

高琳. 基于层次分析法的香芋产区土壤养分肥力评价——以广东省张溪村为例[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 323-326.

基于层次分析法的香芋产区土壤养分肥力评价 ——以广东省张溪村为例

高琳

(韶关学院英东农业科学与工程学院, 广东韶关 512005)

摘要:以广东省韶关市乐昌市乐城街道张溪村香芋产区为研究对象,通过野外调查的方法研究香芋产区的成土条件,并运用层次分析法(AHP),筛选了土壤有机质、有效氮、有效磷和速效钾4个养分指标,研究张溪村香芋产区的土壤养分特征。结果表明,香芋产区地处中亚热带常绿阔叶林区的河谷地带,成土母质以河流冲积物为主,主导成土过程为脱硅富铝化,主要土壤类型为红壤。在4个土壤养分指标中,有机质养分含量属于中等水平;有效氮和有效磷养分含量均属于极丰富水平;速效钾的养分含量属于缺乏水平。总体来看,乐昌市张溪县香芋产区的土壤养分特征整体属于很丰富级别。

关键词:层次分析法;成土条件;土壤养分;香芋

中图分类号: S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0323-04

香芋是我国南方重要的经济作物之一,有些地方的香芋生产更成为出口创汇的支柱产业。作为辅助粮食的香芋已成为今天人们饭桌上的美食,高品质的香芋需求量越来越大,香芋种植面积也越来越大。但并不是所有地区都能生产出优质香芋,香芋所在地区的生态条件在一定程度上决定了该区域

香芋的风味和品质,也基本上决定了香芋品种在该区域是否适合种植,所以适宜的生态条件是生产优质香芋的前提。土壤是农作物生长所必须依赖的生态条件之一,国内学者发现许多优势农产品只限定于某一特定的区域内,即具有独特土壤资源特征和质量特征的特定区域,这些特征因素影响了农作物的产量和品质。

土壤质量是土壤性质的综合反映,而土壤质量的核心之一是土壤生产力,基础是土壤肥力。土壤肥力是土壤提供植物养分和生产生物物质的能力,是保障作物生产的根本,其高低直接影响着作物生长,影响着农业生产的结构、布局和效益

收稿日期:2013-12-08

基金项目:广东省韶关市科技计划(编号:粤财教[2012]105号)。

作者简介:高琳(1986—),女,满族,辽宁鞍山人,硕士,讲师,主要从事土壤与农业环境生态研究。E-mail:lyn19860203@163.com。

征在时间维度和空间分布上显示不明显,其在充填开采和非充填开采地表塌陷区,以及未塌陷区各采样断面的表层土壤含量分布差异不大。从速效钾和铵态氮的分布特征和变化趋势来看,影响煤矿开采地表塌陷区土壤中养分流失规律的因素主要是气象条件和开采方式。

5 结论

煤矿充填开采地表塌陷盆地中央虽然没有常年积水,塌陷坡度和深度小,但由于地下潜水位抬升,土壤含水量也出现增加现象,且以盆地中央为中心向四周呈椭圆梯度递减,这一规律与非充填开采地表塌陷区土壤含水量分布类似。从土壤的黏粒、总可溶性盐、有机质、铵态氮和速效钾含量的时空变化特征来看,各项指标均在塌陷盆地边缘土壤中缓慢富集。

参考文献:

- [1] 张锦瑞,陈娟浓,岳志新,等. 采煤塌陷引起的地质环境问题及其治理[J]. 中国水土保持, 2007(4): 37-39.
- [2] 胡炳南. 我国煤矿充填开采技术及其发展趋势[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(11): 1-5, 18.
- [3] 牛威. 煤矿采空塌陷导致土地破坏状况及危害[J]. 华北国土资源, 2007(1): 49-50, 55.

