

施用蛋鸡粪的龙眼园土壤质量现状评价

李 昆¹, 吴银宝^{1,2,3}, 廖新倮^{1,2,3}, 赵志权⁴

(1.华南农业大学动物科学学院, 广州 510642; 2.华南农业大学农业部生态农业重点开放实验室, 广州 510642; 3.广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广州 510642; 4.高州市杨氏农业有限公司, 广东 高州 525231)

摘 要:本文调查了蛋鸡养殖场粪便产生量及处理利用现状等基本资料,选点采集养殖场配套龙眼园的土壤样品,通过分析测定有机质、全氮、全磷、铜、锌等指标,探讨了施用蛋鸡粪对龙眼园土壤质量的影响,并对龙眼园土壤环境现状进行评价。结果表明,该养殖场龙眼园土壤粪便当量负荷为 $19.14 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,未超过以氮计的土壤粪便当量负荷警戒值。四个季节施用蛋鸡粪的龙眼园土壤中有机质、全氮、全磷、铜、锌等指标均高于未施用蛋鸡粪的橡胶园土壤,但无显著差异;施用过蛋鸡粪的龙眼园土壤有机质、全氮、全磷、铜、锌全年平均含量分别为 $18.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $19.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $43.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,均显著高于未施用过蛋鸡粪的橡胶园土壤。四个季节龙眼园土壤和橡胶园土壤铜、锌单项污染指数均小于 1,属于安全级别。由于龙眼园施用的蛋鸡粪仅占养殖场蛋鸡粪产生总量的 2%,而且采用直接施用鲜鸡粪的方式,因此仍存在环境污染的隐患。本文所得结果可为评估蛋鸡养殖场环境污染风险及与果园结合的蛋鸡养殖模式的合理性提供依据。

关键词:蛋鸡粪;龙眼园;土壤;现状评价;粪便当量负荷

中图分类号:X825 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2011)11-2294-06

Assessment for Soil Quality Status in Longan Orchard Fertilized with Laying Hen Feces

LI Kun¹, WU Yin-bao^{1,2,3}, LIAO Xin-di^{1,2,3}, ZHAO Zhi-quan⁴

(1.College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2.Key Laboratory of Ecological Agriculture of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Guangzhou 510642, China; 3.Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 4.Gaozhou YANGS Agriculture CO., Ltd, Gaozhou 525231, China)

Abstract:To evaluate the soil quality status in longan orchard fertilized with laying hen feces, the generation and management of the laying hen feces in layer farm were investigated, chemical indexes such as organic matter, total nitrogen, total phosphorus, Cu and Zn of soil in longan orchard were determined, and the effects of laying hen feces on longan orchards soil were also measured. Results showed that the equivalent load of feces on soil in longan orchard was $19.14 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which did not exceed the warning value of equivalent load of feces on soil counted by nitrogen. Chemical indexes of soil in longan orchard fertilized with laying hen feces were higher than those indexes in rubber plantation which did not fertilized with laying hen feces, but there wasn't significant difference in spring, summer, autumn and winter. The chemical indexes such as organic matter, total nitrogen, total phosphorus, Cu and Zn of soil in longan orchard were $18.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $19.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $43.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively on average in a year, which were significantly higher than those in rubber plantation. The individual pollution index of copper and zinc in four season were both less than 1, belonging to the security level. Because only 2% of total fresh laying hen feces was fertilized in Longan orchard, there were still risks of environmental pollution. Basis was provided for assessing the risk of environmental pollution and the rationality of laying hen farm pattern with fruit garden from this article.

Keywords: laying hen feces; longan orchard; soil; assessment for soil quality status; the equivalent load of feces

收稿日期:2011-05-14

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(nycyt-41-g18);农业部生态农业重点开放实验室联合探索课题

作者简介:李 昆(1981—),男,江西樟树人,硕士研究生,主要从事家畜生态学研究。E-mail:283625363@qq.com

* 通讯作者:吴银宝 E-mail:wuyinbao@scau.edu.cn

我国拥有世界上规模最大的蛋鸡产业,据中国畜牧业年鉴统计^[1],2008年我国蛋鸡存栏数约24.67亿只,鸡蛋总产量为2 639.32万t,其中良种蛋鸡祖代存栏量达到38万套,父母代存栏量约2 400万套,商品代蛋鸡年饲养量15亿只左右^[2]。然而我国蛋鸡养殖仍然以小群体的养殖模式为主,这种养殖模式饲养条件较简陋,生产水平较低,传染病和环境污染威胁严重,尤其是鸡粪随意堆放导致养殖区的环境恶化,使原来生态环境较好的养殖区,在5~8 a内变成了污染区,养殖场不得不转移到环境较好的新的区域,造成我国蛋鸡养殖的区域环境安全问题严重化^[3-4]。

