

柯桥丹家冬季气象景观气象成因分析

周弘媛, 杨欣洁, 周晓燕, 包君俏 (浙江省绍兴市柯桥区气象局, 浙江绍兴 312000)

摘要 利用 2015—2019 年冬季柯桥区域站气象监测数据和丹家雪凇(雾凇)景观观测等资料, 从气象条件、地形特点分析冬季气象景观形成特征及其成因。结果表明, 丹家每年冬季均有气象景观出现, 但年际变化、月际变化特征较明显, 主要表现为 1 月出现的概率高于 2 月和 12 月, 这与温、湿、风、雨等气象要素密切相关。冬季气象景观的形成对气温的要求严苛, 日平均气温需低于 1.0 °C、日最低气温需低于 -0.5 °C, 日最高气温需低于 5.0 °C; 高湿度是冬季气象景观形成和维持的必备条件, 形成阶段日平均相对湿度需超过 99%, 且形成当日或前 1 d 均有降水过程; 维持阶段保持 95% 以上的高湿度即可; 形成阶段需满足静风微风条件(平均风力 ≤ 3 级, 最大风力 ≤ 4 级), 并得出北风转为偏南风、平均风及最大风风力 ≥ 4 级、极大风力 ≥ 5 级等是冬季气象景观消融的关键性指标。

关键词 雪凇(雾凇); 气象条件; 特征; 成因; 冬季; 柯桥丹家

中图分类号 P 426 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)11-0198-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.11.053



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of the Meteorological Causes of the Winter Meteorological Landscape of Danjia in Keqiao

ZHOU Hong-yuan, YANG Xin-jie, ZHOU Xiao-yan et al (Meteorological Bureau of Keqiao District, Shaoxing City, Zhejiang Province, Shaoxing, Zhejiang 312000)

Abstract Using the meteorological monitoring data of Keqiao Regional Station and the snow rime (rime) landscape observation data of Danjia in winter during 2015—2019, the formation characteristics and causes of the winter meteorological landscape were analyzed from the meteorological conditions and topographic characteristics. The results show that Danjia had a meteorological landscape every winter, but the characteristics of inter-annual and inter-month changes were more obvious. The main manifestation was that the probability of occurrence in January was higher than that in February and December, which was closely related to meteorological elements such as temperature, humidity, wind and rain. The formation of the meteorological landscape in winter had strict requirements on temperature. The daily average temperature must be below 1 °C, the daily minimum temperature must be below -0.5 °C, and the daily maximum temperature must be below 5 °C; high humidity was a prerequisite for the formation and maintenance of the winter meteorological landscape. The daily average relative humidity during the formation phase must exceed 99%, and there will be precipitation on the day of formation or the first 1 day; high humidity above 95% is sufficient for the maintenance phase. The formation stage needs to meet the conditions of static breeze (average wind ≤ 3, maximum wind ≤ 4), and it was concluded that the northerly wind turns to the southerly wind, the average wind and the maximum wind force ≥ 4, and the maximum wind ≥ 5 were the key indicators for the ablation of the winter meteorological landscape.

Key words Snow rime (rime); Meteorological conditions; Characteristics; Causes; Winter; Danjia in Keqiao

