

网络出版时间:2012-04-16 15:38

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120416.1538.016.html>

甘肃省高原夏菜种植气候区划

张 凯¹, 张玉鑫^{1,2}, 陈年来¹, 王晓巍^{1,2},
康恩祥^{1,2}, 高世铭^{1,2}

(1 甘肃农业大学 资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070)

[摘要] 【目的】研究甘肃省高原气候条件下夏菜生产区农作物的种植结构, 为提高高原夏菜产量和品质提供参考。【方法】应用主成分分析和聚类分析方法, 以县(区)为基本单位, 利用甘肃省夏菜种植区 26 个县(区)1949—2000 年的气象数据, 选取热量、水分、光照等指标, 对甘肃省高原夏菜种植区进行气候区划, 并根据高原夏菜的生物学特性及其对生态条件的需求, 确定各种植区适宜种植的高原夏菜种类。【结果】将甘肃省高原夏菜种植区 26 县(区)划分为 8 个种植区, 分别为: 耐热蔬菜干旱种植区, 适宜种植苦瓜、冬瓜、丝瓜等蔬菜; 喜温耐热蔬菜干旱种植区, 适宜种植洋葱、番茄、辣椒、西葫芦、菜豆、甜瓜等蔬菜; 喜温蔬菜干旱种植区, 适宜种植黄瓜、辣椒、西葫芦、菜豆等蔬菜; 半耐寒蔬菜干旱种植区, 适宜种植豌豆、甘蓝、大白菜、花椰菜等蔬菜; 喜温半耐寒蔬菜干旱种植区, 适宜种植洋葱、番茄、辣椒、菜豆、大白菜、甘蓝、莴苣、胡萝卜等蔬菜; 半耐寒耐旱蔬菜半干旱种植区, 适宜种植甘蓝、西芹、大白菜、娃娃菜、花椰菜、大蒜、菠菜、香菜等蔬菜; 半耐寒蔬菜半湿润种植区, 适宜种植甘蓝、大白菜、花椰菜、大葱、胡萝卜等蔬菜; 半耐寒耐旱蔬菜干旱种植区, 适宜种植花椰菜、甘蓝、大白菜、生菜、西芹、胡萝卜、大蒜等蔬菜。【结论】甘肃省高原夏菜种植区气候区划结果与实际夏菜布局一致, 反映了甘肃省夏菜种植结构的区域差异, 对该区夏菜的生产有指导作用。

[关键词] 甘肃省; 高原夏菜; 气候区划; 地理信息系统; 主成分分析; 聚类分析

[中图分类号] S162.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)05-0179-07

Climate division of plateau summer vegetables in Gansu Province

ZHANG Kai¹, ZHANG Yu-xin^{1,2}, CHEN Nian-lai¹, WANG Xiao-wei^{1,2},
KANG En-xiang^{1,2}, GAO Shi-ming^{1,2}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2 Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: 【Objective】Under the plateau climate, study on the planting structure can provide reference to improve the yield and quality of plateau summer vegetables in its planting area. 【Method】Based on counties and meteorological data from 1949 to 2000 in Gansu, by using principal component analysis(PCA) and cluster analysis, selecting indexes of heat, water and light for climate division of plateau summer vegetables in Gansu Province, vegetables suitable to each planting area were determined according to the biological characteristics and the demand of ecological conditions of summer vegetables. 【Result】26 counties were divided into 8 planting designs; the arid planting region of heat tolerance vegetables, the suitable vegetables being balsam pear and wax gourd and luffa; the arid planting region of thermophilic and heat tolerance vegetables, the suitable vegetables onion, tomato, pepper, summer squash, bean, melon; the arid planting region of thermophilic vegetables, the suitable vegetables cucumber, pepper, summer squash, bean; the

* [收稿日期] 2011-11-07

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2007BAD52B01)

[作者简介] 张 凯(1986—), 男, 山东济南人, 硕士, 主要从事植物生态学研究。E-mail: bzxychxzk@163.com

[通信作者] 陈年来(1962—), 男, 甘肃兰州人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物生态学研究。E-mail: chennl@gsau.edu.cn

arid planting region of semi-hardy vegetables, the suitable vegetables pea, cabbage, Chinese cabbage, cauliflower; the arid planting region of thermophilic and semi-hardy vegetables, the suitable vegetables onion, tomato, pepper, bean, Chinese cabbage, cabbage, lettuce and carrot; the semi-arid planting region of semi-hardy and hardy vegetables, the suitable vegetables cabbage, west celery, Chinese cabbage, baby cabbage, cauliflower, garlic, spinach, coriander; the semi-humid planting region of semi-hardy vegetables, the suitable vegetables cabbage, Chinese cabbage, cauliflower, welsh onion and carrot; the arid planting region of semi-hardy and hardy vegetables, the suitable vegetables cauliflower, cabbage, Chinese cabbage, lettuce, west celery, carrot and garlic. 【Conclusion】 According to the biological characteristic and demand of ecological conditions of plateau summer vegetables suitable planting vegetables in each planting region were determined.

