

区域畜禽粪便磷负荷估算及污染预警分析

安可栋¹, 臧 静², 赵党阳³

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710061; 2. 桐柏县环境保护局,
河南 桐柏 474750; 3. 河南漯河环境与卫生管理处, 河南 漯河 462000)

摘要: 为了深入探讨畜禽粪便的资源化利用, 实现区域农业可持续发展, 从营养元素循环的角度出发, 以土壤-植物营养学原理为指导, 分析研究郑州市周边农地畜禽粪便磷污染的风险。结果表明: 郑州市单位面积土壤磷理论承载量为 24.24 kg/hm², 但土壤畜禽粪便实际磷负荷量为 27.04 kg/hm², 郑州市全市畜禽粪便的磷负荷处于轻度污染, 而各个区域受污染程度不同, 其中巩义市的污染最为严重。因此, 从农业环境保护的角度考虑, 不易将畜禽粪便全部直接施入郑州市周边农田。

关键词: 畜禽粪便; 磷; 预警; 环境风险

中图分类号: X713 S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)08-0053-04

Estimation of Phosphorus in Livestock Manure and Its Pollution Risk Regionally

AN Ke-dong¹, ZANG Jing², ZHAO Dang-yang³

(1. School of Environmental Science and Engineering in Chang'an University, Xi'an 710061, China;
2. Tongbai Environmental Protection Bureau, Tongbai 474750, China;
3. Luohe Environmental Sanitation Administration Agency in Henan Province, Luohe 462000, China)

Abstract: Based on the principles of soil-plant nutrition, taking Zhengzhou city for example, the risk of phosphorus of livestock manure around the city from the nutrition circle was analyzed in this paper to find out the best way to utilize livestock manure and fulfill the sustainable development of the agriculture in region. The results indicated that the theoretical capacity of livestock manure phosphorus was 24.24 kg/ha and the actual capacity was 27.04 kg/ha. The whole city was polluted by phosphorus slightly while the pollution degree in every district was different, of which Gongyi had the most serious pollution.

Key words: livestock manure; phosphorus; alarm; environmental risk

近年来, 农田生态系统的碳汇功能^[1-2] 日益受到人们的关注, 而畜禽粪便作为农业生态循环系统的主要物质流之一, 其合理利用也越来越受到人们的重视。由于畜禽粪便含有大量的有机质及氮、磷、钾等营养元素, 将其施入农田不仅可以增加土壤的有机质含量, 减少农业生产的碳排放量, 而且氮、磷、钾作为作物生长的必要元素, 补给进入农田可以减少化肥的施用量, 因此, 将畜禽粪便进行无害化处理,

然后全部施入当地农田是一种有效的资源利用方式^[3-4]。但是, 畜禽粪便施入土壤是把“双刃剑”。研究发现, 伴随着作物生长的需要, 化肥和有机肥的施用量不断增加, 农业生态系统的氮、磷等营养元素输入大于输出, 土壤氮、磷通过地表径流、土壤侵蚀等途径加速向水体迁移, 引发地表水的富营养化^[5], 而水体渗漏、淋洗等非点源污染势必加剧地下水的污染, 影响居民饮用水安全^[6-7]。因此, 如何合理利用

收稿日期: 2013-02-20

基金项目: 农业部“引进国际先进农业科学技术”项目(2006-G62)

作者简介: 安可栋(1986-), 女, 河南南阳人, 在读博士研究生, 研究方向: 环境管理与可持续发展。

E-mail: ankedong@163.com

畜禽粪便以规避其所带来的环境污染风险是研究人员亟待解决的问题。

针对畜禽粪便进入农业生态系统的问题,前人的大量研究多集中在对其总发生量的粗略估算、时空分布特征的分析以及对耕地上畜禽粪便的负荷进行预警评价上^[8-9]。近年来,一些研究^[10]开始关注畜禽粪便中所含的有机质等营养物质,但对其环境污染风险的评估多集中在重金属和氮的潜在污染上,针对磷的负荷量和污染风险研究甚少,且主要从整体尺度上进行分析,尚无区域尺度上磷负荷量的计算和环境污染风险的分析^[11-12]。另外,磷作为内陆水域富营养化的限制因子,研究其负荷量对避免农业生态系统的土壤磷污染及其流失造成的附近水体污染意义重大^[13]。因此,本研究在以往研究的基础上,以郑州市为例,运用土壤—植物的营养学原理,对作物生长所需磷素进行分析,计算农用地土壤