- [4] 严家平,赵志根,许光泉,等. 淮南煤矿开采塌陷区土地综合利用[J]. 煤炭科学技术, 2004, 32(10): 56-58.
- [5] 栗丽,王曰鑫,王卫斌. 采煤塌陷对黄土丘陵区坡耕地土壤理化性质的影响[J]. 土壤通报, 2010, 41(5): 1237-1240.
- [6] 卞正富,雷少刚,常鲁群,等. 基于遥感影像的荒漠化矿区土壤含水率的影响因素分析[J]. 煤炭学报, 2009(4): 520-525.
- [7] 麦霞梅,赵艳玲,龚毕凯,等. 东滩煤矿高潜水位采煤塌陷地土壤含水量变化规律研究[J]. 中国煤炭, 2011, 37(3): 48-51.
- [8] 李晓静,胡振琪,张国强,等. 西南山区采煤塌陷地破坏水田土壤水分特征分析[J]. 煤矿开采, 2011, 16(6): 48-50.
- [9] 白中科,段永红,杨红云,等. 采煤沉陷对土壤侵蚀与土地利用的影响预测[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 67-70.
- [10] 孟庆俊. 采煤塌陷地氮磷流失规律研究[D]. 江苏:中国矿业大学, 2010: 25-37.
- [11] 刘思,孟庆俊. 淮南潘北矿塌陷湿地土壤退化评价[J]. 中国环境监测, 2011, 27(5): 6-10.
- [12] 纪振,秦伟伟. 徐州矿区采煤塌陷地综合利用途径分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(35): 11529-11530.
- [13] 于君宝,王金达,刘景双,等. 矿山复垦土壤营养元素时空变化研究[J]. 土壤学报, 2002, 39(5): 750-753.
- [14] 董霁红,卞正富,雷少刚,等. 徐州矿区充填复垦土壤特性实验研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 234-237.

等方面。土壤肥力质量的高低是诸多因素影响的结果,并且因素之间很大程度上存在相关性,因此从众多因素中筛选出具有代表性、独立性、主导性的因子是定量、准确评价土壤质量的关键^[1]。刘世梁等提出使用频率最高,且具有稳定性的评价耕作土壤肥力的因子共有 10 项:有机质、全氮、全磷、全钾、有效磷、速效钾、pH 值、阳离子交换量(CEC 值)、质地、耕层厚度^[2]。近年来对于土壤质量的评价方法也有很多论述^[3-5],如聚类分析、因子分析、主成分分析等,都被用于土壤质量的综合评价^[6-8]。而作为一种决策工具,层次分析法具有深刻的理论内容和简单的表现形式,并能统一处理决策中的定性与定量的因素,因此也被广泛应用于许多领域。土壤环境分析与评价实际上是一个多因素综合决策的过程,因而将层次分析法应用于土壤质量评价不但可行,而且具有简单、有效、实用的特点^[9]。

本研究选择能反映土壤肥力质量特性的定量因子^[10],运用层次分析法,以广东省韶关市乐昌市乐城街道张溪村为代表,研究乐昌市香芋产区的土壤成土条件以及土壤养分肥力质量特征及级别,从而为合理施肥、提高香芋品质及种植区划提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

乐昌市是广东省香芋的重要产地之一,在广东省、港澳地区广受欢迎,在全国也有一定的知名度。乐昌市位于韶关市

北部,粤北边陲,毗邻湖南,地势中部和北面较高,向东西两侧递减,地处中亚热带季风气候区,具有山地气候特征。乐昌市香芋具有悠久的栽培历史,尤其是张溪村香芋更有“炮弹香芋”之称。

1.2 数据获取

1.2.1 野外调查 在收集相关资料的基础上,组建研究人员和地方工作人员,统一到产区进行土壤地形调查,现场挖掘土壤剖面,通过目测和野外速测的方法鉴定香芋产区的成土母质和土壤类型,在野外难以鉴定的指标,取样回实验室进行室内分析鉴定。