Key words: Gansu Province; plateau summer vegetables; climate division; GIS; principal component analysis; cluster analysis

我国东南沿海地区夏秋季节气候炎热,不利于蔬菜生产,导致这些地区 6—9 月蔬菜供需矛盾突出。高原夏菜指利用高原夏季凉爽、日照充足、昼夜温差大等气候特点,在高海拔灌溉农业区生产优质蔬菜,以满足东南沿海城市 6—9 月的蔬菜淡季需求。另外,随着世界蔬菜贸易的发展,东南亚等国家和地区对中国夏季蔬菜的需求呈不断上升态势。以甘肃为核心的高原夏菜基地独具气候特色,已发展成为我国蔬菜消费需求中必不可少的“高原夏菜西菜东调”基地。2008 年,甘肃省高原夏菜种植面积为 20 万 hm^2 ,总产量达 550 万 t,给蔬菜产区农民带来人均 1 000 元的经济收入,占到蔬菜产区农民人均纯收入的 40%,为区域农村与农村经济发展做出了巨大的贡献。目前,高原夏菜已成为甘肃省农业产业中发展速度最快、质量最好、效益最高的支柱产业之一。

甘肃省地处黄土高原、青藏高原和蒙古高原交汇区,跨亚热带、温带和寒带 3 个气候带,地貌及气候条件复杂多样。由于高原夏菜的经济效益好,有些地方不顾蔬菜生长的气候要求而盲目种植,导致收成不好,遭受了一定的经济损失;有的地方品种结构不合理,造成高原夏菜产量低、品质差,经济效益不高。因此,只有根据高原夏菜的生态适应性进行合理布局,充分利用当地的自然资源和社会经济条件,才能充分发挥气候资源在高原夏菜生产中的优势,实现高原夏菜产业的可持续发展,但目前尚未见关于甘肃高原夏菜气候区划研究的报道。为此,本研究选取热量、水分、光照等多种指标^[1-2],采用主成分分析和系统聚类分析方法^[3],对甘肃省高原夏菜的种植进行气候区划,以期为甘肃各地高原夏菜的合理种植提供参考。

1 材料与方法

1.1 区划范围

研究区范围仅包括甘肃省境内当前实际种植高原夏菜的区域,该区海拔 1 100~2 600 m,经纬度为:35.37°~40.53° N,94.68°~105.08° E。

1.2 研究资料

本研究所用的 26 个县(区)气象资料(包括历年逐月平均气温、降水量、日照时数等),来自区划范围内国家气象站 1949—2000 年的记录数据。26 县(区)包括瓜州县、白银区、安定区、敦煌市、皋兰县、高台县、古浪县、会宁县、金塔县、景泰县、靖远县、肃州区、兰州市、临洮县、临夏州、临泽县、民乐县、民勤县、山丹县、凉州区、永昌县、永登县、榆中县、玉门市、甘州区、夏河县,依次编号为 1~26。根据高原夏菜生长的主要生态因子要求,将其分为以下几种:

- (1)耐寒蔬菜:主要包括菠菜、香菜、大葱、大蒜。
- (2)半耐寒蔬菜:萝卜、胡萝卜、芹菜、大白菜、娃娃菜、甘蓝、莴苣、荷兰豆、甜脆豆、花椰菜、绿菜花。
- (3)喜温蔬菜:西葫芦、番茄、黄瓜、辣椒、茄子、菜豆。
- (4)耐热蔬菜:南瓜、苦瓜、西瓜、甜瓜、豇豆。

1.3 区划原则

1.3.1 气候资源的地域分异性 气候资源如温度、水分、光照等,在空间分布上的相对一致性、差异性及其变化的规律性导致不同地域有不同的组合类型,是进行气候区划的必要条件。所以,在区划时,要充分考虑地域差异性和高原夏菜品种生长发育所需的温度、光照、湿度等条件。