蛋鸡粪中含有丰富的有机质和作物所需要的N、P、K等元素,以蛋鸡粪作为有机肥施用于农田,不但可以改良土壤,而且可以显著提高农产品质量,是对其处理和利用的根本出路^[5]。广东省的蛋鸡养殖通常与龙眼、荔枝等岭南特色水果种植相结合,养殖场所产生的蛋鸡粪直接施用于果园,一方面为果园提供优质有机肥料,另一方面也减少蛋鸡粪对周围环境的污染。但这种养殖模式是否合理、长期施用时是否会影响果园土壤质量等均值得研究和探讨。目前国内外有关养殖场环境现状评价的研究大多集中在猪场、奶牛场以及涉及同一地域的多个畜禽品种,研究养殖场所产生的粪污、臭气等有害物质对该场或区域环境的影响,其中有机物、N、P、铜、锌等是最为常见的研究对象^[6-9],但未检索到专门针对蛋鸡养殖场配套果园土壤环境质量现状评价的研究。

本文通过收集蛋鸡养殖场粪便产生及处理利用现状等基本资料,采集了养殖场配套龙眼园的土壤样品,测定有机质、全氮、全磷、铜和锌等指标,进行龙眼园土壤质量现状评价,为评估蛋鸡养殖场环境污染风险以及果园结合的蛋鸡养殖模式的合理性提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地点

调研选择在广东省高州市杨氏农业有限公司第八蛋鸡分场所配套龙眼园进行。该分场位于广东省高州市大井镇三叉塘附近(22.09°N, 110.86°E),处于热带和亚热带过渡地带,年平均气温为22.8℃,最高温度为37.6℃,最低温度-1.5℃。日照年平均1 945.3 h,太阳年总辐射量109 385.2 cal·cm⁻²。

分场建于2002年,养殖场总面积为13.34 hm²,其中配套的龙眼园面积为6.67 hm²左右。分场蛋鸡年存栏量85 000羽。蛋鸡舍采取人工干清粪方式,清理

出来的蛋鸡粪堆放在鸡舍旁边的粪便堆放处。蛋鸡粪98%外销,2%用于养殖场所配套龙眼园土壤施肥。龙眼园土壤仅施用鲜鸡粪,采用冬季培肥施用1次(12月份),施肥密度为每两棵龙眼树间施用鲜鸡粪1包,重量约为65 kg。夏季蛋鸡粪销路较差,龙眼园也会临时施用蛋鸡粪。

1.2 蛋鸡养殖场龙眼园土壤粪便负荷当量计算

调查蛋鸡养殖场配套的施用蛋鸡粪的龙眼园面积及蛋鸡粪便施用量等情况,计算该养殖场龙眼园的土壤粪便负荷当量。

采用下式^[10]将所施用的蛋鸡粪便换算成猪粪便当量。

$$Q=X \times T \quad (1)$$

其中, Q 为蛋鸡粪换算成的猪粪便当量,t; X 为蛋鸡粪便量,t; T 为蛋鸡粪便换算成猪粪便当量的系数。

采用下式^[11]计算蛋鸡养殖场龙眼园土壤粪便负荷当量。

$$R=Q/P \quad (2)$$

其中, R 表示以猪粪当量计的土壤粪便负荷当量; Q 为土壤中施用粪便总量,t; P 为有机肥最大适宜施用量(以猪粪当量计),t·hm⁻²。

1.3 采样点选择及采样方法

根据所选蛋鸡养殖场的地形,在养殖场内以间隔相对均匀的3处蛋鸡粪堆放处为中心,选定A区、B区和C区(如图1和图2所示)3个采样区,并在各区选点监测土壤的理化指标。土壤采样点的设置主要考虑蛋鸡养殖区的地形,在施用蛋鸡粪的龙眼园内距离鸡粪堆放中心20 m处设土壤采样点A1、B1和C1;距离中心50 m处设土壤采样点A2、B2和C2;距离中心150 m处设土壤采样点A3、B3和C3;在北面橡胶树园(不施用蛋鸡粪)选择距离中心50 m处设采样点A4、B4和C4。