随着旅游业的快速发展, 冬季气象景观作为一种旅游资源, 已受到广泛关注, 并创造了显著效益。2014 年吉林市开始开发雾凇旅游资源, 切实地将白雪变成了白银, 打造了吉林市冰雪旅游经济新增长点^[1-3]。有不少学者在雨雪冰冻灾害研究中, 对形成雾凇的气象条件进行了研究, 如王遵娅等^[4]分析了有利于冰冻(雨凇和雾凇)发生的气象条件, 得出低气温、高相对湿度和弱风速是冰冻产生的重要条件, 并利用日平均气温和天气现象构建了冰冻日判别模型; 吴兑^[5]在对 2008 年南方低温雨雪冰冻天气分析中指出, 当近地层出现过冷雾时, 如果此时下垫面物体温度小于 0 °C, 就可以在物体上形成雾凇; 顾光芹等^[6]分析河北省雾凇和雨凇气象条件, 得出适宜雾凇出现的气象条件是雾日且气温在 -7.2 ~ -3.1 °C、相对湿度 ≥ 92%、风速 ≤ 1.2 m/s; 丁国香等^[7]研究发现适宜雾凇出现的气象条件是雾日且日平均气温在 -8 ~ 2 °C、平均相对湿度 ≥ 80%、平均风速 2 ~ 9 m/s。许剑勇等^[8]研究发现黄山雾凇出现气温为 -18.7 ~ 1.0 °C、风速为 0 ~ 20.6 m/s, 任何风向均能出现雾凇。

2019 年初柯桥丹家较长时间出现独具丰韵、仪态万方的雪凇奇观, 新晋成为网红打卡胜地, 且频上头条, 引起了当地

政府、部门的关注^[9-10], 如何深挖丹家独特气象景观旅游资源, 结合当地各类资源条件, 打造成为集气象景观、文化体验、乡村休闲为一体的综合性旅游地, 提升贫困村丹家的第三产业经济收入, 已成为急需解决的问题。笔者通过研究柯桥区冬季气象景观成因, 为开展丹家冬季气象景观较准确的预报与服务提供技术支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源 柯桥区域自动气象站 2015—2019 年冬季(上一年 12 月至当年 2 月)逐日温、湿、风等要素资料; 丹家近 5 年雪凇(雾凇)现象观测资料。

1.2 研究方法 该研究定义了以下 6 个指标: 低温日数指日最低气温低于 0 °C 的日数, 高湿日数指日平均湿度高于 95% 的日数, 微风日数指日平均速度小于 5.4 m/s 的日数, 偏北风日数指风向小于 90°或大于 270°的日数, 雨(雪)日指日降水量大于 0 mm 的日数, 小雨(雪)日数指日降水量在 0 ~ 10 mm 的日数。对雪凇(雾凇)现象与气象观测资料进行相关性分析。

2 冬季气象景观特征分析

2.1 年际变化特征 统计近 5 年丹家冬季气象景观(表 1)发现, 每年冬季均有该气象景观出现, 但冬季气象景观日数有较大的年际变化特征, 年冬季气象景观日数最多(2019 年冬季 19 d)的为最少日数(2017 年冬季 2 d)的近 10 倍, 其他

作者简介 周弘媛(1990—), 女, 浙江绍兴人, 工程师, 从事气象服务工作。

收稿日期 2020-12-24

几年冬季气象景观天数相对持平,在 10 d 左右。2019 年冬季浙江全省出现罕见的阴雨寡照天气,柯桥雨日为历史同期最多,累计雨量为历史同期第 3 多,日照时数为历史同期最少;次多为 2018 和 2016 年冬季,2 个时段的 1 月下旬至 2 月

初均有罕见、连续的雨雪冰冻天气;最少为 2017 年冬季,该时段柯桥区平均气温 8.5 °C,较常年偏高 2.7 °C,为有记录以来的最暖冬季。

表 1 2015—2019 年丹家冬季气象景观及气象特征

Table 1 The meteorological landscape and meteorological characteristics of Danjia in winter from 2015 to 2019

时间 Time	气象景观日数 Meteorological landscape days//d	平均气温 Average temperature °C	低温日数 Low temperature days//d	高湿日数 High humidity days//d	微风日数 Breeze days//d	偏北风日数 Days of northerly wind//d	雨(雪)日 Days of rain(snow) d	小雨(雪)日数 Days of light rain (snow)//d
2015 年冬季 Winter in 2015	6	3.9	35	23	71	58	31	24
2016 年冬季 Winter in 2016	10	3.9	36	30	72	51	40	28
2017 年冬季 Winter in 2017	2	5.4	32	19	72	48	30	29
2018 年冬季 Winter in 2018	12	2.9	39	33	78	56	37	30
2019 年冬季 Winter in 2019	19	3.6	35	56	75	53	59	38
平均 Mean	9.8	3.9	35.4	32.2	73.6	53.2	39.4	29.8