1.3.2 相似性和差异性 随着地域的变化,气候资源随之变化,气候因子在不同地域的差异性为高原

夏菜气候区划提供了前提条件和各种可能性的结果。同时,气候因子具有共性和相似性,只要确立主要影响因素,就为区划带来了可能性。

1.3.3 因地制宜和适当集中 根据高原夏菜生物学特性及社会经济要求的不同,对其实施因地制宜和适当集中的种植区划原则。根据不同环境“对症下药”,适地适栽,保证其在适宜的环境条件下生长,保证产品品质。但栽培也不可过于分散,适当集中有利于产销,易于推广,容易形成品牌。

1.3.4 可持续发展 高原夏菜种植作为一种经济产业,要考虑发展的持续性,既要充分利用资源,又不能危害资源,同时有机种植已经兴起,进行科学的区划对于高原夏菜种植意义深远。

1.4 区划指标的选择

按照区域位置—地貌—气候为基本顺序来进行区划。结合甘肃地理方位、地貌形态的差异,选择与高原夏菜生长发育具有密切关系的 8 个影响因子作为甘肃高原夏菜气候区划的指标。这 8 个影响因子是:≥10℃有效积温(X_1)^[4-7]、累计降水(X_2)、平均大气湿度(X_3)、平均气温(X_4)、7 月(最热月)平均气温(X_5)^[8-9]、平均高温(X_6)、平均低温(X_7)、累计日照时数(X_8)^[10-14]。≥10℃积温可以反映地方气候对生物所能提供的热量条件,降水量反映全生育期的水分供给量,平均相对湿度则反映生物生长所需的湿度状况,平均温度能反映全生育期的热量条件,7 月(最热月)气温往往决定着高原或高纬度地区的植物能否生长良好,全生育期日照时数可用来比较各地区光能资源的分布状况。

1.5 数据处理方法

1.5.1 主成分分析 由于选取的指标较多,且众多变量之间可能存在明显的相关性,因而会造成信息重叠、干扰,且解释困难。采用主成分分析法可以在尽可能不损失信息或少损失信息的情况下,将多个指标提取为少数几个指标,以高度概括原始数据中绝大部分信息。主成分分析步骤^[15]如下:(1)原始

数据无量纲化后,将 26 个县(区)的 8 个区划指标因子值组成矩阵 X_{pn} ($p=8, n=26$);(2)计算 X_{pn} 的协方差矩阵的特征值及特征向量;(3)计算各主成分的方差贡献率及累计方差贡献率。

1.5.2 聚类分析 系统聚类法是目前气候区划中应用较多的一种分析方法。用 SPSS 软件进行系统聚类分析,其步骤^[16]如下:(1)对数据进行标准化处理;(2)标准化之后的数据用分层聚类法进行分析,聚类方法选择组间连接法(Between-groups linkage),合并两类使得两类间的平均距离最小;距离测度方法选择欧氏距离(Euclidean distance);将聚类关系(Cluster membership)与实际情况进行综合分析,确定甘肃夏菜种植区划适宜类型及其数量。区划结果在 GIS 平台作图输出。

1.5.3 分区命名方法 根据甘肃省高原夏菜种植区 26 县(区)气象数据中的降水量和大气湿度(表 1),将高原夏菜种植气候区划分为半湿润区、半干旱区和干旱区 3 种类型,然后结合高原夏菜的分类对气候区划进行命名。

表 1 甘肃省高原夏菜种植气候区划水分条件命名指标

Table 1 Moisture conditions naming indexes of climate division of plateau summer vegetables in Gansu Province			
项目 Project	半湿润 Semi-humid	半干旱 Semi-arid	干旱 Arid
降水量/mm Precipitation	300~500	200~300	50~200
大气湿度/% Atmospheric humidity	70~80	60~70	50~60

2 结果与分析

2.1 主成分分析

由表 2 可知,前 2 个主成分的累计方差贡献率已经达到 95.484%,包含了绝大部分的原始信息,特征值分别为 6.363 和 1.275,因此将其作为提取的 2 个公因子进行系统聚类分析。

表 2 各主成分的特征值、方差贡献率和累计方差贡献率

Table 2 Eigenvalue, variance contribution and cumulative of variance contribution in component matrix

主成分 Component	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Variance contribution	累计方差贡献率/% Cumulative contribution of variance	主成分 Component	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Variance contribution	累计方差贡献率/% Cumulative contribution of variance
1	6.363	79.544	79.544	5	0.029	0.362	99.949
2	1.275	15.940	95.484	6	0.003	0.040	99.989
3	0.191	2.381	97.865	7	0.001	0.011	100.000
4	0.138	1.722	99.587	8	0.000	0.000	100.000

