

宁夏农业综合开发项目区农业系统气候脆弱性研究——以典型村为例

梁晓磊, 翟晓慧* (太原师范学院管理系, 山西晋中 030619)

摘要 为明确宁夏不同生态类型区各农业综合开发项目村的农业脆弱性, 选取 4 类共 19 项指标, 构建各典型村的农业系统气候脆弱性评价指标体系, 通过 AHP 层次分析法确定各指标权重, 采用分类综合指标分析法从敏感性和适应性两方面对各典型村农业系统气候脆弱性现状进行定量评价, 并分析影响各村气候脆弱性的主要因素, 最后提出针对性措施。结果表明, 影响各村敏感性和适应性的指标各不相同, 二者基本呈负相关。5 个村的敏感性指数除北马坊(17.61)外均在 47.64~53.45, 表明北马坊村敏感性较低而其余 4 个村敏感性较高; 适应能力在 53.23~76.79, 表明 5 个村的适应能力居中等偏上; 5 个村的脆弱度均不低于 2 级, 表明各村的气候脆弱度较高, 排列顺序为五里墩村>观音村>孙家河村>小店子村>北马坊村。

关键词 农业综合开发项目区; 农业系统; 气候脆弱性; 典型村; 宁夏

中图分类号 S181 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)10-0046-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research on the Climate Vulnerability of Agricultural System in Ningxia Comprehensive Agricultural Development Project Area—Taking Typical Village as an Example

LIANG Xiao-lei, ZHAI Xiao-hui (Department of Management, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030619)

Abstract In order to clarify the agricultural vulnerability of various agricultural comprehensive development project villages in different ecological types of Ningxia, a total of 19 indicators in 4 categories were selected to construct the climate vulnerability evaluation index system of the agricultural system for each typical village. The weight of each indicator is determined by the AHP method, the classification and comprehensive index analysis method is used to quantitatively evaluate the climate vulnerability status of each typical village agricultural system from the two aspects of sensitivity and adaptability, and analyze the main factors affecting the climate vulnerability of each village, and finally propose targeted measures. The results showed that the indicators affecting the sensitivity and adaptability of each village were different, and the two were basically negatively correlated. The sensitivity index of 5 villages was 47.64~53.45 except Beimafang (17.61), indicating that Beimafang Village was less sensitive and the other 4 villages were more sensitive. The adaptability was 53.23~76.79, indicating that the adaptability of the five villages was in the upper middle range. The vulnerability of the five villages was above class 2, indicating that the climate vulnerability of each village was relatively high, and the order was Wulidun Village> Guanyin Village> Sunjiahe Village> Xiaodianzi Village> Beimafang Village.

Key words Comprehensive agricultural development project area; Agricultural system; Climate vulnerability; Typical village; Ningxia

在气候变化脆弱性评估研究中, 明确系统对气候变化的敏感性及适应能力是必要的。敏感性是指系统受到与气候有关的刺激因素影响的程度, 包括有利和不利影响; 适应性是指系统的活动、过程或结构本身对气候变化的适应、减少潜在损失或应付气候变化后果的能力^[1]。一个对气候变化较敏感而适应能力差的农业系统, 其脆弱性较大, 易遭受气候变化的影响。IPCC 第四次评估报告指出, 近百年来全球温度升高 0.74 °C^[2], 并且在未来较长时间内将持续增温。而农业是极易受到气候变化影响的产业, 其作为国计民生的基础, 对国家安全和粮食安全的影响不容忽视, 因此评估农业的气候脆弱性便成为气候变化影响研究的重要内容之一^[3-4]。目前已有一些学者针对农业的气候脆弱性进行相关研究, 如薛晓萍等^[5]研究了山东区域农业生产的气象产量波动性, 认为该区存在气候脆弱性; 蔡运龙等^[6]定性分析了气候变化对农业的影响及农业系统脆弱性; 林而达等^[7]统计分析了全国降水量和蒸发量, 研究了我国农业对全球变暖的敏感性, 并划分了农业敏感区; 赵跃龙等^[8]通过计算不同敏感因子的权重, 计算了农业系统脆弱度; 王馥棠等^[9]采用实地调查、专家评分和 AHP 层次分析法相结合的方法对我国黄土高原陕甘宁区农业生产的气候变化脆弱性进行了评估。