2.2 月际变化特征 统计发现(表 2),近 5 年丹家冬季气象景观存在较大的月际变化,12、1 和 2 月出现冬季气象景观的占比分别为 16%、47%和 37%。12 月出现冬季气象景观的概率总体较小,月冬季气象景观日数普遍在 0~1 d,但 2019 年有 6 d 出现冬季气象景观;2018 年 12 月上旬末、下旬末有 2 次雨雪天气,极端最低气温超过 -7.4 °C,为同期最低值,且低温日数偏多,所以冬季气象景观日数为 2015 年 12 月的近 2 倍,表明冬季气象景观日数与小雨(雪)日数存在高度相关。1 月出现冬季气象景观的概率较大,除最暖冬季 2017 年外,其余年份冬季气象景观日数均超过 4 d,1 月份冬季气象景观日数与温、湿、风、雨均存在一定的相关性;2 月出现冬季气象景观的概率仅次于 1 月,年际变化特征明显(2019 年出现日数为 2017 年的 9 倍),很大程度因为其与小雨(雪)日数高度相关。可见不同月份冬季气象景观日数与各气象要素的相关性不同。

表 2 2015—2019 年丹家冬季逐月气象景观与气象要素的相关性分析
Table 2 Correlation analysis of monthly meteorological landscape and meteorological elements in Danjia winter from 2015 to 2019

月份 Month	平均气温 Average temperature °C	低温日数 Low temperature days//d	高湿日数 High humidity days//d	微风日数 Breeze days//d	小雨(雪)日数 Days of rain (snow)//d
12	0.12	-0.50	-0.05	-0.19	0.95
1	-0.96	-0.87	0.70	0.85	0.68
2	-0.70	-0.58	-0.50	0.71	0.98

注: $R \geq 0.90$ 高度相关, $0.90 > R \geq 0.75$ 显著相关, $0.75 > R \geq 0.50$ 一般相关, $R < 0.50$ 不相关

Note: $R \geq 0.90$ is highly correlated, $0.90 > R \geq 0.75$ is significantly correlated, $0.75 > R \geq 0.50$ is generally correlated, $R < 0.50$ is not correlated

3 气象条件分析

对比丹家年冬季气象景观日数最多和最少的两年发现,2019 年的平均气温比 2017 年低 32% 左右,低温日数也比 2017 年少 3 d,相比而言,2019 年的低温条件相对较好;造成这两年冬季气象景观天数相差较大的另外一个原因是湿度条件,2017 年高湿天数仅有 19 d,而 2019 年出现了 56 d,为 2017 年的近 3 倍;对比雨日天数,2019 年的雨日(59 d)也达

到了 2017 年(30 d)的 2 倍,在微风日数相对持平的条件下,可见冬季气象景观日数与低温条件和高湿度条件呈正相关。对比 2015 和 2019 年冬季的气象条件发现,平均气温、低温日数、微风日数、偏北风日数相近的情况下,由于 2015 年的高湿日数(23 d)仅 2019 年(56 d)的 41%,2015 年的雨(雪)日数(31 d)仅 2019 年(59 d)的 53%,2015 年的冬季气象景观日数(6 d)仅 2019 年(19 d)的 32%,可见冬季气象景观日数与高湿日数、雨(雪)日数呈正相关。这几个气象条件都是需要同时符合的,单一存在都不能形成冬季气象景观。由上述分析发现冬季气象景观日数与平均气温呈负相关,与高湿日数、雨(雪)日数呈正相关,与低温日数、微风日数也存在一定的相关关系。

