

曾碧涛,魏明英,闫景丽,等. 五粮液产地自然环境研究进展[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):21-24.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.005

五粮液产地自然环境研究进展

曾碧涛¹, 魏明英², 闫景丽¹, 李春明², 周文²

(1. 宜宾职业技术学院, 四川宜宾 644003; 2. 四川工商职业技术学院, 四川成都 611830)

摘要:五粮液的产地四川省宜宾市自古就是酿酒业发达的地区,在我国白酒生产中占有非常重要的地位,独特的自然环境条件是这一地区生产优质白酒的基础。本文对五粮液产地独特的地理位置、气候、地质、地貌、土壤、水质、生物等自然条件进行综述,并对其进行分析与展望,为更充分保护和合理利用这一独特酿酒资源提供参考。

关键词:五粮液;白酒;自然条件;酿酒微生物;宜宾市;环境污染;治理;研究进展

中图分类号: TS262.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0021-04

四川省宜宾市酿酒的历史已经有 2 000 多年,历朝历代都是酿酒业发达的地区^[1]。早在战国时代,在楚道聚居的楚人便以善种水稻、荔枝,善于酿制果酒而著称,近代宜宾市出产的五粮液更是闻名世界^[2]。宜宾市酿酒产业繁荣,有较多的古窖池、古遗址。2012 年,四川省文物考古研究院等对宜宾市 50 多个乡镇的古代酿酒作坊、遗址进行了初步调查,最终确定 29 处酿酒作坊和 30 处酿酒遗址。其中,明清时期作坊 10 处、遗址 2 处,其他作坊、遗址的年代均为民国时期至解放初期^[3]。纵观我国白酒企业,分布具有明显的地域聚集性,四川省宜宾市、泸州市和贵州省仁怀市在我国白酒生产方面最为重要,我国最著名的白酒品牌五粮液、泸州老窖、茅台酒等都产于这一区域^[4]。3 个产地的地理位置正好形成三角形,因而称为“中国白酒金三角”。白酒金三角是我国浓香型白酒和酱香型白酒最重要的产地^[5-6]。一个地区的地理位置、气候、水质、生物、地质、地貌、土壤等自然条件的综合特性是区别于其他地区的重要特征,也是在其他地方不能复制的。白酒厂的地理分布特征及其在全国白酒行业中的地位揭示了自然条件在白酒酿造上的重要性。

生产优质白酒需要独特的自然条件,本文对五粮液产地宜宾市具有的不可复制的地域特色、气候、水土和生态环境等进行综述研究,为更充分合理利用这一独特酿酒资源提供参考。

1 独特的自然条件

1.1 优越的地理环境

五粮液的产地宜宾市地形结构优越,所在的地理位置得天独厚,拥有孕育古楚酿酒业、创生宜宾酒文化的先天自然条件。宜宾市位于四川省东南部,经纬度位置分别为 103°36′~105°20′E、27°50′~29°16′N(中心地理坐标为 104°36′E、28°47′N),属于地球 30°纬线的区域;处于我国地形的第一与

第二台阶相连区域,是四川盆地与云贵高原的结合部;金沙江、岷江、长江 3 江汇合处,被誉为万里长江第一城;其北为四川盆地,西为大凉山东翼余脉,南接云贵高原,地形地貌复杂,海拔高度由北向南逐渐升高^[7]。全市以中低山地和丘陵为主体,丘陵、低山、河坎、平坝构成宜宾市的主要地貌形态,境内海拔在 500~2 000 m 的中低山地占 46.6%、丘陵占 45.3%、平坝占 8.1%。全市土地面积 13 283 km²,五粮液厂区所在的宜宾市四面环山,南有七星山,北有真武山、翠屏山、催科山、观斗山,东有白塔山,西有少峨山。山上森林覆盖、四季浓郁,为宜宾酿酒所需的气候、湿度提供了绿色生态保证^[8-9]。