我国在各地实施农业综合开发项目, 从各个方面提升了农业生产效益, 但相关措施不一定能够减弱气候变化影响。因此, 评估项目区农业系统的气候脆弱性, 明确农业脆弱性程度和脆弱指标, 为项目区农业进一步规划提供依据, 成为当前亟待解决的问题^[10-11]。笔者在宁夏实施农业综合开发项目的不同区域选取研究区, 以实施农业综合开发项目的典型村(平罗县小店子村、中卫市观音村、同心县五里墩村、盐池县北马坊村、原州区孙家河村)为单位, 分析其脆弱度程度及脆弱指标, 以期研究区应对气候变化提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 小店子村位于石嘴山市平罗县姚伏镇(图 1), 属宁夏北部引黄灌区。年均温 9.14 °C, 年降水量 181.55 mm, 日照时数 3 051.12 h。该村现有人口 1 560 人, 农业劳动力比例为 38.46%。现有耕地 520.00 hm², 其中旱地 33.33 hm², 水田 486.67 hm²; 灌溉地比例达到 93.59%。种植业产值占总产值的 63.30%, 主要种植水稻、小麦、玉米等作物。畜牧业以规模养殖为主, 占总产值的 9.20%, 非农业产值占总产值的 27.50%。农业灌溉水源主要利用黄河水。该村主要为中低产田改造项目, 通过砌护工程、沟道清淤和排水提高水资源利用效率, 通过农田改造增加水稻的产量和种植面积。

观音村位于中卫市镇罗镇(图 1), 属宁夏北部引黄灌区。年均温 8.88 °C, 年降水量 178.54 mm, 日照时数 2 945.72 h。该村现有人口 5 599 人, 农业劳动力比例为 20.2%。现有耕地 418.00 hm², 其中旱地 146.67 hm², 水田

作者简介 梁晓磊(1986—), 男, 山西忻州人, 讲师, 博士, 从事干旱区可持续发展研究。* 通信作者, 讲师, 博士, 从事农业生态经济研究。

收稿日期 2021-12-05

128.00 hm², 蔬菜大棚143.33 hm²; 灌溉地面积比例为65.71%。另有林地6.00 hm², 盐碱化土地 13.33 hm²。种植业产值占总产值的 50.26%, 主要种植水稻、小麦、玉米、蔬菜, 其中有 143.33 hm² 蔬菜大棚。畜牧业以规模养殖为主, 占总产值的 27.43%。非农产值占总产值的 22.31%。该村的主要项目为建设 33.33 hm² 的无公害设施蔬菜科技示范基地, 属于高度集约利用土地资源和水肥资源的项目点。

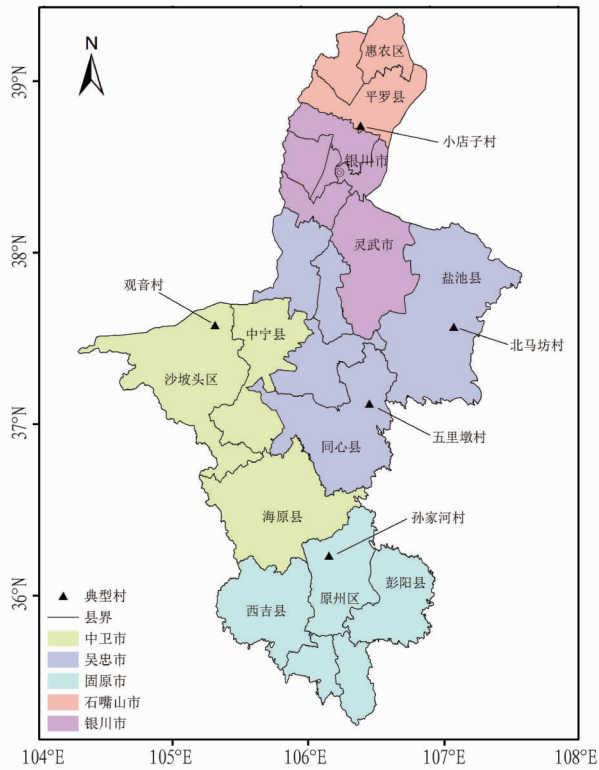


图1 研究区域地理位置

Fig.1 Geographical location of the study area

五里墩村位于吴忠市同心县下马关镇(图1), 属宁夏中部干旱风沙区。年均温 7.06 ℃, 年降水量 326.38 mm, 日照时数 2 901.14 h。该村现有人口 1 896 人, 农业劳动力比例为 30.27%。现有耕地 800.00 hm², 其中旱地 333.33 hm², 节灌地 466.67 hm²; 灌溉地比例为 58%。另有草地 59.00 hm², 灌木林地 487.67 hm² (主要是退耕后种植柠条林)。种植业产值占总产值的 23.08%, 主要种植小麦、玉米等农作物以及马铃薯、油料、葵花等经济作物。畜牧业占总产值的 0.93%, 非农产值占总产值的 75.98%。该村主要是旱作库灌区改造, 实施高效节水补灌与生态移民, 增加了马铃薯的种植比例。