该研究将从温、湿、风三方面具体分析丹家冬季气象景观的形成、维持、消融的气象条件。对近 5 年丹家冬季气象景观观测资料进行统计发现,81% 的景观现象为雪淞,因此以下着重分析雪淞形成的气象条件。

3.1 气温条件 冬季气象景观均于冷空气过后气温低迷阶段形成,气温回暖初期消融。冬季气象景观形成时段的平均气温普遍在 1.0 °C 以下(除 2016 年 12 月 14 日 3.5 °C),日最低气温普遍在 -0.5 °C 以下,日最高气温普遍在 5.0 °C 以下(除 2016 年 12 月 14 日 8.1 °C),进一步分析发现,前 1 d(13 日)中午前后起受较强冷空气影响,气温呈持续下降趋势(14 日的最高气温实际出现在 13 日 20:00),14 日白天平均气温、最高气温分别为 1.7 和 3.7 °C,因此上述温度指标在冬季气象景观形成时段仍成立,可见气温较低是一个重要因素,但是 2017 年冬季,最低气温满足条件的情况下,依旧没有冬季气象景观出现,可见,除气温外,还有其他气象要素对冬季气象景观的形成有很大影响。

3.2 湿度(降水)条件 高湿度是冬季气象景观形成和维持的必备条件,但是冬季气象景观的形成、维持、消融对湿度(降水)条件具有不同的要求。形成阶段日平均相对湿度普遍超过 99%(2018 年 2 月 3 日 83%,12 月 30 日 87%),形成当日或前 1 d 均有降水(2018 年 2 月 3 日,12 月 30 日无雨

量,但前1 d均有零星降水);维持阶段保持95%以上的高湿度即可;2016年1月25日,气温(日平均气温 $-8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最低气温 $-12.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温 $-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$)均符合冬季气象景观形成和维持的气温条件,但冬季气象景观消融,分析发现当日平均相对湿度仅57%,最小相对湿度33%,且最大风向和极大风向均为偏南风,可见,湿度的降低是导致冬季气象景观消融的原因之一,但其对雾凇和雪凇消融的影响程度不一致,当相对湿度低于80%时,雾凇多会消融不见,而相对湿度低于50%时仍有雪凇现象的存在(与雪凇的结构、尺寸密切相关)。

3.3 风力条件 近5年丹家冬季气象景观出现期间,93%的冬季气象景观形成时静风微风条件(平均风和最大风风力 ≤ 3 级,极大风力 ≤ 4 级);2018年12月11日温度、湿度条件(平均气温仍维持在 $2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最低气温 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最高气温 $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、平均相对湿度100%)仍满足的情况下,平均风速增加至 5.5 m/s ,最大风速增加至 8.4 m/s ,极大风速增加至 12.6 m/s 时,雪凇消融不见;2019年2月18日温度、湿度条件(平均气温仍维持在 $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最低气温 $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、平均相对湿度100%)仍满足的情况下,最大风速增加至 11.1 m/s ,极大风速增加至 13.6 m/s ,风向转为偏南风时,雪凇消融不见;可见,偏北风转为偏南风、平均风和最大风力 ≥ 4 级、极大风

