

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.03.008

基于 GIS 的茶叶生产适宜性区划研究

——以旺苍县为例

邹雨伽^{1,2,3}, 杨 柳⁴, 张秀琼⁴,
谢士娟⁴, 冯文帅⁴, 张玉芳^{1,2,3}

1. 中国气象局成都高原气象研究所/高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 成都 610072;
2. 四川省农业气象中心, 成都 610072; 3. 南方丘区节水农业研究四川省重点实验室, 成都 610072;
4. 四川省农村科技发展中心, 成都 610041

摘要: 茶叶产业是四川省广元市旺苍县脱贫攻坚、经济发展重要的一环。根据高品质茶叶生产对气候、土壤、地形环境因子要求, 选取 4 个气候因子、3 个地形因子、1 个土壤因子作为生态区划指标, 基于旺苍县及其周边共 30 个气象台站 1980—2018 年逐日气象数据, 结合旺苍县 1:50 万地理信息数据和数字化土壤图完成茶叶生产生态适宜性区划。结果表明: 旺苍县茶叶生产适宜区、次适宜区、不适宜区面积分别占县域面积 30.37%、45.13% 及 24.50%, 适宜区主要集中在槽谷地带的白水镇、尚武镇、嘉川镇、东河镇、黄洋镇、普济镇、三江镇、金溪镇、大德乡及槽谷地带以北的檬子乡、英萃镇、正源乡, 可利用适宜区生态资源优势, 提高茶叶种植水平, 提升区域品牌影响力。

关键词: 茶叶; 生态适宜指标; 精细化区划; GIS; 旺苍县

中图分类号: S571.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2021)03-0053-07

茶树(*Camellia sinensis* O. Kuntze)为中国特色经济作物, 多种植于长江流域、东南沿海、华南以及云贵川等地^[1]。旺苍县种茶历史悠久, 是全国首批有机产品认证示范县、国家绿茶标准化示范区及四川省 33 个“南茶”基地县之一^[2]。截至 2019 年底, 旺苍全县茶园总面积达 1.43 万 hm^2 , 认证国家茶叶绿色食品原料基地 0.66 万 hm^2 , 建成万亩茶叶现代农业园区 8 个, 茶叶产量 6 800 t, 茶业综合产值达 15.3 亿元^[3-4]。但当前旺苍县茶叶生产多为农户分散经营, 茶园种植地布局分散, 基础设施滞后, 产业结构粗放等问题突出, 与产业规模化、标准化发展不相匹配。结合旺苍县自然条件, 合理评价茶树生产生态适宜性, 对旺苍县茶产业发展规划、结构改善有重要意义。

目前, 茶树种植适宜性方面已有一定研究^[5-8]。对于四川省茶叶的生产研究, 陈红旭等^[9]就茶区适宜机采的茶树品种进行了筛选, 尹娟等^[10]、王宁琼^[11]分别就乐山市、宜宾市珙县茶叶种植气候区划进行了探讨, 而针对旺苍县的茶叶生产区划研究鲜见报道。同时前人的研究多关注气候因子, 忽略了地形地貌及土壤因素对生产的影响, 且气象要素多通过空间插值获得, 精细化程度不足。本研究依托 ArcGIS 平台, 结合数理方法及空间插值模拟气候要素空间分布, 综合考虑气候、地形地貌和土壤对茶树生长的影响, 建立旺苍县茶叶生产生态适宜性评估模型, 就旺苍茶叶生产进行分区讨论, 为其生产规划提供参考建议, 助力茶叶产业转型升级。

收稿日期: 2019-11-04

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究项目(2018JY0341); 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室项目(2018-重点-05-03)。

作者简介: 邹雨伽, 硕士, 工程师, 主要从事农业气象服务研究。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

旺苍县(105°58'24"—106°46'2"E, 31°58'45"—32°42'24"N)隶属于四川省广元市,位于四川盆地北缘,米仓山南麓,为亚热带湿润季风气候,降水充沛,光热资源丰富,四季分明,山地气候明显.旺苍县地貌复杂,相对海拔 380~2 281 m,地势北高南缓,腹部低平.县境内山、丘、坝兼有,其中部为河谷走廊,有一条东西走向的槽谷地带横贯全境,北部属高寒山区,喀斯特地貌特征明显,南部属中山区,崇山突兀,壑谷纵横.

