

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2024.06.047

孙飞虎, 柳平增, 孟宪勇, 等. 基于模糊聚类的沂水雪茄烟种植生态适应性评价[J]. 中国农机化学报, 2024, 45(6): 330-336

Sun Feihu, Liu Pingzeng, Meng Xianyong, et al. Ecological suitability evaluation of cigar planting in Yishui based on fuzzy clustering [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2024, 45(6): 330-336

基于模糊聚类的沂水雪茄烟种植生态适应性评价*

孙飞虎^{1, 2, 3}, 柳平增^{1, 2, 3}, 孟宪勇^{1, 2, 3}, 陈秀斋⁴, 张超⁴, 刘莉⁴

(1. 山东农业大学信息科学与工程学院, 山东泰安, 271018; 2. 农业农村部黄淮海智慧农业技术重点实验室, 山东泰安, 271018; 3. 山东农业大学农业大数据研究中心, 山东泰安, 271018;
4. 山东临沂烟草有限公司, 山东临沂, 276003)

摘要:通过生态适应性评价筛选适合雪茄烟种植生产的区域,是提升雪茄原料产量与质量、促进雪茄产业发展的前提。以山东沂水雪茄庄园为例,运用生育期平均气温、昼夜气温差、生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、生育期相对湿度、生育期降雨量以及生育期日均日照时数等雪茄种植生产的重要气候指标,对哈瓦那、比那尔得里奥、什那等 11 个国内外优质雪茄烟区进行模糊聚类并通过隶属度函数求得各地区相应的 CFI 值。模糊聚类结果表明,可将 11 个区域划分为 4 类,其中沂水气候条件与哈瓦那、比那尔得里奥、什那、多米尼加、巴伊亚州等国内外优质雪茄种植地区相似,它们的气候适宜性指数 CFI 值依次为沂水(0.931)、哈瓦那(0.963)、比那尔得里奥(0.956)、什那(0.944)、多米尼加(0.932)、巴伊亚州(0.892),尤其沂水与多米尼加的 CFI 指数最为相近。由此得出,沂水雪茄庄园具有种植优质雪茄烟的生态气候条件。

关键词:模糊聚类;雪茄;气候适宜性;生态适应性;隶属度函数

中图分类号: S572 文献标识码: A 文章编号: 2095-5553 (2024) 06-0330-07

Ecological suitability evaluation of cigar planting in Yishui based on fuzzy clustering

Sun Feihu^{1, 2, 3}, Liu Pingzeng^{1, 2, 3}, Meng Xianyong^{1, 2, 3}, Chen Xiuzhai⁴, Zhang Chao⁴, Liu Li⁴

(1. School of Information Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, 271018, China;
2. Key Laboratory of Intelligent Agriculture Technology of the Yellow and Huaihai Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tai'an, 271018, China; 3. Agricultural Big Data Research Center, Shandong Agricultural University, Tai'an, 271018, China; 4. Shandong Linyi Tobacco Co., Ltd., Linyi, 276003, China)

Abstract: Screening suitable areas for cigar planting and production through ecological adaptability evaluation is a prerequisite for improving the yield and quality of cigar raw materials and promoting the development of cigar industry. Taking Yishui Cigar Estate in Shandong Province as an example, using important climate indicators such as average temperature during the growth period, temperature difference between day and night, active accumulated temperature of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ during the growth period, relative humidity during the growth period, rainfall during the growth period and average daily sunshine hours during the growth period, fuzzy clustering was carried out on 11 high-quality cigar tobacco areas at home and abroad, including Havana, Binard de Río and Shifang, and the corresponding CFI values of each region were obtained through the membership function. The fuzzy clustering results showed that 11 regions could be divided into 4 categories, among which the climatic conditions of Yishui were similar to those of Havana, Pinar de Río, Dominica, Bahia, Shifang and other high-quality cigar growing areas at home and abroad, and their climate suitability index CFI values were 0.931, 0.963, 0.956, 0.944, 0.932 and 0.892, respectively, especially Yishui and Dominica's CFI index was the most similar. It is concluded that Yishui Cigar Estate has the ecological and climatic conditions for growing high-quality cigars.

