluctuation characteristics of climatic change in temperature of Tang Dynasty based on historical document records in South Loess Plateau[J]. Collections of Essays on Chinese Historical Geography, 2001, 16(4): 74-81.]
- [3] 刘炳涛, 满志敏. 古代诗歌中的气候信息及其运用 [J]. 中国历史地理论丛, 2010, 25(4): 5-14. [LIU Bingtao, MAN Zhimin. Climate information of ancient poetry and its application[J]. Journal of Chinese Historical Geography, 2010, 25(4): 5-14.]
- [4] 刘亚辰, 方修琦, 陶泽兴, 等. 诗歌中物候记录的基本特征及用于历史气候重建的处理方法 [J]. 地理科学进展, 2017, 36(4): 483-490. [LIU Yachen, FANG Xiuqi, TAO Zexing, et al. Basic features of phenological records in poetry and their usage for reconstructing past climate change[J]. Progress in Geography, 2017, 36(4): 483-490.]
- [5] 满志敏. 关于唐代气候冷暖问题的讨论 [J]. 第四纪研究, 1998, 18(1): 20-30. [MAN Zhimin. Climate in Tang Dynasty of China: Discussion for its evidence[J]. Quaternary Sciences, 1998, 18(1): 20-30.]

- [6] 马亚玲, 崔玉娟, 方修琦, 等. 杜诗记载的唐代荆湘地区寒冬及其古气候意义[J]. *古地理学报*, 2015, 17(1): 137-142. [MA Yaling, CUI Yujuan, FANG Xiuqi, et al. Cold winters of Jing-Xiang region in Tang Dynasty recorded in Du Fu's poems and their palaeoclimatic significance[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2015, 17(1): 137-142.]
- [7] 蓝勇. 中国西南历史气候初步研究[J]. *中国历史地理论丛*, 1993, 8(2): 13-39. [LAN Yong. A preliminary study of the historical climate in South-West of China[J]. *Collections of Essays on Chinese Historical Geography*, 1993, 8(2): 13-39.]
- [8] 费杰, 周杰, 安芷生. 历史文献记录的唐五代时期(618-959AD)气候冷暖变化[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2004, 24(2): 109-118. [FEI Jie, ZHOU Jie, AN Zhisheng. Temperature change in China over 618-959 AD: Based on historical records[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2004, 24(2): 109-118.]
- [9] 葛全胜, 刘浩龙, 郑景云, 等. 隋唐时期东中部地区温度变化的重建(601~920年)[J]. *科学通报*, 2010, 55(31): 3048-3055. [GE Quansheng, LIU Haolong, ZHENG Jingyun, et al. Reconstructing temperature change in Central East China during 601-920 AD[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2010, 55(34): 3944-3949.]
- [10] 郭忠明, 顾祝军, 吴红波, 等. 冰川雪线高度研究进展[J]. *遥感技术与应用*, 2016, 31(4): 645-652. [GUO Zhongming, GU Zhujun, WU Hongbo, et al. Research progress of glacier snowline altitude[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2016, 31(4): 645-652.]
- [11] 于希贤. 苍山雪与历史气候冷期变迁研究[J]. *中国历史地理论丛*, 1996, 11(2): 25-39. [YU Xixian. Snow in Cangshan Mountain and the cold period variation of historical climate[J]. *Collections of Essays on Chinese Historical Geography*, 1996, 11(2): 25-39.]
- [12] 璩向宁, 汪一鸣. 近一千年来贺兰山积雪和气候变化[J]. *地理研究*, 2006, 25(1): 35-42. [QU Xiangning, WANG Yiming. Investigation on changes of snow cover and climate in Helanshan mountains for the past approximate millennium[J]. *Geographical Research*, 2006, 25(1): 35-42.]
- [13] 杨景春, 李有利. 地貌学原理(4版)[M]. 北京: 北京大学出版社, 2017: 78-79. [YANG Jingchun, LI Youli. Principles of Geomorphology(4th ed.)[M]. Beijing: Peking University Press, 2017: 78-79.]