1.2 数据来源

气象数据来自四川省气象局,包括旺苍县及其周边市县共 30 个地面气象观测站 1980—2018 年逐日平均气温、日最低气温、日照时数、降水量及各站点经度、纬度、海拔等地理属性数据.地理信息数据为 1:50 万数字高程模型(DEM),由四川省气象信息中心提供.土壤数据来源于旺苍县土壤普查办公室出版书籍《四川省旺苍县土壤普查表册汇编》^[12],通过 GIS 平台进行栅格化处理.

1.3 研究方法

1.3.1 旺苍县茶叶生产生态区划指标确定

茶树喜温湿,喜光,耐阴怕晒^[13],自然条件下随季节轮性生长,我国大部分茶区自然生长的茶树新梢生长和休止全年有 3 次,即越冬萌发—第一次生长—休止—第二次生长—休止—第三次生长—冬眠.其中第一次生长的新梢称为春梢,第二次称为夏梢,第三次称为秋梢.温度作为影响茶树生长的重要条件,既决定茶树的地理分布,也制约其生长发育速度.茶树对温度敏感,多数品种的最适生长温度为 20~30 ℃,一般认为茶树生物学最低温度为 10 ℃,当平均气温稳定于 10 ℃ 以上时新梢开始萌发,其生长需大于 10 ℃ 的活动积温 3 000 ℃ 以上;当日平均气温上升到 30 ℃ 以上时,茶树芽、叶生长受到抑制,如气温持续几天超过 35 ℃,新梢会出现明显受害状,幼嫩枝叶呈萎蔫状;不同茶树品种、同一品种不同树龄耐低温能力不同,一般中、小叶种茶树经济生长最低气温界限为-8~-10 ℃,大叶种为-2~-3 ℃,一般早春遇 0 ℃ 以下低温,开采期推迟,影响产量和品质.水分是茶树在生长发育过程中不可或缺的,世界产茶区域年降水量多在 1 000 mm 以上,最适宜栽培茶树生产地区年降水量约 1 500 mm,相对湿度在 80%~90%,日照百分率 45% 以下时,最适宜出产高品质茶叶^[14-20].

地形地势包括海拔、坡度、坡向等,地形地势通过影响水、热、土、肥等分配而影响作物生长.研究指出茶树种植适宜高度一般在 1 000 m 以下,海拔在 400~800 m 时,茶叶品质最佳^[21].坡度过陡,水分流失多,土壤受侵蚀可能性加大,土层变得浅薄而贫瘠^[22],当坡度>25°时国家明令退耕,不适合种植茶树^[23].坡向不同,日照时间、辐射强度及其地表蒸发量不同,偏南坡向能获得较多日照,温度高,但湿度较低,一般偏南坡茶树生长势春、秋两季优于夏季,偏北坡则相反,因当前旺苍县茶产业以春茶生产为主,故研究以偏南坡为适宜^[14].

茶树喜偏酸性土壤,土壤偏碱性时茶树生长逐渐停滞甚至死亡.土壤 pH 值为 4.0~6.5 时适宜茶树生长,pH 值为 4.5~5.5 时为最适,有利于高品质茶叶产出^[24-25].

研究结合旺苍县实际生产情况,共选取 4 个气象因子、3 个地形因子及土壤 pH 值作为茶叶生态适宜性区划指标(表 1).

1.3.2 空间分析模型建立

以旺苍县及周边 30 个气象观测站 1980—2018 年数据及观测站的经度、纬度、海拔为基础,运用数理统计方法建立气候区划指标空间分析推算模型,并就研究区域气象要素进行空间插值计算(式 1),模型通过信度 0.05 的显著性检验^[26].

$$X = f(i, j, z) + \varepsilon \quad (1)$$

式中: i, j, z 分别为各点经度、纬度及海拔; ε 为残差项,为模型推算值和实际观测值之差,并通过 GIS 空间分析模块中的克里斯金方法进行插值.各气象指标推算模型如表 2 所示.

