

基于 GIS 的县级设施农业区土壤养分综合评价

塔林葛娃^{1,2}

(¹青海大学农林科学院,青海西宁 810016; ²农业部西宁农业环境科学观测实验站)

摘要 采用 GIS 技术和层次分析法、综合指数法等,对青海省大通县设施农业区土壤养分进行综合评价。结果表明,全县设施农业区 1 588.8 hm² 耕地可分为 3 级,其中,1 级地 *IFI*(养分综合评价指数) >0.64 ,面积为 288.3 hm²,占总面积的 18.1%;2 级地 *IFI* 为 0.52~0.64,面积 1 254.2 hm²,占 78.9%;3 级地 *IFI* <0.52 ,面积 46.3 hm²,占 2.9%。并采用归纳法,建立起包含立地条件、理化性状和土壤管理等地力要素的乐都县耕地地力评价指标体系。

关键词 地理信息系统(GIS);耕地地力评价;指标体系;青海

中图分类号 S158 文献标识码 A 文章编号 1007-5739(2019)03-0161-03

Comprehensive Evaluation of Soil Nutrients in County-Level Facility Agriculture Area Based on GIS Talingewa

(¹ College of Agriculture and Forestry, Qinghai University, Xining Qinghai 810016; ² Xining Agricultural Environmental Science Observation Experimental Station, Ministry of Agriculture)

Abstract Comprehensive evaluation of soil nutrients in facility agricultural areas of Datong County, Qinghai Province was carried out by using GIS technology, analytic hierarchy process and comprehensive index method. The results showed that the 1 588.8 hm² cultivated land in the county's facility agricultural area could be divided into 3 levels, of which the first-level *IFI* (nutrient comprehensive evaluation index) was >0.64 , the area was 288.3 hm², accounting for 18.1% of the total area; the second-level ground *IFI* was 0.52~0.64, the area was 1 254.2 hm², accounting for 78.9%; the third-level ground *IFI* was <0.52 , the area was 46.3 hm², accounting for 2.9%. Inductive method was used to establish the evaluation index system of cultivated land fertility in Ledu County, including site conditions, physical and chemical properties and soil management.

Key words Geographic Information System(GIS); evaluation of cultivated land fertility; indicator system; Qinghai

设施农业作为一种农业高度集约化的土地利用方式,在我国均衡农民膳食结构、实现农业增效和农民增收以及推动地方社会发展等方面起到了积极作用。设施栽培条件下的“高水高肥”模式容易引起土壤养分富集、次生盐渍化、土壤酸化等一系列问题。近年来,随着“3S”技术在农业上的广泛应用,我国在数据更新、动态评价、评价精度方面取得了较大进展,结合层次分析、模糊数学等现代统计分析技术^[1-3],国内陆续开展了不同空间尺度的养分综合评价和耕地地力评价研究^[4-7]。目前,青海省设施农业栽培面积达 6 935 hm²,东部农业区作为青海省的传统设施农业区,部分地区栽培历史约 20 年,该区域设施农业面积占全省的 69%。目前东部农业区设施农业生产存在施肥结构不合理、偏施氮磷肥、忽略钾肥及中微量元素补充等现象,造成了严重的经济损失,同时大水漫灌导致养分淋失、环境污染^[8]。为了全面了解设施农业的土壤肥力和障碍因子,本项目拟以青海省大通县设施农业区为研究区域进行了系统分析,以期对设施农业养分高效管理提供科学施肥的依据,为青海省设施农业健康、可持续发展提供决策支撑。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

大通县地处青海省东部农业区,近年来发展成为青海省主要设施蔬菜产业县之一,其中双新公路沿线设施农业区位于县城桥头镇以北,地理位置为北纬 36°57'~37°03'、东经 101°35'~101°39',南起向阳堡村,北到新庄村,南北长

