

惠州山区有机畜禽养殖的土水环境初探^①

陈铭达¹, 汪泓¹, 陈婧¹, 李峰¹, 张艳², 赵春燕¹, 和文龙^{1*}

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 广东省惠州市骆得投资控股有限公司, 广州 510610)

摘要: 调查和测定了调查区域土壤剖面的基本属性、养分和重金属以及水质pH和重金属的含量。结果表明, 土壤发育层次受坡积、残积和洪积物的影响, 其发生层差异明显; 随着土层深度的增加, 土壤有机质、全N、速效P和速效K的含量呈逐渐降低趋势, 且各养分之间存在一定的相关性; 土壤重金属Zn、Ni、Cr、Cu含量均符合土壤环境质量标准, 综合指数 $P_{\text{综}} \leq 0.7$, 评价为安全, 达到国家土壤环境质量(GB 15618-1995)一级标准; 水质重金属Pb、Cd、Hg、Cr的含量均符合国家(GB/T 19630.1-2005)规定的有机类养殖业畜禽饮用水标准。因此, 在惠州山区的调查区域内, 利用山区地形推行畜禽养殖的模式, 是发展有机畜禽业的理想场所。

关键词: 土壤; 养分; 重金属; 畜禽; 养殖

中图分类号: S155.4⁵

20 世纪 70 年代以来, 越来越多的人注意到, 现代常规农业在给人类带来高度的劳动生产率和丰富的物质产品的同时, 由于大量使用化肥、农药等农用化学品, 使环境和食品受到不同程度的污染, 自然生态系统遭到破坏, 土地生产能力持续下降^[1]。这种现状引发人们对未来不可更新资源恢复能力、土壤生产力的维持、生态环境保护等问题的反思。20 世纪 70 年代后期, 人们开展了可持续农业的研究, 并且取得了一定的成效。在可持续发展思想的影响下, 有机农业越来越受人们关注。在国际有机农业运动联盟(IFOAM)的积极推动下^[2], 有机农业作为可持续发展农业的一种生产体系被人们广泛接受, 并在全球范围内取得了长足发展。

有机农业对于我国这样一个发展中国家, 不但可以提高农业生产资源使用效率, 促进出口农产品结构的优化, 而且可以渐进性地改善生态环境, 增加外汇收入等。这种以可持续发展思路为指导, 兼顾多种效益统一, 并使产业与事业相结合的生产模式必然受到人们的欢迎^[3]。近 15 年来, 有机农业不断扩大生产面, 在发展种植业的同时, 世界各国在有机肉类方面都有了迅速发展, 同时也获得了很好的经济效益^[4]。

我国的有机畜禽养殖目前尚处于初级阶段, 还有很大的发展空间。对养殖畜禽的区域进行土壤及其水

质的质量评价已在全球范围内得到了广泛开展。譬如, 随着美国土壤质量协会的建立, 土壤质量评价已经被确定为美国农业部(USDA-NRCS)的一个重点^[5]。欧盟把对土壤质量的重视也提到一个战略高度, 将土壤质量评价作为可持续发展的一个重要而有效的指标^[6]。因此, 在实地调查的基础上, 对计划发展有机畜禽产品的区域进行土壤基本属性、土壤养分和重金属的了解以及畜禽饮用水质重金属含量的现状进行的环境质量分析, 对于即将进行的畜禽养殖场具有很好的指导意义。

1 材料与方法

1.1 区域概况

调查区域位于广东省惠州市惠东县吉隆镇轿岭村东南向约 4.5 km, 地理坐标为 114°51' ~ 114°53'E, 22°50' ~ 22°54' N 之间, 处在斧头山南坡与草庵洞北坡的山间坡岗地, 区域面积约 220 hm²。该区域属亚热带海洋性季风气候, 具有高温多雨、干湿季节明显的气候特点。年平均气温 21.7℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温达 6 300 ~ 8 500℃; 年太阳辐射量 4 300 ~ 5 500 mJ/m², 每年无霜期为 277 ~ 362 天; 年均降雨量 1 699.0 mm, 4—9 月是雨季, 雨量占全年的 80% ~ 85%; 年蒸发量 1 787.0 mm, 蒸降比 1.05。区域的水系主要有斧头山南侧和草