Keywords: fuzzy clustering; cigar; climatic suitability; ecological suitability; membership function

收稿日期: 2022 年 11 月 21 日 修回日期: 2023 年 2 月 17 日

* 基金项目: 山东省农业重大应用技术创新项目(SD2019ZZ019); 2019 年度山东省重点研发计划(公益类专项)项目(2019GNC106103); 山东省科技特派员项目(2020KJTPY078); 山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY010713)

第一作者: 孙飞虎, 男, 1999 年生, 安徽濉溪人, 硕士研究生; 研究方向为大数据与人工智能。E-mail: sunflytiger@163.com

通讯作者: 柳平增, 男, 1968 年生, 山东济南人, 教授, 博导; 研究方向为农业大数据、农业物联网与智慧农业。E-mail: pzliu@sdau.edu.cn

0 引言

近年来,我国雪茄产业发展迅速^[1],已逐步成为我国烟草行业新的经济增长点^[2]。目前大部分国产雪茄烟原料依赖于国外进口,雪茄烟叶特别是高质量茄衣短缺一定程度上制约了我国雪茄产业的健康、可持续发展,已成为制约雪茄产业发展的最大瓶颈^[3]。雪茄烟作为晾烟的一种,对生态和气候条件要求更高^[4]。生态因素对雪茄烟的产量与品质皆有影响,尤其是对烟叶品质影响最大^[5,6],雪茄烟生长的生态条件主要包括气候条件与土壤条件^[7],而气候条件对雪茄烟的影响尤为显著^[8],因此筛选出适宜种植优质雪茄烟的产区对解决雪茄原料短缺、推动雪茄产业健康可持续发展具有重要意义。本研究拟在分析沂水气候特点基础上,研究烟草种植生态适宜性评价方法。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

山东省沂水县地处鲁中南地区,沂蒙山区北部,沂山南麓,属鲁中南低山陵区,地势西北高、东南低,西北部为低山区,东部和东北部为丘陵,中南部为平原。地理坐标东经 118°11′~119°03′,北纬 35°36′~36°12′。沂水县属暖温带季风气候区,年均气温为 12.5℃~13.5℃,昼夜温差大,无霜期长达 240 d 以上,年均降雨量为 785.1 mm,7—9 月降雨量充沛,约占全年降雨量的 70%,年平均相对湿度为 65%,年均日照率为 55%~59%,年日照总时长为 2420.1 h。雪茄庄园地处沂水县西北部诸葛镇跋山水库北岸,境内为低山区,海拔在 159~524 m 之间,水资源充沛,黄烟为该地区的主要经济作物之一。

1.2 研究方法

模糊聚类分析是根据客观事物间的特征、亲疏程度、相似性,通过建立模糊相似关系对客观事物进行聚类分析,其在解决区域划分、气候分类等问题上都有一定的应用^[9]。本文在文献^[10-13]等的基础上,提出模糊聚类与隶属函数相结合的气候适宜性评价方法。首先利用模糊聚类对采集的数据样本进行聚类,然后采用隶属度函数对和沂水聚到一类的雪茄烟区进行评分。

1.2.1 模糊聚类分析

1) 数据标准化处理。由于各性状指标的量纲和数量级不同,不能直接计算分析。为消除单位的影响,使数据具有可比性,需采用标准差法对原始数据进行处理。

$$F_{ij} = \frac{F'_{ij} - \overline{F'_j}}{S_j} \quad (1)$$

式中: F_{ij} —— 初始数据;

$\overline{F'_j}$ —— 某一性状均值;

S_j —— 该性状的标准差。

2) 建立模糊相似矩阵。设 U 为被分类对象的全体, r_{ij} 为在 U 上建立的相似系数。采用欧式距离法由式(2)计算 r_{ij} ,并建立模糊相似矩阵 R 。

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 1 - \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^m (F_{ik} - F_{jk})^2}}{D} & i \neq j \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{其中 } D = \max \sqrt{\sum_{k=1}^m (F_{ik} - F_{jk})^2}。$$

3) 求模糊等价矩阵 R^* 。模糊等价矩阵:即 R 自乘 $R \cdot R = R^2$,再自乘 $R^2 \cdot R^2 = R^4$,直到 $R^{2k} = R^k = R^*$ 为止,则 R^* 便是一个模糊等价矩阵。

4) 模糊聚类分析。用 $R_\lambda^* = (\lambda_{ij})$,取适宜实数 $\lambda \in [0, 1]$ 。当 $r_{ij} \geq \lambda$ 时, $\lambda_{ij} = 1$;当 $r_{ij} < \lambda$ 时, $\lambda_{ij} = 0$ 。对得到的结果矩阵进行排序划分,即得到在 λ 水平上的分类。