10 km,东西宽 3 km,涉及新庄镇的新庄、台其庄、吉仓村、尕庄,塔尔镇的上旧庄、下旧庄、塔尔湾、凉州庄、河州庄、石家庄、中庄,以及桥头镇的胡基沟村和向阳堡村等共 13 个行政村。项目区海拔 2 400~2 850 m,年平均气温 3.7℃,年降水量 450 mm,无霜期 97 d,年日照时数 2 685 h,≥0℃积温达 2 462.7℃,水、土壤、空气均未受到污染,并远离工业区。区内双新公路纵穿,村间道路全部水泥硬化,四通八达,十分便利。设施农业区总耕地面积 1 588.6 hm²,90%为水浇地,耕地土壤主要类型为潮沙土、垫淤土、黑钙土、栗钙土和沼泽土。园区主要种植黄瓜、茄子、辣椒、番茄等绿色蔬菜以及红提、葡萄、甜瓜、草莓等绿色果品。设施农业区年产各种蔬菜达 13 000 t,产值达 5 355 万元,纯收益达 3 570 万元,经济效益和社会效益显著。

1.2 资料来源

图件资料:主要图件比例尺确定为 1:50 000,包括地形图、土壤图、行政区划图、土地利用现状图。以上图件配准、坐标系定义用 Arcgis 10.2,对完成的 coverage 格式图件构建拓扑、属性库。矢量化完成的图件均转换为 shape 格式,属性表转换为 dbf 格式。

数据及文本资料:主要有第二次土壤普查形成的《大通县土壤普查报告》、大通县乡村代码表、县级土种与省级土种对照表、采样地块表、农户调查表、土壤测试表等^[9-10]。

2 耕地地力评价研究

2.1 评价单元确定

评价单元确定主要应用矢量化后的土地利用现状图、土壤图和行政区划图在 Arcgis 软件下叠加形成。行政区划图细划到村界;而土壤图则以县级土种为最小单位;土地利用现状图提取至各个地类图斑要素。以上 3 个图层叠加形成的管理单元图,空间界线和行政隶属关系明确,土壤类型

基金项目 青海省农林科学院青年创新基金项目“东部设施农业区氮磷累积特征及生态效应评价”(2017-NKY-03);青海省农牧厅科技计划项目“青海省设施农业区农产品产地环境监测项目”(2017-NM-032)。

作者简介 塔林葛娃(1986-),女,青海门源人,研究实习员,从事农业资源与环境方向的研究工作。

收稿日期 2018-10-23

及土地利用方式清晰,此条件下得出的评价结果可用于农业布局规划、指导农业生产实际,可为测土配方施肥及实施精准农业奠定良好的基础。

2.2 评价因子确定

农田养分综合评价实质是评价地形地貌、土壤理化性状等自然要素对农作物生长的限制程度。针对大通县的耕地资源特点,以代表性和稳定性为原则,筛选出 11 个指标作为大通县设施农业区养分综合评价因子,分别为速效钾、速效磷、碱解氮、有机质、坡向、成土母质、海拔、pH 值、有效土层厚度、质地、阳离子代换量(CEC)。

2.3 各因子隶属度确定

对定量数据(数值型指标)采用隶属函数法和特尔斐法确定出各评价因子的实际值和代表生产力水平的隶属度(0~1 值)间隶属函数关系,将各评价因子的值代入隶属函数,计算出相应的隶属度。对定性数据(概念型指标)则采用特尔斐法直接给出相应的隶属度(表 1)。

黏壤、砂壤、中壤的隶属度分别为 0.3、0.6、0.8;灌溉能力可划分为充分满足、基本满足、一般满足和无灌溉,其隶属度分别为 0.9、0.6、0.3、0.1。其他定性数据隶属度表如表 2 所示。