^①基金项目: 南京农业大学资源与环境科学学院 SRT 项目(0906)资助。

* 通讯作者(hewl@njau.edu.cn)

作者简介: 陈铭达(1955—), 男, 江苏无锡人, 副研究员, 主要从事资源环境可持续发展研究。E-mail: mingda@njau.edu.cn

庵洞北坡分水岭流水,阶地内沟壑纵横,溪水长流,两侧山地分水岭沟溪水源汇集沟谷向西流,汇集主流至母亲河。除局部山间准平地零星种植水稻之外,大部分为未经利用的坡岗地,均为亚热带常绿针阔叶林和灌丛林等自然植被。

1.2 样品采集与预处理

1.2.1 土样采集 根据调查区域的地形地貌特点,采用 GPS 定位,被调查区域内按海拔高度分为 30~55 m、50~65 m、65~90 m 3 种不同地域,于 2008 年 7 月中旬进行野外实地调查、布点采集样品,每个地域设置 3 个采样点,每个剖面点按自然发生层观测土壤属性,以 0~20 cm、20~40 cm 采集土样,共 18 个样品,土壤样品用聚乙烯薄膜袋包装,自然风干、过筛备用。

1.2.2 水样采集 依据调查区域水资源的分布情况,共选取 7 个采样点的 10 个水样,其中斧头山(海拔高度 1 270 m)脚下南偏西采集 3 个水样(2、3、4 号),塘爬岭(海拔高度 876 m)南偏东采集 2 个水样(6、7 号),母亲河中、下游 2 个水样(10、1 号),山间分水岭三叉口 1 个水样(9 号),草庵洞北坡两侧准平地种水稻(8 号),塘爬岭南坡准平地水田潜水样(5 号)。在确定采水面积内,以水样点分布位置采集的各个瞬时水样混合成一个综合样,将所采水样装入塑料瓶内,带回实验室过滤、冷藏、备用^[7]。

1.3 测定项目与数据处理

1.3.1 土壤养分的测定 待用土样过 0.84 mm 和 0.149 mm 筛孔。有机质测定用油浴加热- $K_2Cr_2O_7$ 容量法;全 N 测定用半微量开氏法;速效 P 测定用 0.05 mol/L HCl-0.025 mol/L 1/2 H_2SO_4 法;缓效 K 测定用 1 mol/L 热 HNO_3 浸提-火焰光度计法;速效 K 用 1 mol/L NH_4OAc 浸提-火焰光度计法^[8];土壤 pH 的测定用玻璃电极法^[7]。

1.3.2 土壤和水质重金属含量的测定 取经过 0.149

mm 筛孔的土壤样品,用 $HF-HNO_3-HClO_4$ 全水解方法消解^[9],待测液用 Optima 2000 DV 电感耦合高频等离子发射光谱分析仪(ICP-AES 法)同时测定样品中 Zn、Ni、Cr、Cu、As、Pb、Cd 元素,待测液测定之前,按仪器操作方法选定最佳工作条件,待光源稳定后,将空白、标准溶液依次吸入,制定标准曲线,由于谱线重叠干扰较少,采用直接干扰校正法(IEC)进行背景校正,然后从分析线数据库中调取灵敏度较高的几条分析线,依次用这些分析线做标准曲线,以其干扰最少、检出限低、线性最好的为本法分析线,标样线性相关系数在 0.999 范围;按工作条件,对样品进行重复测定,以求证精密性,其相对标准偏差为 0.13%~0.89% ($n=9$);同时对精确度进行样品的加标回收试验,回收率在 95.5%~103.2% 之间。水质样品经过滤后,采用 HNO_3 消解法进行消解^[10],用 ICP-AES 法同时测定水样中 Pb、Cd、Hg、Cr、Zn、Ni、Cu、As 元素,标样线性相关系数 > 0.999,样品相对标准偏差介于 0.12%~0.58% ($n=9$),加标回收率在 94.2%~105.3% 之间,其灵敏度、精密性和准确度均满足标样分析标准要求。水质 EC 值采用 LF91 型电导仪,现场直接测定。