1.2 独特的气候条件

在海拔高度、地理位置和大气环流的共同作用下,宜宾市既有四川盆地中亚热带湿润气候的特色,又有山地垂直气候变化的规律,具有从南亚热带到温暖带的立体气候特征^[7]。气候是决定一个地区热量和水量的基本条件。五粮液产地常年温差和昼夜温差小、湿度大、日照时间短,形成冬暖夏热的特殊气候。

1951—2010 年宜宾市在这 60 年平均气温为 17.9℃,1984 年以前宜宾市年平均气温分布在 17.1~18.7℃之间,1984 年以后年平均气温集中在 17.2~19.1℃^[10]。周小明等研究了宜宾市近 50 年气温降水变化,50 年来宜宾市冬季平均气温为 9.0℃,最高气温为 10.7℃,最低气温 6.8℃;春季平均气温为 18.4℃,最高气温为 20.4℃,最低气温 16.5℃;夏季平均气温为 26.0℃,最高气温为 28.3℃,最低气温 24.7℃;秋季平均气温为 18.4℃,最高气温为 20.1℃,最低气温 17.2℃^[11]。赵曦琳等研究了四川省重要的浓香型白酒产地,分别为绵竹市、射洪县、成都市、邛崃市、泸州市和宜宾市。结果表明,四川省宜宾市具有生产高质量浓香型白酒的独特优势^[12]。全年的大气湿度高,气温明显高于川西地区,特别是在白酒主要生产季节,气温比川西地区高数度,而在白酒度夏季节,与川西地区的气温差异较小。具体表现为:在年平均气温上,宜宾市与泸州市是研究地区中最高的。宜宾市在所有地区是春夏升温和秋季降温都较缓的地区,宜宾市的年降水量最大,为 1 177 mm。在白酒主产季,降水量比其他地区高。宜宾市年平均相对湿度为 81%~83%。在白酒主产季,宜宾市、泸州市的相对湿度最低的是 4 月,而其他地区

收稿日期:2016-04-01

基金项目:四川省教育厅人文社会科学重点研究基地川酒发展研究中心项目(编号:CJY12-23);宜宾职业技术学院科技基金资助项目(编号:ybzysc13-09)。

作者简介:曾碧涛(1982—),男,四川宜宾人,硕士,讲师,研究方向为生物有机化学。E-mail:zb917@163.com。

是 5 月。在白酒度夏季的 7~8 月,宜宾市、泸州市相对湿度低于其他地区。宜宾市的相对湿度从 6 月开始上升,但上升幅度最小。宜宾市的年平均干燥度最低,在白酒主产季宜宾市、泸州市的干燥度最低,特别是在 12 月至次年 1 月更低;白酒度夏季宜宾市、泸州市的干燥度与其他地区相似。宜宾市、泸州市日照时数最少的是 12 月,而其他地区都是 2 月;宜宾市、泸州市在 7—8 月时的日照时数最高,远高于其他月的日照时数和其他地区的日照时数。在白酒主产季,宜宾市、泸州市的地温明显高于其他地区;在白酒度夏季,宜宾市、泸州市的地温也比其他地区略高。

唐亚等对我国白酒金三角浓香型白酒产区气候独特性进行了研究,选择了全国各地一些有代表性的地区作为研究区域,这些地区大多是白酒企业集中区或名酒产地。通过对降水量、相对湿度、气温、平均风速、日照时数、积温等方面进行对比分析发现,宜宾市和泸州市在气候特征上与国内其他重要产酒地区有显著的不同^[13],主要表现为:一是气候温暖,年平均气温 18℃左右,气温年较差 19℃左右,日较差 6.5℃左右;二是降水量适中,年平均降水量 1 100 mm 左右,空气终年湿润,各月相对湿度为 75%~87%,全年平均相对湿度为 82%;三是日照时数少,年平均日照时数 1 000~1 200 h,是全国白酒产地中日照最少的几个地区之一;四是风少、风速低,年平均风速为 1.0~1.5 m/s,是全国风速最小

