

沈姣姣,卢珊,周心河,等.韩城大红袍花椒气候品质评价研究[J].陕西气象,2025(1):50-56.

文章编号:1006-4354(2025)01-0050-07

韩城大红袍花椒气候品质评价研究

沈姣姣^{1,2},卢珊^{1,2},周心河¹,党超琪¹

(1. 陕西省气象服务中心,西安 710014;

2. 中国气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点开放实验室,西安 710014)

摘要:为了助力韩城大红袍花椒气候品质评价,提升市场竞争力,基于1992—2022年韩城国家气象站逐日观测数据和2018—2022年花椒品质检测结果,根据生态适宜度理论,采用专家决策法、百分位数法和加权求和法,建立韩城大红袍花椒气候品质评价模型,并对2023年花椒气候品质进行评价。结果表明:花椒开花坐果期日照时数、平均气温、累计降雨量,果实膨大期日照时数、平均气温、累计降雨量和果实着色期日照时数、平均气温和累计降雨量是影响花椒气候品质的关键指标。花椒开花坐果期、果实膨大期和果实着色期平均气温为18.0、22.5、26.3℃,日照时数为203.4、224.8、259.5h,降雨量为38.8、54.7、105.6mm。将气候品质指数划分为特优(≥ 0.8)、优(0.7~0.8)、良(0.6~0.7)和一般(< 0.6)四个等级,通过典型年验证法发现气候品质评价模型等级划分和品质评价指标得到的结果相吻合,能量化地反映气象条件对花椒气候品质的影响。2023年花椒气候品质指数为0.79,等级为“优”。

关键词:韩城;大红袍花椒;生育期;气候品质指数;气候品质评价模型

中图分类号:P49

文献标识码:A

韩城大红袍花椒距今已有600多年的栽培历史。古代花椒又称“秦椒”,明代时已在韩城大量栽植。特殊的立体气候和丰富的光热资源形成了韩城大红袍花椒穗大粒多、色泽鲜艳、皮厚肉丰、香味浓郁、麻味适中的特点。韩城大红袍花椒是全国花椒产业中首个获得国家地理标志保护的产品,2022年品牌价值达213.6亿元。目前花椒已成韩城市的特色优势主导产业,也是当地农民的主要收入来源。花椒的生长发育、产量形成和果实品质与气象条件关系密切^[1-10]。研究表明,年平均气温是影响武都花椒生产的主要气象因子,4月最低平均气温、3—6月平均降水量、7—8月空气相对湿度是次要因子^[11]。马冠华等^[12]也发现,气温和光照对韩城花椒生长发育影响明显,并基于此对韩城花椒种植区进行了区划。随着气候变

暖,有研究发现冬春季气温升高导致花椒抗寒能力减弱,花椒越冬期和萌芽开花期更易遭受低温冻害^[13-15],低温冻害会造成花椒颗粒直径变小,色泽变暗,口感变差^[16]。挥发油和麻味素是花椒香气和麻味的主要成分,孙恩虹等^[17]利用人工气候室研究表明,温度升高会影响花椒次生代谢过程中酶的含量或活性,进而影响花椒果实中挥发油、麻味素等物质的合成和积累。果实膨大期充足的日照、充沛的降水与较大的气温日较差有利于花椒挥发油的积累,但是湿度过高会影响花椒麻味素的含量^[18]。同一品种花椒也会因为生长期间光照和降水等气象因子的不同而影响挥发油和麻味素等品质成分^[3,19],日照时数相对较长和海拔较高产区的花椒挥发油含量高于日照时数相对较短和海拔较低产区的花椒挥发油含量^[20-21]。

收稿日期:2023-10-24

作者简介:沈姣姣(1986—),女,汉族,山西运城人,博士,高级工程师,主要从事气象服务与生态气候评价。

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划(2021JQ-964);秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2024G-7)