北马坊村位于盐池县青山乡, 属宁夏中部干旱风沙区。年均温 8.33 ℃, 年降水量 277.79 mm, 日照时数 2 859.63 h。该村现有人口 1 198 人, 其中农业劳动力人口比例为 25.04%。现有耕地 413.33 hm², 其中旱地 140.00 hm², 水浇地 273.33 hm²; 灌溉地比例为 66.13%。另有 1 333.33 hm² 林地和 133.33 hm² 沙坝。农业灌溉水来自村里沟壑中修建的塘坝水和机井水。种植业产值占总产值的 38.12%, 其中大棚 160 座, 种马铃薯; 另外有油菜、荞麦及豆类等经济作物。畜牧业有规模养殖和散养 2 种, 占总产值的 10.27%。非农产业产值

占总产值的 51.60%。该村的主要项目是建设现代扬水农业灌溉区, 修建塘坝和水井保证农业灌溉量, 进行管灌和滴灌来保障水资源利用率。

孙家河村位于固原市原州区三营镇(图1), 属宁夏南部黄土丘陵区。年均温 6.64 ℃, 年降水量 435.45 mm, 日照时数 2 564.10 h。该村现有人口 1 910 人, 农业劳动力比例为 23%。现共有耕地 493.33 hm², 其中旱地 206.67 hm², 水浇地 286.66 hm²; 灌溉地比例达到 58.11%。另有苜蓿地 73.33 hm²。农业灌溉水源主要是机井水、集雨窖水。种植业以大棚设施蔬菜为主, 占总产值的 55.88%。畜牧业有规模养殖和散养 2 种, 占总产值的 17.43%。非农产业占总产值的 26.69%。该村的主要项目是建设补水灌溉移民区, 通过平整土地、管道输水、植树造林建设高效的灌溉移民区。

1.2 数据来源 该研究所用数据有气象数据及各种社会经济数据, 其中气象数据来自各地气象局, 社会经济数据主要通过实地调查而得。实地调查分为农户调查和村级调查 2 种, 农户调查主要采用入户式半结构化访谈, 共调查了 24 户农户, 主要了解农户的土地资源状况、家庭收入支出情况、气象灾害情况、化肥施用量等方面; 村级调查主要以采访村长、会计等知情者为主, 以了解各村人口与社会经济、土地资源、水资源、气象灾害、产业状况和对气候变化的应对措施等方面的内容。

1.3 研究方法

1.3.1 评价指标体系的确定。 该研究农业系统气候脆弱性指标体系的确定是参考已有的生态脆弱性研究以及气候变化对农业影响相关成果, 结合充分的实地调研来确定的。首先分析研究区内农业系统对气候变化敏感的气候因子和环境因子确定敏感性指标, 其次考虑研究区农业生产及社会经济条件适应气候影响的能力确定适应性指标。最终选定 4 类 19 项指标, 如表 1 所示。

1.3.2 层次分析法确定指标权重。 层次分析法(analytic hierarchy process)简称 AHP 法, 是由美国运筹学家 T.L.Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种定性与定量相结合的决策分析方法^[12]。层次分析法的一般步骤为: 构造判断矩阵——层次单排序和一致性检验——层次总排序和一致性检验。该研究邀请 10 位专家为判断矩阵打分, 结合自身经验, 经由研究小组讨论得出最终矩阵, 最后经计算得出各指标权重。最终结果均通过一致性检验, 因此可认为权重值是合理的。具体步骤不再赘述, 只给出最后权重 W_i (表 1)。

1.3.3 敏感性指标分级及计算方法。 采用分类综合指标法^[13-14], 即将敏感性各指标按照对气候变化的敏感性程度分级, 不同等级对应不同分值, 分值越大代表敏感性程度越高(表 2)。为避免重复, 将各指标名用表 1 中的 $C_1 \sim C_6$ 代替。各指标分值的确定主要参考专家建议及有关文献和前期研究成果。