1.2.2 基于模糊数学求气候适宜性指数

1) 评价指标隶属函数的建立。通过模糊统计法确定各评价指标的隶属函数类型、最优值和最差值,然后计算出各评价因子的隶属度。涉及的隶属度函数为抛物线型(式(3))与升梯型(式(4)),其中抛物线型函数适用于雪茄烟生长既有上限又有下限的因子,升梯型函数适用于雪茄烟有下限无上限的因子。本研究涉及隶属函数如式(3)所示,其中 a 为下限, b 为最优值下限, c 为最优值上限, d 为上限, $a < b < c < d$ 。

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & b \leq x < c \\ \frac{x-a}{b-a} \times 0.9 + 0.1 & a < x < b \\ \frac{d-x}{d-c} \times 0.9 + 0.1 & c < x < d \\ 0.1 & x \geq d, x \leq a \end{cases} \quad (3)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} \times 0.9 + 0.1 & a \leq x < b \\ 0.1 & x < a \end{cases} \quad (4)$$

本研究首先通过数据统计分析以及咨询专家筛选出进行适宜性评价的气候因子,然后通过层次分析法构建层次结构模型,将与评价有关的要素分为目标层(雪茄生态适应性)、准则层(气候条件)和指标层(生育期平均气温,生育期 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温,生育期相对湿度,生育期平均降水量,生育期平均日照时数),结合专家赋值法来进行判断矩阵的构造,最后进行一致性检验并计算各指标权重值。所涉及的各气候因子的权重值、隶属函数类型及拐点如表 1 所示。

表 1 各评价指标的权重、隶属函数类型及拐点
Tab. 1 Weight, membership function type and inflection point of each evaluation index

气候因子	权重	隶属函数类型	最优值	最差值
生育期平均气温	0.41	抛物线型	24 °C ~ 30 °C	20 °C, 35 °C
生育期 ≥ 10 °C 活动积温	0.29	升梯型	2 800 °C	2 600 °C
生育期相对湿度	0.06	抛物线型	70% ~ 80%	50%, 90%
生育期平均降水量	0.08	抛物线型	500 ~ 600 mm	300 mm, 800 mm
生育期平均日照时数	0.16	抛物线型	600 ~ 800 h	300 h, 1 000 h

2) 气候适宜性指数计算。利用隶属函数气候因子指标值与权重系数加成法则,分别计算通过聚类得到的与沂水同一分类的地区的气候适宜性指数。气候适宜性指数 CFI 计算如式(5)所示。

$$CFI = \sum_{i=1}^n P_j X_{ij} \quad j=1,2,3,\dots,m \quad (5)$$

式中: n —— 评价指标的总数;

P_j —— 第 j 个评价因子的权重值;

X_{ij} —— 第 j 个评价因子的隶属度。

本研究将优质雪茄种植气候适宜性按照 CFI 值分为 4 个等级,如表 2 所示。

表 2 雪茄种植气候适宜性等级划分

Tab. 2 Cigar planting climate suitability classification

CFI	适宜性等级	CFI	适宜性等级
(0.95, 1]	最适宜	(0.7, 0.85]	次适宜
(0.85, 0.95]	适宜	[0, 0.7]	不适宜

CFI 的取值在 0.10~1.00 之间, CFI 值越高,说明该地区气候条件越适宜种植雪茄烟; CFI 值越低,说明

该地区气候条件越不适宜种植雪茄烟。通过计算得出的 CFI 值对沂水雪茄烟区生态适宜性进行综合评价。

1.3 数据来源

优质雪茄烟叶生产需要满足特定的日照、降水以及温湿度等条件^[14],研究数据来源于 weather-atlas (<https://www.weather-atlas.com/zh>)。

2 结果与分析

将沂水与哈瓦那、比那尔得里奥、多米尼加、巴伊亚州、什那、康涅狄格、津巴布韦、印度尼西亚、菲律宾、儋州根据生育期平均气温,生育期 ≥ 10 °C 活动积温,生育期相对湿度,生育期平均降水量,生育期平均日照时数等指标进行模糊聚类,把与沂水聚为一类的地区通过隶属度函数对各指标进行评价。