表 1 大通县设施农业区定量数据评价指标隶属函数

序号	函数类型	项目	隶属函数	标准指标值 C	指标上(下)限值 ut
1	正直线型	阳离子代换量/cmol(+).kg ⁻¹	$y = -0.16637 + 0.061573x$	17.60	ut=6.1
2	负直线型	pH 值	$y = 3.48 - 0.375x$	7.60	ut=8.6
3	负直线型	海拔/m	$y = -2.0916 - 0.000532x$	2450.00	ut=2900
4	戒上型	碱解氮/mg.kg ⁻¹	$y = 1/[1 + 0.000063 \times (u - c)^2]$	303.18	ut=101
5	戒上型	速效钾/mg.kg ⁻¹	$y = 1/[1 + 0.00005 \times (u - c)^2]$	400.00	U ₁ =135, ut ₂ =396
6	戒上型	有机质/g.kg ⁻¹	$y = 1/[1 + 0.005641 \times (u - c)^2]$	36.00	ut=11
7	戒上型	速效磷/mg.kg ⁻¹	$y = 1/[1 + 0.000133 \times (u - c)^2]$	117.55	ut=20
8	戒上型	有效土层厚度/cm	$y = 1/[1 + 0.00023 \times (u - c)^2]$	151.00	ut=29

表 2 设施类型(蔬菜地用)隶属度及其描述

坡向	隶属度	坡向	隶属度
'N'	0.40	'SW'	0.70
'NW'	0.45	'SE'	0.80
'W'	0.50	'S'	0.90
'WN'	0.50	'E'	0.90
'NE'	0.60	'ES'	0.98
'E'	0.70		

2.4 各评价因子权重

采用层次分析法确定每一个评价因素对综合评价的贡献大小。采用的主要方法为确定综合评价为目标层、B 为准则层、C 为指标层。根据专家评比,依据 11 项指标要素间的关系构造层次结构图,比较同一层次各因素对上层次的相对重要性,请专家给出数量化的评估,经多轮反复形成最终的判断矩阵,计算层次分析结果(表 3)。

表 3 层次分析结果

目标层(B)	准则层(C)	单因子权重	组合权重
耕层养分(B ₁)		0.166 9	
土壤性状(B ₂)		0.251 6	
立地条件(B ₃)		0.581 5	
耕层养分	速效钾(C ₁)	0.125 2	0.025 9
	速效磷(C ₂)	0.164 5	0.034 0
	碱解氮(C ₃)	0.335 8	0.069 3
	有机质(C ₄)	0.374 5	0.077 3
土壤性状	坡向(C ₅)	0.195 7	0.064 9
	成土母质(C ₆)	0.369 1	0.122 4
	海拔(C ₇)	0.435 2	0.144 4
立地条件	pH 值(C ₈)	0.131 0	0.060 5
	有效土层厚度(C ₉)	0.230 9	0.106 6
	质地(C ₁₀)	0.283 4	0.130 9
	CEC(C ₁₁)	0.354 6	0.163 8

2.5 计算养分综合评价指数

大通县设施农业区养分综合评价指数采用加法模型得出。主要依据各评价指标的权重和标准化取值,采用累加的方法,得出每个评价单元的综合指数。计算公式如下:

$$IFI = \sum F_i \times C_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

式中,IFI(Integrated Fertility Index)代表养分综合评价指

数;F_i为第 i 个因素的评价评语;C_i为第 i 个因素的组合权重。

3 结果与分析

3.1 养分综合评价结果

根据综合评价指数分布,采用累积曲线法确定分级方案。计算结果表明,大通县设施农业区评价单元养分综合评价指数处于 0.461 19~0.715 79 之间。大通县设施蔬菜设施农业区耕地总面积为 1 588.6 hm²,利用累积曲线法将设施农业区农田分为 3 个等级,综合评价指数 IFI>0.64 为 1 级,IFI 在 0.52~0.64 之间的为 2 级,IFI<0.52 的为 3 级(图 1)。