将各指标分值与相应权重相乘后求和, 得出系统敏感性程度值, 计算公式如下:

$$S = \sum (X_i \times W_i) \quad (1)$$

式中, S 表示敏感性程度, W_i 表示第*i*种指标所占权重(表1); X_i 表示第*i*种指标具体取值所属等级的敏感性分值(表2)。

表1 气候脆弱性评价指标及其权重

Table 1 Climate vulnerability assessment indicators and their weights

一级指标 Level 1 index	二级指标 Level 2 index	三级指标 Level 3 index	权重 Weight (W_i)
敏感性指标 Sensitivity indexes (A_1)	气候因子类 B_1	关键生育期降水变化(mm) C_1	0.308
		关键生育期积温变化($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$) C_2	0.206
		冬季积温变化($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$) C_3	0.155
	环境因子类 B_2	林草地面积比(%) C_4	0.182
		垦殖指数(%) C_5	0.091
		人口密度(人/ km^2) C_6	0.061
适应性指标 Adaptability indexes (A_2)	农业生产条件类 B_3	人均耕地(hm^2) C_7	0.112
		灌溉地比例(%) C_8	0.084
		人均有机肥施用量(kg) C_9	0.023
		水利设施资产(万元) C_{10}	0.042
		人均农业灌溉量(m^3) C_{11}	0.064
		农业劳动力比例(%) C_{12}	0.118
	社会经济类 B_4	农民年均纯收入(元) C_{13}	0.194
		非农产值比例(%) C_{14}	0.129
		人均粮食产量(kg) C_{15}	0.065
		人口增长率(%) C_{16}	0.039
		老年人比例(%) C_{17}	0.028
		人均生活用水量(m^3) C_{18}	0.065
		人均受教育年限(年) C_{19}	0.039

表2 敏感性指标分级方案

Table 2 Classification scheme of sensitivity indexes

分值 Score	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
20	<10	<50	<20	>70	<30	<50
40	10~<20	50~<100	20~<60	>30~70	30~<40	50~<150
60	20~<40	100~<200	60~<130	>10~30	40~<60	150~<250
80	40~<60	200~<300	130~<200	>5~10	60~<80	250~<350
100	≥ 60	≥ 300	≥ 200	≤ 5	≥ 80	≥ 350

1.3.4 适应性指标分级及计算方法。同样采用分类综合指标法,即将适应性各指标按照对气候变化的适应性程度分级,不同等级对应不同分值,分值越大代表适应性程度越高(表3)。为避免重复,将各指标名用表1中的 $C_7\sim C_{19}$ 代替。

表3 适应性指标分级方案

Table 3 Classification scheme of adaptability indexes

分值 Score	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}	C_{19}
20	<0.033	<50	<100	<160	<1 200	<20	<2 500	<10	<250	>3.0	>30.0	<7.5	<6
40	0.033~<0.067	50~<55	100~<300	160~<320	1 200~<1 800	20~<26	2 500~<3 500	10~<25	250~<375	>2.0~3.0	>15.0~30.0	7.5~<10.0	6~<7
60	0.067~<0.100	55~<65	300~<600	320~<480	1 800~<2 400	26~<33	3 500~<4 500	25~<45	375~<425	>1.0~2.0	>10.0~15.0	10.0~<15.0	7~<8
80	0.100~<0.167	65~<80	600~<900	480~<640	2 400~<3 000	33~<40	4 500~<5 500	45~<70	425~<475	>0.5~1.0	>7.5~10.0	15.0~<20.0	8~<9
100	≥ 0.167	≥ 80	≥ 900	≥ 640	$\geq 3 000$	≥ 40	$\geq 5 500$	≥ 70	≥ 475	≤ 0.5	≤ 7.5	≥ 20.0	≥ 9

将各指标分值与相应权重相乘后求和,得出系统适应性程度值,计算公式如下:

$$A = \sum (Y_i \times W_i) \quad (2)$$

式中, A 表示适应性程度, W_i 表示第*i*种指标所占权重(表2); Y_i 表示第*i*种指标具体取值所属等级的适应性程度值(表3)。

1.3.5 脆弱度计算。综合考虑敏感性程度 S 与适应性程度

A ,将系统的气候脆弱度(V)确定为^[3]:

$$V = S/A \quad (3)$$

气候脆弱性等级划分标准如表4所示。

2 农业系统气候脆弱性评价

经计算,各敏感性指标和适应性指标的权重如表1所示。研究区5个村的敏感性值、适应性值及脆弱度等级如表5所示。

表 4 气候脆弱性等级划分标准

Table 4 Classification criteria for climate vulnerability

等级 Level	V	脆弱性程度 Vulnerability degree
1	0~20	最不脆弱
2	>20~40	较不脆弱
3	>40~60	中等脆弱
4	>60~80	较脆弱
5	>80~100	最脆弱