由表 3 可以看出,第 1 主成分由变量 X_7 、 X_4 、 X_1 、 X_5 和 X_6 决定,它们在主因子上的载荷分别为

0.975,0.924,0.907,0.891 和 0.827,5 个因子主要包括的是温度条件,载荷均为正值,说明各因子之间是正相关,与实际相符;第 2 主成分由 X_8 、 X_3 和 X_2 决定,在主因子上的载荷分别为 0.943,−0.903 和 −0.859,3 个因子包括的是日照时数和水分条件,日照时数和水分条件之间呈负相关,与实际相符。假设提取的 2 个公因子为 F_1 、 F_2 ,对公因子和变量

作线性回归得到:
 $F_1=0.907X_1-0.362X_2-0.312X_3+0.924X_4+0.891X_5+0.827X_6+0.975X_7+0.239X_8$ 。
 $F_2=0.419X_1-0.859X_2-0.903X_3+0.379X_4+0.450X_5+0.527X_6+0.098X_7+0.943X_8$ 。
根据 F_1 、 F_2 的表达式可以得到 2 个新的变量 fac_1 和 fac_2 ,这 2 个新变量代表 8 个原始指标。

表 3 旋转后第 1 和第 2 主成分的载荷矩阵

Table 3 Rotated matrix of component 1 and 2

影响因子 Factor	第 1 主成分 Component 1	第 2 主成分 Component 2	影响因子 Factor	第 1 主成分 Component 1	第 2 主成分 Component 2
X_7	0.975	0.098	X_6	0.827	0.527
X_4	0.924	0.379	X_8	0.239	0.943
X_1	0.907	0.419	X_3	−0.312	−0.903
X_5	0.891	0.450	X_2	−0.362	−0.859

2.2 聚类分析

将新变量 fac_1 、 fac_2 作为聚类分析的变量,

在 SPSS 上运行,通过比较,选取 5 作为阈值进行聚类分析,结果如图 1 所示。

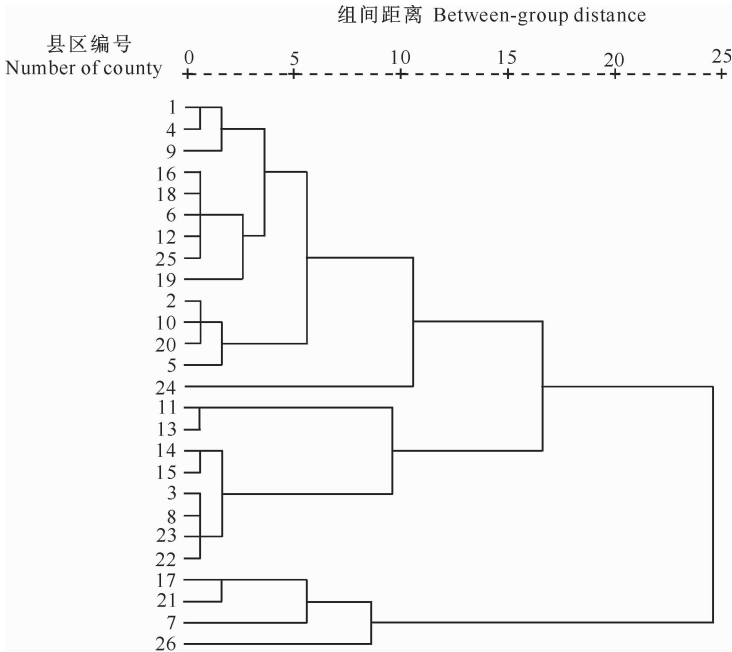


图 1 甘肃省高原夏菜种植气候分区的树状聚类图

Fig.1 Dendrogram of cluster analysis of plateau summer vegetables' climate division in Gansu Province

根据聚类分析结果对研究区进行分类,发现有 3 类地区不适合夏菜种植,分别为:夏河县海拔 2 500 m 以上区域,该区生长季热量不足,不适宜蔬菜生产;瓜州县、敦煌市和金塔县海拔 1 200 m 以下地区,该区夏季炎热,不适宜夏季蔬菜生产;荒漠、戈壁、山地、陡坡地,这些地区立地条件不适合蔬菜生产。其他海拔高度在 1 100~2 600 m、平均温度 10~20 ℃、生长季≥10 ℃有效积温为 450~1 750 ℃、生长季累计日照时数 1 100~1 900 h 的地区为高原夏菜生产区,去除 3 类不适合种植区,与实际情