1.3.3 数据处理 利用 Microsoft Excel 软件进行数据的统计及相关性分析。

1.4 环境质量评价标准

1.4.1 土壤养分评价标准 参照“广东省砂页岩赤红壤土表层养分含量范围”^[11]确定土壤的土宜性、适耕性及土壤的肥力状况。

1.4.2 土壤质量评价标准 依据中华人民共和国国家标准(GB15618-1995),国家环境保护局 1995-07-13 批准,1996-03-01 实施的“土壤环境质量标准”中二级($pH < 6.5$)^[7]标准,采用单项指数和综合指数进行评价,土壤环境质量和土壤分级标准见表 1。

表 1 土壤环境质量标准(GB15618-1995)和土壤综合指数分级标准

Table 1 Environmental quality and synthesis index classification for soils

级别	土壤环境质量				土壤综合指数分级 ^[7]			
	pH	重金属含量(mg/kg)				等级划分	综合指数	等级
		Cr	Zn	Cu	Ni			
一级	自然背景	≤90	≤100	≤35	≤40	1	$P_{综} \leq 0.7$	安全
二级	<6.5	≤150	≤200	≤50	≤40	2	$0.7 < P_{综} \leq 1.0$	警戒线
	6.5~7.5	≤200	≤250	≤100	≤50	3	$1.0 < P_{综} \leq 2.0$	轻度污染
	>7.5	≤250	≤300	≤100	≤60	4	$2.0 < P_{综} \leq 3.0$	中度污染
三级	>6.5	≤300	≤500	≤400	≤200	5	$P_{综} > 3.0$	重污染

清洁
尚清洁
土壤、作物受轻度污染
土壤、作物受中度污染
土壤、作物严重受污染

单项指数评价^[7]模式 $P_i = C_i/S_i$ ，式中， P_i 为土壤中污染物 i 的单项指数， C_i 为土壤中污染物 i 的实测数据， S_i 为污染物 i 的评价标准；当 $P_i < 1$ 时表示土壤未受污染物 i 污染，当 $P_i > 1$ 时表示土壤受到污染；而 P_i 值越大，表示受污染程度越重。

综合指数采用尼梅罗^[12]算法，即 $P_{综} = [(Px^2 + P_{max}^2)/2]^{1/2}$ ，式中， P_x 为土壤重金属各单项指数（ P_i ）的平均值； P_{max} 为各单项指数的最大值。

1.4.3 水质评价标准 依据中华人民共和国国家标准（GB/T19630.1-2005），中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会

联合发布的《有机产品 第 1 部分：生产》附录 C1 “有机畜禽饮用水水质要求”^[13]的各项相关标准值。

2 结果与分析

2.1 土壤基本属性描述

调查区域的土壤为砂页岩发育的赤红壤性土，土壤的发育受到坡积、残积和洪积物影响而不同，其发生层各有明显差异。实地调查中，按照地形部位将调查区域大致划分 3 种类型进行土壤发育状况的分析（表 2）。

表 2 土壤剖面基本属性
Table 2 Characteristics of soil profiles

地形	剖面号	土层深度（cm）	颜色*（干）	质地	结构	植物根	新生体	侵入体
坡积缓坡地	2	0~36	灰黄 2.5Y6/3	细粉砂	团粒	+++	蚯蚓	小碎石少
		36 以下	浅灰黄 2.5Y7/3	粉砂	棱块	++	虫孔	小碎石多
	4	0~25	灰黄 2.5Y6/3	细粉砂	团粒	+++	虫孔	小碎石
		25 以下	黄 2.5Y8/6	粉砂	块状	++	—	碎石多
	6	0~36	灰黄 2.5Y6/3	细粉砂	团粒	+++	蚁孔	小碎石
		36 以下	浅灰黄 2.5Y7/3	粉砂	块状	+	—	碎石多
洪积、残积岗地	1	0~25	暗黄棕 10YR4/3	细粉砂	团粒	+++	虫孔	小碎石多
		25 以下	黄棕 10YR5/8	粉砂	棱块	++	—	大碎石多
	3	0~17	红灰 10R6/1	细粉砂	块状	++	虫孔	碎石少
		17~47	浅灰黄 2.5Y7/3	细粉砂	棱块	++	—	小碎石
		47 以下	浅棕黄 2.5Y6/6	细砂	棱块	—	—	碎石
	7	0~16	淡灰黄 10YR7/6	粉砂	块状	++	蚯蚓	小碎石
		16~35	淡黄橙 7.5YR8/6	粉砂	棱块	+	蚁孔	碎石多
		35 以下	淡黄橙 7.5YR8/6	粉砂	块状	—	漂白色假网纹	大碎石多
洪积准平地	5	0~20	灰白 5Y7/1	细粉砂	块状	++	虫孔	—
		20~60	黄 2.5Y8/6	细粉砂	棱块	+	—	—
		60 以下	淡灰黄 10YR7/6	细粉砂	棱块	—	—	—
	8	0~24	灰黄 2.5Y6/3	细粉砂	块状	+++	蚁孔	—
		24~56	淡棕黄 2.5Y6/6	粉砂	棱块	+	—	—
		56 以下	暗黄橙 7.5YR8/6	粉砂	棱块	—	铁锰胶膜	—
	9	0~13	浅灰黄 2.5Y7/3	细粉砂	块状	+	虫孔	小碎石多
		13~37	黄 2.5Y8/6	细粉砂	棱块	+	—	小碎石少
		56 以下	淡黄 2.5Y8/3	细粉砂	棱块	—	—	—