前期关于气象因子对花椒生长发育和产量影响的研究较多,但关于气象因子对花椒品质影响的研究相对较少,且多为定性化分析。目前花椒气候品质评价技术几乎为空白,且并无统一的评价标准。农作物气候品质评价是指对天气气候条件影响农作物品质的优劣程度进行等级评定^[22-24],为农产品增添新的“气候身份证明”,对促进优势特色农业产业的健康稳定发展具有重要意义^[25]。通过将气象数据和农作物品质数据结合起来,基于产区实际情况,采用模糊数学综合评价法、因子分析法、加权指数法和法等,先后开展了对茶叶^[23-24]、库尔勒香梨^[26]、核桃^[27]、猕猴桃^[28-29]、苹果^[30-31]、辽宁南果梨^[32]、巫山脆李^[33]等的气候品质评价。本研究根据生态适宜度理论,采用专家决策法和百分位数法确定韩城大红袍花椒关键生育期各气象指标阈值范围和权重系数,应用加权求和法建立气候品质评价模型,同时对2023年韩城大红袍花椒气候品质进行评价,该评价模型可为客观评价花椒品质,指导花椒产业可持续发展提供技术支撑。

1 研究区概况

韩城古称“龙门”,介于 $35^{\circ}18'50''\text{N}\sim 35^{\circ}52'08''\text{N}$, $110^{\circ}07'19''\text{E}\sim 110^{\circ}37'24''\text{E}$,位于陕西省东部黄河西岸,关中盆地东北隅,北靠宜川,西临黄龙,东隔黄河与山西省乡宁、河津、万荣县相望,南与合阳毗邻,地势西北高,东南低,境内山塬川滩等地貌类型兼有,地貌特征为“七山一水二分田”,其中深山和浅山丘陵占总面积的69%。韩城属暖温带半干旱区域,为大陆性季风气候,适宜的海拔高度及地形形成了四季分明、气候温和、光照充足的区域气候特色。韩城年平均气温 $14.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 $4\ 626\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,年平均降雨量 556.1 mm ,年平均日照时数 $2\ 276.2\text{ h}$,年平均相对湿度 58.8% ,年平均风速 1.8 m/s 。2022年韩城市花椒种植面积达到 366.7 km^2 ,年产量超 $3\ 500\text{ 万 kg}$,年产值40亿元,主要种植品种为大红袍。

2 数据与方法

2.1 数据来源

2.1.1 气象数据 气象数据为韩城国家气象站1992年1月1日—2022年12月31日逐日平均

气温、最高气温、最低气温、日照时数、降雨量等,数据来源于陕西省气象信息中心。此外,还包括2012年1月1日—2022年12月31日花椒生长期主要气象灾害、病虫害以及与气候品质评价密切相关的数据资料,数据来源于韩城市气象局。

2.1.2 品质数据 品质数据来源于当地权威检测部门提供的2018—2022年韩城大红袍花椒品质检测报告,检测项目包含固有杂质含量(%)、外来杂质含量(%)、水分含量(%)、挥发油含量($\text{ml}/100\text{ g}$)和不挥发性乙醚抽提物(%)等。

2.1.3 生育期划分 通过走访韩城当地大红袍花椒的实际种植情况,确定其生育期分为以下五个阶段:2月中旬—4月上旬为萌芽抽稍期,4月中旬—5月上旬为开花坐果期,5月中旬—6月上旬为果实膨大期,6月中旬—7月中旬为果实着色期,7月下旬—9月中旬为成熟采摘期。

2.2 研究方法

参照《农产品气候品质认证技术规范》(QX/T486—2019),基于韩城大红袍花椒的生物学特性,通过查阅文献^[12,14,18,34]和实地调研等方法,耦合表征其品质的生理生化指标、外观指标和同期气象数据,采用专家决策法和百分位数法,确定关键气象指标的阈值范围和权重系数;利用气候品质评价指标适宜度,采用加权求和法,建立韩城大红袍花椒的气候品质评价模型。

$$I_{\text{CQ}} = \sum_{i=1}^n a_i M_i, \quad (1)$$

其中, I_{CQ} 为气候品质评价指数, n 为气候品质评价指标的数量(单位:个), a_i 为第 i 个气候品质评价指标的权重系数, M_i 为第 i 个气候品质评价指标的适宜度。

参照农业气象条件定量化等级评价标准,将气候品质评价指标适宜度划分为四个等级,分别用1.0、0.8、0.6、0.4代表最适宜、适宜、较适宜、一般等级,各等级划分标准如下:

$$M_i = \begin{cases} 1.0, P_{i01} \leq X_i \leq P_{i02} \\ 0.8, P_{i11} \leq X_i \leq P_{i01} \text{ 或 } P_{i02} < X_i \leq P_{i12} \\ 0.6, P_{i21} \leq X_i \leq P_{i11} \text{ 或 } P_{i12} < X_i \leq P_{i22} \\ 0.4, X_i \leq P_{i21} \text{ 或 } X_i > P_{i22} \end{cases}, \quad (2)$$