况结合将其他地区再细分为 8 个区。

2.3 甘肃省高原夏菜气候区划评述

将高原夏菜种植气候区划的结果在 GIS 平台输出,结果如图 2 所示。

2.3.1 耐热蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括敦煌市和瓜州县境内海拔 1 200 m 以下的区域,平均海拔 1 138~1 170.8 m。(2)气候资源。生长季平均气温 16~20 ℃,≥10 ℃有效积温 1 500 ℃左右,平均气温≥10 ℃的时间 187 d,生长期 227 d 左右,年均温 1.6 ℃,最热月平均气温 25 ℃左右,日

照时数 2 200 h 左右,生长期降水量不足 50 mm。
(3)适宜蔬菜种类。该区宜种植耐热蔬菜,特别是瓜类作物。2009 年瓜州县蜜瓜种植面积达到 5 466.7

hm²,占全县农作物总播种面积的 16.6%;应稳定瓜果生产,将瓜州建成哈密瓜生产基地。敦煌市可种植苦瓜、丝瓜、冬瓜等瓜类。

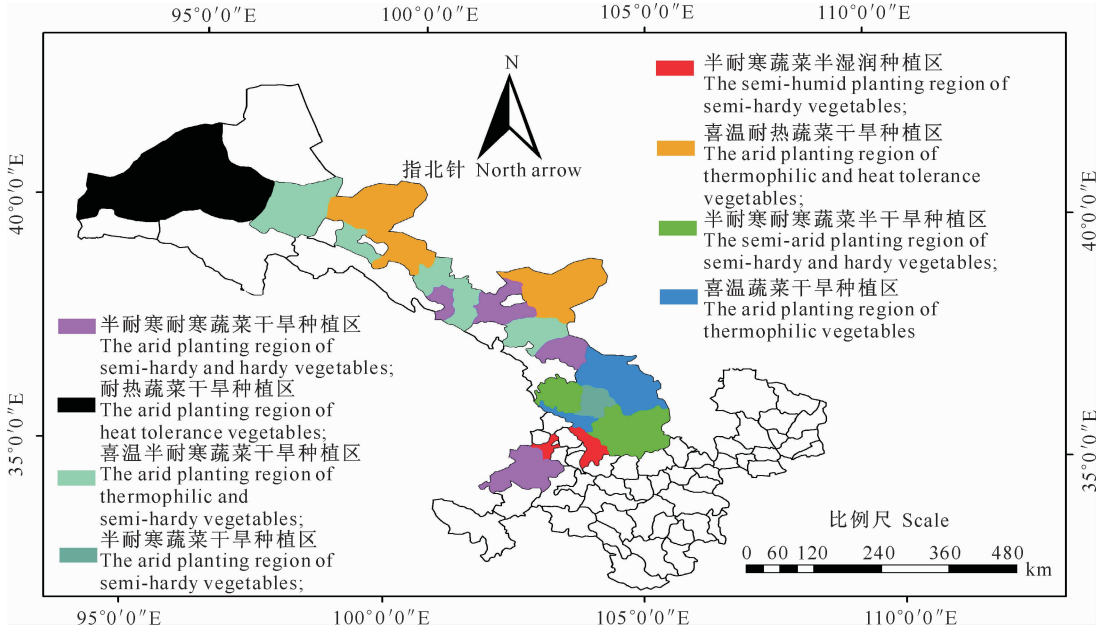


图 2 甘肃省高原夏菜种植气候分区结果

Fig. 2 Planting division of plateau summer vegetables in Gansu Province

2.3.2 喜温耐热蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括金塔县、民勤县、临泽县、高台县海拔 1 200~1 400 m 区域和瓜州县、敦煌市海拔 1 200 m 以上农区。(2)气候资源。生长季平均气温 13~18℃,≥10℃有效积温 1 500℃左右,平均气温≥10℃的时间 180 d,生长期 220 d 左右,最热月平均气温 22~24℃,日照时数 2 000~2 100 h,生长期降水量 50~110 mm。(3)适宜蔬菜种类。适宜种植喜温蔬菜和耐热蔬菜,如洋葱、番茄、辣椒、西葫芦、菜豆、甜瓜等。

2.3.3 喜温蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括兰州市、靖远县、景泰县,海拔在 1 400~1 700 m。(2)气候资源。生长季平均气温 13~19℃,≥10℃有效积温 1 400~1 700℃,平均气温≥10℃的时间 180~200 d,生长期 220 d 以上,最热月平均气温 23℃,日照时数 1 800 h 左右,生长期降水量 170~300 mm。(3)适宜蔬菜种类。该区应以种植喜温蔬菜为主,如黄瓜、辣椒、西葫芦、菜豆等。