注：* 土壤颜色用原华中农学院 1982 年改制的标准土色卡（门赛尔比色卡）。等级标号为色调 R（红）、Y（黄）以 2.5 划分 4 个等级；亮度分 0~10 级；彩度在 0~8 范围。例如：2.5Y（色调）6（亮度）/3（彩度）。

山前坡积缓坡地（剖面号 2、4、6），海拔高度为 65~90 m，地面植被覆盖度达 100%，土层深度一般在

35 cm 左右，地表有机残体较厚，形成 2~3 cm 枯枝落叶层，在 0~30 cm 表土层内，有机残体分解的残留物

明显,土壤动物如蚯蚓、湿地昆虫等虫孔遗迹清晰可见,同时还发现有未经腐烂的灌木残体,土壤结构呈团粒状,疏松,植物根系多,质地为细粉砂,颜色呈灰黄,小碎石较少,适耕性好;而 30 cm 以下土层中,土壤结构呈块状或棱块状,颜色变为浅灰黄或黄,根系分布相对较少,质地粉砂性,虫孔遗迹也相对减少,磨圆度较好的小碎石多。

山间洪积、残积岗地(剖面号 1、3、7),海拔高度为 50~65 m,地面植被覆盖度达 90%,土层深度一般在 15 cm 左右,有机残体分解的残留物不明显,土壤中有蚯蚓、蚁类等虫孔遗迹,土壤结构呈团粒状和块状,较疏松,植物根系多,质地为细粉砂和粉砂性,土壤颜色呈暗黄棕-红灰-淡灰黄,小碎石较多,适耕性较差;而 20 cm 以下土层中土壤结构为棱块状,土壤颜色呈浅灰黄-浅棕黄-浅黄橙,植物根系分布相对要少,较紧实,质地粉砂性,磨圆度较好的大碎石多。

山间洪积准平地(剖面号 5、8、9),海拔高度为 30~55 m,抛荒地,现有植被零星分布,地面以细羊毛草、三棱草为主,覆盖度 80%,土层深度一般在 50~70 cm 不等,表层 20 cm 耕层土壤结构呈块状,疏松,

植物根系较多,质地为细粉砂性,颜色呈灰白-灰黄-浅灰黄,并有蚁孔,适耕性好;20~55 cm 土层中,土壤呈棱块状结构,较紧,颜色呈黄-浅棕黄,植物根系较少,质地为细粉砂和粉砂性,9 号剖面中含有较多的小碎石;55 cm 以下的土壤结构为棱块状,紧实,颜色呈暗黄橙-淡黄,质地为细粉砂性,在 8 号剖面底土层发现有不明显的铁锰胶膜,但整个土壤剖面均无发现有潜育型或潜育型的特征,因此不能认为是水稻土。