2.1 雪茄烟区模糊聚类分析

1) 数据标准化。根据式(1)进行数据标准化处理的结果如表 3 所示。

2) 模糊相似矩阵和模糊等价矩阵。模糊相似矩阵见表 4。

表 3 数据标准化处理
Tab. 3 Data standardization

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
F_1	-0.123 5	-0.674 1	-0.077 9	-0.226 8	-0.100 5	-0.306 4
F_2	-0.079 7	-0.595 4	-0.050 6	0.862 9	-0.591 0	-0.431 3
F_3	-1.482 6	1.314 5	-1.750 8	-0.743 0	-1.738 2	0.942 0
F_4	-0.255 1	0.696 6	-0.235 5	1.379 1	-0.245 2	0.255 4
F_5	-0.211 2	0.584 2	-0.135 5	0.232 0	1.010 7	0.255 4
F_6	-1.044 2	1.202 1	-0.973 8	-1.029 7	-0.252 0	1.503 8
F_7	1.849 2	-1.943 6	1.770 5	-1.201 8	1.273 0	0.942 0
F_8	1.849 2	-1.381 9	1.744 6	0.690 8	0.748 5	0.505 1
F_9	-0.825 0	-0.033 7	-0.778 7	1.579 8	-1.650 8	-2.054 3
F_{10}	0.227 2	0.134 8	0.252 3	-0.054 7	1.205 0	-1.430 1
F_{11}	0.095 6	0.696 6	0.235 4	-1.488 5	0.340 5	-0.181 6
平均值	23.88	8.06	2 897.82	76.99	515.95	7.99
标准差	2.39	1.87	310.46	3.66	107.97	1.68

表 4 模糊相似矩阵 R

Tab. 4 Fuzzy similarity matrix R

	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}	r_{11}
r_1	1.000 0	0.817 0	0.450 4	0.666 2	0.721 9	0.541 7	0.446 0	0.521 5	0.517 2	0.700 9	0.703 0
r_2	0.817 0	1.000 0	0.426 2	0.755 6	0.665 6	0.464 2	0.347 4	0.513 7	0.638 5	0.634 9	0.564 2
r_3	0.450 4	0.426 2	1.000 0	0.487 7	0.437 3	0.719 5	0.000 0	0.051 7	0.363 6	0.270 5	0.453 6
r_4	0.666 2	0.755 6	0.487 7	1.000 0	0.740 7	0.550 1	0.243 1	0.428 1	0.557 3	0.576 4	0.542 0
r_5	0.721 9	0.665 6	0.437 3	0.740 7	1.000 0	0.612 3	0.376 6	0.474 4	0.404 1	0.715 8	0.702 3
r_6	0.541 7	0.464 2	0.719 5	0.550 1	0.612 3	1.000 0	0.190 0	0.205 4	0.271 3	0.393 9	0.615 4
r_7	0.446 0	0.347 4	0.000 0	0.243 1	0.376 6	0.190 0	1.000 0	0.682 9	0.009 6	0.388 9	0.419 6
r_8	0.521 5	0.513 7	0.051 7	0.428 1	0.474 4	0.205 4	0.682 9	1.000 0	0.190 5	0.481 5	0.410 9
r_9	0.517 2	0.638 5	0.363 6	0.557 3	0.404 1	0.271 3	0.009 6	0.190 5	1.000 0	0.444 0	0.333 2
r_{10}	0.700 9	0.634 9	0.270 5	0.576 4	0.715 8	0.393 9	0.388 9	0.481 5	0.444 0	1.000 0	0.671 1
r_{11}	0.703 0	0.564 2	0.453 6	0.542 0	0.702 3	0.615 4	0.419 6	0.410 9	0.333 2	0.671 1	1.000 0

将标准化处理过的数据根据式(2)进行模糊相似矩阵和模糊等价矩阵的求解。求得的矩阵为 n 阶对称方阵,其中 n 代表所进行聚类的样本总数。

当 $k=8$ 时, $R^8=R^{16}$, R^8 为模糊等价矩阵,模糊等价矩阵见表 5。

3) 聚类分析。用 $R_\lambda^*=(\lambda_{ij})$, 取适宜实数 $\lambda \in [0, 1]$ 。当 $r_{ij} \geq \lambda$ 时, $\lambda_{ij}=1$; 当 $r_{ij} < \lambda$ 时, $\lambda_{ij}=0$ 。对得到的结果矩阵进行排序划分,即得到在 λ 水平上的分类。