由表 5 可知,各村的敏感性和适应能力基本呈负相关。敏感性方面,5 个村中除了北马坊村的敏感程度较低

表 5 各村农业系统气候敏感性、适应性、脆弱度及其排序

Table 5 Climate sensitivity, adaptability, vulnerability and order of agricultural systems in each village

村名 Village name	敏感性 Sensitivity	排序 Order	适应性 Adaptability	排序 Order	脆弱度 Vulnerability	等级 Level	排序 Order
小店子村 Xiaodianzi Village	51.21	2	76.79	1	67	4	4
观音村 Guanyin Village	48.14	3	60.91	4	79	4	2
五里墩村 Wulidun Village	53.45	1	53.23	5	100	5	1
北马坊村 Beimafang Village	17.61	5	65.74	2	27	2	5
孙家河村 Sunjiahe Village	47.64	4	61.30	3	78	4	3

2.1 敏感性分析 敏感性的大小取决于气候敏感因子和环境敏感因子指标的取值及其权重^[15],6 个敏感性指标中,权重由大到小依次为关键生育期降水变化>关键生育期积温变化>林草面积比>冬季积温变化>垦殖指数>人口密度(表 1)。为避免重复,以下分析每个村的指标分值时都按此顺序排列。

五里墩村敏感性最高,敏感性指数为 53.45,权重最高的 2 个指标分值分别为 100 和 80,其余 4 个指标的分值依次为 80、80、60、80,可见在五里墩村,影响农业敏感性的主要因素是降水和积温,6 个指标的影响程度较均匀。

小店子村的敏感性位于第 2,权重最高的 2 指标分值均达 100,其余 4 个指标的分值依次为 40、60、60、40,说明影响该村农业敏感性的主要问题在于降水和积温的变化。

观音村的敏感性程度位于第 3,6 个指标分值分别为 60、60、80、100、60、100,可见权重较低的指标对该村的敏感性影响更大,其中垦殖指数、人口密度是影响最大的指标,林草面积比的影响排第 2,说明在该村荒地开垦和人口过多是造成敏感性的最主要因素。

敏感性位于第 4 的孙家河村,6 个指标的分值分别为 100、60、60、80、60、80,关键生育期降水变化分值达到 100,说明在孙家河村,影响农业敏感性的最主要因素是降水,其次是荒地开垦和人口过多。

敏感性最小的是北马坊村,6 个指标的分值分别为 40、20、20、20、20、20,5 个村的指标分值都为 20 分,说明北马坊村的农业系统对气候变化不敏感。

2.2 适应能力分析 适应性能力的大小取决于农业生产条件类指标和社会经济环境指标的取值及其权重,13 个适应性指标的权重由大到小依次为农民年均纯收入>非农产值比例>农业劳动力比例>人均耕地>灌溉地比例>人均粮食产量=人均生活用水量>人均农业灌溉量>水利设施资产>人口增长率=人均受教育年限>老年人比例>人均有机肥施用量。

(17.61),其余 4 个村的敏感性程度都较高,且差别不大,其中以五里墩村的敏感性程度最高(53.45),排列顺序为五里墩村>小店子村>观音村>孙家河村>北马坊村。适应能力方面,5 个村的适应能力居中,且差别不大,其中适应性最强的是小店子村(76.79),适应性最弱的是五里墩村(53.23),排列顺序为小店子村>北马坊村>孙家河村>观音村>五里墩村。气候脆弱度为二者结合而得,5 个村的脆弱度均不低于 2 级,其中五里墩村的脆弱度等级为 5 级,且分值已达到 100,北马坊村的脆弱度等级最小(2 级);5 个村的脆弱度排列顺序为五里墩村>观音村>孙家河村>小店子村>北马坊村。