2.2 土壤养分

2.2.1 土壤养分含量 表 3 可看出,不同地形不同耕作层的养分含量差异明显。随着土层深度的增加,土壤有机质、全 N、速效 P 和速效 K 的含量呈逐渐降低趋势,并且降低地比较明显,其中山间洪积准平地的土壤速效 P 在土层 0~20 cm 和 20~40 cm 的含量相差达到 42.45 mg/kg,这主要是由于表层土壤受人为施肥措施影响,使得表层土壤速效 P 明显偏高。pH 值、缓效 K 在土层中的垂直变化并无明显规律。从表 3 还可看出,除 pH 值的变化较小外,其他养分指标的变化幅度均较大,说明调查区 3 种地形部位的土壤养分含量存在较大的空间变异。

表 3 3 种地形部位土壤化学性质

Table 3 Soil chemical properties

剖面号*	采样深度 (cm)	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	C/N	速效 P (mg/kg)	缓效 K (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
2、4、6	0~20	5.10±0.19	41.26±8.51	1.61±0.33	15.06±1.35	6.70±1.91	214.96±107.60	54.83±17.9
	20~40	5.13±0.16	19.72±5.29	1.17±0.52	13.38±1.20	2.69±0.74	188.82±112.40	38.17±9.84
1、3、7	0~20	5.40±0.09	29.38±6.82	1.19±0.30	14.12±0.70	5.23±2.63	72.64±27.69	34.70±7.51
	20~40	5.32±0.24	11.52±3.08	0.67±0.11	8.00±2.94	2.87±1.52	82.39±20.94	22.90±6.01
5、8、9	0~20	5.66±0.29	16.67±2.73	0.95±0.12	10.04±0.50	46.54±5.00	201.61±23.89	42.33±15.6
	20~40	5.80±0.41	5.83±1.77	0.38±0.03	8.61±1.93	4.09±0.59	282.98±92.74	23.60±10.3
赤红壤表土养分含量		5.0	20.10	0.93	-	4.29	-	56.50

注: *2、4、6 是坡积缓坡地;1、3、7 是残积、洪积岗地;5、8、9 是洪积准平地;平均值±标准偏差,下同。

3 种地形部位的养分含量与广东全省同类土壤的表层含量相比较,山前坡积缓坡地和山间洪积、残积岗地的土壤有机质、全 N 和 C/N 均体现了一定的优势,其中山前坡积缓坡地 0~20 cm 的土壤有机质、全 N 含量比广东全省同类土壤的表层含量分别高出 51.3% 和 42.2%,而山间洪积准平地的土壤有机质、全 N 含量和 C/N 都相对较低,且 0~20 cm 土层的 C/N 比为 10.04,处于较低水平。山前坡积缓坡地和山间洪积、残积岗地的速效 P 与广东省同类土壤平均水平基本持平,而山间洪积准平地 0~20 cm 土层中的速效 P 远超

过广东省同类土壤的平均水平,高出 10.92 倍,主要是由于受人为耕作培植施用无机 P 肥的影响;当无机 P 施入土壤后,有效态的三价 P 经转化被植物根系吸收,而大部分缓溶性或难溶性高价 P 被滞于土壤颗粒吸附,形成包裹态磷酸盐。3 种地形部位的速效 K 均处于较低水平,但山前坡积缓坡地和山间洪积准平地的缓效 K 含量较高,说明两者的潜在供 K 能力较强。而对于山间洪积、残积岗地,速效 K 和缓效 K 含量都较低,属于缺 K 型土壤。

2.2.2 土壤 pH 和各养分之间的相关性 表 4 所示

的土壤 pH 与各养分之间的相关系数可以看出,土壤有机质、全 N、C/N 与 pH 都呈现出显著负相关关系;

同时,全 N、有机质、C/N 两两之间均表现出极显著相关关系;速效 K 与有机质、全 N、C/N 均呈显著相关。

表4 土壤 pH 值和各养分之间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients among soil pH and nutrients

项目	pH	有机质	全 N	C/N	速效 P	速效 K	缓效 K
pH	1.000						
有机质	-0.564*	1.000					
全 N	-0.534*	0.976**	1.000				
C/N	-0.535*	0.790**	0.683**	1.000			
速效 P	0.328	-0.073	0.082	-0.174	1.000		
速效 K	-0.238	0.564*	0.534*	0.585*	0.263	1.000	
缓效 K	0.367	-0.193	-0.217	-0.110	0.126	0.141	1.000