表 5 模糊等价矩阵 R^*
Tab. 5 Fuzzy equivalence matrix R^*

	r_1^*	r_2^*	r_3^*	r_4^*	r_5^*	r_6^*	r_7^*	r_8^*	r_9^*	r_{10}^*	r_{11}^*
r_1^*	1.000 0	0.817 0	0.615 4	0.755 6	0.740 7	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	0.715 8	0.703 0
r_2^*	0.817 0	1.000 0	0.615 4	0.755 6	0.740 7	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	0.715 8	0.703 0
r_3^*	0.615 4	0.615 4	1.000 0	0.615 4	0.615 4	0.719 5	0.521 5	0.521 5	0.615 4	0.615 4	0.615 4
r_4^*	0.755 6	0.755 6	0.615 4	1.000 0	0.740 7	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	0.715 8	0.703 0
r_5^*	0.740 7	0.740 7	0.615 4	0.740 7	1.000 0	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	0.715 8	0.703 0
r_6^*	0.615 4	0.615 4	0.719 5	0.615 4	0.615 4	1.000 0	0.521 5	0.521 5	0.615 4	0.615 4	0.615 4
r_7^*	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	1.000 0	0.682 9	0.521 5	0.521 5	0.521 5
r_8^*	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.521 5	0.682 9	1.000 0	0.521 5	0.521 5	0.521 5
r_9^*	0.638 5	0.638 5	0.615 4	0.638 5	0.638 5	0.615 4	0.521 5	0.521 5	1.000 0	0.638 5	0.638 5
r_{10}^*	0.715 8	0.715 8	0.615 4	0.715 8	0.715 8	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	1.000 0	0.703 0
r_{11}^*	0.703 0	0.703 0	0.615 4	0.703 0	0.703 0	0.615 4	0.521 5	0.521 5	0.638 5	0.703 0	1.000 0

表 6 截距矩阵
Tab. 6 Intercept matrix

1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1

表 7 聚类分析结果
Tab. 7 Cluster analysis results

类别	同类区域
I	哈瓦那,比那尔得里奥,多米尼加,巴伊亚州,什那,沂水
II	康涅狄格,津巴布韦
III	印度尼西亚,菲律宾
IV	儋州

2.2 气候适宜性评价

将聚类分析得到的和沂水处在同一类的地区,即为 I 类的地区进行气候适宜性评价。

在模糊等价矩阵 R^* 中,取 $\lambda=0.68$,当 $r^* \geq 0.68$ 时, $r^*=1$; 当 $r^* < 0.68$ 时, $r^*=0$ 。即得到 $\lambda=0.68$ 水平下的截距矩阵 $t(R)$,如表 6 所示。

从表 6 可得,当 $\lambda=0.68$ 时,11 个区域可被划分为 4 类,结果如表 7 所示。模糊聚类结果表明,沂水气候条件与哈瓦那,比那尔得里奥,多米尼加,巴伊亚州,什那等国内外优质雪茄种植地区比较相似,具备生产优质雪茄的气候条件。

2.2.1 气候条件分析

雪茄烟叶是喜温作物,在 $6^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 均能生长,但优质的雪茄烟对温度的要求非常严格,一般以 $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 为宜;积温反映了雪茄烟生长所需的热量条件,积温不足会导致烟叶内物质的形成和转化效率降低,烟叶生育期气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温 $\geq 2800^\circ\text{C}$ 为烟叶适宜生长的热量条件,最低积温不低于 2600°C 。

图 1 为沂水 5—8 月份平均气温变化,可以看出 5—8 月份沂水平均气温均处在 $20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 之间,总积温达到了 2967.5°C 。说明沂水具有雪茄烟叶生长的适宜气温条件,且能为烟叶的生长发育提供充足的积温。

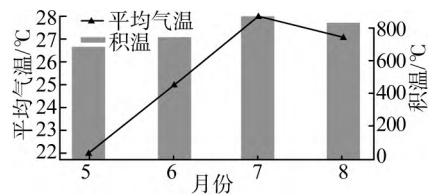


图 1 沂水 5—8 月份月均气温以及 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温变化
Fig. 1 Monthly average temperature and accumulated temperature change of $\geq 10^\circ\text{C}$ from May to August in Yishui

烟叶生长大田期的水分供应,对烟叶生长发育及烟叶质量、产量影响很大。降水对烤烟的影响,主要决定于雨量的分布:移栽至旺长前,烟株的耗水量少,这段时间的月降雨量在 $70 \sim 100 \text{ mm}$,土壤相对湿度为

50%~60%较为理想;进入旺长期后耗水增大,月降雨量在100~200 mm,土壤相对湿度为70%~80%对烤烟生长、干物质积累最为有利。

图2为沂水5—8月份平均降雨量及平均相对湿度变化。可以看出,沂水5月份平均降雨量为76 mm,相对湿度为57%;6—8月份,平均降雨量为158 mm,平均相对湿度为77%。两段时期内的降雨量以及湿度均处在理想范围内,沂水地区满足雪茄烟生长所需的降雨量以及湿度条件。

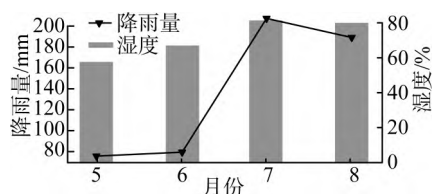


图2 沂水5—8月份降雨量、湿度变化
Fig. 2 Changes of rainfall and humidity in Yishui from May to August