1.2.2 样品采集及分析 土壤样品采集于 2012 年 10 月,在张溪村典型香芋田块采集土样 20 个。每一个样点都按农化样的采样要求,在每个区域内按“S”形布点法,多点混合采样,采样深度为耕作层(0~30 cm)。每个样品是由田块中心及其周围半径 10~20 m 内按“S”形取 3~5 个耕作层土样均匀混合后四分法留 1 kg。土样经风干处理后过 1 mm 筛,分取部分样品过 0.125 mm 筛备用。

土壤属性的测定方法:有机质含量采用外加热法测定,有效氮含量采用碱解扩散法,速效磷含量采用 Olsen 法,速效钾含量采用 N₄OAC 浸提-火焰光度法测定。

1.3 土壤养分指标及分级标准

土壤有机质、有效氮、有效磷和速效钾 4 个养分分级指标根据中国第二次土壤普查制定的养分分级标准制定。各养分分级标准^[11-13]见表 1。

表 1 土壤养分数据及分级标准值

养分指标	实测平均值	分级标准值				
		很丰富	丰富	适量	缺乏	很缺乏
有机质(g/kg)	17.19	>40	31~40	21~30	11~20	6~10
有效氮(mg/kg)	139.22	>150	121~150	91~120	61~90	30~60
有效磷(mg/kg)	80.62	>40	21~40	11~20	6~10	3~5
速效钾(mg/kg)	40.08	>200	151~200	101~150	51~100	30~50

2 结果与分析

2.1 香芋产区的成土条件特征

不同的农作物都要求适合自身生长的特定生态条件,农作物的品质优劣也与其所处区域的生态条件密切相关。而这些特定的生态条件就包括气候、地形地貌和成土母质等方面在内的成土条件,这些成土因素综合作用的结果影响了农作物的产量和品质。根据野外实地调查,张溪村香芋产区的气候、地形和母质等成土条件特征如下:(1)气候与土壤直接进行着水分和热量的交换,影响着土壤的物理、化学风化和淋溶过程的强度。香芋产区地处中亚热带常绿阔叶林地区,属于中亚热带季风气候,光、热、水资源丰富,年平均日照时数为 1 499.7 h,年均气温 19.6℃,降水量 1 500 mm。在这样的气候条件下,土壤接收的热量充足,但土壤的物理、化学风化以及所受的淋洗强度较大,盐基离子易于流失,土壤趋于酸性,pH 值在 5.8~6.7 之间。(2)地形地貌对光、热、水等气象要素会产生垂直方向和水平方向上的再分配,使水分和热量在一定范围内重新进行分配,进而影响着香芋的产量和品质。香芋产区位于张溪村的河谷地带,九洑十八滩出口的右侧,属于物质与能量的聚集地,该地形发育的土壤土层深厚,厚度一

般在 100~150 cm 之间,耕层厚度在 20~40 cm 之间。地形坡度较小,地势平缓且宽阔平坦,近水源,排灌方便,土壤排水条件良好,雨后或灌溉后土壤能保蓄相当的水分。产区所处地带阳光充足,地温较高,日照时间长,光合作用强。

(3)成土母质的矿物组成及其化学成分通过影响土壤理化性状进而影响香芋的品质。根据野外调查,香芋产区的成土母质主要为河流冲积物,发育的土壤土层深厚而肥沃,质地为沙壤土,土壤结构性良好,通气性强,可促进香芋根系的发育,增强其养分的吸取能力。(4)由于气候特殊性,即高温与高湿的气候条件下,母质进行着彻底的地球化学风化,母质的特征又直接影响着成土过程的速度、性质和土壤发育的方向,而香芋产区的土壤就在气候、地形和母质等成土因素的综合作用下,通过脱硅富铝化的成土过程而发育成红壤。

2.2 香芋产区的土壤养分指标评价(AHP)

