

# 基于灰色关联分析的宁夏中部旱区压砂地土壤质量评价

贾 涛

(吴忠市科信环境检测有限公司, 宁夏 吴忠 751100)

**摘要:** 在对宁夏中部旱区压砂地土壤养分调查的基础上, 选择西瓜地、枸杞地、沙枣地和撂荒地作为研究对象, 以有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾作为评价指标, 运用灰色关联分析模型对该区域土壤质量进行综合评价。结果表明, 该区域西瓜地土壤质量最优, 枸杞地和撂荒地次之, 沙枣地土壤质量较差。

**关键词:** 灰色关联分析; 土壤质量; 压砂地; 宁夏中部旱区

**中图分类号:** S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)11-0065-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.11.014

## Evaluation of Soil Fertility in Gravel-sand Mulched in Arid Area of Central Ningxia Base on Grey Correlation Analysis

JIA Tao

(Wuzhong Kexin Environmental Testing Co., Ltd., Wuzhong Ningxia 751100, China)

**Abstract:** Based on the investigation and analysis of soil nutrients on the gravel-sand mulched field in arid area of central Ningxia, watermelon land, wolfberry land, sand jujube land and abandoned land were chosen as research objects, organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus and available

**收稿日期:** 2021-07-31

**作者简介:** 贾 涛(1987—), 男, 宁夏吴忠人, 工程师, 主要从事环境检测工作。联系电话: (0)13895007937。Email: 515865384@qq.com。

- 优势农产品秦安苹果评价[J]. 甘肃农业科技, 2020(11): 78-80.
- [5] WERTHEIM S J, WAGENMAKERS P S, BOOTSMA J H, et al. Orchard systems for apple and pear: Conditions for success[J]. Acta Horticulturae, 2001, 557: 209-227.
- [6] 何正奎, 牛军强, 马 明, 等. 间伐对乔化‘红富士’苹果冠层不同部位叶片光合及荧光特性的影响[J]. 林业科技通讯, 2021(2): 47-50.
- [7] 孙建设, 马宝焜, 章文才. 富士苹果果皮色泽形成的需光特性研究[J]. 园艺学报, 2000, 27(3): 213-215.
- [8] 孙文泰, 牛军强, 董 铁, 等. 间伐改形对陇东旱塬密闭苹果园树体冠层结构和发育后期叶片质量的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(9): 3008-3016.
- [9] 牛军强, 孙文泰, 董 铁, 等. 间伐改形对陇东高原密闭富士苹果园冠层微域环境及叶片生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(11): 3681-3690.
- [10] 徐兴利, 金则新, 何维明, 等. 不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(20): 6343-6353.
- [11] MURATEN, TAKAHASHI, NISHIYAMA Y. Photoinhibition of photosystem II under environmental stress[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2007, 1767: 414-421.
- [12] 武 辉, 周艳飞, 候丽丽. 低温弱光胁迫对棉花幼苗叶绿素荧光特性及能量分配的影响[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(3): 393-399.

(本文责编: 陈 珩)

potassium were used as evaluation indexes, the grey relational analysis model was used to evaluate the soil fertility in this area. The results showed that soil fertility of watermelon field was the best in this area, followed by wolfberry field and abandoned land, and the soil quality of oleaster field was poor.

**Key words:** Grey correlation analysis; Soil fertility; Gravel-sand mulched; Arid area of central Ningxia

土壤是人类赖以生存的最基本的自然资源之一,土壤质量是影响土地生产力的关键因子,也是影响农民增收致富的重要因素<sup>[1-2]</sup>。但近年来,农药化肥的大量使用,致使土壤受到不同程度的影响,严重影响了农业的可持续发展<sup>[3]</sup>。因此对土壤质量进行客观评价具有重要意义。