注: $r_{0.05} = 0.468$, $r_{0.01} = 0.590$, $n = 9$; *表示显著相关; **表示极显著相关。

土壤N以有机态N为主要存在形态,且有机N主要来自于有机质;在有机态N的矿化过程中,有机质本身的C/N通过对微生物所需C源的供应程度可以影响矿化作用所释放的有效N量;同时,土壤中矿质态N的有效性又控制了土壤有机质的分解速率^[14]。以上分析均表明土壤有机质、全N、C/N三者之间存在着紧密的联系,同时也验证了三者之间的显著相关关系。土壤有机质具有很强的吸附作用, K^+ 是有机质吸附的主要离子之一,因此不难理解有机质与速效K之间的显著相关关系。

2.3 土壤重金属含量分析与评价

从区域内 0 ~ 20 cm 土层的土壤重金属含量可以看

出,就重金属含量而言,3种地形部位均表现为 $Zn > Cr > Cu > Ni$,而As、Pb、Cd未检出。将4项重金属含量与国家土壤环境质量标准相比较,所参与的4项重金属含量都远远低于标准值。根据各金属元素含量的统计值(表5)和土壤环境质量标准(表1)可知,调查区域内的重金属含量均达到国家土壤环境质量的二级标准,完全符合畜禽养殖区内种植饲草的土壤重金属含量要求。从表6还可看出,3种地形部位土壤重金属的单项指数 P_i 均小于标准值的自然背景值指标,综合指数 $P_{综} \leq 0.7$,土壤环境质量评价为清洁,属于安全等级,符合有机产品产地土壤环境质量综合指数的标准要求。

表5 0 ~ 20 cm 土壤 pH 和重金属含量

Table 5 pH and contents of heavy metals in 0 - 20 cm soil depth

剖面号	pH	土壤重金属含量 (mg/kg)			
		Zn	Ni	Cr	Cu
2、4、6	5.10 ± 0.19	31.50 ± 10.32	2.51 ± 1.06	5.68 ± 2.23	2.68 ± 0.43
1、3、7	5.40 ± 0.09	26.00 ± 8.00	1.75 ± 0.63	5.32 ± 1.15	4.10 ± 2.30
5、8、9	5.66 ± 0.29	21.18 ± 3.33	2.34 ± 1.10	5.34 ± 2.29	3.91 ± 1.29

表6 土壤重金属综合评价

Table 6 Evaluation on heavy metal pollution

剖面号	土壤重金属单项指数				P_X	P_{max}	$P_{综}$	评价结果
	Zn	Ni	Cr	Cu				
2、4、6	0.158	0.063	0.038	0.054	0.078	0.158	0.136	清洁
1、3、7	0.130	0.044	0.035	0.082	0.073	0.130	0.117	清洁
5、8、9	0.106	0.059	0.036	0.078	0.069	0.106	0.102	清洁

2.4 水质分析

从表 7 中看出,采集的 6 个山间沟溪水样点(水样号 2、3、4、6、7、8),其水源来自山间流动水,水质清晰、透明,沟溪宽而浅,现场测得沟溪水质电导值($EC_{25^{\circ}C}$)在 $14.29 \sim 50.6 \mu\text{S}/\text{cm}$ 范围,均值为 $19.0 \pm 15.4 \mu\text{S}/\text{cm}$,为可直接饮用的天然山泉水;又从 9 号样点的三叉口水流汇集处回归母亲河的水质分析,则电导值($EC_{25^{\circ}C}$)为 $40.5 \mu\text{S}/\text{cm}$,母亲河中、

下游区 10、1 号样点水质电导值($EC_{25^{\circ}C}$)为 43.8 和 $42.0 \mu\text{S}/\text{cm}$,均为清洁水;5 号样点是准平地潜水样,其水质电导率均较低,为农田毛管潜育水的贮备水源。水质的 pH 值在中性-微酸性范围,符合畜禽饮用水规定。又从表 7 中看出,除了未检出重金属外,水质重金属含量相当低,均符合《GB/T 19630.1-2005》规定的畜禽饮用水水质要求禽类养殖饮用水水质标准。