畜禽粪便的磷负荷,并对其潜在的环境风险进行评估,以期对相关研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 基础数据预处理

本研究参考大量相关文献^[14-15],在前期研究^[16-17]的基础上,对郑州市周边各县/区/市的畜禽粪便排放的磷养分量进行了估算,考虑到目前农业废弃物中秸秆所占的比例较高,其磷含量对结果影响较大,对秸秆还田所带来的磷养分量也进行计算;结合先前研究,直接利用单一作物产量乘以单位作物产量磷养分吸收量(表 1)来计算总的作物需磷量;同时参考牛河钧等^[18]对郑州市土壤养分含量的实际测定结果(表 2),利用下述公式计算土壤供磷量:

$$\text{单位面积土壤供磷量} = \text{土壤磷养分含量} \times \text{土壤干质量}$$

其中,土壤干质量为 2 250 000 kg/hm²。

表 1 郑州市主要农作物磷养分吸收量

项目	水稻	小麦	玉米	豆类	甘薯	花生	油菜
磷/(g/kg)	7.8	9.1	8.2	11.9	2.0	8.8	15.2

表 2 郑州市土壤磷养分含量

项目	中牟	巩义	荥阳	新密	新郑	登封	郑州市区	全市
全磷/(mg/kg)	4.4	14.3	7.8	11.8	7.7	10.4	12.1	9.3

1.2 农用地畜禽粪便磷负荷预警

畜禽粪便磷负荷量是指单位种植面积畜禽粪便的承载量。假设农作物生长所需的磷量全部来自于土壤、农作物还田秸秆及畜禽粪便,则土壤畜禽粪便理论最大磷承载量 Q_{\max} ,即农作物生长所需的最大畜禽粪便供磷量可以通过下式计算出来:

$$Q_{\max} = Q_p - Q_{CS} - Q_s$$

其中, Q_p 表示农作物生长理论需磷量; Q_{CS} 表示还田的秸秆所提供磷量; Q_s 表示土壤供磷量。

土壤畜禽粪便的理论最大磷承载量是根据当地作物所需磷素计算所得,它反映了各地区对畜禽粪便磷素的吸收消纳能力。根据王晓燕等^[9]的研究结果,为了说明各地区土壤实际畜禽粪便磷负荷量是否会给当地环境带来潜在的污染威胁,引入耕地畜禽粪便磷负荷预警值 A , $A = \text{畜禽粪便实际负荷量} / \text{理论承载量}$,该预警值只是反映了在没有磷流失的理想情况下,畜禽粪便中所有磷素完全施加于作物所带来的环境风险。由于该区域化肥施用量很高,如果在计算该预警值时把单位种植面积的化肥施用量计算在内,该地区土壤所能承受的畜禽粪便磷负

荷极低,引入该预警值没有意义。因此,本研究在分析畜禽粪便的污染风险时,化肥的施用量不在计算范畴,并且认为 $|A| > 1$ 即存在污染。

2 结果与分析

2.1 理论磷素承载量

依据 1.1 提到的计算方法,分别对郑州市周边各县/区/市单位种植面积的农作物生长磷需求量、秸秆还田产生的磷量以及土壤的供磷量进行了计算,结果见表 3。从表 3 可以看出,单位面积农作物需磷量最多的是荥阳市,高达 60.61 kg/hm²,主要因为该区小麦、豆类等需磷量较高的作物种植量较大,单位面积需磷量增大;而巩义市由于其工业比较发达,农业种植面积小,且豆类、花生等高需磷量作物种植较少,因此其单位面积农作物需磷量少,仅为 32.15 kg/hm²。

郑州市每年产生大量的农作物秸秆,根据调查发现,目前郑州市秸秆基本全部用来还田,因此计算时,将理论所得秸秆发生量 100% 用来还田。从表 3 可知,秸秆还田供磷量最多的是荥阳市,为 3.34

kg/hm²,最少的是巩义市,秸秆还田供磷量仅为 1.78 kg/hm²。这与各个区域农作物种植结构相关,玉米、小麦等单位产量秸秆发生量较大的作物种植面积大的区域,单位种植面积秸秆供磷量就较大,反之,则较小。

郑州市各个县/区/市土壤供磷量因土壤原始磷含量的不同而有所不同。具体来看,巩义市的土壤供磷量最大,高达 32.18 kg/hm²,中牟县土壤较为贫瘠,每公顷种植面积供磷量不足 10 kg。