2.2.1 建立层次结构模型 将土壤养分肥力质量作为层次分析的目标层(A),把评价因子(有机质、有效氮、有效磷和速效钾)作为层次分析的准则层(B),把土壤养分元素级别作为层次分析的方案层(C),由这 3 个层次建立了土壤养分肥力质量评价的层次结构模型(图 1)。

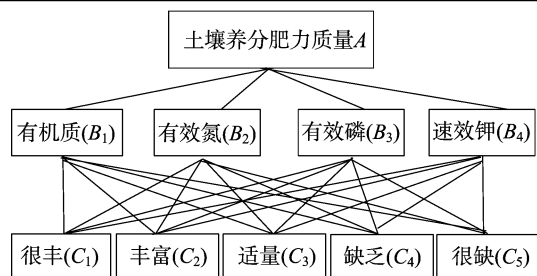


图1 土壤养分肥力质量评价模型

2.2.2 构造判断矩阵并计算特征向量 构造判断矩阵的主要目的是从有关的元素中找出相对重要的因素。判断矩阵的基本形式为：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \circ$$

计算判断矩阵的最大特征根和特征向量,其步骤如下:

(1) 计算两两判断矩阵的每一行元素的乘积 M_i 。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, i = 1, 2, \cdots, n。$$

(2) 计算 M_i 的 n 次方根 \overline{W}_i 。

$$\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}。$$

(3) 对向量 $\overline{W} = (\overline{W}_1, \overline{W}_2, \cdots, \overline{W}_n)^T$ 做正规化处理: $W_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{W}_i}, i = 1, 2, \cdots, n$, 得特征向量 $W = (W_1, W_2, \cdots, W_n)^T$ 。

(4) 计算两两判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} \circ \lambda_{\max} =$

$$\sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}W_j}{W_i}。$$

在土壤养分肥力质量这一目标(A)下,构造各准则层(B)的相对重要性的两两比较判断矩阵(A-B),并求出特征根及特征向量。本研究选用土壤养分元素的临界含量作为基准,计算各评价因子与基准值的比值,由此计算出各样本的特征向量及最大特征根。具体构建的各个因素的相对重要判断矩阵(A-B)见表2。

从表2可以得出,在4个土壤养分指标中,有效磷的含量

表2 A-B判断矩阵

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	按行求积	n 次方根	权重值	(AW) _i
B ₁	1	0.556	0.107	2.144	0.128	0.663	0.113	0.400
B ₂	0.635	1	0.192	3.857	0.470	0.860	0.147	0.588
B ₃	9.381	5.215	1	20.115	984.064	3.968	0.678	3.752
B ₄	0.466	0.259	0.050	1	0.006	0.360	0.062	0.187

最高,所占权重为0.678,其次是有效氮和有机质的含量,所占权重分别为0.147和0.113,而有效钾含量最低,所占权重仅为0.062。

对于土壤环境质量评价的各个因子(B),以评价因子的实测值与其相对应的各个土壤环境质量级别的标准值之差的绝对值的倒数作为标度来构建各个土壤环境质量级别(C)的

相对重要两两判断矩阵(B_i-C)。具体构建的土壤环境质量级别(C_i)的相对重要判断矩阵(B_i-C)见表3至表6。

从表3至表6可以看出,有机质养分含量级别属于中等水平,所占权重为0.503;有效氮和有效磷养分含量均属于极丰富水平,所占权重分别为0.505和0.309;速效钾养分含量属于缺乏水平,权重为0.435。

表3 B₁-C判断矩阵

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	按行求积	n 次方根	权重值	(AW) _i
C ₁	1	0.564	0.124	0.317	0.494	0.011	0.405	0.062	0.312
C ₂	1.773	1	0.220	0.561	0.876	0.192	0.719	0.111	0.552
C ₃	8.068	4.551	1	2.554	3.989	374.074	3.270	0.503	2.514
C ₄	3.159	1.782	0.392	1	1.562	3.447	1.281	0.197	0.985
C ₅	2.023	1.141	0.251	0.640	1	0.371	0.820	0.126	0.630