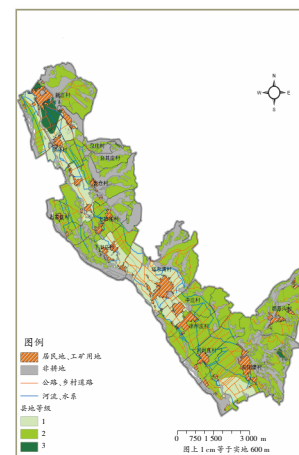


图 1 设施农业区土壤养分综合评价等级图

大通县设施农业区现有农田耕地 1 588.6 hm²,旱田 1 167.6 hm²,占总面积的 73.5%,水浇地 395.6 hm²,占总面积的 24.90%;菜地 25.4 hm²。根据评级结果,全县设施农业区分为 3 个等级,其面积分布见表 4。

3.2 不同等级在各土种的分布

如表 5 所示,大通县设施农业区农田土壤按县级土种主要包括 15 种,按不同养分综合等级进行划分,属于 1 级地的耕作土种主要包括栗钙土中的灌溉黑麻土和灌溉黄麻土,2 个土种面积较大,面积分别为 93.1 hm² 和 76.5 hm²,

表 4 大通县设施农业区养分综合评价分级统计

养分等级	养分综合指数 分级 IFI	耕地面积 hm ²	占总面积的比例 %
1 级	>0.64	288.3	18.1
2 级	0.52~0.64	1 254.2	78.9
3 级	<0.52	46.3	2.9
合计		1 588.8	100.0

分别占该级耕地面积的 32.3%和 26.5%;其次为潮沙土的河滩白盐碱土和泥澄砂土 2 个土种,面积分别为 46.2 hm² 和

50.1 hm²,分别占该级耕地面积的 16.0%和 17.4%;面积最小的为垫淤土中的薄层人工堆垫土土种,为 22.4 hm²,占 1 级地总面积的 7.8%。2 级耕地土壤主要包括潮沙土中的泥澄砂土,面积最大,为 292.1 hm²,占 2 级地总面积的 23.3%,其次为栗钙土中的黑黄土、灌溉黄麻土和大白土,所占比例分别为 22.2%、18.8%和 12.2%,其他土种所占比例均在 10%以下。3 级耕地土壤中栗钙土中的灌溉黑麻砂土占较大比重,其面积为 39.9 hm²,占 3 级地总面积的 86.2%。

表 5 不同等级在各土种分布面积及比例

土种	1 级		2 级		3 级		总计	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
河滩白盐碱土	46.2	16.0	0	0	0	0	46.2	2.9
泥澄砂土	50.1	17.4	292.1	23.3	0	0	342.2	21.5
薄层人工堆垫土	22.4	7.8	63.2	5.0	0	0	85.6	5.4
黑砂土	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0
黄黑土	0	0	0.8	0.1	0.8	1.7	1.6	0.1
白黄土	0	0	39.8	3.2	0	0	39.8	2.5
大白土	0	0	152.8	12.2	0.4	0.9	153.2	9.6
灌溉黑麻砂土	0	0	0	0	39.9	86.2	39.9	2.5
灌溉黑麻土	93.1	32.3	102.5	8.2	0	0	195.6	12.3
灌溉黄麻土	76.5	26.5	236.3	18.8	0	0	312.8	19.7
黑黄土	0	0	278.4	22.2	4.5	9.7	282.9	17.8
黑鸡粪土	0	0	44.5	3.5	0.7	1.5	45.2	2.8
黄鸡粪土	0	0	31.5	2.5	0	0	31.5	2.0
山地砂质黄黏土	0	0	0.2	0	0	0	0.2	0
青泥	0	0	12.0	1.0	0	0	12.0	0.8
合计	288.30	100.0	1 254.2	100.0	46.3	100.0	1 588.8	100.0

3.3 不同等级在各乡镇分布

由表 6 可以看出,大通设施农业区农田主要分布在塔尔镇,面积为 740.7 hm²,占总耕地面积的 46.6%;其次为新庄镇,为 464.8 hm²,占 29.3%;桥头镇居第 3 位,面积为 383.2 hm²,