雪茄烟对日照的要求较高,优质烟叶的生产需要充足且不强烈的光照。沂水平均日照率约为57%,日均光照时长约为7.7 h,满足烟叶日照率40%以上、每天光照7~10 h的需求。成熟期由于沂水降雨量较多,使其拥有充足而不强烈的光照,利于优质雪茄烟的生产。

表8 沂水与国内外雪茄烟主产区的气候比较

Tab. 8 Comparison of the climate of Yishui with the main cigar producing areas at home and abroad

地区	生育期平均气温/ /°C	生育期≥10 °C 活动积温/°C	生育期日照时数 /h	生育期降雨量 /mm	生育期相对湿度 /%
哈瓦那	23.6	2 874.76	777.0	505.6	76.2
比那尔得里奥	23.7	2 882.84	733.7	455.1	80.0
多米尼加	23.3	2 828.12	644.7	490.7	81.8
巴伊亚州	23.4	2 857.7	863.0	620.0	77.8
什那	24.4	2 972.5	513.76	640.0	76.8
沂水	24.1	2 967.5	895.3	551.0	71.8

表9 各地区气候指标得分以及CFI值

Tab. 9 Scores of climate indicators and CFI values by region

地区	生育期平均 气温/°C	生育期≥10 °C 活动积温/°C	生育期日照 时数/h	生育期降 雨量/mm	生育期相对 湿度/%	CFI
哈瓦那	0.373	0.290	0.160	0.080	0.060	0.963
比那尔得里奥	0.382	0.290	0.160	0.064	0.060	0.956
多米尼加	0.345	0.290	0.160	0.077	0.060	0.932
巴伊亚州	0.355	0.290	0.115	0.073	0.060	0.892
什那	0.410	0.290	0.119	0.066	0.060	0.944
沂水	0.410	0.290	0.091	0.080	0.060	0.931

3 讨论

气候是优质雪茄烟生长的基础条件,不仅对雪茄

图3为沂水5—8月份的平均日照时长变化,可以看出沂水具有雪茄生长的良好光照条件。

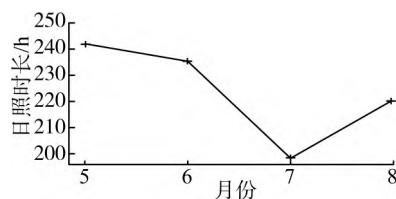


图3 沂水5—8月份日照时长变化
Fig. 3 Change of sunshine duration from May to August in Yishui

2.2.2 气候适宜性综合评价

表8为气候适宜性评价所需数据,结合表2气候适宜性参评指标计算得出各气候指标得分如表9所示。

由表9可知,CFI由高到低地区分别是哈瓦那、比那尔得里奥、什那、多米尼加、沂水以及巴伊亚州,所选6个参照烟区按照适宜性等级划分结果为:最适宜[哈瓦那,比那尔得里奥],适宜[什那,多米尼加,沂水,巴伊亚州]。从CFI数值层面看,沂水气候与哈瓦那、比那尔得里奥、什那等老牌雪茄烟生产区存在一定差距,和多米尼加的气候得分非常相近,且强于巴伊亚州。可以考虑从以上地区进行雪茄烟品种的选取以及学习雪茄烟的种植经验。

的产量有很大影响,还和雪茄烟的品质优劣密切相关^[15, 16]。沂水与哈瓦那、比那尔得里奥、多米尼加、巴伊亚州、什那具有较相似的气候条件,其中沂水与多米

尼加、巴伊亚州、什加的适宜性等级为适宜。

3.1 气温与积温

在气温与积温方面,生育期的沂水平均温度处在 $24\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温为 $2\ 967.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,均满足最优的雪茄烟生长条件,这两项指标均为最优,达到了最适宜的气温与积温条件,能为雪茄烟的生长提供充足且温和的热能。雪茄烟生长期伴有极端高温天气发生的风险,图4为2011—2022年5—6月每月的极端气温($\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)波动,可以看出沂水县在5—8月均曾有极端气温出现,并且近些年所出现的极端气温温度有上升的趋势。其中6月的极端气温出现的频率较高,极端气温温度已连续四年处于一个较高水平,8月的极端气温也在2022年达到了历史峰值。