分春、夏、秋、冬4个季节采样,每个季节连续采样5 d。每日14:00分别在龙眼园和橡胶树园设定的上述土壤采样点采集土壤样品,采用五点采样法,采集0~20 cm土层混合样品500 g,300 g样品用于测定含水率和pH(玻璃电极法,水:土=2.5:1);200 g自然风干样品用于检测有机质(高温外热重铬酸钾氧化-容量法,NY/T 85—1988)、全氮(半微量开氏法,NY/T 53—1987)、全磷(氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法,NY/T 88—1988)、Cu和Zn(火焰原子吸收分光光度法,GB/T 17138—1997)。

1.4 龙眼园及橡胶园土壤环境质量现状评价

依据各项指标的采样测定结果,对龙眼园和橡胶

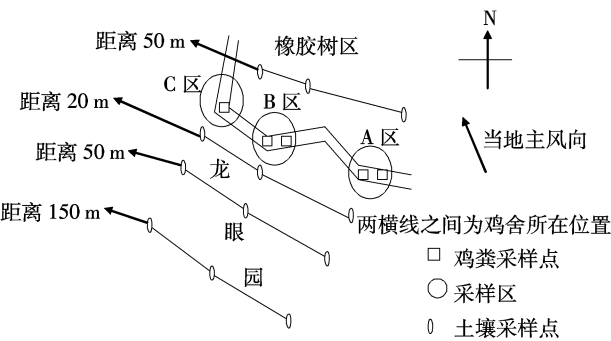


图 1 养殖场土壤采样点平面图
Figure 1 The floor plan of soil sample sites in layer farm

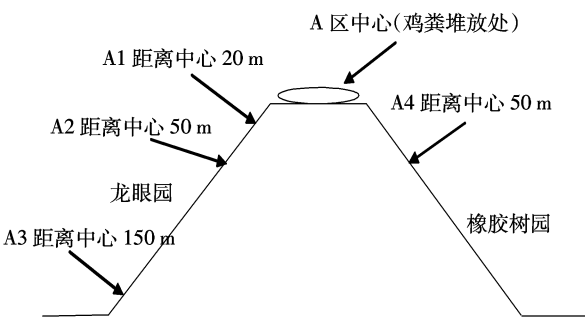


图 2 养殖场 A 区土壤采样点横断面图
Figure 2 The sectional plan of soil sample sites in sampling area A

园的土壤环境质量现状进行评价,评价方法采用单项污染指数法,计算公式如下:

$$P_i=C_i/S_i$$

其中, P_i 为单项污染指数, C_i 为*i*污染物的实测值, S_i 为*i*污染物的评价标准(土壤环境质量,GB 15618—1995)。如果 $P_i<1$,表明环境未受到该污染物污染;如果 $P_i\geq 1$,说明环境受到该污染物的污染。

1.5 数据统计分析方法

利用 SPSS17.0 版软件数据分析系统对试验数据进行统计与分析,用 ANOVA 进行单因素方差分析,同时利用 DUNCAN 法进行多重比较,显著水平为 0.05。数据结果用平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1 蛋鸡养殖场龙眼园粪便负荷当量

据调查,该蛋鸡场每年将有 86.86 t 蛋鸡粪便施用于龙眼园土壤,该龙眼园面积为 6.67 hm²,由此可得龙眼园蛋鸡粪承载量为 13.02 t·hm⁻²。段勇等报道^[10],施用有机肥后,根据经验值有 30%~40%的有机肥会经地表径流流失,考虑当地降雨量、龙眼园的坡度以及鸡粪施用方式等因素,取龙眼园土壤蛋鸡粪流

失率为 30%,可得龙眼园实际蛋鸡粪承载量为 9.12 t·hm⁻²。

参考高定等关于畜禽排泄物氮、磷含量及猪粪当量换算系数^[12],结合本研究所测定蛋鸡粪中氮、磷含量,确定蛋鸡粪便换算成猪粪便当量的系数 *T* 为 2.1。根据式 2 计算可得,该龙眼园土壤所承载的蛋鸡粪便量相当于 127.68 t 猪粪当量。依据式 3 计算可得,养殖场龙眼园以猪粪当量计的土壤粪便负荷当量为 19.14 t·hm⁻²。根据相关研究^[13-14],盛果期每株龙眼树全年施肥量一般为氮 1.0~1.5 kg,以氮计每公顷密植龙眼园能够承受的猪粪当量负荷在 24.4~36.6 t 之间,如果从环境风险的角度来考虑,用最低限度 24 t·hm⁻² 为最大负荷理论适宜量,该龙眼园土壤粪便当量负荷低于此值,由此说明当前龙眼园土壤由于粪便负荷而造成的土壤氮污染风险较低。