传统的土壤质量评价依据调查有关数据,凭借调查研究者的经验,根据既定原则进行,评价结果主观性较大,科学性不够。灰色系统的关联分析是对系统变化态势的量化分析,其原理是将若干个数列构成的各条曲线几何形状作比较,即几何形状越相似,则它们的变化趋势越接近,关联度就越大。灰色关联分析法能改善单因素土壤质量评价不确定性高的缺点,从而提高评价结果的科学性和合理性。周建飞等<sup>[4]</sup>、赵国锋等<sup>[5]</sup>、王维等<sup>[6]</sup>分别采用灰色关联分析法对城市扩展用地、滩涂围耕地、高寒草地土壤进行评价,均取得十分明显的效果。压砂地是宁夏中部旱区最主要的土地利用方式之一,但近年来,随着种植年限的增加,土壤养分含量相对不足、施肥管理粗放等现象突出。笔者采用灰色关联分析方法,对压砂地土壤进行质量评价,旨在揭示该区域土壤质量情况,为土壤可持续利用和农田管理提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概括

研究区位于宁夏中卫市沙坡头区香山乡三眼井村(104° 59' 22"~105° 04' 38"E, 36° 59' 48"~ 37° 03' 13"N),为宁夏中部旱区的核心地带,也是压砂地的典型分布区。该区域位于香山西南侧,地势东北高西南低,属

于典型的荒漠草原气候区,干旱少雨,昼夜温差大,年均气温 8.5 ℃,年均降水量 243.6 mm。土壤主要为灰钙土,局部地区为黄绵土。压砂地是当地土地的主要利用方式,种植的作物以西瓜、枸杞和沙枣为主。

### 1.2 试验设计

为确保对土壤质量的研究具有科学性和代表性,根据植被调查状况,在研究区分别选取沙枣、枸杞、西瓜和撂荒地 4 种具有代表性的压砂地植被类型。每种植被利用类型区域采集土壤 5 个,共计 20 个,然后放入自封袋内,带回实验室经风干、研磨、剔除杂物后过 60 目筛备用。土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定<sup>[7]</sup>,全氮采用半微量开氏法<sup>[7]</sup>,全磷采用酸溶钼锑抗比色法<sup>[7]</sup>,全钾采用 NaOH 熔融火焰光度计法<sup>[7]</sup>;土壤碱解氮采用碱解扩散法测定<sup>[8]</sup>,土壤速效磷采用 NaHCO<sub>3</sub> 测定法<sup>[8]</sup>,土壤速效钾采用 NH<sub>4</sub>Ac 浸提—火焰光度法测定<sup>[8]</sup>。

### 1.3 数据处理

参照我国的土壤适宜性评价标准,同时借鉴前人对适宜性评价指标的选择,依据宁夏中部旱区压砂地土壤特点,以有机质、氮、磷、钾、碱解氮、速效磷、速效钾为土壤质量评价因子,构建该区域的土壤质量评价体系(表 1)。

### 1.4 研究方法

土壤是一个具有多层次和多因素的复杂系统,在一定的时间和空间内,难以的获取土壤的全部的信息,因此采用获取有限的土壤环境影响因子来评价土壤的质量状况是可行的。土壤肥力评价的灰色关联分析模型具体步骤如下。

1.4.1 比较数列和参考数列的确定和无量纲化 将各土壤肥力评价指标实测值作为比较数列, 即 $\{x_i(k)\}$ , 其中下标 $i$ 为待评价样地,  $k$ 为肥力评价因子。选择有机质、氮、磷、钾、碱解氮、速效磷和速效钾 7 个作为评价因子。各肥力标准值作为参考数列, 即 $\{x_j(k)\}$ , 其中 $j$ 表示土壤肥力级别。土壤各指标的无量纲化采用初值法。

1.4.2 计算关联系数和关联度 关联系数是参考数列和比较数列之间的关联程度,  $\{x_i(k)\}$ 对 $\{x_j(k)\}$ 在地 $i$ 点 $k$ 项的关联系数为:

$$\xi_{ij}(k) = \frac{\min_j \min_k \Delta_{ij}(k) + \rho \max_j \max_k \Delta_{ij}(k)}{\Delta_{ij}(k) + \rho \max_j \max_k \Delta_{ij}(k)}$$