- [14] 张籍. 张籍诗集[M]. 北京: 中华书局, 1959: 80, 67. [ZHANG Ji. The Collected Poems of Zhang Ji[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1959: 80, 67.]
- [15] 吴淑娴. 中国果树志 荔枝卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 20-39. [WU Shuxian. Chinese Fruit Trees: Litchi Volume[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998: 20-39.]
- [16] 白慧卿, 吴建国, 潘学标. 影响我国荔枝分布的关键气候要素分析[J]. *果树学报*, 2016, 33(4): 436-443. [BAI Huiqing, WU Jianguo, PAN Xuebiao. Key climatic factors affecting the distribution of litchi in China[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(4): 436-443.]
- [17] 吴怀东. 杜甫的美学——《绝句四首》之三“两个黄鹂鸣翠柳”解读[J]. *杜甫研究学刊*, 2018, 38(3): 37-44. [WU Huaidong. On Du Fu's Aesthetics——Interpretation of "Two Golden Orioles Sing amid the Willows Green 'in' Four Quatrains"[J]. *Journal of Dufu Studies*, 2018, 38(3): 37-44.]
- [18] 杜甫. 杜诗镜铨[M]. 上海: 上海古籍出版社, 1998: 559-560, 317, 334, 575, 472. [DU Fu. Du Fu's Poems[M]. Shanghai: Shanghai Classics Publishing House, 1998: 559-560, 317, 334, 575, 472.]
- [19] 严钦尚, 曾昭璇. 地貌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985: 124-125. [YAN Qingshang, ZENG Zhaoxuan. Geomorphology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1985: 124-125.]
- [20] 郭声波. 川西北羌族探源——唐宋岷江西山羁縻州部族研究[J]. *中南民族大学学报: 人文社会科学版*, 2002, 22(4): 74-79. [GUO Shengbo. The origin of the Ch'iang People in the Northwest Sichuan——A research into Xishan Jimi prefectures[J]. *Journal of South-Central University for Nationalities: Humanities and Social Science*, 2002, 22(4): 74-79.]
- [21] 刘亚辰, 陶泽兴, 呼雪梅. 唐宋诗歌中物候记录的规律总结及其对环境的指示意义[J]. *中国历史地理论丛*, 2022, 37(4): 12-21. [LIU Yachen, TAO Zexing, HU Xuemei. Phenological records' regularity in poems of the Tang and Song Dynasties and its indications of the environment[J]. *Journal of Chinese Historical Geography*, 2022, 37(4): 12-21.]
- [22] 卡列斯尼克 C B. 普通冰川学[M]. 兰州: 中国科学院地理研究所冰川冻土研究室, 1965: 32-33. [Kalesnik C B. General Glaciology[M]. Lanzhou: Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences, 1965: 32-33.]
- [23] 姚永慧, 张百平. 青藏高原气温空间分布规律及其生态意义[J]. *地理研究*, 2015, 34(11): 2084-2094. [YAO Yonghui, ZHANG Baiping. The spatial pattern of monthly air temperature of the Tibetan Plateau and its implications for the geo-ecology pattern of the Plateau[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(11): 2084-2094.]
- [24] 曾寒梅. 成渝两地城市形态特征形成与演变研究[D]. 重庆大学硕士学位论文, 2015. [ZENG Hanmei. A study of the formation and evolution of urban morphology features in Chengdu and Chongqing[D]. Master Dissertation of Chongqing University, 2015.]
- [25] 周斌, 邹强, 蒋虎, 等. 川西高原气候变化特征及泥石流流动态危险性响应研究[J]. *自然灾害学报*, 2022, 31(4): 241-255. [ZHOU Bin, ZOU Qiang, JIANG Hu, et al. Research on climate change characteristics and change of debris flow hazard in the Chuanxi plateau[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2022, 31(4): 241-255.]