2.2 蛋鸡养殖场龙眼园土壤质量现状

2.2.1 春季龙眼园土壤质量现状

春季不同区域采样点的土壤化学指标如表 1 所示。春季除距离蛋鸡粪堆放中心 20 m 的龙眼园(施用蛋鸡粪)的采样点土壤 pH 显著高于距离蛋鸡粪堆放中心 50 m 的橡胶园(未施用蛋鸡粪)的采样点外($P<0.05$),其余采样点在土壤有机质、全氮、全磷、铜和锌等指标间均无显著差异($P>0.05$)。这就表明在目前的施肥条件下,与未施用蛋鸡粪的橡胶园采样点相比,蛋鸡粪的施用并未造成春季龙眼园采样点土壤有机质、全氮、全磷、铜和锌等物质的显著累积。同时龙眼园内与距离蛋鸡粪堆放中心 20 m、50 m 和 150 m 的土壤采样点间各化学指标也无显著差异,这可能与龙眼园采用均匀施肥策略有关;同时当地春季降雨量较少,所施用的蛋鸡粪也未通过地表径流对地势较低、离蛋鸡粪堆放中心较远的龙眼园土壤质量造成影响。

表 1 春季不同区域土壤化学指标				
Table 1 Chemical indexes of soil from different sampling area in spring(<i>n</i> =3)				
指标	龙眼园 (20 m)	龙眼园 (50 m)	龙眼园 (150 m)	橡胶园 (50 m)
pH	5.65±0.06a	5.48±0.19ab	5.18±0.13b	5.32±0.04ab
有机质/g·kg ⁻¹	17.39±1.20	16.11±1.07	17.70±1.41	14.56±1.51
全磷/g·kg ⁻¹	0.57±0.05	0.52±0.04	0.73±0.20	0.54±0.15
全氮/g·kg ⁻¹	0.85±0.11	0.83±0.02	0.96±0.10	0.88±0.03
铜/mg·kg ⁻¹	19.93±1.00	19.65±1.42	20.64±2.16	19.61±1.62
锌/mg·kg ⁻¹	41.57±7.37	33.49±3.64	33.80±0.99	41.05±6.00

注:同行数据标有相同字母或未标字母表示差异不显著($P>0.05$);标有不同字母表示差异显著($P<0.05$)。表 3~表 5 标注相同。

2.2.2 夏季龙眼园土壤质量现状

夏季不同区域采样点的土壤理化指标如表 2 所示。夏季施用蛋鸡粪的龙眼园采样点土壤有机质、全氮、全磷、铜和锌等指标均高于未施用蛋鸡粪的橡胶园土壤采样点,但统计分析显示,采自龙眼园(施用蛋鸡粪)和采自橡胶园(未施用蛋鸡粪)的土壤采样点间,以及采自龙眼园内距离蛋鸡粪堆放中心 20 m、50 m 和 150 m 的土壤采样点间,各项指标均无显著差异($P>0.05$)。与春季龙眼园土壤指标相比,夏季龙眼园土壤有机质、氮、铜等指标均表现出升高的趋势,这可能是由于该龙眼园采用冬季一次性培肥的蛋鸡粪施用策略,而且当地降雨主要集中在 4 月—9 月,因此龙眼园所施用蛋鸡粪中未被吸收利用的物质逐步溶出,土壤有机质、氮、铜等指标升高。

表 2 夏季不同区域土壤化学指标 Table 2 Chemical indexes of soil from different sampling area in summer($n=3$)				
指标	龙眼园 (20 m)	龙眼园 (50 m)	龙眼园 (150 m)	橡胶园 (50 m)
pH	5.68±0.13	5.56±0.01	5.46±0.04	5.47±0.07
有机质/g·kg ⁻¹	18.53±1.13	15.68±1.14	18.54±1.03	12.98±6.00
全磷/g·kg ⁻¹	1.49±0.97	0.21±0.04	0.35±0.11	0.19±0.02
全氮/g·kg ⁻¹	1.13±0.18	0.92±0.07	0.96±0.07	0.72±0.19
铜/mg·kg ⁻¹	20.27±3.43	20.74±3.64	21.23±2.89	13.42±1.60
锌/mg·kg ⁻¹	55.30±20.44	29.46±2.40	33.24±1.76	26.51±1.16