表 1 旺苍县茶树生态适宜性指标

评价因子	适宜区	次适宜区	不适宜区
气候因子			
1~3 月日最低气温 ≤ 0 °C 日数/d	<15	[15, 25)	≥ 25
年 ≥ 10 °C 积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	$\geq 4\ 000$	[3 500, 4 000)	<3 500
年日照百分率/%	≤ 40	(40, 45]	>45
年降水量/mm	$\geq 1\ 200$	[1 000, 1 200)	<1 000
地形因子			
海拔/mm	[400, 800)	<400, [800, 1 000)	$\geq 1\ 000$
坡度/ $^{\circ}$	[0, 15)	[15, 25)	≥ 25
坡向	南坡、东南坡、西南坡	东坡、西坡	北坡、东北坡、西北坡
土壤因子			
土壤 pH	[4.5, 5.5)	[4.0, 4.5), [5.5, 6.5)	<4.0, ≥ 6.5

表 2 气象指标空间分析模型

气候指标	推算方程	相关系数	F 值
年 ≥ 10 °C 积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	$X_1 = -11.847i - 129.852j - 1.636z + 11520.832$	0.942*	60.054*
1-3 月日最低气温 ≤ 0 °C 日数/d	$X_2 = -0.557i + 4.061j + 0.013z - 69.340$	0.794*	13.087*
年日照百分率/%	$X_3 = 2.527i - 0.36j + 0.009z - 232.598$	0.573*	3.752*
年降水量/mm	$X_4 = 78.78i + 44.863j + 0.035z - 8763.955$	0.559*	3.491*

注: * 表示 5% 水平有统计学意义。

1.3.3 评价方法

研究将各指标适宜、次适宜、不适宜分别赋予值 1, 2, 3, 为消除各评价因子量纲及数据集差异, 对各指标进行标准化处理, 将各评价值映射到 0~1 范围之内^[27], 并采用加权指数求和法对标准化后的指标进行综合评价, 如式(2):

$$V = \sum_{i=1}^n W_i \cdot D_i \quad (2)$$

式中: V 为评价目标得分; W_i 为指标 i 的权重; D_i 为指标 i 的评价值; n 为评价指标的个数。

1.3.4 指标权重确定

为综合分析各评价因子贡献, 本研究引入层次分析法建立因子权重评价体系。以旺苍县茶叶生产适宜性区划为目标, 影响茶叶生产的气候、地形、土壤 3 个评价因子为因子层, 各评价指标为子因子层, 同一层因子以 1~9 比率定量化比较各因子重要性, 评价因子越重要, 值越大, 通过构建判断矩阵及 CR 检验得到各指标权重(表 3)^[28]。

表 3 旺苍县茶树种植区划指标权重

因子类别	因子类别权重	因子类别内权重
年 ≥ 10 °C 积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)		0.423 1
1-3 月日最低气温 ≤ 0 °C 日数/d		0.227 3
年日照百分率/%	B1	0.122 2
年降水量/mm		0.227 4
海拔/m		0.163 4
坡度/ $^{\circ}$	B2	0.42
坡向		0.297 0
土壤 pH 值	B3	0.29
		1.000 0

1.3.5 自然断点法

茶叶生态综合适宜性评价等级划分采用自然断点分级法,通过增加不同级间差异、减少同一级中差异进行自然聚类^[29],计算公式为:

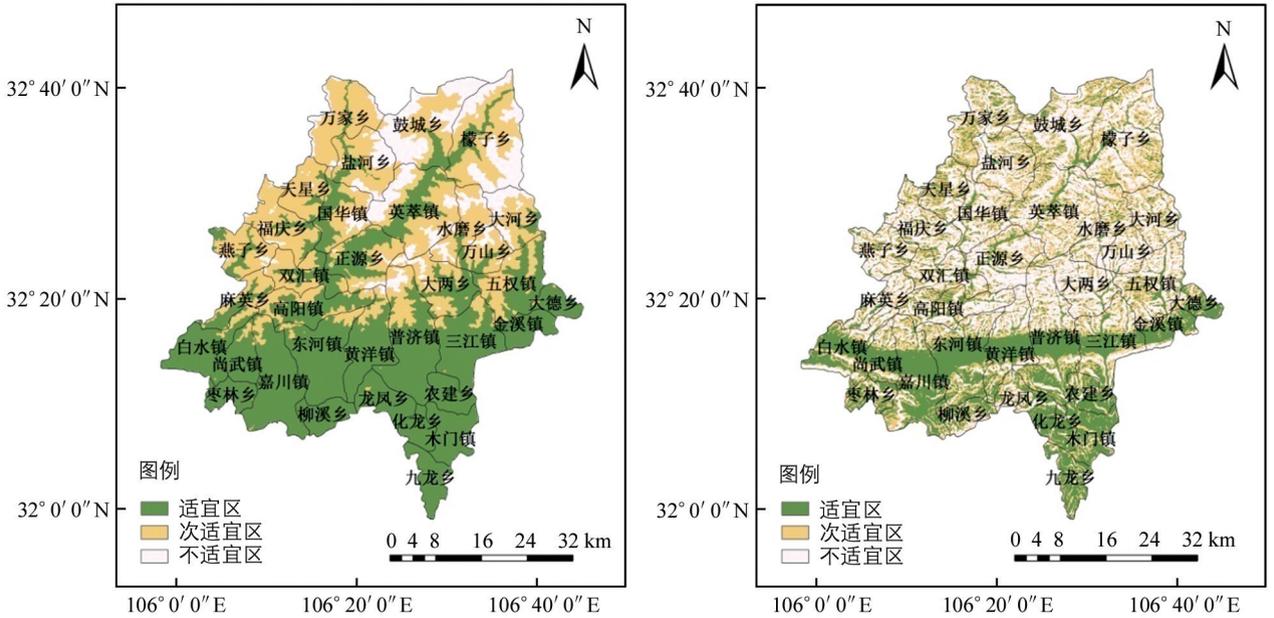
$$SSD_{i-j} = \sum_{k=i}^j (A[k] - mean_{i-j})^2 (1 \leq i \leq j \leq N) \tag{3}$$

式中: A 是一个长度为 k 的数组; $mean_{i-j}$ 为各等级的中间值.