2.3.4 半耐寒蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括皋兰县、白银区,海拔在 1 700 m 左右。(2)气候资源。生长季平均气温 12~17℃,≥10℃有效积温 1 200~1 500℃,平均气温≥10℃的时间 180 d 左右,生长期 220 d 以上,最热月平均气温

20~22℃,日照时数 1 700 h 左右,生长期降水量 190~250 mm。(3)适宜蔬菜种类。该区应以种植半耐寒蔬菜为主,如豌豆、大白菜、甘蓝、花椰菜等。

2.3.5 喜温半耐寒蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括肃州区、凉州区、甘州区、玉门市、山丹县,境内地势平坦,海拔在 1 400~1 800 m。(2)气候资源。生长季平均气温 10~16℃。≥10℃有效积温 1 100~1 400℃,平均气温≥10℃的时间 170~180 d,生长期 210 d 以上,最热月平均气温 20~22℃,日照时数 1 800~2 100 h,生长期降水量 50~180 mm。(3)适宜蔬菜种类。适宜种植喜温蔬菜和半耐寒蔬菜,如洋葱、番茄、辣椒、菜豆、大白菜、甘蓝、茼蒿、胡萝卜等。

2.3.6 半耐寒耐寒蔬菜半干旱种植区 (1)区域范围。该区包括榆中县、会宁县、安定区、永登县,海拔在 1 800~2 100 m。(2)气候资源。生长季平均气温 12~17℃,≥10℃有效积温 850~1 000℃,平均气温≥10℃的时间为 150~170 d,生长期 200 d 以上,最热月平均气温 18~20℃,日照时数 1 500~1 650 h,生长期降水量 270~400 mm。(3)适宜蔬菜种类。适宜种植半耐寒蔬菜和耐寒性蔬菜,如甘蓝、西芹、大白菜、娃娃菜、花椰菜、大蒜、菠菜、香菜等。

2.3.7 半耐寒蔬菜半湿润种植区 (1)区域范围。

该区包括临洮县、临夏州,海拔在 1 800~2 000 m 的区域。(2)气候资源。生长季平均气温 12~17℃,≥10℃有效积温 1 000℃,平均气温≥10℃的时间 180 d 左右,生长期 210 d 以上,最热月平均气温 18~20℃,日照时数 1 500~1 600 h,生长期降水量 450~500 mm。(3)适宜蔬菜种类。该区以种植半耐寒蔬菜为宜,如甘蓝、大白菜、花椰菜、大葱、胡萝卜等。

2.3.8 半耐寒耐旱蔬菜干旱种植区 (1)区域范围。该区包括民乐县、永昌县、古浪县、夏河县,海拔在 1 900~3 300 m。(2)气候资源。生长季平均气温 10~13℃,≥10℃有效积温 500~800℃,平均气温≥10℃的时间 130~150 d,生长期 180~200 d,最热月平均气温 16~18℃,日照时数 1 500~1 650 h,生长期降水量 150~300 mm。(3)适宜蔬菜种类。该区适宜种植半耐寒蔬菜和耐寒性蔬菜,如花椰菜、甘蓝、大白菜、生菜、西芹、胡萝卜、大蒜等。

3 结论与讨论

通过对甘肃省高原夏菜种植区 26 个县(区)历年气象资料的统计和分析,对甘肃省高原夏菜气候适宜性进行了区划,分区结果与实际现状基本符合。不适宜种植区是因为环境条件过于极端,无法进行种植;对适宜区依据高原夏菜生长所需的生态条件进一步细分,为甘肃省高原夏菜气候适宜性种植区的划分提供了科学依据。

(1)本研究依靠气象类指标对甘肃省高原夏菜生态适生种植区进行了初步区划。先运用主成分分析法对分区指标进行降维处理,与传统方法相比,不但减少了工作量,而且各指标之间彼此独立,提高了分区精度。然后借助系统聚类分析将甘肃省高原夏菜种植区分为 8 个分区,各分区与县(区)实际气候和高原夏菜种植状况一致性较好,充分利用了当地的气候资源。在划分区域的同时,还讨论了各个种植生态区的发展方向及适合种植的蔬菜种类,对一些地区不合理种植结构的调整和优化有很好的指导作用,为解决优势品种的产业化发展尚不突出的问题提供了科学依据。

(2)聚类分析中选取不同的阈值会得到不同的结果。如果阈值选为 20 则分为 2 类,阈值选为 15 则分为 3 类。但将结果分为 2 类或 3 类均无法对分区结果进行精细化描述,导致最终的区划结果指导作用不强,甚至无法提供参考作用。将系统聚类分析结果与实际情况相结合,选取 5 作为阈值能更好