其中,权重最高的指标(农民人均年纯收入)在每个村的分值都是 80 分,说明研究区各村人均收入较高,对适应能力的影响相似,故以下不再赘述这个指标。

5 个村中小店子村的适应能力最强,主要表现在农民年均纯收入、农业劳动力比例、灌溉地比例、人均粮食产量和人均农业灌溉量。其中灌溉地比例达到 94.10%,为研究区各村之首,人均粮食产量达 1 442.31 kg,是北马坊村(625.86 kg)的 2.3 倍(后者该指标 5 个村中排第 2),人均农业灌溉量达 3 076.92 m³,是观音村(1 137.96 m³)的 2.7 倍(后者该指标 5 个村中排第 2)。另外,该村各个指标分值都在 40 分以上,说明该村各方面的适应能力都较强。

北马坊村的适应能力排第 2,主要表现在农民年均纯收入、非农产值比例、人均耕地、灌溉地比例和人均粮食产量等方面。权重第 2 的非农产值比例达到 52%,农民收入的 50%以上来自非农产业,因此气候变化对整个农业系统的影响较小。另外,该村的人均耕地和人均粮食产量 2 个指标分值都达到 100 分,大大提升了适应能力。除人口增长率的分值为 20 分以外,其余指标都在 40 分以上,说明在北马坊村,人口增长过快是适应气候变化最薄弱的方面。

孙家河村的适应能力位于第 3,主要表现在农民年均纯收入、人均耕地、水利设施资产、人均受教育年限和人均有机肥施用量 5 个方面。其中农民年均纯收入和人均耕地是提升适应能力的关键指标。而人均农业灌溉量和人口增长率的分值都为 20,说明在该村,灌溉量不足和人口增长过快是减弱适应能力的关键因素。

观音村的适应能力排于第 4,主要表现在农民年均纯收入、灌溉地比例、人口增长率和老年人比例 4 个方面。但由于人口增长率和老年人比例 2 个指标所占权重较小,因此对于提升该村的适应能力作用不大。另一方面,权重位于第 3 的指标(农业劳动力比例)的分值只有 20 分,削弱了该村的

适应能力。另外,人均农业灌溉量也是该村适应气候变化较薄弱的一方面。

适应能力最差的是五里墩村,该村的各个指标分值较极端。适应能力表现在农民年均纯收入、非农产值比例和人均耕地3个方面,三者分值分别为80、100、100,对该村的适应能力作出最大贡献。但另一方面,人均粮食产量、人均生活用水量、人均农业灌溉量、水利设施资产、人口增长率和人均有机肥施用量却均为最低分(20分),说明该村虽然耕地数量多,但却属于广种薄收,各种水利设施也无法跟进,导致对气候变化的适应能力降到最低。值得一提的是,该村的非农产值比例达到了76%,即农民收入的大部分来自非农产业,这是该村的一大特点。

3 应对气候变化的适应性措施

宁夏是受气候变化影响的敏感地区,随着气候变化,如何增强各地农业系统的适应能力显得愈发重要。该研究从农业节水及其他实际情况出发,针对各村不同特点,提出应对气候变化的适应措施。

(1)小店子村。该村的适应能力较强,因此削弱了其系统对气候变化的脆弱性。虽然降水是最敏感的因素,但由于引黄灌溉的实施,农业用水并不受影响,因此如何更有效地利用水资源是该村亟待解决的问题。应加强农业节水建设,继续加强对各支斗渠的砌护,提高水资源利用效率;推广保墒早直播轻筒栽培技术,并配套平整地,防止灌溉水形成坡上径流,使水资源得到充分合理利用。改善种植结构,变现有的水稻连作为水旱轮作,以保证地区农业长期健康发展。积温的不足是该村农业系统敏感的另一主要方面,可通过秋季覆膜等方式来增加作物生育期积温及冬季积温。

(2)观音村。应避免过多开垦荒地,并采取减缓人口增长速度,增加农业劳动力比例,增加农业灌溉量等措施。另外由于该村以温室种植蔬菜为主,温室带来的特殊问题需要解决,如土壤有机质含量过高以及盐碱化问题。要加强农村沼气建设,争取达到水肥沼一体化;继续引进新作物品种;推广膜下滴灌技术、沼液施肥技术、体质增效技术、测土配方施肥技术等。