2 结果与分析

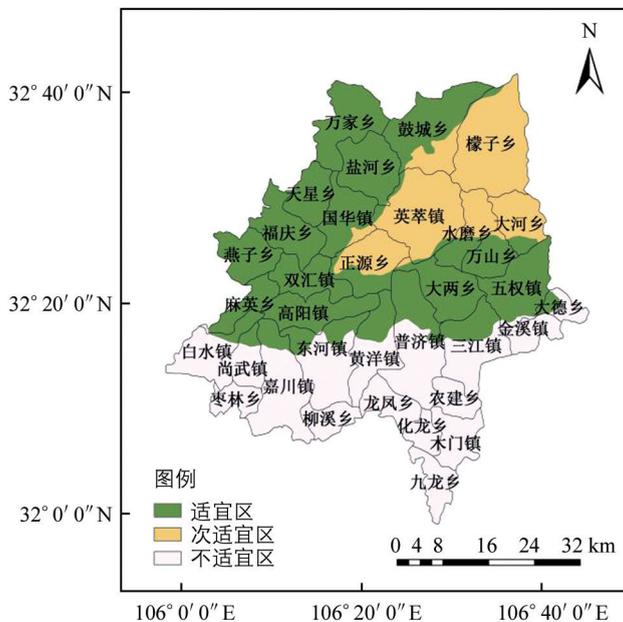
2.1 旺苍县茶叶种植评价因子区划

图 1 为旺苍县茶叶生产气候、地形、土壤适宜性区划.旺苍县大部地区气候条件均能满足茶树生长所



a. 气候适宜性区划

b. 地形适宜性区划



c. 土壤适宜性区划

图 1 旺苍县茶叶生产气候适宜性区划、地形适宜性区划与土壤适宜性区划

需, 其中气候适宜区主要集中在县境槽谷地带、南部中山区及北部海拔较低区域, 这部分地区温度、年降水量、年日照百分率均适宜茶树生长, 早春出现低温日数少, 光、温、水条件匹配良好, 气候条件利于优质茶叶的产出. 旺苍县槽谷地带以北大部为茶叶生产气候次适宜区, 对比适宜区, 此区域早春出现低温日数较多, 春芽受冻风险增高. 茶叶生产气候不适宜区也多集中在北部, 包括鼓城乡、盐河乡、英萃镇、檬子乡、大河乡等高海拔地区, 这部分地区一方面热量条件差, 茶树生长受限, 另一方面日照百分率高, 不利于茶叶品质形成. 地形地势上, 旺苍县南部整体较北部更适宜茶叶生产, 不适宜区多分散于槽谷地带以北, 该区域地形地势多变, 海拔及坡度是茶叶产业化生产主要限制因子. 土壤类型上, 旺苍县西北部为中山黄壤土区, pH 值为 4.5~5.5, 为适宜茶叶生产的偏酸性土壤, 旺苍县东北部为中山鱼眼沙黄壤土区, pH 值在 5.5~6.5, 是茶叶生产土壤次适宜区, 旺苍县中部及南部分布有低山中性紫色土、平坝灰棕潮田土、中低山石灰性紫色土, 其 pH 值均偏碱性, 为茶叶生产不适宜区.

2.2 旺苍县茶叶种植生态适宜性区划

综合考虑气候、地形及土壤对茶叶生产的影响, 得到旺苍县茶叶种植综合区划图(图 2). 旺苍县大部地区为茶叶生产适宜及次适宜区. 其中, 茶叶生产适宜区面积约 907.12 km², 占县域面积 30.37%, 主要位于东西向槽谷带, 包括白水镇、尚武镇、嘉川镇、东河镇、黄洋镇、普济镇、三江镇、金溪镇、大德乡及槽谷地带以北呈东北—西南向分布的檬子乡、英萃镇及正源乡等海拔 400~800 m 地区, 该区域坡度多小于 15°, 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 4 000 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上, 年降水量大于 1 000 mm, 年日照百分率小于 40%, 1—3 月最低气温 $< 0^{\circ}\text{C}$ 天数少于 15 d, 水热适宜, 气候、地形符合“高山云雾出好茶”的条件. 同时土壤偏酸性, 利于高品质茶叶出产. 旺苍县茶叶生产次适宜区多分散

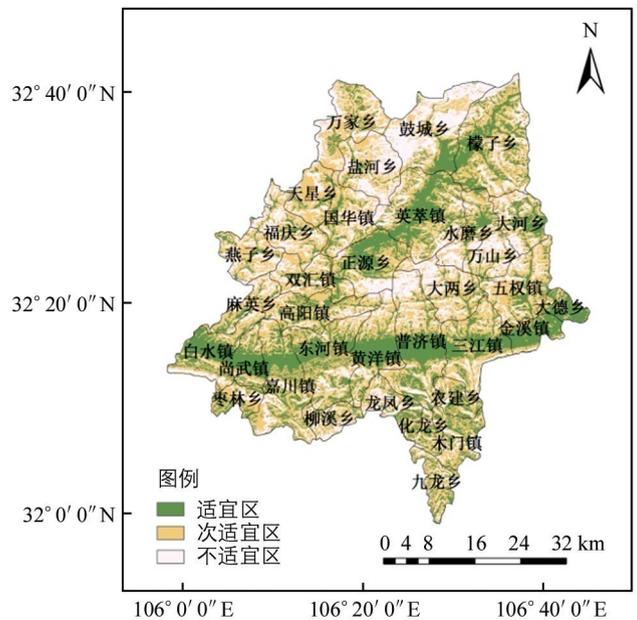


图 2 旺苍县茶树生态适宜性区划

在海拔约 800~1 000 m 的山区, 面积约 1 348.24 km², 占县域面积 45.13%, 这部分地区年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温多介于 3 500~4 000 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 间, 热量条件较略有不足. 此外, 槽谷地带以北次适宜区 1—3 月最低气温 $< 0^{\circ}\text{C}$ 天数多在 15~25 d, 易受低温影响, 地形坡度也多介于 15~25°, 温度变化较快且不利于水土保持; 槽谷地带以南次适宜区主要限制因子为土壤 pH 值, 这部分区域可通过改良土壤提高茶叶生产适宜度. 旺苍县茶叶生产不适宜区域约占全县 24.50%, 约 731.81 km², 不适宜区主要分布在鼓城乡、盐河乡、普济镇、大两乡、万山乡等海拔 1 000 m 以上高山区域, 这些地区热量条件不足, 茶树栽培易遭受低温冻害, 茶树产量、品质受严重威胁, 槽谷地带以北不适宜区同时还受土壤酸碱度限制.