力 ≥ 5 级均是冬季气象景观消融的关键性指标。

4 地形(环境)条件分析

据了解,柯桥境内仅王坛丹家有冬季气象景观现象,大家普遍认为是丹家独特的地理条件造就了独有的冬季气象景观。该研究结合其地理、气候等条件探寻发现,柯桥位于浙江中北部,背靠会稽,北濒海,呈西南高、东北低的阶梯形地势,而丹家在柯桥东南角,四面环山,海拔665 m,是柯桥区海拔最高的行政村。图1a显示,南部山区的雨季多于北部地区,很大程度是因为南部山区多中小型水库,其中丹家北侧9 km处为绍兴汤浦水库、西北侧18 km处为平水江水库,以及山区茂密的植被,提供了充沛的水汽条件,这也是丹家等高山地区冬季多云雾天气和降水的成因。图1b显示,柯桥区年最低气温普遍在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下(极端最低 $-14.7\sim -7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$),但 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下低温时长差异较大,最多丹家站84.7 h,比次多站(陈村站)多31.0 h,是最少站(平水镇站)的2.8倍,可见山区的气温条件均能够满足冬季气象景观的形成,但是丹家海拔高,有利于冬季冷暖空气在此处交汇,四面环山地形更利于冷空气下沉堆积,较长时间的低温状态更有利于冬季气象景观现象的出现和维持。由此可见,独特的地理环境和水文条件为丹家冬季气象景观的形成孕育了基础条件。

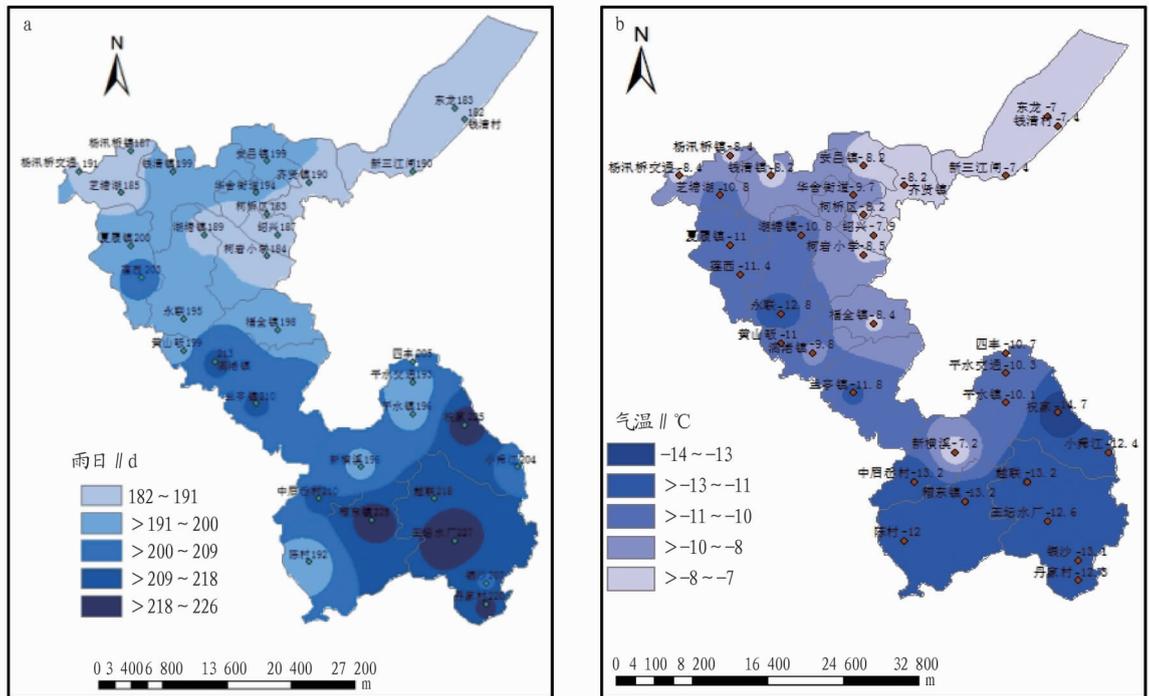


图1 2015—2019年柯桥区冬季累计雨日(a)和极端最低气温(b)分布

Fig. 1 The distribution of accumulated rainy days (a) and extreme minimum temperature (b) in Keqiao District in winter from 2015 to 2019

5 结论与讨论

该研究从气象条件、地形特点对柯桥丹家冬季气象景观时空特征及其成因进行了分析,丹家海拔较高、四周环山、水资源丰富等独特的地理特点,造就柯桥独有的冬季气象景观(雾凇、雪凇),其形成、维持和消融与气温、湿度、降水、风力等气象要素密切相关,具体结论如下:

(1)冬季气象景观日数具有较大的年际变化特征;月际变化特征主要为1月出现的概率高于2月和12月,这与气温、湿度、降水、风力等气象要素密切相关。

(2)冬季气象景观的形成对气温有着严苛要求,平均气温需低于 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最低气温需低于 $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温需(下转第223页)

期,稻虾种养主体大部分能够盈利,但也有只够保本甚至亏本的。新增从业人员缺少技术,对小龙虾苗种的质量、进苗时间、饲料质量、投喂不足等问题不了解,是新户、小散户亏本的重要原因。大户亏本主要是生产管理跟不上,技术落实不到位。此外,重虾轻稻现象普遍存在^[7]。部分地区稻虾田间工程不规范,有的田不够平整,沟埂占地过多,影响了种养产量效益。

3.3 品牌建设少合力 近年来,滁州市各地虽然打造了一批稻虾品牌,但各自为政,没有形成“滁州声音”,由于缺乏统一策划、统一包装、统一品牌、统一宣传,品牌建设与全市稻虾产业规模相比明显滞后,与“盱眙龙虾”“褚江红”“虾皇”等品牌相比知名度较低^[8]。

3.4 产业发展有短板 滁州市稻虾产业正处在一个大发展时期,许多地方掀起了稻田养殖小龙虾的热潮,但产业发展存在短板。虾饲料、虾食品规模化深加工企业少。小龙虾专业市场、冷库仓储、冷链物流等发展不足、短板突出,小龙虾生产局限于为餐饮业提供原材料。稻虾产品精深加工能力薄弱,产品附加值没有充分挖掘。龙虾销售渠道单一,主要以线下为主,旺季压价的情况时有发生,电商销售需要进一步发展。

4 对策建议

4.1 加大政策支持力度,拓宽支持范畴 政策方面不仅要强化农田基础设施建设,鼓励扩大稻虾共作发展规模,更要关注以稻虾共作为基础的一二三产融合发展。重点支持招引小龙虾精深加工企业、培育地方知名品牌(包括餐饮连锁和节庆活动)和小龙虾交易中心、冷库仓储、冷链物流、龙虾特色小镇建设运营等。金融方面对小龙虾生产、加工、流通、销售和餐饮等产业链给予金融支持;完善保险机制,防止大起大落,“虾”落伤农^[9]。此外,要加强培训指导,鼓励大学毕业生、返乡青年、大学生村官等高素质人才参与稻虾共作产业融合发展建设。

(上接第 200 页)

低于 5.0℃。

(3)高湿度是冬季气象景观形成和维持的必备条件,但是冬季气象景观的形成和维持对湿度(降水)条件具有不同的要求。冬季气象景观形成阶段日平均相对湿度需超过 99%,且形成当日或前 1 d 均有降水过程;而维持阶段保持 95%以上的高湿度即可。

(4)冬季气象景观形成阶段需满足静风微风条件(平均风和最大风风力≤3 级,极大风力≤4 级)。

(5)气温、湿度、降水、风力对冬季气象景观消融的影响程度不一致,其中偏北风转为偏南风、平均风和最大风风力≥4 级、极大风力≥5 级均是冬季气象景观消融的关键性指标。

4.2 发挥科技作用,提升产品质量 加强与高校和科研院所的合作,重点在小龙虾绿色饲料研发、优良品种繁育和虾资源精深加工等方面用力,将产业链每个关键环节都做精做大。加强对养殖户的种养技术培训,促进稻田养殖小龙虾的均衡上市,推动养殖户由“大养虾”向“养大虾”转变。全面推进绿色无公害认证,建立滁州虾产品可追溯体系,严把小龙虾和虾稻米质量安全关、品质关。打造、叫响滁州优质生态小龙虾和“虾稻米”品牌。