(3)五里墩村。该村的敏感性最强而适应能力最差,是最脆弱的区域。具体应从以下几方面提高系统适应能力:一是增加林草地面积,减弱单纯农田生态系统的脆弱性。二是进行中低产田改造,提高单位面积农业生产量。三是大力发展节水农业,继续完成集雨场的建设工作(该村已有集雨场和集雨窖236座);增加喷灌和滴灌等用水效率高的灌溉设施;引进和完善全覆膜双垄沟播技术,以减小水分蒸发。四是调整农业结构,增加枣树的种植面积,实行枣粮间作。另外应减缓人口增长速度,发展畜牧业,增加农田有机肥施用。

(4)北马坊村。该村对气候变化敏感度小且适应能力强,应进一步减缓人口增长速度以提高适应能力。该村农业用水为小流域中的塘坝水,持续性较高,但节水仍是最需重视的问题。该村主要实行管灌,改善了土渠输水造成的下渗问题,应进一步发展膜下滴灌,以解决输水蒸散问题。该村

种植业以玉米为主,结构单一且产量不高,应调整种植结构、发展玉米套种豆类等。另外应增加畜牧业比重,发展农林牧的复合农业系统。

(5)孙家河村。该村的脆弱性居中,适应能力中等而敏感性弱。降水不足是导致该村气候敏感最主要的因素,对于该问题该村利用地下水资源来弥补。但在实施农业综合开发项目后,该村将206.67 hm²旱地改为水浇地,大大增加了水资源的使用量,耗地下水严重,使得近几年来地下水位严重下降。因此应改善水资源利用方式及其来源,或将种植结构调整到低耗水模式,如发展马铃薯种植。另外应减缓人口增长速度,减少开垦荒地,同时退耕还林,以此提高系统适应能力。

4 小结

该研究采用层次分析法和分类综合指标法从敏感性和适应性两方面入手计算了宁夏农业综合开发项目区5个典型村的气候脆弱性,分析了影响各村气候敏感性和适应性的主要因素,并针对各村提出了相应的对策措施,对区域农业应对气候变化有一定的实践意义。由于所选研究区范围很小,除气象数据外所有数据都通过实地调查而得,保证了小区域研究数据的准确性和可靠性。应该指出的是,影响农业系统气候敏感性和适应性因素很多,相互关系也十分复杂。限于各种原因,该研究的方案仅选取了若干主要因素,设计了较简单的评估方法,与实际相比是不够完整的。但上述分析可以反映出宁夏农业综合开发项目区5个典型村气候脆弱性现状的大致轮廓,以供进一步研究借鉴和参考。

参考文献

- [1] MCCARTHY J J, CANZIANI O F, LEARY N, et al. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [J]. *Global ecology and biogeography*, 2001, 12: 87-88.
- [2] 郭明顺, 谢立勇, 曹敏建, 等. 气候变化对农业生产和农村发展的影响与对策[J]. *农业经济*, 2008(10): 8-10.
- [3] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法[J]. *地理科学进展*, 2008, 27(2): 18-25.
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Working Group II, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers, IPCC WG2 Third Assessment Report (TAR) [R]. 2001: 3-26.
- [5] 薛晓萍, 张承旺, 张丽娟, 等. 区域农业生产脆弱性及干旱诊断分析[J]. *自然灾害学报*, 2006, 15(5): 107-114.
- [6] 蔡运龙, SMIT B. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. *地理学报*, 1996, 51(3): 202-212.
- [7] 林而达, 王京华. 我国农业对全球变暖的敏感性和脆弱性[J]. *生态与农村环境学报*, 1994, 10(1): 1-5.
- [8] 赵跃龙, 张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. *地理科学进展*, 1998, 17(1): 67-72.
- [9] 王馥棠, 刘文泉. 黄土高原农业生产气候脆弱性的初步研究[J]. *气候与环境研究*, 2003, 8(1): 91-100.
- [10] 孙兰东, 岳立, 郭慧. 石羊河流域生态系统的气候变化脆弱性评估[J]. *干旱区研究*, 2010, 27(2): 204-210.
- [11] 唐为安. 区域农业对气候变化的脆弱性评价: 宁夏案例研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [12] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 224-249.
- [13] 宋建新. 农业气候变化脆弱性及治理研究进展[J]. *生态经济*, 2016, 32(10): 164-168.
- [14] 刘文泉. 农业生产对气候变化的脆弱性研究方法初探[J]. *南京气象学院学报*, 2002, 25(2): 214-220.
- [15] 孙兰东, 张富. 黑河流域生态系统的气候脆弱性分析[J]. *人民黄河*, 2006, 28(3): 10-12.