2.2.3 秋季龙眼园土壤质量现状

秋季不同区域采样点土壤化学指标如表 3 所示。与夏季结果相似,尽管秋季施用蛋鸡粪的龙眼园采样点土壤有机质、全氮、全磷、铜和锌等指标均高于未施用蛋鸡粪的橡胶园土壤采样点,但方差分析的结果显示,采自龙眼园(施用蛋鸡粪)和采自橡胶园(未施用蛋鸡粪)的土壤采样点间各项指标均无显著差异($P>0.05$)。在施用蛋鸡粪的龙眼园土壤采样点间,距离蛋鸡粪堆放中心最远(150 m)的采样点土壤有机质、全磷、锌等指标均较龙眼园其他采样点高,但方差分析表明不同距离的采样点间无显著差异($P>0.05$)。这也表明虽然龙眼园土壤坡度较大,雨水的冲刷可能会使化学物质在地势较低的采样点处沉积,但暂未造成显著影响。与夏季龙眼园土壤指标相比,秋季龙眼园土壤有机质和全氮指标继续表现出升高的趋势,这一方面可能与降水有关,另一方面也与夏季龙眼园有临时施用蛋鸡粪的情况有关。

2.2.4 冬季龙眼园土壤质量现状

冬季不同区域采样点土壤化学指标如表 4 所示。

表 3 秋季不同区域土壤化学指标 Table 3 Chemical indexes of soil from different sampling area in autumn($n=3$)				
指标	龙眼园 (20 m)	龙眼园 (50 m)	龙眼园 (150 m)	橡胶园 (50 m)
pH	5.48±0.04	5.50±0.26	5.47±0.25	5.14±0.10
有机质/g·kg ⁻¹	20.71±1.44	18.52±5.40	26.98±12.07	14.31±4.46
全磷/g·kg ⁻¹	0.57±0.17	0.69±0.36	2.42±2.13	0.27±0.11
全氮/g·kg ⁻¹	0.93±0.06	1.83±0.47	1.42±0.76	0.64±0.99
铜/mg·kg ⁻¹	21.50±6.38	17.03±4.97	18.79±3.91	12.15±0.24
锌/mg·kg ⁻¹	39.32±8.32	44.53±2.66	64.71±29.47	34.31±7.32

表 4 冬季不同区域土壤化学指标 Table 4 Chemical indexes of soil from different sampling area in winter($n=3$)				
指标	龙眼园 (20 m)	龙眼园 (50 m)	龙眼园 (150 m)	橡胶园 (50 m)
pH	5.62±0.06 ^a	5.54±0.02 ^{ab}	5.55±0.04 ^{ab}	5.46±0.02 ^b
有机质/g·kg ⁻¹	16.82±4.06	16.98±1.94	20.32±1.67	17.54±5.07
全磷/g·kg ⁻¹	0.43±0.10	0.55±0.19	0.64±0.32	0.26±0.09
全氮/g·kg ⁻¹	0.72±0.14	0.78±0.08	0.89±0.06	0.65±0.17
铜/mg·kg ⁻¹	18.78±6.96	16.86±4.20	19.26±0.88	14.93±0.82
锌/mg·kg ⁻¹	52.23±5.16	47.68±7.55	37.83±2.17	37.11±2.64

冬季除距离蛋鸡粪堆放中心 20 m 的龙眼园(施用蛋鸡粪)的采样点土壤 pH 显著高于距离蛋鸡粪堆放中心 50 m 的橡胶园(未施用蛋鸡粪)的采样点外($P<0.05$),其余采样点在土壤有机质、全氮、全磷、铜和锌等指标间均无显著差异($P>0.05$)。龙眼园内地势最低,与距离蛋鸡粪堆放中心 150 m 的土壤采样点有机质、全磷、全氮、铜等指标均高于龙眼园内地势较高,与蛋鸡粪堆放中心距离较近的采样点,尽管方差分析表明,龙眼园各采样区域间土壤化学指标无显著差异($P>0.05$),但仍不可忽视地表径流对地势较低处的龙眼园土壤质量的影响。