- [26] 星球研究所, 中国青藏高原研究会. 这里是中国[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2019: 90. [Institute for Planets, The China Society on Tibet Plateau. HI I'M China[M]. Beijing: CITIC Press Corporation, 2019: 90.]
- [27] 雷传扬, 王波, 刘兆鑫, 等. 成都平原河流阶地的发育及其对古气候和新构造运动的指示[J]. *沉积与特提斯地质*, 2024, 44(1): 20-33. [LEI Chuanyang, WANG Bo, LIU Zhaoxin, et al. Development of fluvial terraces in Chengdu Plain: Implications for the paleoclimate and neotectonic movement[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2024, 44(1): 20-33.]
- [28] 王羽珂, 陈浩, 冯兴雷, 等. 成都平原东郊台地中更新统合江组沉积特征及工程地质意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 2019, 39(3): 33-39. [WANG Yuke, CHEN Hao, FENG Xinglei, et al. Sedimentary characteristics and engineering geological significance of the middle Pleistocene Hejiang Formation in the eastern suburb platform on the Chengdu Plain, Sichuan[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2019, 39(3): 33-39.]
- [29] 马志刚. 成都平原卵石层地震响应研究[D]. 成都理工大学硕士学位

- 位论文, 2009. [MA Zhigang. The study on the seismic response of gravel formation on Chengdu Plain[D]. Master Dissertation of Chengdu University of Technology, 2009.]
- [30] 蓝勇. 四川荔枝种植公布的历史考证 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1985, 10(4): 86-99. [LAN Yong. An investigation of the history and distribution of litchi planting in Sichuan[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 1985, 10(4): 86-99.]
- [31] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017: 187-188. [Sichuan Provincial Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook 2017[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017: 187-188.]
- [32] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2018[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018: 187-188. [Sichuan Provincial Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook 2018[M]. Beijing: China Statistics Press, 2018: 187-188.]
- [33] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019: 179-180. [Sichuan Provincial Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook 2019[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019: 179-180.]
- [34] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020: 143-144. [Sichuan Provincial Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook 2020[M]. Beijing: China Statistics Press, 2020: 143-144.]
- [35] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021: 137-138. [Sichuan Provincial Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Sichuan. Sichuan Statistical Yearbook 2021[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021: 137-138.]
- [36] 徐新良. 中国多年度地市级行政区划边界数据 [DB/OL]. 资源环境科学数据注册与出版系统, 2023. [2024-03-21]. <http://www.resdc.cn/>. [XU Xinliang. Multi-year administrative boundary data for municipalities in China[DB/OL]. Resource and Environmental Science Data Registration and Publication System, 2023. [2024-03-21]. <http://www.resdc.cn/>.]
- [37] 徐新良. 中国多年度省级行政区划边界数据 [DB/OL]. 资源环境科学数据注册与出版系统, 2023. [2024-03-21]. <http://www.resdc.cn/>. [XU Xinliang. Multi-year administrative boundary data for provinces in China[DB/OL]. Resource and Environmental Science Data Registration and Publication System, 2023. [2024-03-21]. <http://www.resdc.cn/>.]
- [38] 张立汉. 中国山河全书 (上) [M]. 青岛: 青岛出版社, 2005: 1249. [ZHANG Lihan. Mountains and Rivers of China(Volume One) [M]. Qingdao: Qingdao Publishing House, 2005: 1249.]
- [39] 陈梦蝶. 青藏高原地区雪线时空变化动态研究 [D]. 兰州大学硕士学位论文论文, 2014. [CHEN Mengdie. Spatio-temporal change dynamic of snowline on Tibetan Plateau[D]. Master Dissertation of Lanzhou University, 2014.]
- [40] 吴锡浩, 赵文龙. 固态降水率及其与气候雪线的关系 [C]//第四纪冰川与第四纪地质文集 第五集. 北京: 地质出版社, 1988: 174-182. [WU Xihao, ZHAO Wenlong. Solid precipitation rate and its relation to climatic snow line[C]//Quaternary Glaciation and Quaternary Geology 5th Collection. Beijing: Geology Press, 1988: 174-182.]