式中,  $\Delta_{ij}(k) = |x_i(k) - x_j(k)|$  为 $\{x_i(k)\}$ 与 $\{x_j(k)\}$ 在第 $i$ 点 $k$ 项的绝对差;  $\min_j \min_k \Delta_{ij}(k)$ 为两极最小差;  $\max_j \max_k \Delta_{ij}(k)$ 为两极最大差。 $\rho$ 为分辨系数, 其值为 $0 \sim 1$ , 取 $\rho = 0.5$ 。

关联系数难以从总体上反映序列之间的关联程度, 因此必须获取它们的时间均值, 即关联度。关联度的计算公式为:

$$r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{ij}(k) \quad k=1, 2, 3, \dots, n$$

## 2 结果和分析

### 2.1 土壤质量指标的描述统计分析

对该地区土壤质量进行描述统计分析结果(表2)表明, 有机质为 $4.32 \sim 9.89$  g/kg, 变异系数为 $24.67\%$ ; 全氮、全磷、全钾量养分含量变化范围分别为 $0.32 \sim 0.76$ 、 $0.34 \sim 0.68$ 、 $14.34 \sim 20.14$  g/kg, 变异系数为 $7.32\% \sim 20.61\%$ 。与张兴<sup>[9]</sup>于2019年对当地砂田土壤质量研究相比, 各指标均呈现出轻微下降趋势。碱解氮、速效磷、速效钾养分含量变化范围分别为 $14.34 \sim 29.32$ 、 $2.07 \sim 5.63$ 、 $36.64 \sim 145.34$  mg/kg, 变异系数为 $19.34\% \sim 23.33\%$ 。从偏度与峰度看, 土壤质量各指标的差异较小, 即其数据的离散程度较均一。通过KS检验, 发现土壤质量各指标 $P$ 值均大于 $0.05$ , 即均服从正态分布。

从表2看, 该区域的土壤质量总体偏低, 一些地区甚至出现了较严重的质量低下问题。其原因可能与地处内陆腹地、土质疏松、降水稀少、土壤养分易流失有关。与此同时, 随着砂田种植年限延长, 其砾石层的含土量也随之增加, 易造成板结, 对土壤的

表 1 土壤质量评价指标

等级	有机质 /(g/kg)	全氮 /(g/kg)	全磷 /(g/kg)	全钾 /(g/kg)	碱解氮 /(mg/kg)	速效磷 /(mg/kg)	速效钾 /(mg/kg)
I	$\geq 40$	$\geq 2$	$\geq 1$	$\geq 25$	$\geq 150$	$\geq 20$	$\geq 200$
II	30~40	1.5~2	0.8~1	20~25	120~150	16~20	150~200
III	20~30	1~1.5	0.6~0.8	15~20	90~120	11~16	100~150
IV	10~20	0.75~1	0.4~0.6	10~15	60~90	6~11	50~100
V	$\leq 10$	$\leq 0.75$	$\leq 0.4$	$\leq 10$	$\leq 60$	$\leq 6$	$\leq 50$

表 2 土壤质量指标的描述性统计值

因子	有机质 /(g/kg)	全氮 /(g/kg)	全磷 /(g/kg)	全钾 /(g/kg)	碱解氮 /(mg/kg)	速效磷 /(mg/kg)	速效钾 /(mg/kg)
极小值	4.32	0.32	0.34	14.34	14.34	2.07	36.64
极大值	9.89	0.76	0.68	20.14	29.32	5.63	145.34
平均值	6.56	0.49	0.49	17.34	21.21	4.23	98.32
标准差	1.70	0.14	0.09	1.32	4.23	1.13	22.12
偏度	0.687	0.534	0.163	0.006	0.089	-0.231	0.289
峰度	0.578	0.413	-0.421	-0.342	-0.657	-0.654	-0.543
KS检验	0.412	0.560	0.776	0.677	0.088	0.089	0.112
变异系数/%	24.67	20.61	18.36	7.32	19.34	23.33	22.49