地反映现有各区的高原夏菜种植情况,在实践过程中操作性更强。在种植区域内依靠地形地貌要素,在适宜种植区建立种植基地,集中管理,强化优势,提高蔬菜的产量和品质,增加高原夏菜的种植效益,如耐旱蔬菜干旱种植区内的瓜州县是瓜果生产大县、名县,在此地建立瓜果生产基地的同时应利用该县已经拥有的品牌效应,以带动其他产区的发展。

(3)以县(区)为单位,对甘肃省的高原夏菜生态气候适生种植区进行区划,得到了既能满足气候需求又有耕地的实际可种植区域,做到了适地适种。由于甘肃省高原夏菜种类繁多、地貌类型多样,但从整体上看,8 大区域的划分能够较好地反映甘肃省高原夏菜种植结构的区域差异,对于甘肃省高原夏菜生产及其种植结构调整具有一定的指导作用。

[参考文献]

[1] 元来福. 国外农业气候区划的研究 [J]. 气象, 1979, 5(6): 35-38.
Qi L F. Study on agricultural climatic zoning in foreign countries [J]. Meteorological Monthly, 1979, 5(6): 35-38. (in Chinese)
[2] 李 华, 王艳君, 孟 军, 等. 气候变化对中国酿酒葡萄气候区划的影响 [J]. 园艺学报, 2009, 36(3): 313-323.
Li H, Wang Y J, Meng J, et al. The effect of climate change on the climatic zoning for wine grapes in China [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(3): 313-323. (in Chinese)
[3] 刘蕴薰, 杨秉庚, 李惠明. 聚类分析方法在农业气候区划中的应用 [J]. 气象, 1981, 7(10): 20-21.
Liu Y X, Yang B G, Li H M. Application of cluster analysis in agricultural climatic zoning [J]. Meteorological Monthly, 1981, 7(10): 20-21. (in Chinese)
[4] 曹 倩, 姚凤梅, 林而达, 等. 近 50 年冬小麦主产区农业气候资源变化特征分析 [J]. 中国农业气象, 2011, 32(2): 161-166.
Cao Q, Yao F M, Lin E D, et al. Analysis of changing characteristics of agricultural climate resources in the main planted areas of winter wheat in China over last 50 years [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2011, 32(2): 161-166. (in Chinese)
[5] 张晓煜, 韩颖娟, 张 磊, 等. 基于 GIS 的宁夏酿酒葡萄种植区划 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 275-278.
Zhang X Y, Han Y J, Zhang L, et al. Planting regionalization of wine grape in Ningxia using GIS [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(10): 275-278. (in Chinese)
[6] 薛丽芳, 申双和, 王春林. 基于 GIS 的广东香蕉种植气候适宜性区划 [J]. 中国农业气象, 2010, 31(4): 575-581.
Xue L F, Shen S H, Wang C L. Climatic suitability and regionalization of banana planting in Guangdong based on GIS [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2010, 31(4): 575-581. (in Chinese)
[7] 苏永秀, 李 政, 丁美花, 等. 基于 GIS 的广西沙田柚种植气候区划研究 [J]. 果树学报, 2005, 22(5): 500-504.

Su Y X,Li Z,Ding M H,et al. Study on the agro-climatic regionalism for growing Shatian pomelo cultivar in Guangxi autonomous region by GIS technology [J]. Journal of Fruit Science,2005,22(5):500-504. (in Chinese)

[8] 尹 东,尹 红,张旭东. 基于 GIS 的甘肃省纹党种植的气候区划 [J]. 中国农业气象,2011,32(2):246-249.

Yin D,Yin H,Zhang X D. Climate regionalization of wenradix codonops is planting based on GIS in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2011, 32(2): 246-249. (in Chinese)

[9] 罗国光,吴晓云,冷 平. 华北酿酒葡萄气候区划指标的筛选与气候分区 [J]. 园艺学报,2001,28(6):487-496.

Luo G G,Wu X Y,Leng P. Study on climatic zoning for wine-grape growing in Huabei regions [J]. Acta Horticulturae Sinica,2001,28(6):487-496. (in Chinese)

[10] 尚正永,白永平. 甘肃农业地域分异及其生态农业产业化模式设计 [J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):180-183.

Shang Z Y,Bai Y P. Regional differentiation of agriculture and model design of industrialization for ecological agriculture in Gansu [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2005,23(2):180-183. (in Chinese)

[11] 刘德祥,邓振镛. 甘肃省农业与农业气候资源综合开发利用区划 [J]. 中国农业资源与区划,2000,21(5):35-38.