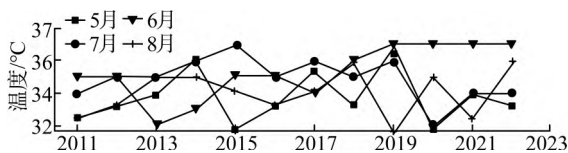


图4 沂水2011—2022年5—8月份极端气温波动图

Fig. 4 Extreme temperature fluctuations in Yishui from May to August 2011 to 2022

3.2 降雨量与湿度

沂水的降雨量与湿度均符合雪茄烟生长所需的最优条件。沂水属鲁中南低山陵区且属近海地域,夏天容易发生强对流天气和受到台风影响,出现暴雨以及大风天气。尤其地势低洼的地区易受强降雨侵袭导致积水,从而影响烟叶中的还原糖、总糖、蛋白质、氮以及烟碱等的含量,进而导致烟叶的品质与产量下降^[17]。

3.3 日照

沂水的日照时长得分相对其余雪茄烟产区较高,且超出了雪茄烟生长最价值的上限。不过沂水县在生长成熟期降雨较多,此时光照充足但不强烈,有利于优质雪茄烟的生长。

3.4 建议

沂水县基本具备优质雪茄种植的气候条件,但是由于沂水地处鲁中南山区,夏季多强对流天气,暴雨和冰雹时有发生,同时极端气温的出现会对烟叶的生长发育产生不利影响,因此在雪茄的品种选择方面选择能应对气象灾害的雪茄烟种、做好气象灾害预测预警与防范措施对雪茄烟的种植具有重要意义;同时本研究只针对了沂水的气候因素进行雪茄种植适宜性的评价,最好还应考虑地形、土壤以及社会经济等因素的影响,这样可以更加准确的对沂水雪茄烟的种植作适宜性评价,充分结合沂水气候的特点,为作好合理种植以及提高经济效益提供合理意见。

4 结论

本研究创新性地提出一种基于模糊聚类的雪茄烟

种植生产生态适宜性评价方法。首先通过聚类将气候类别相近的雪茄产区划分到一起,聚类结果将哈瓦那、比那尔得里奥、多米尼加、巴伊亚州、什那以及沂水等产区划分为一类。然后通过适应性评价方法对同类的主产区进行适宜性评价,评价结果气候适宜性指数CFI值依次为沂水(0.931)、哈瓦那(0.963)、比那尔得里奥(0.956)、什那(0.944)、多米尼加(0.932)、巴伊亚州(0.892)。

1) 沂水县雪茄烟种植的光热条件优越,降雨量充沛,具有和国内外等优质烟区较为接近的气候条件。

2) 在进行雪茄选种方面可尝试与沂水CFI值较相近的地区的雪茄烟种以及学习其种植技术。

3) 本研究所提出的先聚类再评价的方法,为雪茄烟区的选取提供了一种新的思路与方法,该方法的推广可提升雪茄烟产区选择效率,并对推动雪茄产业的健康发展具有重大意义。

参 考 文 献

- [1] 陈栋, 李猛, 王荣浩, 等. 国产雪茄茄芯烟叶研究进展[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2019, 40(1): 83—90. Chen Dong, Li Meng, Wang Ronghao, et al. Progress of the domestic cigar filler tobacco [J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition), 2019, 40(1): 83—90.
- [2] 闫新甫, 王欣, 孔劲松, 等. 全国近十年晾烟生产及市场变化分析[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(2): 98—104. Yan Xinfu, Wang Xin, Kong Jinsong, et al. Changing trends of production and market of air-cured tobaccos of China in last 10 years [J]. Chinese Tobacco Science, 2021, 42(2): 98—104.
- [3] 蔡斌, 耿召良, 高华军, 等. 国产雪茄原料生产技术研究现状[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(6): 110—119. Cai Bin, Geng Zhaoliang, Gao Huajun, et al. Research progress of production technologies of cigar tobaccos in China [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019, 25(6): 110—119.
- [4] 王琰琰, 刘国祥, 向小华, 等. 国内外雪茄烟主产区及品种资源概况[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(3): 93—98. Wang Yanyan, Liu Guoxiang, Xiang Xiaohua, et al. Overview of main cigar production areas and variety resources at domestic and overseas [J]. Chinese Tobacco Science, 2020, 41(3): 93—98.
- [5] 秦艳青, 李爱军, 范静苑, 等. 优质雪茄茄衣生产技术探讨[J]. 江西农业学报, 2012, 24(7): 101—103. Qin Yanqing, Li Aijun, Fan Jingyuan, et al. Discussion on production technology of high-quality cigar wrapper [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2012, 24(7): 101—103.
- [6] 邵丽, 晋艳, 杨宇虹, 等. 生态条件对不同烤烟品种烟叶质量的影响[J]. 烟草科技, 2002(10): 40—45. Shao Li, Jin Yan, Yang Yuhong, et al. Influences of