- [41] 蒋复初, 吴锡浩, 王书兵, 等. 中国气候雪线空间分布特征 [J]. 地质力学学报, 2002, 8(4): 289-296. [JIANG Fuchu, WU Xihao, WANG Shubing, et al. Characteristics of space distribution of the climatic snowline in China[J]. Journal of Geomechanics, 2002, 8(4): 289-296.]
- [42] 周维扬, 丁浩. 杜甫草堂史话 [M]. 成都: 天地出版社, 2009: 42-45. [ZHOU Weiyang, DING Hao. The history of Du Fu thatched[M]. Chengdu: Tiandi Press, 2009: 42-45.]
- [43] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究 [J]. 考古学报, 1972, 17(1): 15-38. [ZHU Kezhen. A preliminary study on the climatic fluctuations during the last 5000 years in China[J]. Acta Archaeologica Sinica, 1972, 17(1): 15-38.]
- [44] 蓝勇. 近 2000 年来长江上游荔枝分布北界的推移与气温波动 [J]. 第四纪研究, 1998, 14(1): 39-45. [LAN Yong. The movements of the northern boundary of Litchi distribution and fluctuations of temperature in the upper reaches of the Yangtze River in the past 2000 years[J]. Quaternary Sciences, 1998, 14(1): 39-45.]
- [45] 郭声波. 成都荔枝与十二世纪的寒冷气候 [J]. 中国历史地理论丛, 1989, 4(3): 38. [GUO Shengbo. Chengdu Lychee and the cold climate of the twelfth century[J]. Collections of Essays on Chinese Historical Geography, 1989, 4(3): 38.]
- [46] 郭声波. 历史时期四川手工业原料作物的分布 [J]. 中国历史地理论丛, 1990, 5(1): 67-88. [GUO Shengbo. Distribution of raw material crops for handicrafts in Sichuan during the historical period[J]. Collections of Essays on Chinese Historical Geography, 1990, 5(1): 67-88.]
- [47] 葛全胜. 中国历朝气候变化 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 308. [GE Quansheng. Climate Change in Chinese Dynasties[M]. Beijing: Science Press, 2011: 308.]
- [48] 娄雨亭. 薛涛与唐代成都的荔枝及气候冷暖问题 [J]. 中国史研究, 2001, 23(3): 38. [LOU Yuting. Xue Tao and Lychee in Chengdu in the Tang Dynasty and the Problem of Warm and Cold Climate[J]. Journal of Chinese Historical Studies, 2001, 23(3): 38.]
- [49] 聂顺新. 再论唐代长江上游地区的荔枝分布北界及其与气温波动的关系 [J]. 中国历史地理论丛, 2011, 26(1): 139-144, 158. [NIE Shunxin. Northern boundary of litchi's distribution in the upper Yangtze of Tang Dynasty and its relationship with the temperature fluctuations[J]. Journal of Chinese Historical Geography, 2011, 26(1): 139-144, 158.]
- [50] 满志敏. 唐代气候冷暖分期及各期气候冷暖特征的研究 [J]. 历史地理, 1990, 7(2): 1-15. [MAN Zhimin. The division of cold and warm climatic periods of the Tang Dynasty Time and the characteristics of the respective term[J]. Historical Geography, 1990, 7(2): 1-15.]
- [51] 蓝勇. 采用物候学研究历史气候方法问题的讨论——答《再论唐代长江上游地区的荔枝分布北界及其与气温波动的关系》一文 [J]. 中国历史地理论丛, 2011, 26(2): 14-20. [LAN Yong. A discussion on research's method of historical climate with the Phenology: answers on the northern boundary of Litchi's distribution in the upper Yangtze River in Tang Dynasty and the relationship with the temperature fluctuations[J]. Journal of Chinese Historical Geography, 2011, 26(2): 14-20.]