的地区之一。

1.3 优质充足的水资源

宜宾市水系丰富,溪流纵横,岷江、金沙江流入宜宾市汇合成长江,在境内金沙江流程为 122.4 km,岷江流程为 67.8 km,长江流程为 83.6 km;境内的其他河流还有南广河、长宁河、横江河、黄沙河、越溪河等大小河流 600 多条,滋润了宜宾市的土地,使这里成为沃土^[14]。

金沙江、岷江都源于我国西部的高原雪山,尤其是岷江水,自雪山融化发源后不久即到达宜宾市,其水温偏低,腐蚀性细菌在江中难以生存。江水流到宜宾市后,水温比雪山地带高且又保持了流水的清纯透明。宜宾市以上长江流域地表水资源的补给主要来自大气降水与冰雪融水^[15],该区域水质清澈甘润、水质硬度低、酸度适中、含多种微量元素,是酿酒的最佳用水。这为宜宾市生产五粮液提供了质优量足的自然水源,为大规模酿酒生产提供了可靠而充分的保证。刘沛龙等对五粮液厂区使用的泉水及经处理后的软水进行了金属元素含量检测^[16]。由表 1 可知,所有指标均达到白酒酿造用水的标准。经处理后的软水硬度极低,金属含量合理,适用于白酒降度用水。对五粮液酒厂 52°、39、29°的酒样检测发现,其中人体必需元素 K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu、Cr 等的含量丰富,又未超过允许的最高含量,有毒有害元素 Pb、Mn、Cd、Al 等的含量远在国家标准之下。

表 1 各种用水中金属元素的含量

水的类型	金属元素含量											
	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cd (μg/L)	Fe (μg/L)	Pb (μg/L)	Cu (μg/L)	Mn (μg/L)	Al (μg/L)	Ni (μg/L)	Cr (μg/L)	Na (mg/L)
泉水	2.17	23.11	8.58	8.69	195.36	46.31	15.59	34.39	156.69	7.86	8.97	3.52
软水	0.47	0.02	0.01	7.29	176.6	1.43	6.22	6.12	48.5	4.83	3.39	48.5

1.4 适宜的酿酒微生物

酿造白酒对生态环境有着非常强的依赖性,地域微生物与生态环境的和谐关系直接影响白酒的酿造。微生物在自然界的分布有一定的规律性,其分布范围主要取决于它们的适应性,主要受营养条件、湿度、温度、酸碱度等条件的影响。自然界中各种微生物根据自身的特性,在各种环境条件下组成不同微生物区系^[17]。生态环境好地区的生物具有多样性,有利于酿酒必需微生物种群的生殖、繁衍以及微生物群落的形成、代谢和不断优化。五粮液就是在这样原生态的自然环境中遵循天时地利条件,按照自然规律被酿造出来的^[18-20]。

赵东等认为,酿造五粮液独特的包包曲接触空气的比表面积比一般酒曲大,便于更广泛地富集环境中的微生物^[21]。形状独特的包包曲在生产过程中有利于网罗自然环境中的有益微生物,特别是区域较高的制曲温度,更能定向富集耐高温的芽孢杆菌等微生物,使曲药感官特征更好,这是决定发酵酒醅具有特殊香味的重要因素。说明包包曲生产与宜宾市当地的水质、土壤、空气、气候和生态环境关系密切。

1.5 特殊的土壤条件

特殊的地形地貌形成了宜宾市特殊的紫色土、新积土、水稻土等土壤。土壤酸碱适度、土层深厚、结构性好、熟化度高、矿物养分含量丰富。五粮液筑窖和喷窖的专用土是宜宾市当地特殊的弱酸性黄黏壤,土壤黏性大,富含有机物和 Fe、P、Co、Ni 等多种矿物质。五粮液拥有 600 多年酿酒历史的明代