上式中, X_i 为第 i 个气象指标实测值, P_{i01} 、 P_{i02} 为气候品质为特优的第 i 个气象指标的下限值和上限值, P_{i11} 、 P_{i12} 为气候品质为优的第 i 个气象指标的下限值和上限值, P_{i21} 、 P_{i22} 为气候品质为良的第 i 个气象指标的下限值和上限值。

参照陕西地方标准《地理标志产品 韩城大红袍花椒》(DB 61/T 1171—2018)^[34], 并咨询韩城市花椒研究所相关技术人员, 根据气候品质评价指数计算结果, 结合韩城大红袍花椒生产实际, 将气候品质评价标准统一划分为四个等级: 特优、优、良和一般, 并据此等级对韩城大红袍花椒的气候品质做出评价。

3 结果与分析

通过查阅参考文献^[5-7, 14-17], 实地走访调查韩城大红袍花椒种植企业、种植大户以及广泛征求西北农林科技大学、韩城市气象局、韩城市农业农村委等多位专家意见, 认定对韩城大红袍花椒气候品质影响较大的生育期分别是开花坐果期(4月中旬—5月上旬)、果实膨大期(5月中旬—6月上旬)和果实着色期(6月中旬—7月中旬)。

3.1 关键生育期气象条件分析

3.1.1 气温 从图1可以看出, 1992—2022年韩城大红袍花椒开花坐果期气温为15.6~20.3℃, 多年平均气温为18.0℃, 平均气温表现出上升趋势, 线性倾向率为0.14℃/10a。果实膨大期气温为20.1~24.7℃, 多年平均气温为22.5℃, 平均气温也表现出上升趋势, 线性倾向率为0.24℃/10a。果实着色期是花椒色泽、油腺、香气发育积累的过程, 最适温度为22~27℃。

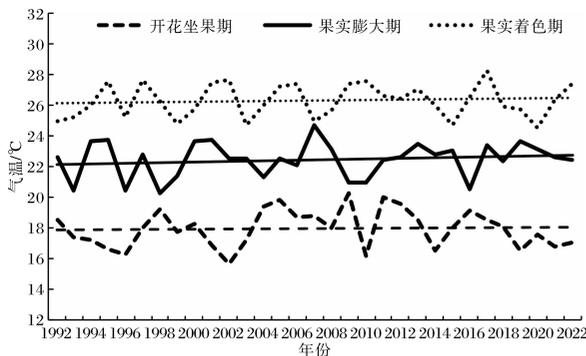


图1 1992—2022年韩城大红袍花椒关键生育期气温年变化

1992—2022年韩城大红袍花椒果实着色期气温为24.5~28.3℃, 多年平均气温为26.3℃, 线性升温速率为0.07℃/10a。三个关键生育期平均气温的变化趋势均未通过显著性检验。

3.1.2 日照时数 花椒是喜光树种, 光照条件直接影响花椒树体的生长发育和开花结果。开花期光照充足, 坐果率高; 光照不足容易引起落花落果。从图2可以看出, 1992—2022年韩城大红袍花椒开花坐果期日照时数为149.8~275.7h, 多年平均日照时数为203.4h, 线性倾向率为8.83h/10a。果实膨大期日照时数为121.7~332.6h, 多年平均为224.8h, 线性倾向率为10.35h/10a。果实着色期光照充足, 有利于光合产物积累, 果皮增厚, 着色良好, 品质提高; 光照不足, 雨量过多, 影响光合作用和有机物质的合成, 花椒色泽暗淡, 品质下降, 甚至霉变。1992—2022年韩城大红袍花椒果实着色期日照时数为155.6~358.5h, 多年平均为259.5h, 呈现微弱下降趋势(-3.77h/10a)。三个关键生育期日照时数的变化趋势未通过显著性检验。