表 7 水样的 pH 和重金属浓度
Table 7 Water pH and contents of heavy metals

样点号	pH	$EC_{25^{\circ}C}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	重金属含量 (mg/L)				
			Pb	Cd	Hg	Cr	As
10	6.77	43.76	0.027	未检出	0.000 2	0.001	未检出
1	6.48	41.95	0.002	0.001	未检出	0.002	未检出
9	6.80	40.46	未检出	0.001	0.000 1	未检出	未检出
8	7.09	50.60	0.033	未检出	未检出	未检出	未检出
5	6.24	30.94	0.002	0.001	0.000 7	未检出	未检出
2、3、4	6.64 ± 0.14	26.89 ± 14.1	0.002	0.001	未检出	未检出	未检出
6、7	5.95 ± 0.09	14.29 ± 3.9	0.002	未检出	未检出	未检出	未检出
《GB/T 19630.1-2005》标准	6.8~8.0	$\leq 10^{-4}$ *	≤ 0.1	≤ 0.01	≤ 0.001	≤ 0.05	0.2

注: * 实验室分析用^[15]—级水电导值 $\leq 0.01 \text{ mS}/\text{cm}$ 。

3 讨论

3.1 土地利用方案

(1) 山前坡积缓坡地,由于未受人为影响,森林覆盖率高,自然状态下的环境保持最佳,是被调查区比较肥沃的土壤。土壤中有有机质、有效 N 素含量较高,意味着土壤养分中的微生物菌体丰富,有机残体的分解能力强,土质疏松、含碎石较少,土壤中的有益昆虫、微生物菌群种类在森林密集覆盖下的亚热带雨林中的发育培植能力富强。总的来说,该地形部位土壤肥力较高,保肥持水能力强,适宜有机农作的种植。

(2) 山间洪积、残积岗地,为自然植被状态下的亚热带雨林区,原始状态下的自然植被一度受到人为利用,但经人工造林恢复,森林覆盖较好。由于位于丘岗地,土壤发育层较薄,土壤速效 P、速效 K、缓效 K 含量都较低;20~40 cm 土层中的各养分含量均低于广东省平均水平。并且含碎石较多,适耕性差,地形起伏差异较大,引水农业灌溉不便,目前农业利用较困难,可施行轮禽散养的开放型活动场所,且也是保持原始森林生态环境最好的选择。

(3) 山间洪积准平地,受人为耕作利用影响, pH 值相对较高,呈酸性,0~40 cm 土层中的有机质、全 N 和速效 K 含量都相对较低,土壤中存在一定量的包裹态

磷酸盐,可以逐渐施用碱性石灰^[16]或植物物料^[17](如水稻秸秆)予以改良,从而得到充分利用。针对有机质、速效养分含量偏低的情况,在转换期的 3 年内,利用现有准平地资源,种植绿肥或豆科作物,利于改善土壤结构和提高土壤 pH 值;在禽畜饲料种植利用期,应考虑勤施腐熟有机肥源,提高土壤肥力,逐年形成土壤团粒,促使土壤中的缓溶性或难溶性磷钾等元素在有机无机复合溶胶过程中交换释放,成为有效态被植物吸收利用。

3.2 水质利用方案

调查区域的水系主要有斧头山南侧山脚下的分水岭山间水流和草庵洞北坡分水岭山脚下水流,阶地内沟壑纵横,溪水长流,两侧山地分水岭沟溪水源汇集沟谷而西流,经三叉口汇集主河流至母亲河,西下回归南海。在开发利用时,对于山脊分水岭沟溪水的拦蓄问题,可以采用在沟口及沟内逐级分段筑多级拦水坝,形成梯级谷坊,以平缓地形落差,减低山体侧渗水或山洪水流速,同时可解决供应蓄养禽畜养殖过程中的饮水和种植业的灌溉用水。关于母亲河中游水源的利用,可在现有引灌渠基础上,架设暗管机械引水,采取自动喷灌^[18]解决农田种植业的灌溉水。

3.3 区域发展前景展望

调查区域地处山山之间,无工厂,几乎无居民宅

区,山绿水清、空气新鲜、环境优雅,山间虽然有深圳至汕头高速公路横穿其中,在现有的公路绿篱屏障下,远离高速公路100 m建设第二道绿篱屏障,则对尾气排放后的自然消吮起到档篱作用。斧头山和草庵洞两山之间的岗地横跨深汕高速公路,距离高速入口处约10 km,两山坡脚均形成山村简易公路,运输便利,自然环境优雅,自然村宅少,有利于农、禽生产的经营与自主发展。