窖池,具备宝贵的老窖泥资源。这些老窖泥是在宜宾市特殊的地质、土壤、气候等条件下通过长期不断培养、专为酿造五粮液酒所形成的微生物环境。在这个微环境中,具有长期酿酒特有的微生物区系。老窖泥中栖息着的这些多种功能性微生物才造就了老窖出好酒^[22-24]。

1.6 丰富的酿酒原料

岷江流域是农业发达地区、粮食盛产区,尤其成都平原是历代著名的“天府粮仓”。宜宾市居于下游,岷江上、中游的农产品都可顺江船运而来。宜宾市本地也是农业发达地区,耕地面积占总面积的 45%,作物种类齐备、产量丰饶,为宜宾市酿造白酒提供了雄厚的物质基础^[25]。

清嘉庆《宜宾县志》记载,宜宾市历代以来,植物性产品主要有谷、蔬、果、木、竹等。其中,谷属有稻、粱、小麦、大麦、荞麦、玉蜀黍(苞谷)、稷、粟、菽、蚕豆、豌豆等 11 类。宜宾市五粮液生产所需的粮食原料在古代已经能全部提供。

宜宾市的土壤非常适合种植稻、高粱、糯米、玉米、小麦等酿酒作物,特别是在紫色土上种植的川南优质糯红高粱,颗粒饱满、色泽红亮、所含淀粉大多为支链淀粉,吸水性强、易于糊化,出酒率和酒质远超过梗高粱,是酿造五粮液的最好原料,为宜宾区内独有的酿酒原料。据考证,宜宾市是种植专用酿造浓香型白酒糯红高粱的最适宜地区。宜宾市正按照我国酿酒原料供应专业化、规模化、科学化、标准化的要求,建设 20 万 hm² 白酒原料生产基地^[26]。

2 自然环境存在的问题

2.1 大气污染

随着宜宾等城市的发展,大气环境质量不容乐观。宜宾市是四川省乃至全国的重酸雨区^[27],宜宾市的酸雨不仅受二氧化硫、氮氧化物的影响,还受卤素及其化合物的作用。徐争启等报道宜宾市酸雨污染十分严重,酸雨污染已造成老城区西北面的翠屏山、真武山一带云杉死亡,岷江和金沙江 2 座铁路大桥严重锈蚀^[28]。与成都市、乐山市、德阳市等成都经济区主要城市相比,宜宾市区近地表大气尘的 As、Hg、V 等元素明显较高,S 的含量也较高,应引起人们的高度关注。

黄飞等根据宜宾市 2001—2005 年大气降水监测数据资料,对酸雨污染状况及变化趋势进行分析。结果表明,宜宾市酸雨酸度强、频率高,酸雨污染呈逐年加重趋势。降水组分中 $\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$ 的值逐年上升^[29]。

2.2 生态安全压力增大

王兴贵等利用生态足迹评价模型计算宜宾市 1985—2005 年生态足迹,分析宜宾市的生态安全状况。结果表明,随着城市化和经济的快速发展,宜宾市生态安全程度持续降低。人均生态赤字变化幅度较大,1985 年生态盈余 $0.033\ 324\ \text{hm}^2/\text{人}$,随后出现不同程度的生态赤字;2005 年赤字达到 $1.354\ 537\ \text{hm}^2/\text{人}$ 。人类的生活、生产活动对宜宾市生态安全的压力越来越大^[30]。

2.3 水源受到一定程度污染

黄飞等调查分析了长江上游宜宾境内地表水中氮、磷状况和各种经济活动对水体总氮、总磷的贡献。结果表明,金沙江、岷江中氮和磷指标大多数满足 I ~ III 类标准限值要求,但也普遍受到居民生活污水污染^[31]。金沙江和岷江汇合后的宜宾城区水质下降明显。黄飞等还分析了 2001—2005 年间长江上游金沙江、岷江、长江水系宜宾段 6 个控制断面水质监测资料,结果发现,岷江宜宾段主要超标项目为总氮、总磷、粪大肠菌群、高锰酸盐指数、石油类和铅;金沙江宜宾段主要超标项目为总氮、总磷、高锰酸盐指数、粪大肠菌群;长江宜宾段主要超标项目为总氮、总磷、粪大肠菌群、高锰酸盐指数、石油类^[32]。“三江”宜宾段主要污染源主要为化工企业、城市生活污水和电子元器件类工厂废水。