- [52] 唐圭璋. 全唐诗 [M]. 北京: 中华书局, 2018. [TANG Guizhang. Tang Poems[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2018.]

- [53] 张晓婷, 庄赟, 董嘉辉, 等. 荔枝种质资源抗寒性综合评价[J]. 果树学报, 2024, 41(3): 403-425. [ZHANG Xiaoting, ZHUANG Yun, DONG Jiahui, et al. Comprehensive evaluation of cold tolerance in Litchi Germplasm resources[J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(3): 403-425.]
- [54] 邓乐群. 杜甫诗歌所叙唐代陇蜀荆湘气候特征[J]. 南通大学学报: 社会科学版, 2009, 25(6): 58-64. [DENG Lequn. Climatic features of Long, Shu, Jin and Xiang in the Tang Dynasty revealed in DU Fu's Poems[J]. Journal of Nantong University: Social Sciences Edition, 2009, 25(6): 58-64.]
- [55] 史学通. 我国历史上的木棉问题[J]. 中国史研究, 1981, 3(2): 85-91. [SHI Xutong. The problem of "Mumian" in China's history[J]. Journal of Chinese Historical Studies, 1981, 3(2): 85-91.]
- [56] 辛如如. 木棉栽培技术综述[J]. 防护林科技, 2014, 32(11): 120-121. [XIN Ruru. An overview of Bombax malabaricum cultivation technology[J]. Protection Forest Science and Technology, 2014, 32(11): 120-121.]
- [57] 高平, 谌振, 林忠, 等. 木棉名称考据与应用研究[J]. 南方农业, 2016, 10(22): 24-27. [GAO Ping, CHEN Zhen, LIN Zhong, et al. Research on the name evidence and application of Bombax malabaricum[J]. South China Agriculture, 2016, 10(22): 24-27.]
- [58] 韩茂莉. 中国历史农业地理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012: 626-627. [HAN Maoli. Historical Agricultural Geography of China[M]. Beijing: Peking University Press, 2012: 626-627.]
- [59] 吴锡浩. 青藏高原东南部现代雪线和林线及其关系的初步研究[J]. 冰川冻土, 1989, 11(2): 113-124. [WU Xihao. A preliminary study on existing snowline tember line and their relations in southeastern part of the Qinghai-Xizang Plateau[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1989, 11(2): 113-124.]
- [60] 杜甫. 杜诗详注[M]. 上海: 上海古籍出版社, 1992: 412. [DU Fu. The Detailed Annotations on Du Fu's Poems[M]. Shanghai: Shanghai Classics Publishing House, 1992: 412.]
- [61] (清) 仁宗敕撰. 四部丛刊续编 史部 嘉庆重修一统志 23 卷三百八十四 [M]. 上海: 上海书店出版社, 1984. [(Qing dynasty) by Emperor Renzong. Si Bu Cong Kan Sequels, sequel to the history part, Yi Tong Zhi revision by Jiaqing 23 vol. 384[M]. Shanghai: Shanghai Bookstore Publishing House, 1984.]
- [62] 胡三省. 资治通鉴音注 卷二百四 [M]. 胡克家, 清嘉庆 21. [HU Sanxing. Zizhi Tongjian Yinzhu, Volume 244[M]. Hu Kejia, Qing Jiaqing 21.]
- [63] 浦起龙. 读杜心解 [M]. 北京: 中华书局, 1981: 462. [PU Qilong. Explanation of Dufu's Poems[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1981: 462.]
- [64] 李绍明. 唐代西山诸羌考略 [J]. 四川大学学报: 哲学社会科学版, 1980, 13(1): 83-95. [LI Shaoming. A study of the Qiang in the Western Mountains during the Tang Dynasty[J]. Journal of Sichuan University: Philosophy and Social Science Edition, 1980, 13(1): 83-95.]