3 结论与讨论

本研究综合考虑了气候、地形、土壤 3 个因子对茶叶生产影响, 基于层次分析法和加权指数法和法构建旺苍县茶叶生产生态适宜性评价指标, 并依托 GIS 自然断点法进行种植分区. 在农业气候区划研究中, 区域越大, 则气象观测站点越多, 观测资料越详实, 在开展县级、乡镇级精细化区划时, 气象观测站点相对较少, 为更好满足县一级区划要求, 研究结合数理统计及空间插值法建立旺苍县气候指标空间分析模型, 提高研究精度.

四川省地形地势复杂, 气候资源多样, “一乡一品、一县一业”现象突出, 因此开展县级精细化区划更

能满足产业发展需求,生产指导意义更好.茶业作为旺苍县重点发展的农业四大特色主导产业,是脱贫攻坚、经济发展重要的一环,通过采取“公司+专业合作社+基地+农户”“公司+基地+农户”等多种模式,旺苍县正积极推动茶叶产业发展.依托旺苍县良好的生态基础,开展旺苍县茶叶生产适宜性区划可为其发展规划提供参考,助力提升区域品牌影响力.

当前旺苍县旨在将高阳镇打造为茶产业第一强镇,结合木门镇、五权镇、枣林乡形成四大茶叶生产集中示范区,以示范带动全县茶叶产业发展,研究指出高阳镇、大德乡大部位于茶叶生产适宜地带,这与实际生产较吻合,对于枣林乡、木门镇等实际种植情况与区划结果有所差异,一方面是当地农业部门在规划统筹时需考虑到交通运输和其他产业发展等因素,另一方面主要考虑其限制因子为土壤因子,可通过土壤改良进行调节.本研究主要着眼于茶叶优质高产对自然环境的要求,但实际生产中所需考虑的影响因素众多,下一步可结合当地交通、人口、政策等进行多角度探讨.此外研究中对区划结果验证时可用验证数据少,结果可能存在偏差,后期可通过实地样方数据采集,结合遥感手段,进行更精确的结果验证.当前旺苍县茶叶生产主要以春茶为基础,并积极发展夏、秋茶,后期可结合夏、秋茶生产特点,为茶叶周年生产提供参考建议.

参考文献:

- [1] 赵辉,米鸿涛,杜子璇,等.河南省茶树适宜种植气候区划研究[J].茶叶科学,2016,36(3):330-336.
- [2] 王建军,石保旭,胥锦桦.建中国名茶之乡 领军川北茶业[J].中国茶叶,2012,34(12):33-34.
- [3] 何家纲,陈九江,王新超.“六化”同步兴产业 旺苍茶业谱新篇[J].中国茶叶,2020,42(4):60-61.
- [4] 王波,胥锦桦,石保旭,等.旺苍县茶产业高质量发展存在的问题与建议[J].中国茶叶,2020,42(7):53-56.
- [5] 张玮玮,申双和,刘敏,等.湖北省茶树种植气候区划[J].气象科学,2011,31(2):153-159.
- [6] 胡波,金志凤,李颖,等.江南茶区茶树栽培综合适宜性评价[J].气象科技,2018,46(2):390-395.
- [7] 齐会娟,高阳华,杨世琦,等.基于GIS的重庆市茶树气候区划研究[J].高原山地气象研究,2017,37(1):61-65.
- [8] 金志凤,黄敬峰,李波,等.基于GIS及气候-土壤-地形因子的浙江省茶树栽培适宜性评价[J].农业工程学报,2011,27(3):231-236.
- [9] 陈红旭,唐茜,邹瑶,等.四川茶区适宜机采茶树品种的筛选[J].中国茶叶,2019,41(2):23-27,31.
- [10] 尹娟,王可耀.基于GIS的乐山市茶叶种植气候区划[J].现代农业科技,2017(19):179-181,184.
- [11] 王宁琼.四川省宜宾市珙县优质茶适宜的气候条件分析[J].北京农业,2013(12):173-174.
- [12] 四川省旺苍县土壤普查办公室.四川省旺苍县土壤普查表册汇编[M].旺苍:四川省旺苍县土壤普查办公室,1986.
- [13] 张璠.陕南不同地区茶树栽培环境适宜性评价及区划[D].杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [14] 孙怡.滁州市茶叶生产的气候条件分析[J].现代农业科技,2016(23):204-209.
- [15] 申锦程.信阳春茶生长气象条件影响分析[J].陕西农业科学,2018,64(11):82-85.
- [16] 杨亚军.中国茶树栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,2005:120-137.
- [17] 金志凤,叶建刚,杨再强,等.浙江省茶叶生长的气候适宜性[J].应用生态学报,2014,25(4):967-973.
- [18] 黄伟娇.基于GIS的杭州市特色经济作物土地适宜性评价[D].福州:福建农林大学,2011.
- [19] 林秀香.气象条件对茶叶种植的影响与防治措施研究[J].绿色科技,2014(5):74-75.
- [20] 杨利霞,孟茹,王楚,等.汉中茶区与国内名茶产区农业气候相似性研究[J].陕西农业科学,2015,61(11):55-58.
- [21] 汪春园,荣光明.茶叶品质与海拔高度及其生态因子的关系[J].生态学杂志,1996,15(1):57-60.
- [22] 李国奇,钱峰.太行山区不同地形因子作用下对造林树种的选择[J].河南林业科技,2001,21(4):47-48.
- [23] 史同广.基于GIS的山东茶园土地评价技术方法研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2007.
- [24] 陈婵婵,肖斌,余有本,等.陕南茶园土壤有机质和pH值空间变异及其与速效养分的相关性[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(1):182-188.
- [25] 廖万有.我国茶园土壤的酸化及其防治[J].农业环境保护,1998,17(4):178-180.
- [26] 张利平,彭云,田宏.川西高原冬虫夏草生态气候区划研究[J].西南大学学报(自然科学版),2019,41(10):