王建平等在分析 1996—2000 年宜宾市主要江河水质现状时发现,在化学需氧量(高锰酸盐指数测定,chemical oxygen demand,简称 COD)方面,金沙江最大值超标 2.8 倍;岷江最大值超标,超标率范围为 12.5% ~ 66.7%;长江最大值超标 3.6 倍,超标率最高达 41.2%。在非离子氮方面,金沙江最大值超标;岷江超标率为 3%;长江最大值超标 0.9 倍。在石油类方面,金沙江最大值超标 2.6 倍,超标率最高为 14.0%;岷江最大值超标,超标率最大为 41.7%;长江最大值超标,超标率为 39%^[33]。大肠菌群“三江”监测值均严重超标,超标率达 100%。宋在兰等对 2001 年宜宾市“三江”水质的监测数据进行统计分析表明,“三江”受到了生活污水的污染^[34]。丰水期的粪大肠菌群指数(fecal coliform,简称 FC)超出我国地表水 III 类标准的 10 倍。另外,近年岷江流域总的降水量与水资源量都有一定的下降趋势^[15]。

2.4 水土流失突出

宜宾市土壤侵蚀严重,属于沟蚀、重力侵蚀流失区,是国家划定的四大片第 1 期重点防治县(市、区)之一。据 1999 年全国遥感调查显示,宜宾市 55.2% 的幅员都存在水土流失,水土流失面积达 $7\ 335.2\ \text{km}^2$,其中约 66% 的面积水土流失强度为中度以上。水土流失直接影响长江流域的生态安全和农业生产^[35]。

3 自然环境治理成效

近年来,宜宾市积极落实各项重点生态工程建设,扎实做好全国绿化模范城市、省级环保模范城市创建工作,大力推进长江防护林、长江上游生态屏障、天然林保护、退耕还林还草、植树造林、水土流失防治等重点生态建设工程。坚持把生态文明理念贯穿于城镇规划发展之中,努力提高宜宾市空气及水源质量,狠抓环保基础设施建设。开展城乡环境综合治理,制定并实施《宜宾市饮用水水源地环境保护规划》,加大工业园区集中治污力度^[36-37]。自 2004 年以来,随着对 SO_2 治理力度的加大,中心城区酸雨污染呈逐年好转趋势,中心城区以外的区域酸雨污染较轻微,到 2009 年宜宾市空气质量指标持续好转^[38]。随着近年宜宾市推进创建国家卫生城市,宜宾市空气质量、生态环境已得到明显改善。宜宾市依托水土保持生态建设示范工程的示范效应,充分调动群众参与水土流失治理的积极性,在改善生态环境和农村生产生活条件、调整农村产业结构等方面取得了显著成效^[39]。

宜宾市是全国十大产煤基地之一,一直以来均以煤能源为主。向家坝水电站的建成促进宜宾单一的能源结构向综合能源基地迈进,有效减缓燃煤带来的环境压力。向家坝水电站正式发电后全年可节省标准煤炭 1 400 多万 t,减少 CO_2 的排放量 250 万 t。届时,宜宾市乃至整个四川盆地的酸雨浓度都将有效降低^[40]。另外,随着离五粮液厂区较近的宜宾纸业整体搬离,五粮液厂区及宜宾主城区的环境将得以有效改善。