4.3 强化品牌建设,延伸产业链条 积极开展招商引资,大力发展小龙虾规模养殖和精深加工,开发甲壳素、壳聚糖、虾红素、虾青素、虾蛋白粉、生物复合钙等下游产品,提高小龙虾产品综合效益^[4]。加强策划宣传,拓宽营销渠道,为滁州稻虾产业量身定制小龙虾节庆活动,通过广播、电视、报纸和网站、短视频等,集中宣传滁州小龙虾特色优势、产业发展情况等,打响滁州品牌,吸引人气,拓宽市场,增加效益,促进稻虾共作产业持续健康发展。

参考文献

- [1] 李强国. 发展稻田生态种养推进绿色高产高效[J]. 农业知识, 2017(1): 32-33.
- [2] 滁州市人民政府. 滁州市人民政府办公室关于印发滁州市大力推广稻虾共作模式加快发展农业特色产业实施方案的通知[EB/OL]. (2018-08-17)[2020-04-25]. <https://wenku.baidu.com/view/af8bb9cf3a3567-ec102de2bd960590c69fc3d805.html>.
- [3] 陈卫东,汪建华,蒋军. 安徽稻虾综合种养业迈入绿色高质量发展轨道的探索[J]. 中国国情国力, 2020(2): 42-44.
- [4] 刘一明,王冬武,何志刚,等. 乡村振兴背景下南县稻虾生态综合种养产业发展探析[J]. 现代农业科技, 2019(15): 241-243, 253.
- [5] 张开兴,贺研. 稻虾“小合作”,撬动富民“大产业”[N]. 滁州日报, 2019-08-02(002).
- [6] 杨丹丹. 安徽全椒县打造稻虾共作全产业链: 2019 年全县小龙虾养殖综合产值达 10 亿元[N]. 农民日报, 2020-07-11(002).
- [7] 禹双双,王伟政,刘昆言,等. 东洞庭湖地区稻虾综合种养现状·问题与对策: 以岳阳为例[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(13): 229-231.
- [8] 竺平,张开惠,宋德玉,等. 荆州市稻虾共作生产现状、存在问题与建议[J]. 基层农技推广, 2019, 7(3): 101-103.
- [9] 孟建人,张玮,甄伟琪,等. 潜江市“虾稻共作”模式发展现状研究[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(19): 61-62.

参考文献

- [1] 李婷,丁美佳. 吉林:“白雪换白银”雾凇岛的嬗变之路——写在 2017—2018 年冬季雾凇岛游人突破一百万之际[N]. 吉林日报, 2018-04-12(007).
- [2] 周立新. 雾凇岛上看雾凇[J]. 旅游纵览, 2018(3): 98-101.
- [3] 刘岳. 雾凇岛风光[J]. 旅游世界, 2021(21): 159.
- [4] 王遵娅,赵珊珊,张强. 我国冰冻日出现的气象条件分析及其判别模型[J]. 高原气象, 2011, 30(1): 158-163.
- [5] 吴兑. 关于冻雨和雨凇、雾凇之我见[J]. 广东气象, 2008, 30(1): 12-13, 23.
- [6] 顾光芹,田国强,梁秀慧,等. 河北省雾凇和雨凇气候特征及气象条件分析[J]. 气象, 2012, 38(5): 561-568.
- [7] 丁国香,刘安平,杨彬,等. 基于逐时资料的黄山雾凇特征及气象条件分析[J]. 气象科技, 2018, 46(6): 1287-1290, 1296.
- [8] 许剑勇,陈建春,吴永泽. 黄山雾凇气候特征及旅游气象指数预报[J]. 中低纬山地气象, 2020, 44(6): 51-55.
- [9] 酃曼丽. 高山雾凇[N]. 柯桥日报, 2018-01-08(001).
- [10] 张亮宗. 雾凇美景 引客来[N]. 绍兴日报, 2019-02-12(003).