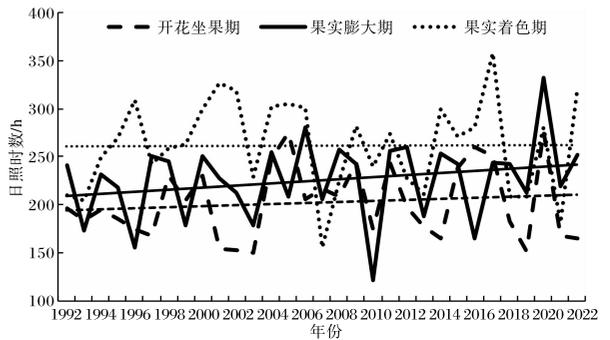


图2 1992—2022年韩城大红袍花椒关键生育期日照时数年变化

3.1.3 降雨量 花椒是耐旱树种, 一般在年降雨量500mm以上地区, 可基本满足花椒树的生长和结果; 降水偏少或干旱利于蚜虫发生, 造成果粒小, 影响产量。生育后期降雨量偏多会延迟成熟期, 果实着色不佳。从图3可以看出, 1992—2022年韩城大红袍花椒开花坐果期降雨量为4.3~121.8mm, 多年平均为38.8mm, 表现出上升趋势, 线性倾向率为2.10mm/10a。果实膨大期和着色期降雨量分别为8.9~134.1mm和22.8~

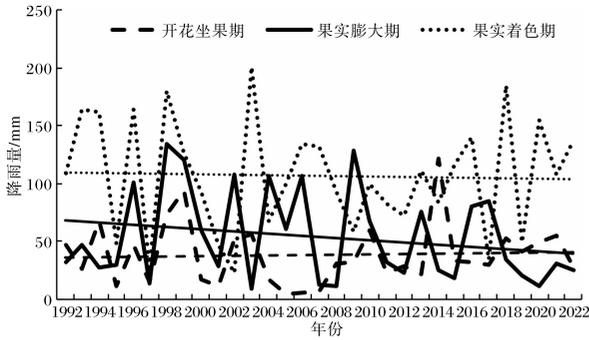


图3 1992—2022年韩城大红袍花椒关键生育期降雨量年变化

201.1 mm,多年平均为 54.7 mm 和 105.6 mm,均表现出下降趋势,线性倾向率分别为 $-8.52 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 和 $-4.47 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。开花坐果期、果实膨大期和着色期降雨量变化趋势未通过显著性检验。

3.2 气候品质评价模型构建

3.2.1 关键气象评估指标筛选及阈值范围确定

耦合表征韩城大红袍花椒品质的生理生化指标、

外观指标和同期气象数据。通过分析和研究,筛选出影响韩城大红袍花椒气候品质的 9 个关键气象评估指标,分别是:开花坐果期的日照时数(h)、平均气温($^{\circ}\text{C}$)、累计降雨量(mm),果实膨大期的日照时数(h)、平均气温($^{\circ}\text{C}$)、累计降雨量(mm),果实着色期的日照时数(h)、平均气温($^{\circ}\text{C}$)、累计降雨量(mm)。

利用百分位数法划分气象评估指标各等级阈值。首先对历年气象因子从小到大排序,利用总样本数(n)乘以百分位数 P (如 20%, 40%, 60%, 80%等),得到 k 。若 k 为整数,则气象因子由小到大排列的第 k 个与第 $(k+1)$ 个的平均值为第 P 百分位数;若 k 不是整数,规定 k 的整数部分为 a ,则第 $(a+1)$ 个气象因子为第 P 百分位数。由此得到不同百分位数下各气象评估指标的阈值范围(表 1)。

表 1 韩城大红袍花椒不同生育期气候品质评估指标在不同百分位数下的阈值

生育期	评估指标	1.0	0.8	0.6	0.4
开花	日照时数/h	≥ 203	[163,203)	[122,163)	< 122
坐果	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	[15,18]	[14,15)或(18,19]	[13,14)或(19,20]	< 13 或 > 20
期	累计降雨量/mm	[30,50]	[20,30)或(50,60]	[10,20)或(60,70]	< 10 或 > 70
果实	日照时数/h	≥ 225	[180,225)	[135,180)	< 135
膨大	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	[18,22]	[17,18)或(22,23]	[16,17)或(23,24]	< 16 或 > 24
期	累计降雨量/mm	[40,60]	[30,40)或(60,70]	[20,30)或(70,80]	< 20 或 > 80
果实	日照时数/h	≥ 260	[207,260)	[156,207)	< 156
着色	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	[22,26]	[21,22)或(26,27]	[18,21)或(27,29]	< 18 或 > 29
期	累计降雨量/mm	[90,110]	[80,90)或(110,120]	[70,80)或(120,130]	< 70 或 > 130