4 展望

宜宾市独有的自然环境与生态环境为五粮液的酿制提供了独一无二的先天条件,赋予了该区域生产高质量浓香型白酒的独特优势。但纵观文献报道,对五粮液产地独特的地理位置、地质、地貌、气候、水质、土壤、生物等自然条件进行专门的研究不多,往往是定性或描述性提及,缺乏科学数据的支撑。

“一方水土出一方美酒”。法国名酒波尔多严格的原产地保护措施,使其质量和品牌声誉一直长盛不衰。对于我国白酒品牌来说,原产地与产品保护同样重要。五粮液酒厂作为全球最大的白酒生产基地,要保持和巩固在白酒行业中的领军地位就必须对其具有的生产特质进行系统研究,弄清其相互之间内在关系和综合作用机理。如开展五粮液原产地地质地理学研究包括环境特质及演变趋势分析、人类活动对原产地地质影响研究;原产地生态环境研究包括原产地局部小气候、水质、土壤、植被及生态等。这些研究对促进原产地域产品保护和知识产权保护、开拓国际市场等均具有重大意义。

五粮液产地处于长江上游重要的生态屏障区域,须控制人口增长、坚持耕地保护制度;根治水污染、保护水资源;防治

工业污染、发展清洁能源、加强产业结构调整、减少生态占用；加强农村生态环境保护、搞好农业生态示范区(村)建设；打造循环式生态工业园区；加强矿产资源管理、充分发挥政府的监督、引导作用。

参考文献:

- [1]余 洪. 从出土酒具看宜宾酒文化的传承与发展[J]. 中华文化论坛,2009(4):188-190.
- [2]Tan X J. Present language using in the publicity of Sichuan liquor [J]. Journal of Studies in Social Sciences,2014,9(2):313-319.
- [3]四川省文物考古研究院,宜宾市博物院. 宜宾地区古代酿酒作坊、遗址调查简报[J]. 四川文物,2013(4):21-28.
- [4]Du W, Jin Y X, Zhang S. The EVA - based performance evaluation for Moutai in nearly three years[J]. Global Disclosure of Economics and Business,2014,3(2):24-27.
- [5]Kim J S, Kam S F, Chung H Y. Comparison of the volatile components in two Chinese wines, Moutai, and Wuliangye [J]. Applied Biological Chemistry,2009,52(3):275-282.
- [6]杨基智,唐 亚,杨齐寿,等. 山东威海生产优质浓香型白酒的气候环境特性研究[J]. 食品与发酵科技,2014,50(2):67-71.
- [7]陈淑全. 四川气候[M]. 成都:四川科学技术出版社,1997:101-115.
- [8]宜宾地区国土局. 宜宾地区国土资源[M]. 成都:四川科学技术出版社,1991.
- [9]骆凤文. 析论孕生华夏“酒都”的文化基因——川南宜宾酒文化源长厚深的物质基础[J]. 宜宾学院学报,2006,6(10):96-98.
- [10]刘小波,甄 英,周 丽. 宜宾市近 60 年气温变化特征分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2014,39(1):114-119.
- [11]周小明,况 源,梁富强. 宜宾市近 50 年气温降水变化特征分析[J]. 科学与财富,2012(2):16-17.
- [12]赵曦琳,周永奎,乔宏伟,等. 五粮液产地气候环境的独特性研究[J]. 酿酒,2013,40(5):5-10.
- [13]唐 亚,周永奎,乔宏伟,等. 中国白酒金三角浓香型白酒产区气候独特性研究[J]. 食品与发酵科技,2013,49(6):60-67.
- [14]罗中杰,罗 畅,孙 涛,等. 宜宾市三江水质污染状况及防治对策[J]. 四川师范大学学报(自然科学版),2007,30(1):112-115.
- [15]胡东来,严登华,宋新山,等. 宜宾以上长江流域水资源变化趋势分析[J]. 南水北调与水利科技,2008,6(2):53-56.
- [16]刘沛龙,唐万裕,练顺才,等. 白酒中金属元素的测定及其与酒质的关系(上)[J]. 酿酒科技,1998(1):20-27.
- [17]周恒刚. 白酒生产与环境[J]. 酿酒科技,2004(3):119.
- [18]彭智辅,黄均红. 宜宾产美酒的奥秘及人文地理条件研究[J]. 酿酒,2011,38(3):12-15.
- [19]Fan W, Qian M C. Characterization of aroma compounds of Chinese “Wuliangye” and “Jiannanchun” liquors by aroma extract dilution analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2006,54(7):2695-2704.
- [20]Zheng X W, Han B Z. Baijiu, Chinese liquor: history, classification, and manufacture [J]. Journal of Ethnic Foods, 2016, 3(1): 19-25.
- [21]赵 东,牛广杰,彭志云,等. 五粮液包包曲中微生物区系变化及其理化因子演变[J]. 酿酒科技,2009(12):38-40.
- [22]唐圣云,王 戎,陈小文,等. 五粮液的窖老泥研究综述[J]. 食品与发酵科技,2012(6):7-11.
- [23]Cheung M. The branding of a quality liquor as a symbolic effort toward bringing China forward culturally: a comparative study of Wuliangye and absolut Vodka [M]. Semiotica,2012,2012(192):471-499.
- [24]Xiao L, Wenming Y. The evolution analysis of endogenous comparative advantages of Chinese liquor enterprises [J]. International Journal of Business and Social Science,2014,5(1):257-260.
- [25]李映发. 岷江流域农作物与五粮酿酒[J]. 宜宾学院学报,2012,12(1):16-20.
- [26]丁国祥,赵甘霖,张长伟,等. 四川酿酒高粱生产现状与发展对策[J]. 农业技术与装备,2010(17):14-15.
- [27]梅自良,王 斌,王建平,等. 宜宾市酸雨 pH 值预测的偏最小二乘回归分析[J]. 环境技术,2005,23(2):20-23.
- [28]徐争启,张成江,倪师军,等. 宜宾市近地表大气尘的组成及地球化学特征[J]. 矿物岩石地球化学通报,2007,26(增刊1):433-434.
- [29]黄 飞,孙佑佳,贺 亮,等. 宜宾市酸雨污染状况及变化趋势分析[J]. 环境科学与技术,2007,30(10):45-46,49.
- [30]王兴贵,唐德华,何 泓,等. 基于生态足迹的宜宾市生态安全动态研究[J]. 资源与产业,2009,11(1):114-118.
- [31]黄 飞,黄 清,周明罗,等. 长江宜宾境内地表水中氮磷负荷及来源构成[J]. 人民长江,2009,40(15):7-9.
- [32]黄 飞,孙佑佳,郭宗锋,等. 三江水系(宜宾段)水质主要污染负荷分析[J]. 宜宾学院学报,2008(12):66-69.
- [33]王建平,孙佑佳. 宜宾市主要江河水质现状及污染防治对策[J]. 四川环境,2002,21(1):72-75.
- [34]宋在兰,张 兰,黄 斌. 宜宾市三江水体粪大肠菌群污染现状调查[J]. 四川环境,2003,22(6):36-38.
- [35]陈文言,张 雷,刘 慧. 基于水土保持的宜宾市土地利用空间重组[J]. 农业工程学报,2007,23(3):75-79.
- [36]朱逢春. 生态文明视阈下地方政府生态治理研究——基于宜宾市生态建设的实证分析[J]. 文史博览(理论),2003(1):62-64.
- [37]王文秀,余常贵. 宜宾市工业污染源达标排放效益分析[J]. 四川环境,2001,20(4):66-69.
- [38]王建平. 宜宾市环境大气降水情况[J]. 科技传播,2012(8):123-124.
- [39]向修明,殷治强. 宜宾市水土保持生态建设的做法[J]. 中国水土保持,2009(8):31-32.
- [40]段晓娟,何 川. 向家坝工程为宜宾带来了什么[J]. 中国三峡,2012(6):20-24.