Liu D X,Deng Z Y. Agricultural in Gansu Province and regional planting for the comprehensive development and utilization of agroclimatic resources [J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planting,2000,21(5):35-38. (in Chinese)

Chinese)

[12] 汤龙泉. 确定农业气候区划指标的几种方法 [J]. 福建气象,2005(1):44-46.

Tang L Q. Indicators to determine the agro-climatic zoning of several methods [J]. Journal of Fujian Meteorology,2005(1):44-46. (in Chinese)

[13] 贺春燕. 甘肃省核桃气候适宜性分区评价与种植区划 [J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(4):77-81.

He C Y. Adaptability assessment of regional climatic condition for Juglansregia in Gansu Province and planting division [J]. Journal of Gansu Agricultural University,2007,42(4):77-81. (in Chinese)

[14] 姚玉璧,邓振镛,王毅荣,等. 甘肃省蚕豆气候生态条件及适生种植区划研究 [J]. 干旱气象,2005,23(1):58-62.

Yao Y B,Deng Z Y,Wang Y R,et al. Study on the eco-climatic and suitable planting division of soybean in Gansu Province [J]. Arid Meteorology,2005,23(1):58-62. (in Chinese)

[15] 张嵩甫,陈述云,胡希玲. 统计分析方法及其应用 [M]. 重庆:重庆大学出版社,1995:114-124.

Zhang S F,Chen S Y,Hu X L. Statistical analysis method and its application [M]. Chongqing:Chongqing University Press,1995:114-124. (in Chinese)

[16] 郝黎仁,樊 元,郝哲欧. SPSS 实用统计分析 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2003:274-315.

Hao L R,Fan Y,Hao Z O. SPSS practical statistic analysis [M]. Beijing:China Water Power Press,2003:274-315. (in Chinese)

(上接第 178 页)

[10] 赵 晟,吴常文. 中国、韩国 1980—2006 年能值足迹与能值生态承载力 [J]. 环境科学学报,2009,29(10):2231-2240.

Zhao S,Wu C W. Time series national average emergy footprint and emergy carrying capacity in China and Korea between 1980 and 2006 [J]. Acta Scientiae Circum Stantiae,2009,29(10):2231-2240. (in Chinese)

[11] 王明全,王金达,刘景双. 两种生态足迹方法的应用及其结果差异分析 [J]. 资源科学,2008,30(12):1897-1903.

Wang M Q,Wang J D,Liu J S. Application and analysis of two ecological footprint methods: A case study of Qian'an county, Jilin province [J]. Resources Science,2008,30(12):1897-1903. (in Chinese)

[12] 马云锐,王春玲. 近 50 年来乾安县土地利用动态变化及驱动力分析 [J]. 鞍山师范学院学报,2010,12(4):16-19.

Ma Y R,Wang C L. Analysis on the land use dynamic change and its driving forces for about 50 years in Qian'an county [J]. Journal of Anshan Normal University,2010,12(4):16-19. (in Chinese)

[13] 陈 阜. 农业生态学教程 [M]. 北京:气象出版社,1998.

Chen F. Agricultural ecology [M]. Beijing:China Meteorological Press,1998. (in Chinese)

[14] 农业技术经济手册编委会. 农业技术经济手册 [M]. 北京:中国农业出版社,1983.

Editorial Committee of Agrotechnique Economy Handbook. Agrotechnique economy handbook [M]. Beijing:China Agricultural Press,1983. (in Chinese)

[15] 蓝盛芳,钦 佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析 [M]. 北京:化工出版社,2002.

Lan S F,Qin P,Lu H F. Emergy analysis of ecological-economic system [M]. Beijing:Chemistry Industry Press,2002. (in Chinese)

[16] 刘 晶. 基于“能值-生态足迹”模型的吉林省生态安全研究 [D]. 长春:吉林大学,2008.

Liu J. Study on the ecological security of Jilin province based on the energy and ecological footprint model [D]. Changchun: Jilin University,2008. (in Chinese)

[17] Odum H T,Brown M T,Williams S B. Handbook of emergy evaluations folios 124 [D]. Gainesity:University of Florida,2000.

[18] 金 丹,卞正富. 基于能值的生态足迹模型及在资源型城市的应用 [J]. 生态学报,2010,30(7):1725-1733.

Jin D,Bian Z F. Energy-based ecological footprint model and its application to natural resource-dependent economy in Xuzhou city [J]. Acta Ecologica Sinica,2010,30(7):1725-1733. (in Chinese)