3.2.2 气候品质评价模型构建及等级划分 通过走访调查,根据韩城大红袍花椒产量和品质受天气气候影响的情况,征求专家和种植大户的意见,确定韩城大红袍花椒气候品质评价模型中开花坐果期、果实膨大期和果实着色期的权重系数分别为 0.4、0.4 和 0.2;开花坐果期日照时数、平均气温、累计降雨量的权重系数分别为 0.4、0.3 和 0.3,果实膨大期日照时数、平均气温、累计降雨量的权重系数分别为 0.4、0.4 和 0.2,果实着色期日照时数、平均气温、累计降雨量的权重系数

分别为 0.3、0.5 和 0.2。由此得到韩城大红袍花椒气候品质评价模型为:

$$I_{CQ} = 0.16X_1 + 0.12X_2 + 0.12X_3 + 0.16X_4 + 0.16X_5 + 0.08X_6 + 0.06X_7 + 0.10X_8 + 0.04X_9 \quad (3)$$

(3)式中, I_{CQ} 为气候品质指数; X_1 至 X_9 为各气象评估指标适宜度,其中 X_1, X_2, X_3 分别为开花坐果期日照时数、平均气温、累计降雨量适宜度, X_4, X_5, X_6 分别为果实膨大期日照时数、平均气温、累计降雨量适宜度, X_7, X_8, X_9 分别为果实

着色期日照时数、平均气温、降雨量适宜度。

将各气象评估指标适宜度代入气候品质评价模型,得到气候品质指数(I_{CQ}),并将其划分为4个等级:特优($I_{CQ} \geq 0.8$)、优($0.7 \leq I_{CQ} < 0.8$)、良($0.6 \leq I_{CQ} < 0.7$)和一般($I_{CQ} < 0.6$)。

参照陕西地方标准《地理标志产品 韩城大红

袍花椒》(DB 61/T 1171—2018),确定固有杂质含量、外来杂质含量、水分含量、挥发油含量以及不挥发性乙醚抽提物5个指标作为韩城大红袍花椒气候品质评价的理化指标,并分为4个等级,与气候品质指数匹配(表2)。

表2 韩城大红袍花椒各气候品质等级的理化指标

理化指标	特优	优	良	一般
固有杂质含量/%	≤ 4.5	(4.5,6.5]	(6.5,11.5]	(11.5,17.0]
外来杂质含量/%	≤ 0.0	(0.0,0.5]	(0.0,0.5]	(0.5,1.0]
水分含量/%	≤ 10.0	≤ 10.0	≤ 10.0	≤ 10.0
挥发油含量/(mL/100 g)	≥ 4.5	[3.5,4.5)	[3.0,3.5)	[2.5,3.0)
不挥发性乙醚抽提物/%	≥ 8.0	≥ 8.0	[7.5,8.0)	[7.0,7.5)

3.2.3 气候品质评价模型检验 为了验证气候品质等级划分是否合理,选取典型年对韩城大红袍花椒气候品质评价模型进行验证。鉴于2020年和2022年有完整的韩城大红袍花椒品质检测数据,故将这两年花椒品质检测结果与由气候品质评价模型计算得到的结果进行对比,若等级一致或相差一级,则说明建立的气候品质评价模型科学合理,若等级相差两级及以上,则需要对模型继续优化调整。根据权威检测部门提供的韩城大红袍花椒品质检测结果,发现除2022年固有杂质

含量和外来杂质含量检测结果等级为“优”外,2020年和2022年其他项目检测结果均为“特优”(表3)。将各气候评估指标适宜度代入气候品质评价模型,得到2020年和2022年韩城大红袍花椒气候品质指数(I_{CQ})分别为0.86和0.82,均属于“特优”等级,也就是说,气候品质评价模型等级划分结果与品质评价指标分级结果相吻合。另外通过走访当地花椒研究所专家和种植农户,发现得到的结果与通过现有评价模型计算的结果相一致,因此认为该评价模型科学可用。