根据山区地形分块的土地利用方案和水系布局所提出的改良利用途径,作为开展有机畜禽养殖业而言,是比较理想的养殖场所。当在实现地尽其用的同时,充分发挥多种自然生态的前提下,又能满足自供畜禽养殖生产饲草及其禽畜排泄物肥沃土壤的循环过程,建立一种既经济有效又合理利用的生物(动、植物)生境系统,营造农-禽-林结合的良性循环,利于农业优质、高产、高效、清洁的生产流程,实现持续的、有机的、纯洁的、健康的生产畜禽农产品为目标。

参考文献:

- [1] 杜相革,王慧敏主编.有机农业概论.北京:中国农业大学出版社,2001
- [2] Scialabba N, El-Hage, Hattam C. Organic agriculture, environment and food security // Environment and Natural Resource Series, No.4. Rome, 2002: 7-8
- [3] 科学技术部中国农村技术开发中心组编.有机农业在中国.北京:中国农业科学技术出版社,2006
- [4] 中国肉类协会.有机畜禽的国际贸易状况.中国牧业通讯. 2003(5): 13-15
- [5] Ditzler CA, Tugel AJ. Soil quality field tools: Experiences of USDA-NRCS soil quality institute. Agronomy Journal, 2002, 94(1): 33-38
- [6] Doran JW, Jones AJ. Methods for assessing soil quality. Madison, WI: Special Publication, Soil Science Society of America, 1996
- [7] 刘凤枝主编.农业环境监测实用手册.北京:中国标准出版社, 2001
- [8] 鲍士旦主编.土壤农化分析.3版.北京:中国农业出版社, 2000
- [9] 鲁如坤主编.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社, 1999
- [10] 杨雁玲,费相琴.电感耦合等离子发射光谱法同时测定水中多种金属离子.淮阴师范学院学报(自然科学版), 2004, 3(4): 300-303
- [11] 广东省土壤普查办公室编著.广东土壤.北京:科学出版社, 1993
- [12] 孙华,孙波,张桃林.江西省贵溪冶炼厂周围蔬菜地重金属污染状况评价研究.农业环境科学学报, 2003, 22(1): 70-72
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.中华人民共和国国家标准《有机产品》(GB/T 19630.1-2005).北京:中国标准出版社, 2005
- [14] 黄昌勇主编.土壤学.北京:中国农业出版社, 2000
- [15] 全国农业技术推广服务中心编.土壤分析技术规范.2版.北京:中国农业出版社, 2006
- [16] 董昭皆,肖忠义.荣成市土壤酸化现状及改良措施.山东农业科学, 2009(2): 67-68
- [17] 姜军,徐仁扣,李九玉,赵安珍.两种植物物料改良酸化茶园土壤的初步研究.土壤, 2007, 39(2): 322-324
- [18] 李明顺,张香台.节水灌溉理论新探与技术措施分析.水利水电技术, 2006, 37(10): 64-66

Analysis on Farm Water and Soil Environmental Conditions of Organic Livestock Farming in Huizhou Mountainous

CHEN Ming-da¹, WANG Hong¹, CHEN Jing¹, LI Feng¹, ZHANG Yan², ZHAO Chun-yan¹, HE Wen-long¹

(1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2 Luode Investment Holding Co., Ltd., Huizhou, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Soil and water quality in Huishan district of Huizhou city were valued through determining soil profile characteristics, nutrient and heavy metal contents in soil and water. The results showed that different deposits affected soil development. Soil organic matter, total N, available P and K decreased with soil depth. And there were close correlation among soil nutrients. Zn, Ni, Cr and Cu contents in soil were lower than the limits in the environmental quality standard for soils (GB 15618-1995), and the soils were valued as 1st level and safe. Heavy metal contents in waters were qualified for the drinking water quality standards for livestock (GB/T19630.1-2005). Therefore, Huishan district is one of the best places for developing organic livestock farming.

Key words: Soil profile, Nutrient, Physical and chemical properties, Heavy metal, Farming