108-116.

- [27] 郭建茂, 谢晓燕, 吴越, 等. 安徽省一季稻产量灾损风险评价 [J]. 中国农业气象, 2017, 38(8): 488-495.
- [28] 童英华, 冯忠岭, 张占莹. 基于 AHP 的雾霾影响因素评价分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(3): 87-94.
- [29] 杨茜, 高阳华. 基于 GIS 的重庆市冰雹灾害风险区划 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(7): 133-138.

Zoning of Ecological Suitability of Tea Production Based on GIS

——Taking Wangcang County as an Example

ZOU Yu-jia^{1,2,3}, YANG Liu⁴, ZHANG Xiu-qiong⁴,
XIE Shi-juan⁴, FENG Wen-shuai⁴, ZHANG Yu-fang^{1,2,3}

1. Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration/Sichuan Key Laboratory of Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin, Chengdu 610072, China;

2. Sichuan Provincial Agricultural Meteorological Centre, Chengdu 610072, China;

3. Sichuan Key Laboratory of Water-Saving Agriculture in Southern Hill Area, Chengdu 610072, China;

4. Sichuan Rural Science and Technology Development Center, Chengdu 610041, China

Abstract: The development of tea industry is an important part of economic development and poverty alleviation in Wangcang county of Sichuan province. In a study reported herein, ecological suitability zoning for tea cultivation was made, in which 4 climatic factors, 3 topographic factors and 1 soil factor were selected as ecological suitability indexes according to the requirement of quality tea production to climate, soil and topography. A precise zoning of ecological suitability for tea cultivation was completed based on the daily meteorological data from 1980 to 2018 of 30 meteorological stations in Wangcang and its surrounding areas, as well as Wangcang 1:500 000 geographic information data and digital soil map. The results showed that the suitable areas, sub-suitable areas and unsuitable areas for tea production accounted for 33.67%, 41.10% and 25.31%, respectively, of the total area of the county. The suitable areas were mainly distributed in the Baishui town, Shangwu town, Jiachuan town, Donghe town, Huangyang town, Puji town, Sanjiang town, Jinxi town, Jinxi town and Dade township in the valley regions of the county and in Mengzi township, Yingcui town and Zhengyuan township in the north. It is recommended that the advantageous climate, terrain and soil resources in the suitable areas should be utilized to improve the planting level of tea and enhance its regional brand influence.

Key words: tea; ecological suitability index; precise zoning; GIS; Wangcang country