占 24.1%。

大通设施农业区耕地中 1 级地主要分布在塔尔镇,其 1 级地面积为 192.0 hm²,占 1 级地总面积的 66.6%;新庄镇和桥头镇比例相当,均在 50.0 hm² 左右,比例分别为 17.4%

表 6 不同等级在设施农业区各乡镇面积分布

乡(镇)	1 级		2 级		3 级		总计	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
桥头镇	46.2	16.0	331.3	26.4	5.7	12.3	383.2	24.1
塔尔镇	192.0	66.6	548.7	43.8	0	0	740.7	46.6
新庄镇	50.1	17.4	374.1	29.8	40.6	87.7	464.8	29.3

和 16.0%。2 级地主要分布在塔尔镇,其面积为 548.7 hm²,占 2 级地总面积的 43.8%;新庄镇和桥头镇面积相当,均在 350 hm² 左右,比例分别为 29.8%和 26.4%。3 级地主要分布在新庄镇,其面积为 40.6 hm²,占 3 级地总面积的 87.7%;桥头镇面积较小,比例为 12.3%,在塔尔镇没有 3 级地分布。

3.4 各评价要素分析

按照耕地地力要素的概念,参评的 11 个评价指标可以划分为立地条件、理化性状与耕层养分状况等三大地力要素。并通过归纳办法,归纳出各个地力等级(1~3 级)的评价指标体系。在设施农业区农田耕层理化性状方面,土壤质地主要为黏壤和砂壤,其次为中壤;土壤 pH 值主要在 8.1~8.2 之间,有效土层厚度大多集中在 120~150 cm 之间,多数耕层土壤阳离子代换量(CEC)<10 cmol(+)/kg,说明大部分土壤属保肥力弱的土壤。在设施农业区农田土壤性状方面,大通设施蔬菜设施农业区农田坡向大多以正南方向、东南和西南方向为主;成土母质中以次生黄土和黄土母质所占比重最大;海拔以 2 400~2 600 m 范围为主。在设施农业区农田耕层养分状况方面,土壤速效钾大多属中、较高水平,速效磷大多属中、较高水平,土壤碱解氮多在中等以上水平,有机

质以中、低水平居多。

4 参考文献

- [1] 王厉,周忠发,牛颖超,等.基于熵权 TOPSIS 模型和 GIS 的黔北农产品区土壤养分空间分析及综合评价[J].水土保持研究,2018,25(4): 274-282.
- [2] 张彬,杨联安,杨粉莉,等.礼泉县苹果园土壤养分空间变异特征及综合评价[J].土壤通报,2016,47(4):860-867.
- [3] 鲁明星,贺立源,吴礼树.我国耕地地力评价研究进展[J].生态环境,2006,15(4):866-871.
- [4] 王瑞燕,赵庚星,李涛,等.GIS 支持下的耕地地力等级评价[J].农业工程学报,2004,20(1):307-310.
- [5] 林碧珊,汤建东,张满红.广东省耕地地力等级研究与评价[J].生态环境,2005(1):149-153.
- [6] 吴立忠,郭世乾,张保田.基于 GIS 的黄土高原丘陵沟壑区的耕地地力评价研究:以天水市麦积区耕地地力评价为例[J].中国农业资源与区划,2009,30(6):35-41.
- [7] 危向峰,段建南,湖振琪,等.层次分析法在耕地地力评价因子权重确定中的应用[J].湖南农业科学,2006(2):39-42.
- [8] 贺小琴,张永清,闫姣,等.离石区不同种植年限大棚土壤养分累积特征[J].农学学报,2014,4(8):43-47.
- [9] 刘伟,武美燕,胡学玉,等.设施栽培地土壤富营养化及其潜在的环境影响[J].环境科学与技术,2011,34(5):20-23.
- [10] 史春余,张夫道,张俊清,等.长期施肥条件下设施蔬菜地土壤养分变化研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):437-441.