- [65] 高文德. 中国少数民族史大辞典 [M]. 长春: 吉林教育出版社, 1995: 700. [GAO Wende. Dictionary of Chinese Minority History[M]. Changchun: Jilin Education Publishing House, 1995: 700.]
- [66] 张天健. 杜甫“窗含西岭千秋雪”“西岭”考实 [J]. 中国地名, 1996, 1(4): 23. [ZHANG Tianjian. The textual research of the "Western Mountain" in Du Fu's "The Window Contains Thousands of Autumn Snow in the Western Mountain"[J]. China Place Name, 1996, 1(4): 23.]
- [67] 山东大学中文系古典文学教研室选注, 袁世硕修订. 杜甫诗选 [M]. 北京: 人民文学出版社, 1998: 258. [Selected and annotated by the Department of Classical Literature, Shandong University, revised by YUAN Shishuo. Selected Poems of Du Fu[M]. Beijing: People's Literature Publishing House, 1998: 258.]
- [68] 王军. 诗心: 从《诗经》到《红楼梦》 [M]. 北京: 东方出版社, 2013: 76. [WANG Jun. Poetic Heart: From the Book of Songs to The Story of the Stone[M]. Beijing: Oriental Publishing House, 2013: 76.]
- [69] 田峰. 杜甫从秦州到巴蜀荆湘的地理感知与文化体验 [J]. 中国韵文学刊, 2016, 30(1): 11-17. [TIAN Feng. Du Fu's Geographical Perception and Cultural Experience from Qin Zhou to Bashu Jingxiang[J]. Journal of Chinese Verse Studies, 2016, 30(1): 11-17.]
- [70] 马玮. 杜甫诗歌赏析 [M]. 北京: 商务印书馆国际有限公司, 2017: 214. [MA Wei. An Appreciation of Du Fu's Poetry[M]. Beijing: Business Book Printing Place International Co., Ltd., 2017: 214.]
- [71] 吴石玉. 嘉庆《四川通志》中的成都杜甫草堂历史资料综述 [J]. 杜甫研究学刊, 2020, 40(4): 63-81. [WU Shiyu. A textual research on historical documents of Du Fu Thatched Cottage in Chengdu in general history of Sichuan in Jiaqing Period of the Qing Dynasty[J]. Journal of Dufu Studies, 2020, 40(4): 63-81.]
- [72] 汤国安, 杨昕, 张海平. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2021: 381-382, 385. [TANG Guoan, YANG Xin, ZHANG Haiping. ArcGIS Geographic Information System Spatial Analysis Experimental Tutorial[M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2021: 381-382, 385.]
- [73] 肖时珍, 肖华, 吴宇辉. 基于 GIS 视域分析的项目建设对世界遗产景观美学价值的影响评价——以武陵源世界自然遗产地为例 [J]. 桂林理工大学学报, 2020, 40(3): 516-522. [XIAO Shizhen, XIAO Hua, WU Yuhui. Assessment of construction project on the aesthetic values of world heritage landscape based on GIS viewshed analysis: a case study of Wulingyuan World Natural Heritage Site[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2020, 40(3): 516-522.]
- [74] 四川省阿坝藏族羌族自治州茂汶羌族自治县地方志编纂委员会. 茂汶羌族自治县志 [M]. 成都: 四川辞书出版社, 1997: 80. [Committee of Chorography Mao-wen Qiang Nationality Autonomous County, Aba Zang and Qiang Nationality Autonomous District, Sichuan Province. Chorography of Mao-wen Qiang Nationality Autonomous County[M]. Chengdu: Dictionary Press of Sichuan, 1997: 80.]
- [75] 张宗福, 张晓英. 略论杜甫《西山三首》 [J]. 杜甫研究学刊, 2012, 32(1): 9-15. [ZHANG Zongfu, ZHANG Xiaoying. A brief discussion of Du Fu's Three Songs from the Western Mountains[J]. Journal of Dufu Studies, 2012, 32(1): 9-15.]