- ecological conditions on the yield and quality of different flue-cured cultivars [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2002(10): 40—45.
- [7] 倪明, 濮永瑜, 何翔, 等. 保山市植烟土壤养分时空变异特征及土壤肥力适宜性评价[J]. *西南农业学报*, 2020, 33(10): 2303—2309.
- Ni Ming, Pu Yongyu, He Xiang, et al. Soil nutrients spatial-temporal variability and soil fertility suitability in baoshan tobacco-planting area [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 33(10): 2303—2309.
- [8] 薛剑波, 符云鹏, 尹永强. 影响烟草中烟碱含量的因素及调控措施[J]. *安徽农业科学*, 2005(6): 1053—1055.
- Xue Jianbo, Fu Yunpeng, Yin Yongqiang. Factor and controlling measures influencing the nicotine content in tobacco leaf [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2005(6): 1053—1055.
- [9] Moharana P C, Jena R K, Pradhan U K, et al. Geostatistical and fuzzy clustering approach for delineation of site-specific management zones and yield-limiting factors in irrigated hot arid environment of India [J]. *Precision Agriculture*, 2020, 21(2): 426—448.
- [10] 张谊寒, 张晨东, 焦芳婵, 等. 雪茄外包皮烟在云南种植的适宜气候区初步筛选研究[J]. *西南农业学报*, 2012, 25(6): 2005—2009.
- Zhang Yihan, Zhang Chendong, Jiao Fangchan, et al. Preliminary study on suitable planting regions of cigar wrapper tobacco in Yunnan Province [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(6): 2005—2009.
- [11] 冯晓利, 何伟, 蒋贵国, 等. 基于模糊综合评价法的双流县农用地适宜性评价[J]. *西南农业学报*, 2012, 25(3): 982—988.
- Feng Xiaoli, He Wei, Jiang Guiguo, et al. Fuzzy comprehensive assessment analysis of agricultural land suitability evaluation in Shuangliu County [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(3): 982—988.
- [12] 李滢芳, 周桂园, 李辉, 等. 基于 GIS 技术和灰关联度法的文山植烟生态适宜性评价[J]. *西南农业学报*, 2012, 25(2): 408—411.
- Li Yanfang, Zhou Guiyuan, Li Hui, et al. Ecological suitability evaluation of flue-cured tobacco planted in Wenshan prefecture based on GIS techniques and grey correlative analysis [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(2): 408—411.
- [13] 胡颖梅, 徐磊, 袁帅, 等. 陕西烤烟气候适宜性时空变化特征及风险分析[J]. *烟草科技*, 2021, 54(7): 41—50.
- Hu Yingmei, Xu Lei, Yuan Shuai, et al. Spatiotemporal variation characteristics of climatic suitability for flue-cured tobacco in Shaanxi and corresponding risk analysis [J]. *Tobacco Science & Technology*, 2021, 54(7): 41—50.
- [14] 许彦平, 姚晓红, 王润元, 等. 天水烤烟适生适产的气候区划[J]. *中国农业气象*, 2008(2): 188—190.
- Xu Yanping, Yao Xiaohong, Wang Runyuan, et al. The climatic demarcation for flue-cured tobacco suitably lives in Tianshui [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2008(2): 188—190.
- [15] 张久权, 梁洪波, 董建新, 等. 基于 GIS 和模糊集理论的四川烤烟生态适应性评价[J]. *中国烟草科学*, 2016, 37(3): 8—14.
- [16] 陈伟, 王三根, 唐远驹, 等. 不同烟区烤烟化学成分的主导气候影响因子分析[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008(1): 144—150.
- Chen Wei, Wang Sangen, Tang Yuanju, et al. Analysis of the dominant climatic factors influencing the chemical compositions of flue-cured tobacco in different tobacco-growing areas [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2008(1): 144—150.
- [17] 孙延国, 马兴华, 黄择祥, 等. 烟草温光特性研究与利用: I. 气象因素对山东烟区主栽品种生育期的影响[J]. *中国烟草科学*, 2020, 41(1): 30—37.
- Sun Yanguo, Ma Xinghua, Huang Zexiang, et al. Investigation and utilization of temperature and light characteristics of tobacco: I. Effects of meteorological factors on growth period of main varieties in Shandong tobacco-growing areas [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2020, 41(1): 30—37.