表4 B₂-C判断矩阵

B ₂	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	按行求积	n 次方根	权重值	(AW) _i
C ₁	1	1.788	4.651	7.154	10.333	614.605	3.612	0.505	2.365
C ₂	0.559	1	2.600	4.000	5.778	33.591	2.020	0.282	1.322
C ₃	0.215	0.385	1	1.538	2.222	0.283	0.777	0.109	0.509
C ₄	0.140	0.250	0.650	1	1.444	0.033	0.505	0.071	0.330
C ₅	0.097	0.173	0.450	0.092	1	0.0007	0.234	0.033	0.186

表5 B₃-C判断矩阵

B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	按行求积	n 次方根	权重值	(AW) _i
C ₁	1	1.563	1.786	1.894	1.953	10.326	1.595	0.309	1.545
C ₂	0.640	1	1.142	1.212	1.240	1.098	1.019	0.197	0.987
C ₃	0.560	0.875	1	1.061	1.094	0.569	0.893	0.173	0.865
C ₄	0.528	0.825	0.943	1	1.023	0.420	0.841	0.163	0.814
C ₅	0.516	0.806	0.921	0.977	1	0.374	0.822	0.159	0.796

表 6 B₄ - C 判断矩阵

<i>B</i> ₄	<i>C</i> ₁	<i>C</i> ₂	<i>C</i> ₃	<i>C</i> ₄	<i>C</i> ₅	按行求积	<i>n</i> 次方根	权重值	(<i>AW</i>) _{<i>i</i>}
<i>C</i> ₁	1	0.667	0.353	0.059	0.061	0.000 8	0.242	0.026	0.129
<i>C</i> ₂	1.500	1	0.529	0.089	0.091	0.006 4	0.364	0.039	0.194
<i>C</i> ₃	2.833	1.889	1	0.168	0.172	0.155 0	0.688	0.073	0.367
<i>C</i> ₄	16.833	11.222	5.941	1	1.020	1 144.699 5	4.090	0.435	2.179
<i>C</i> ₅	16.500	11.000	5.824	0.980	1	1 035.914 9	4.009	0.426	2.135

2.2.3 计算单排序权向量并做一致性检验 层次单排序是同一层次相应要素对于上一层次某一要素的相对重要性权值的计算过程,检验判断矩阵的不一致程度的指标 $CI = \lambda_{\max} - n / (n - 1)$,而随机一致性指标只与矩阵的阶数 n 有关,随机一致性指标 RI 的数值如表 7。最后得出成对比较矩阵 A 的一致性比率 $CR = CI / RI$ 。当一致性比率 $CR < 0.1$ 时,则认为判断矩阵满足一致性;否则,认为判断矩阵不满足一致性,需要对矩阵进行调整或者修改。

表 7 随机一致性指标数值

阶数 <i>n</i>	<i>RI</i>
1	0
2	0
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24

单排序权向量及一致性检验的结果见表 8,从中可以看出,各个判断矩阵的一致性比率 CR 都小于 0.1,说明各个判断矩阵满足一致性。

表 8 单排序权向量及一致性检验

项目	<i>A</i> - <i>B</i>	<i>B</i> ₁ - <i>C</i>	<i>B</i> ₂ - <i>C</i>	<i>B</i> ₃ - <i>C</i>	<i>B</i> ₄ - <i>C</i>
λ_{\max}	4.01	5.00	4.86	5.00	4.99
<i>W</i> _{<i>i</i>}	0.113	0.062	0.505	0.309	0.026
	0.147	0.111	0.282	0.197	0.039
	0.678	0.503	0.109	0.173	0.073
	0.062	0.197	0.071	0.163	0.435
		0.126	0.033	0.159	0.426
<i>CI</i>	0.003	0.000	0.030	0.000	0.003
<i>RI</i>	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
<i>CR</i>	0.002	0.000	0.027	0.000	0.002