2.3 蛋鸡养殖场龙眼园土壤质量现状评价

依据土壤环境质量标准(GB 15618—1995)的规定,龙眼园和橡胶园土壤属于Ⅱ类土壤,执行二级标准,在 pH<6.5 的土壤环境中规定铜和锌的允许量标准值分别为 150 mg·kg⁻¹、200 mg·kg⁻¹,由此计算得到不同季节各采样点的铜和锌的单项污染指数如表 5 所示。由该表可知,各个季节不同采样区各采样点处土壤铜和锌的单项污染指数均小于 1,表明在当前施肥方式及施肥水平下龙眼园土壤没有受到所施用蛋鸡粪中铜和锌的污染。

表 5 各季节不同区域土壤铜单项污染指数
Table 5 The individual pollution index of copper from different sampling area in different season

指标	季节	龙眼园 (20 m)	龙眼园 (50 m)	龙眼园 (150 m)	橡胶园 (50 m)
铜	春	0.131	0.131	0.139	0.131
	夏	0.136	0.139	0.141	0.091
	秋	0.147	0.115	0.125	0.080
	冬	0.125	0.112	0.128	0.099
锌	春	0.166	0.134	0.136	0.164
	夏	0.222	0.118	0.132	0.106
	秋	0.156	0.178	0.258	0.136
	冬	0.208	0.190	0.152	0.148

3 讨论

3.1 蛋鸡养殖场配套果园鸡粪负荷及风险

还田利用是蛋鸡粪处理的根本途径,国外一般直接在建场时就规定了配套的土地面积,通过直接还田利用来消除污染。我国多数养殖场的配套土地面积不足,粪污处理对外界环境的依赖性大,一旦粪便滞销,将会给养殖场带来重大的污染风险。本研究的结果表明,该场区内龙眼园土壤粪便当量负荷为 19.14 t·hm⁻²。该结果表明,目前养殖场配套龙眼园中蛋鸡粪的施用量不会对园区土壤造成污染。

然而值得注意的是,尽管蛋鸡粪施用量未达到龙眼园土壤的氮负荷限度,但仍存在一定的污染风险:(1)龙眼园自身的蛋鸡粪负荷量太小,目前用于龙眼园施用的蛋鸡粪仅占养殖场蛋鸡粪总量的 2%,绝大部分依靠外销,一旦销路不佳,势必造成蛋鸡粪的堆积,如果堆积的蛋鸡粪进入龙眼园就会使龙眼园土壤环境污染的风险加大,在本次研究中,也发现夏季有临时施用鸡粪的现象,因此这种风险值得重视;(2)龙眼园采用直接施用蛋鸡粪的方式,未对蛋鸡粪进行无害化处理,存在微生物污染的隐患;(3)依据本文所取龙眼园土壤蛋鸡粪流失率为 30%,该龙眼园每年将有 26.06 t 蛋鸡粪便通过地表径流进入周围环境,因此仍不可忽视由此带来的面源污染风险。

3.2 施用蛋鸡粪对果园土壤质量现状的影响

据焦桂枝等^[15]报道,畜禽粪便中含有大量的氮和磷,进入土壤后,会转化为硝酸盐和磷酸盐,含量过高会使土地失去生产价值。畜禽粪便中残留的金属元素的污染也不容忽视。当土壤中的铜含量达到 1~20 mg·kg⁻¹ 时,土壤中的微生物大量减少,出现板结,肥力下降;当土壤溶液中铜的浓度在 0.1~0.3 mg·L⁻¹ 时,

可对植物产生毒害作用。一般认为,当土壤中可给态铜和锌分别达到 100~200 mg·kg⁻¹ 和 100 mg·kg⁻¹ 时,即可造成土壤污染和植株中毒^[16]。