总的来说,郑州市各个地区的农作物磷素需求量、土地供磷量以及单位种植面积秸秆供磷量分布不均衡,不同地区差距均很大,这与当地的主要农作

物种类和种植结构密切相关。

根据 1.2 公式,计算得到单位种植面积土壤理论磷素承载量(表 3),可知各区域单位面积农用地所能承受的畜禽粪便理论磷负荷量差别较大。中牟县由于其需磷量较高的作物种植比例较高,加之土壤供磷量相对较少,因此其农用地所能承受的畜禽粪便负荷量相对较大。而巩义市在不改变种植面积和种植结构的情况下,仅秸秆还田即可满足农作物生长所需的磷养分量,无需再外加磷源,一旦畜禽粪便施入当地土壤,即可造成磷过剩,污染当地地表及地下水。而其他区域则可承受大小不等的畜禽粪便负荷量。

表 3 郑州市农用地畜禽粪便理论磷素承载量

kg/hm²

项目	中牟	巩义	荥阳	新密	新郑	登封	郑州市区	全市
农作物需磷量	55.41	32.15	60.61	38.95	60.01	36.59	42.22	47.83
还田秸秆供磷量	3.07	1.78	3.34	2.17	3.28	2.20	2.32	2.66
土壤供磷量	9.90	32.18	17.55	26.55	17.33	23.40	27.23	20.93
理论磷素承载量	42.44	—1.81	39.72	10.23	39.4	10.99	12.67	24.24

2.2 畜禽粪便磷负荷预警分析

根据畜禽种类、饲养头数及日排放量中磷含量,对该区域 7 个地区的实际畜禽粪便磷负荷量进行计算,由表 4 可知,郑州市单位面积畜禽粪便磷负荷量最大的是中牟县,为 42.08 kg/hm²,而新密市畜牧业欠发达,畜禽饲养量小,其排放的粪便量小,因此单位面积畜禽粪便磷负荷较小。

从畜禽粪便磷负荷的预警值大小可以看出,郑州市

全市畜禽粪便处于轻度污染,不同区域所受到的污染严重程度并不相同。从空间分布来看,郑州市北部地区污染较重,中部和东部污染较轻,西部污染最严重。巩义市畜禽粪便磷负荷预警值的绝对值高达 8.55,其所受到的畜禽粪便的环境压力最大,属于重度污染。登封和郑州市区污染较严重,而新密则微有污染,中牟、荥阳、新郑则并未有磷污染,即如果这 3 个区域的畜禽粪便全部施入农田,不会造成畜禽粪便磷污染。

表 4 畜禽粪便实际负荷量及磷负荷预警值

项目	中牟	巩义	荥阳	新密	新郑	登封	郑州市区	全市
单位面积畜禽粪便负荷量/(kg/hm ²)	42.08	15.48	32.22	13.43	26.68	22.70	27.86	27.04
磷负荷预警值(A)	0.99	—8.55	0.81	1.31	0.68	2.07	2.20	1.12

由于计算畜禽粪便磷负荷预警值 A 时,并未将郑州市各个地区的化肥施用量考虑在内,因此,实际风险值比理论值要高。从另一个角度讲,在不施加磷肥的情况下,仅仅将郑州市全部畜禽粪便施入土壤,即可满足当地农作物生长所需的磷养分量。因此,如果将郑州市各地区养殖业所产生的废弃物与种植业联系在一起,从磷的合理循环利用角度出发,少用或不用外加磷肥,农业废弃物即可实现区域内的良性自我循环。这不仅能够减少畜禽粪便带来的水体富营养化等环境风险,而且能够降低农作物的生产成本,从而增加农民的经济效益、调动农民的种粮积极性,真正实现农业的可持续发展。

3 结论与讨论

1) 郑州市单位种植面积畜禽粪便磷负荷分布不均匀。负荷量最大的是中牟县,最小的是新密市。这与当地养殖结构和养殖规模相关。

2) 郑州市农业用地整体处于轻度畜禽粪便磷污染状态,其中巩义市虽然畜禽粪便排放量不大,但由于其土壤本身含磷量较高,单位种植面积所能承受的磷量小,导致巩义市面临严重的畜禽粪便磷污染,急需进行处理。

3) 本研究在估算磷负荷时,为了计算方便,并未对不同的耕地土壤、不同的作物种类进行细分,但

从统计学意义来讲,这并不影响结论的科学性。但在解决实际问题的过程中,畜禽粪便的运输半径、载运成本等都需要考虑在内,这又涉及到环境经济学的范畴,需要进一步对这一问题进行探讨。

参考文献:

- [1] 李小涵,郝明德,王朝辉,等. 农田土壤有机碳的影响因素及其研究[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(3):176-181.
- [2] 韩冰,王效科,逯非,等. 中国农田土壤生态系统固碳现状和潜力[J]. 生态学报,2008,28(2):612-619.
- [3] 阎波杰,潘瑜春,赵春江,等. 农用地土壤—作物系统对畜禽粪便养分消纳能力的评价[J]. 生态与农村环境学报,2009,25(2):59-63.
- [4] 王方浩,马文奇,奚争霞,等. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效应[J]. 中国环境科学,2006,26(5):614-617.
- [5] 黄红艳,高扬,曹杰君,等. 上海市都市农业区域地下水磷素非点源污染特征研究[J]. 水土保持学报,2010,24(1):101-104.
- [6] 张国林,钟继洪,曾芳,等. 土壤磷素的流失风险研究[J]. 农业环境科学学报,2007,26(5):1917-1923.
- [7] 连彦峰,刘树庆. 农田土壤中磷素流失与水体富营养化[J]. 河北农业科学,2008,12(7):91-93,99.
- [8] 彭里,王定勇. 重庆市畜禽粪便年排放量的估算研究[J]. 农业工程学报,2004,20(1):288-292.
- [9] 王晓燕,汪清平. 北京市密云县耕地畜禽粪便负荷估算及风险评价[J]. 农村生态环境,2005,21(1):30-34.
- [10] 阎波杰,赵春江,潘瑜春,等. 大兴区农用地畜禽粪便氮负荷估算及污染风险评价[J]. 环境科学,2010,31(2):437-443.
- [11] 张绪美,董元华,王辉,等. 中国畜禽养殖结构及其粪便 N 污染负荷特征分析[J]. 环境科学,2007,28(6):1311-1318.
- [12] 武深树,谭美英,龙岳林,等. 洞庭湖区畜禽粪便中氮素污染及其环境成本[J]. 农业工程学报,2009,25(6):229-234.
- [13] 单艳红,杨林章,王建国. 土壤磷素流失的途径、环境影响及对策[J]. 土壤,2004,36(6):602-608.
- [14] 高祥照,马文奇,马常宝,等. 中国作物秸秆资源利用现状分析[J]. 华中农业大学学报,2002,18(3):242-247.
- [15] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国化肥区划[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1986.
- [16] 安可栋,王岩. 郑州市农业废弃物有机质资源量估算及利用分析[J]. 农业环境与发展,2010,27(3):5-8.
- [17] 安可栋,王妍艳,卢阿虔,等. 郑州市农用地畜禽粪便氮负荷估算及利用途径探讨[J]. 河南农业科学,2012,41(3):67-71.
- [18] 牛河钧,郭长江,康超. 郑州市土壤养分时空变化研究与施肥探讨[J]. 中国科技成果,2009(23):44-46.

(上接第 40 页) 此时管理极为重要,直接关系到扦插茶苗的成活。应保持苗床湿润;勤除杂草,拔草要做到拔早、拔小,不致因拔草损伤茶苗幼根或带动茶苗,影响发根固定。及时观察和防治扦插茶苗病虫害;适时给扦插茶苗追肥,追肥结合浇水进行。

参考文献:

- [1] 庄晚芳,莫强,刘祖生,等. 茶树栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,1980:117-127.
- [2] 张锡友. 茶树栽培与茶叶加工新技术[M]. 北京:科学技术文献出版社,2008.
- [3] 童启庆. 茶树栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:131.
- [4] 孙仲序,刘静,刘志荣. 山东茶树扦插育苗技术研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2001,32(3):285-288.
- [5] 王林华,周忠元. 茶苗的扦插繁育技术[J]. 宁波农业科技,2006(3):31-32.
- [6] 杨山青,韩仁甲. 茶树无心土短穗扦插育苗技术[J]. 安徽农学通报,2005,11(4):136-137.
- [7] 胡春学,肖长顺. 茶树短穗扦插无心土育苗技术[J]. 中国农技推广,2008,10(24):25-26.
- [8] 朱德焰,吕立哲,陈濯,等. 茶树双层覆膜遮荫扦插繁育技术[J]. 中国茶叶,2009(10):28-29.
- [9] 茶徐泽,李中林,胡翔. 茶树扦插繁育综合技术研究[J]. 西南园艺,2005,33(1):4-6.
- [10] 邱勇娟,蓝燕,赖兆荣. 新育成茶树品种扦插试验研究[J]. 中国农村小康科技,2010(8):50-51,72.