2.2.4 计算总排序权向量并做一致性检验 总排序权向量及一致性检验的结果见表 9,从中可以得出 $CR = CI / RI = (\sum_{i=1}^n b_i CI_i) / (\sum_{i=1}^n b_i RI_i) = 0.033 / 4.48 = 0.007$,其中,总特征向量 $b_i = (0.113, 0.147, 0.678, 0.062)$,总排序权向量一致性比率 CR 小于 0.1,说明满足一致性的要求。

从表 9 可以得出,乐昌市张溪村香芋产区的土壤养分特征整体属于很丰富级别,权重达 0.292。这说明张溪村产区的香芋品质可能和该地区的土壤养分肥力有密切关系。该地区土壤养分指标特征在一定程度上影响了香芋的产量和品质。总体来看,土壤养分肥力质量属于很丰级别,为香芋的种植和生产提供了良好的土壤条件。

3 结论

张溪村香芋产区地处中亚热带常绿阔叶林区的河谷地

表 9 总排序权向量及一致性检验

层次	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	层次总排序权值
	0.113	0.147	0.678	0.062	
<i>C</i> ₁	0.062	0.505	0.309	0.026	0.292
<i>C</i> ₂	0.111	0.282	0.197	0.039	0.190
<i>C</i> ₃	0.503	0.109	0.173	0.073	0.194
<i>C</i> ₄	0.197	0.071	0.163	0.435	0.170
<i>C</i> ₅	0.126	0.505	0.309	0.026	0.153

带,成土母质以河流冲积物为主,主导成土过程为脱硅富铝化,主要土壤类型为红壤。在土壤养分指标中,有机质养分含量属于中等水平;有效氮和有效磷养分含量均属于极丰富水平;速效钾养分含量属于缺乏水平。总体来看,乐昌市乐城街道张溪村香芋产区的土壤养分特征整体属于很丰富级别。

参考文献:

[1] 刘世平,陈后庆,聂新涛,等. 稻麦两熟制不同耕作方式与秸秆还田土壤肥力的综合评价[J]. 农业工程学报,2008,24(5):51 - 56.

[2] 刘世梁,傅伯杰,刘国华,等. 我国土壤质量及其评价研究的进展[J]. 土壤通报,2006,37(1):137 - 143.

[3] 张 华,张甘霖. 土壤质量指标和评价方法[J]. 土壤,2001,33(6):326 - 330,333.

[4] 骆伯胜,钟继洪,陈俊坚. 土壤肥力数值化综合评价研究[J]. 土壤,2004,36(1):104 - 106,111.

[5] 张 贞,魏朝富,高 明,等. 土壤质量评价方法进展[J]. 土壤通报,2006,37(5):999 - 1006.

[6] 吕晓男,陆允甫,王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,1999,25(4):38 - 42.

[7] 曹承绵,严长生,张志明,等. 关于土壤肥力数值化综合评价的探讨[J]. 土壤通报,1983(4):13 - 15.

[8] 陈加兵,曾从盛. 主成分分析、聚类分析在土地评价中的应用——以福建沙县夏茂镇水稻土为主要评价对象[J]. 土壤,2001,33(5):243 - 246,256.

[9] 卓 倩,杨文卿,钱庆荣,等. 层次分析法在福州市大气环境质量评价中的应用[J]. 福建师范大学学报:自然科学版,2012,28(1):60 - 65.

[10] 孙 波,赵其国. 红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法[J]. 地理科学进展,1999,18(2):118 - 128.

[11] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1998:860 - 934.

[12] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京:中国农业出版社,1998:351 - 382.

[13] 章永松,倪吾钟,林咸永,等. 杭州市郊菜园土壤的有效养分状况与施肥对策[M]//谢建昌,陈际型. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京:河海大学出版社,1997:43 - 46.