本试验结果显示,尽管在单个季节施用蛋鸡粪的龙眼园和未施用蛋鸡粪的橡胶园土壤各指标间差异不显著,但从全年平均来看,不同采样区域施用过蛋鸡粪的龙眼园土壤有机质、全氮、全磷、铜、锌平均含量分别为 18.71 g·kg⁻¹、0.97 g·kg⁻¹、0.79 g·kg⁻¹、19.65 mg·kg⁻¹ 和 43.05 mg·kg⁻¹,而未施用过蛋鸡粪的橡胶园土壤有机质、全氮、全磷、铜、锌平均含量分别为 14.85 g·kg⁻¹、0.72 g·kg⁻¹、0.32 g·kg⁻¹、15.03 mg·kg⁻¹ 和 34.74 mg·kg⁻¹,均显著低于龙眼园土壤各项指标,这就表明,连续施用蛋鸡粪可以增加龙眼园土壤相应物质的含量。但根据畜禽养殖产地环境评价规范(HJ 568—2010)中规定的标准执行评价,表明该蛋鸡养殖区龙眼园土壤未受到铜和锌污染,为清洁水平。其原因一方面在于该蛋鸡养殖场龙眼园土壤蛋鸡粪施用量较为合理;另一方面在于养殖场建场年限较短,污染物质的累积并不明显。但 Mitchell 等^[17]报道,在 Alabama 州长期施用肉鸡粪便的农田,铜、锌已经累积到了毒害水平,降低了玉米的发芽率,并对其产量产生了不利影响。本研究中,养殖场每年约有 8.69×10⁵ kg 蛋鸡粪便施用于所配套龙眼园土壤,经测定鲜鸡粪含有机质 367.78 g·kg⁻¹、氮 36.93 g·kg⁻¹、磷 10.05 g·kg⁻¹、铜 19.19 mg·kg⁻¹、锌 162.47 mg·kg⁻¹,即相当于每年有 3.2×10⁵ kg 有机质、3.2×10⁴ kg 全氮、8.7×10³ kg 全磷、16.68 kg 铜、141.2 kg 锌进入到土壤环境。由于龙眼树主要吸收的养分为有机质、N、P、K,对金属元素铜、锌的利用较低,而且研究表明土壤渗漏的重金属量很少^[18],因此不可忽视连续多年施用蛋鸡粪后土壤中重金属元素铜和锌的污染风险。

本研究结果还表明,在夏季和秋季,当地降雨较多,地势较低的龙眼园采样点(距离蛋鸡粪堆放中心 150 m)土壤有机质、氮、磷、铜、锌等含量相比其他季节和其他采样点均有增加的趋势,因此也不可忽视连续多年施肥时地表径流对龙眼园土壤质量的影响。

4 结论

该蛋鸡养殖场配套龙眼园土壤粪便当量负荷为 19.14 t·hm⁻²,未超过以氮计的土壤粪便当量负荷警戒值。4 个季节施用蛋鸡粪的龙眼园土壤中有机质、全氮、全磷、铜、锌等指标均高于未施用蛋鸡粪的橡胶园土壤,但无显著差异;从全年平均值看,施用过蛋鸡粪

的龙眼园土壤有机质、全氮、全磷、铜、锌平均含量(分别为 $18.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $19.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $43.05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)显著高于未施用过蛋鸡粪的橡胶园土壤有机质、全氮、全磷、铜、锌平均含量(分别为 $14.85 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $15.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $34.74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)；夏秋季距离蛋鸡粪堆放中心 150 m、地势较低的龙眼园采样点土壤有机质、氮、磷、铜、锌等含量相比其他季节及其他采样点有增加的趋势。4个季节龙眼园土壤和橡胶园土壤铜、锌单项污染指数均小于 1,属于安全级。

由于龙眼园采用直接施用鲜鸡粪的方式,而且蛋鸡粪施用量仅占养殖场蛋鸡粪产生总量的 2%,因此仍存在一定的环境污染隐患。

参考文献:

- [1] 中国畜牧业年鉴编辑委员会.中国畜牧业年鉴 2009[Z].北京:中国农业出版社,2009:207–208.
China animal husbandry yearbook edit committee.China animal husbandry yearbook 2009[Z].Beijing:China Agriculture Press,2009:207–208.
- [2] 宁中华,张 岩.我国蛋鸡产业现状及 2008 年热点透析和发展趋势[J].中国畜牧杂志,2009,45(2):30–38.
NING Zhong-hua, ZHANG Yan. The layers industrial situation in China and hotpot dialysis and development trend in 2008[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2009, 45(2): 30–38.
- [3] 曲鲁江,杨 宁.我国蛋鸡产业技术发展与普及的契机:记国家蛋鸡产业技术体系启动大会[J].中国畜牧杂志,2009,45(6):6–8.
QU Lu-jiang, YANG Ning. The opportunity of layer industry technology development and popularization in our country: Remember the layer industrial technology system startup congress in our country[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2009, 45(6): 6–8.
- [4] 高玉鹏.透析我国蛋鸡产业面临的几个重大问题之三:蛋鸡产业面临的风险复杂多变[J].中国畜牧杂志,2009,45(24):6–9.
GAO Yu-peng. The third important problem of layer industry in our country: The complex risk of layer industry [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2009, 45(24): 6–9.
- [5] 廖新伟,吴银宝,李有建.我国蛋鸡粪处理主要工艺分析[J].中国家禽,2010,32(21):32–34.
LIAO Xin-di, WU Yin-bao, LI You-jian. The main process analysis with layer feces in our country[J]. *China Poultry*, 2010, 32(21): 32–34.
- [6] Nielsen A H, Kristensen I S. Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics[J]. *Live-stock Production Science*, 2005(96): 97–107.
- [7] Han F X, Kingery W L, Selim H M, et al. Accumulation of heavy metals in a long-term poultry waste-amended soil[J]. *Soil Science*, 2000, 165(3): 260–268.
- [8] 谭 新.猪排泄物中氮、磷、铜对周围环境的影响及其营养调控措施[D].湖南农业大学,2008
TAN Xin.Effect of Nitrogen, Phosphorus and copper from pig excretion on environment and its nutritional regulation[D]. Hunan agricultural university, 2008.
- [9] 史光华.北京郊区集约化畜牧业发展的生态环境影响及其对策研究[D].中国农业大学,2004.
SHI Guang-hua.The impact of intensive livestock production on eco-environment and development countermeasure in Beijing suburban area [D]. China Agricultural University, 2004.
- [10] 段 勇,张玉珍,李延凤,等.闽江流域畜禽粪便负荷及其环境风险评估[J].生态与农村环境学报,2007,23(3):55–59.
DUAN Yong, ZHANG Yu-zhen, LI Yan-feng, et al. Poultry and animal feces load of Minjiang river and its environmental risk assessment[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2007, 23(3): 55–59.
- [11] 沈根祥,汪雅谷,袁大伟.上海市郊农田畜禽粪便负荷量及其警报与分级[J].上海农业学报,1994,10(增刊):6–10.
SHEN Gen-xiang, WANG Ya-gu, YUAN Da-wei. Shanghai suburban farmland poultry and animal feces alarm and classification and its load [J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 1994, 10(Suppl): 6–10.
- [12] 高 定,陈同斌,刘 斌,等.我国畜禽养殖业粪便的污染风险控制策略[J].地理研究,2006,25(2):311–319.
GAO Ding, CHEN Tong-bin, LIU Bin, et al. The control strategy of feces pollution risk of animal husbandry[J]. *Geographical Research*, 2006, 25(2): 311–319.
- [13] 李晓河,陈盛文,赖汉龙,等.龙眼配方施肥试验研究[J].广东农业科学,2009(10):95–96.
LI Xiao-he, CHEN Sheng-wen, LAI Han-long, et al. Test of formulated fertilization on longan[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2009, (10): 95–96.
- [14] 吴连松,郭志雄.我国龙眼营养与施肥研究的回顾 [J].江西农业学报,2009,21(6):81–83.
WU Lian-song, GUO Zhi-xiong. A review of studies on mineral nutrition and fertilization of Longan[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009, 21(6): 81–83.
- [15] 焦桂枝,典平鸽,马照民.养殖场畜禽粪便的污染及综合利用[J].天中学刊,2003,18(2):53–54.
JIAO Gui-zhi, DIAN Ping-ge, MA Zhao-min. Farms of poultry and animal feces pollution and comprehensive utilization[J]. *Journal of Tianzhong*, 2003, 18(2): 53–54.
- [16] 丁迎伟,周炎民,刘文斌.控制动物排泄物对环境污染的对策[J].粮食与饲料工业,1999(8):39.
DING Ying-wei, ZHOU Yan-min, LIU Wen-bin. The countermeasures of controlling animal waste to environmental pollution [J]. *Cereal and Feed Industry*, 1999(8): 39.
- [17] Mitchell C C, Entry J A. Soil C, N and crop yield in Alabama's long-term 'Old Rotation' cotton experiment[J]. *Soil & Tillage Research*, 1999(47): 331–338.
- [18] McGrath M. Long term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants[J]. *Ind Microbiol*, 1980(1): 94–104.