表 3 压砂地土壤质量评价指标的灰色关联分析

植被类型	分级					关联度	评价结果
	I	II	III	IV	V		
西瓜	0.62	0.73	0.70	0.53	0.30	0.58	II
枸杞	0.51	0.57	0.59	0.53	0.32	0.51	III
沙枣	0.13	0.40	0.56	0.74	0.57	0.48	IV
撂荒地	0.48	0.42	0.75	0.56	0.37	0.52	III

保水透气性和保肥能力产生不良的影响。因此,有必要对砂田实行轮作制度,特别是压砂年限在 10 年以上的砂田。

## 2.2 土壤质量评价指标的灰色关联分析

对宁夏中部旱区压砂地土壤适宜性评价指标进行无量纲化处理,并根据灰色关联度模型进行计算,结果见表 3。可以看出,西瓜地的质量评价结果较好,为 II 级,关联度为 0.58;枸杞地和撂荒地的评价结果次之,评价为 III 级,关联度分别为 0.51 和 0.52;沙枣树的质量评价结果最差,为 IV 级,关联度为 0.48。主要原因沙枣和枸杞的生长期长,地上生物量大,对土壤的养分消耗较大;撂荒地植被稀疏,且多为低矮的杂草,土壤质量消耗较少。西瓜是一年生作物,作物消耗主要集中在春夏两季,秋冬季节土壤肥力几乎无消耗。同时,晒砂瓜种植是该区域的重点产业,也是当地农民收入的重要来源,农民会定期进行施肥、除草、灌溉等措施,有利于土壤的保护,所以西瓜田土壤适宜性评价最高。对比枸杞地和沙枣地发现,枸杞地适宜性高于沙枣地,其原因是沙枣种植年代较久,且种植密度较高,对土壤养分的消耗较大,且枸杞是该区域除西瓜外最重要的经济作物,定期除草、施肥等农田管理措施保护了土壤质量。除此之外,土壤质地、地形等因素都是影响压砂地土壤质量的重要因素,具体情况还需要进一步研究。

## 3 小结

通过对宁夏中部旱区压砂地土壤进行评价,发现该区域西瓜地土壤质量最优,为 II 级,枸杞地和撂荒地次之,为 III 级,沙枣

地土壤质量较差,为 IV 级。

宁夏中部旱区压砂地土壤质量总体偏低,甚至在一些地区出现了较严重的质量地下问题。其原因可能与地处内陆腹地,土质疏松,降水稀少,土壤养分易流失有关。

## 参考文献:

- [1] 汪景宽,李双异,张旭,等. 20 年来东北典型黑土地地区土壤肥力质量变化[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 19-24.
- [2] 宋春威. 近 30 年松嫩沙地土地利用时空动态[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(7): 45-49.
- [3] 骆伯胜,重继洪,陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤, 2004, 36(1): 104-106.
- [4] 周建飞,曾光明,黄国和,等. 基于不确定性的城市扩展用地生态适宜性评价[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 774-783.
- [5] 赵国锋,宋希杰,成 立. 基于关联分析和系统聚类的滩涂围垦适宜性评价[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6): 93-97.
- [6] 王 维,史惠兰,田海宁,等. 基于灰色关联分析的高寒草地土壤适宜性评价——以三江源河南县为例[J]. 科技通报, 2018, 34(11): 96-104.
- [7] 王幼奇,白一茹,赵云鹏. 宁夏砂田小尺度土壤性质空间变异特征与肥力评价[J]. 中国农业科学, 2016, 49(23): 4566-4575.
- [8] CAO Y Z, WANG X D, LU X Y, et al. Soil organic carbon and nutrients along an Alpine Grassland Transect across Northern Tibet [J]. J. Mt. Sci. 2013, 10(4): 564-573.
- [9] 张 兴. 砂田土壤生化性质空间异质性分析及质量综合评价[D]. 银川:宁夏大学, 2019.

(本文责编:陈 珩)