表3 2020年和2022年韩城大红袍花椒品质检测结果

理化指标	2020年		2022年	
	检测结果	品质等级	检测结果	品质等级
固有杂质含量/%	4.50	特优	5.00	优
外来杂质含量/%	0.00	特优	0.03	优
水分含量/%	8.84	特优	6.02	特优
挥发油含量/mL · 100g ⁻¹	5.39	特优	4.50	特优
不挥发性乙醚抽提物/%	11.52	特优	13.64	特优

3.3 2023年气候品质指数

利用韩城逐日平均气温、最高气温、最低气温、降雨量、日照时数等气象资料,统计得到2023年韩城大红袍花椒开花坐果期日照时数为147.7 h,适宜度为0.6;平均气温为14.7℃,适宜度为

0.8;累计降雨量为110.4 mm,适宜度为0.4。果实膨大期日照时数为208.9 h,适宜度为0.8;平均气温为21.1℃,适宜度为1.0;累计降雨量为59.8 mm,适宜度为1.0。果实着色期日照时数为265.2 h,适宜度为1.0;平均气温为25.6℃,

适宜度为 1.0; 累计降雨量为 56.6 mm, 适宜度为 0.4。将各气象评估指标适宜度代入气候品质评价模型, 得到 2023 年韩城大红袍花椒气候品质指数为 0.79, 为“优”等级。

4 结论与讨论

(1) 1992—2022 年韩城大红袍花椒开花坐果期、果实膨大期和果实着色期平均气温分别为 18.0 °C、22.5 °C 和 26.3 °C, 线性倾向率分别为 0.14、0.24 和 0.07 °C/10 a; 日照时数分别为 203.4 h、224.8 h 和 259.5 h, 线性倾向率分别为 8.83、10.35 和 -3.77 h/10 a; 累计降雨量分别为 38.8 mm、54.7 mm 和 105.6 mm, 线性倾向率分别为 2.10、-8.52 和 -4.47 mm/10 a。

(2) 建立了基于韩城大红袍花椒开花坐果期日照时数、平均气温、累计降雨量、果实膨大期日照时数、平均气温、累计降雨量和果实着色期日照时数、平均气温和累计降雨量共 9 个气象因子的韩城大红袍花椒气候品质评价模型。通过典型年份法对该模型进行检验, 发现气候品质评价模型等级划分和品质评价指标得到结果相吻合, 模型比较可靠。利用该模型计算发现, 2023 年韩城大红袍花椒气候品质指数为 0.79, 为“优”等级。

(3) 农产品气候品质评价是气象部门在农业科学上的一个创新, 提升了气象科技力量在农业经济中的贡献率, 开辟了科技生产力转化为经济效益的新途径。但花椒生长具有明显的地带性, 复杂的地形、地表状况形成的小气候差异较大, 在进行花椒气候品质评价时应充分考虑这些要素。此外, 此次评估仅仅只有韩城国家气象站资料作为代表, 农业气象观测站和区域气象观测站数据有所缺乏, 且花椒品质检测数据年限较短, 后期还需积累大量的小气候观测数据和品质检测数据, 以进一步提高气候品质评价的科学性。最后, 影响韩城大红袍花椒产量和品质的因素很多, 除了气候条件外, 还受品种遗传特性、土壤、栽培技术等因素的影响, 该研究中建立的韩城大红袍花椒气候品质评价模型还没有经过长期实验验证, 评价指标还需要进一步探索, 模型参数还需继续改进, 以使评价结果更加精细化和科学化。

参考文献:

- [1] 李小卫. 韩城花椒气候资源分析与气候区划[J]. 陕西气象, 2013(6):28-30.
- [2] 朱拥军, 李建国, 姚小英, 等. 黄土高原干旱山地花椒生长的气象条件分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(1):52-56.
- [3] 余优森, 任三学. 陇南花椒品质气象条件和气候区划[J]. 中国农业气象, 1995, 16(6):32-34.
- [4] 狄彩霞, 王正银. 影响花椒产量和品质的因素[J]. 中国农学通报, 2004, 20(3):179-181.
- [5] 雷莉萍, 韦娜, 杨文莉. 大红袍花椒适宜气候条件与高产栽培技术[J]. 陕西气象, 2007(6):31-33.
- [6] 程敏, 高阳华, 杨世琦, 等. 重庆市花椒气候生态区划研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(6):53-59.
- [7] 张奇, 任利明, 梁宏喆, 等. 气象条件对不同品种花椒果实生长发育的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5):111-115.
- [8] 樊惠芳, 郭旭新, 程斌, 等. 渭北旱原花椒产量与水分关系的研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(4):32-34.
- [9] 刘杜玲, 王晓燕, 吴顺科, 等. 不同种源花椒抗旱性研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(6):25-28.
- [10] 李智杰, 孙德祥, 邓振义, 等. 不同产地花椒多指标综合排序及环境因子影响分析[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(5):74-77.
- [11] 刘丽, 张燕, 孙畅, 等. 甘肃武都花椒生长气象条件分析及气候适应性区划研究[J]. 中国农学通报, 2017, 33(19):126-132.
- [12] 马冠华, 王双银, 王正中. 基于光热地资源的特色农业精细区划指数模型: 以韩城市花椒种植为例[J]. 干旱地区农业研究, 2021, 39(4):179-185.
- [13] 廖要明, 杨文平. 凤县花椒生产气候条件和灾害分析[J]. 中国农学通报, 2019, 35(23):84-90.
- [14] 李小卫, 李艳丽. 气候变化对韩城花椒生产影响及适应对策分析[J]. 陕西气象, 2010(2):23-26.
- [15] 敖芹, 左晋, 谢和林, 等. 遵义市九叶青花椒气候适宜性区划研究[J]. 中低纬山地气象, 2019, 43(6):50-55.
- [16] 岳高峰, 马俊强, 祁萍, 等. 低温冻害对花椒产量及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2022, 34(11):143-148.

- [17] 孙恩虹,唐艺,张凯,等. 不同温度对花椒产量及品质指标的影响研究[J]. 现代农业科技,2021(24):25-28.
- [18] 孙恩虹,张建平,张凯,等. 青花椒气候品质评估模型的构建与验证[J]. 南方农业学报,2021,52(7):1942-1951.
- [19] 韩若梅,何盒,申怡飞,等. 不同种源大红袍花椒种实特性及主要化学成分的地理变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(6):69-74.
- [20] 霍归国,梁婷玉,史金涵,等. 武都“大红袍”花椒品质研究[J]. 中国农学通报,2021,37(22):120-125.
- [21] 罗凯,朱琳,阚建全,等. 不同产地青花椒和红花椒挥发油的比较研究[J]. 食品工业科技,2012,33(18):103-106.
- [22] 谢远玉,王培娟,朱凌金,等. 基于气象因子的赣南脐橙气候品质指标评价模型[J]. 生态学杂志,2019,38(7):2265-2274.
- [23] 娄伟平,吴利红,孙科,等. 春季龙井茶叶气候品质认证[J]. 气象科技,2014,42(5):945-950.
- [24] 金志凤,王治海,姚益平,等. 浙江省茶叶气候品质等级评价[J]. 生态学杂志,2015,34(5):1456-1463.
- [25] 简咏梅. 浅析新疆开展农产品气候品质认证的意
义[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(8):91-93.
- [26] 黄娟,李新建,吴新国,等. 库尔勒香梨气候品质评价指标及模型的研究[J]. 沙漠与绿洲气象,2018,12(3):87-94.
- [27] 胡晓黎,张鸿雁,赵小宁,等. 洛南核桃气候品质认证方法研究[J]. 陕西气象,2022(3):60-63.
- [28] 张向荣,何可杰,雷雯,等. 猕猴桃果品气候品质认证技术研究[J]. 陕西农业科学,2015,61(10):65-68.
- [29] 刘璐,屈振江,张勇,等. 陕西猕猴桃果品气候品质认证模型构建[J]. 陕西气象,2017(4):21-25.
- [30] 刘璐,王景红,张树誉,等. 陕西红富士苹果气候品质指标及认证技术[J]. 中国农业气象,2018,39(9):611-617.
- [31] 屈振江,郑小华,刘璐,等. 陕西不同生态区苹果品质差异及与气象因子的关系[J]. 气象,2017,43(7):872-878.
- [32] 胡春丽,李荣平,焦敏,等. 辽宁南果梨气候品质评价技术方法及应用[J]. 沙漠与绿洲气象,2021,15(6):108-112.
- [33] 吴平,李家启,唐余学,等. “巫山脆李”气候品质评估及等级划分[J]. 气象科技进展,2021,11(2):116-118.
- [34] 地理标志产品 韩城大红袍花椒:DB 61/T 1171—2018[S].