

我国畜禽养殖业粪便污染风险与控制策略

高 定, 陈同斌, 刘 斌, 郑袁明, 郑国砥, 李艳霞

(中国科学院地理科学与资源研究所环境修复中心, 北京 100101)

摘要: 随着我国畜禽养殖业的迅速发展, 畜禽粪便排放不断增加。2002 年, 我国畜禽粪便产生量达 27.5 亿吨, 畜禽粪便农用地的平均负荷为 4.19 吨/公顷, 畜禽粪便每年流失至水体的总氮、总磷、BOD、COD 分别为 87 万吨、34.5 万吨、600 万吨和 647 万吨。聚类分析结果显示, 如果将我国各省农用地受畜禽粪便污染的风险分为 4 级; 上海受污染的风险等级最高, 其次是河南、天津和山东, 北京、江苏、河北、安徽和湖南再次之, 其余 22 个省份农用地受污染的风险相对较小。加强畜禽粪便的管理和资源化利用是解决畜禽粪便污染的主要手段。

关键词: 畜禽养殖; 粪便; 产生量; 环境污染; 区域差异; 风险控制

文章编号: 1000-0585(2006)02-0311-09

1949 年以后, 尤其是改革开放以来, 我国主要牲畜养殖量增长迅速 (图 1)。特别是进入 90 年代以后, 随着“菜篮子”工程的提出, 畜禽养殖业实现了连续 10 多年的快速发展。据统计, 1980~2000 年我国肉类、奶类和禽蛋产量均以 10% 以上的速度递增。从 1991 年开始, 我国肉、禽、蛋的总产量连续多年保持世界第一。预计 2010 年前畜牧业的产值还将以每年 8% 左右的速度增长^[1,2]。

随着畜禽养殖业的发展, 规模化畜禽饲养的比例也不断扩大。2002 年我国生猪的规模养殖 (年出栏 50 头以上) 占到当年出栏数的 23.2%, 肉鸡和蛋鸡的规模养殖 (年出栏 2000 只以上) 占到当年出栏数的 48% 和 44.2%^[3]。从养殖规模来看, 北京、上海、河南、浙江、广东等地畜禽养殖规模化程度比较高^[4]。

随着畜禽养殖及规模的扩大, 畜禽粪便产生量的不断增加, 畜禽养殖业带来的生态环境问题也变得日益突出^[5~7]。目前, 有关畜禽粪便污染的报道主要是关于某个地区的畜禽粪便产生量情况分析, 尚未见对全国畜禽粪便污染风险的报道。针对我国畜禽养殖业粪便污染问题, 本文对畜禽粪便的污染风险与控制策略进行了分析和讨论。

1 我国畜禽粪便产生情况

畜禽的粪尿排泄量与动物种类、品种、性别、生长期等因素有关^[8]。根据各类畜禽的粪便产生量并参考农业部全国农业技术推广服务中心关于畜禽粪便量的计算方法^[5,9,10], 计算出 2002 年我国畜禽粪便产生量为 27.5 亿吨。当年我国各工业行业产生的工业固体废弃物为 9.45 亿吨, 畜禽粪便的产生量为工业固体废弃物产生总量的 2.91 倍, 河南、湖南等部分地区的比例还在 5 倍以上^[2]。全国猪粪、牛粪、羊粪和禽粪的产生量分别为 12.9

收稿日期: 2005-08-10; 修订日期: 2005-11-16

基金项目: 国家高技术发展研究计划 (2004AA649190) 和国家杰出青年基金项目 (40325003)

作者简介: 高定 (1975-), 男, 浙江宁波人, 博士, 副研究员。从事堆肥技术和废弃物资源化利用研究。

通讯作者: 陈同斌, 研究员, 博士生导师。E-mail: chentb@igsnrr.ac.cn

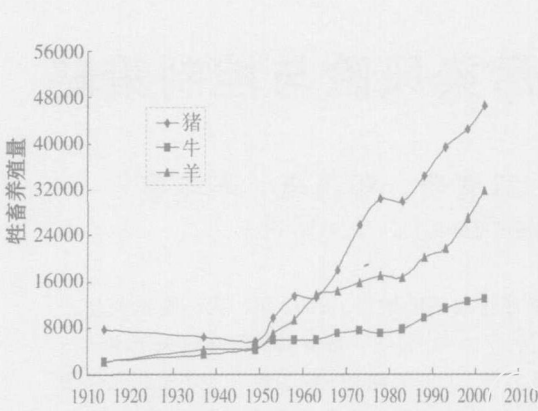


图 1 近 100 年来我国主要畜类养殖情况
Fig. 1 Annual production of stockbreeding of China in recent 100 years

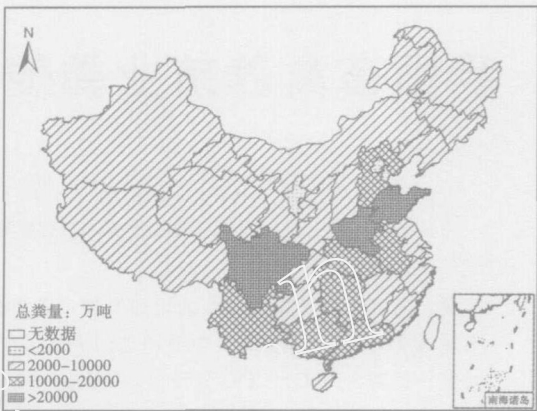


图 2 我国各省(区、市)畜禽粪便的产生量
Fig. 2 The production of poultry manure in individual province of China

亿吨、11.4 亿吨、2.0 亿吨、1.2 亿吨，分别占畜禽粪便产生量的 46.9 %、41.4 %、7.3 %、4.4 %。从畜禽粪便产生的分布地域来看，产生量最大的省份为四川省，达 2.48 亿吨，其次为河南和山东，分别为 2.47 亿吨和 2.11 亿吨（图 2）。

2 我国畜禽粪便的养分含量

畜禽粪便中含有大量的氮、磷等营养物质，是一种优良的有机肥。数千年来，我国一直将畜禽粪便作为提高土壤肥力的重要肥源。农业部全国农业技术推广中心对我国 11 个省（市、区）各类畜禽粪便的养分含量进行了测定（表 1）。

我国猪粪的氮、磷、钾养分含量总和为 41.1g/kg，牛粪为 30.5g/kg，羊粪为 17.6g/kg，鸡粪为 48.8g/kg。从养分的平均含量来看，鸡粪的氮、磷、钾含量最高，猪粪、牛粪次之，而羊粪最低。根据各类粪便的产生量和养分含量情况，可以得出我国各省畜禽粪便氮、磷、钾的总产生量（图 3~图 5）。

2002 年，我国畜禽粪便的总氮产生量为 1530 万吨。其中，猪粪的总氮产生量最大，为 763 万吨，占畜禽粪便总氮产生量的 49.9 %；其次为牛粪和羊粪，分别为 501 万吨和 150 万吨。畜禽粪便总氮产生量最大的省份为四川，其次为河南和山东，其产生量分别为 135、134、121 万吨

表 1 不同畜禽粪便的养分含量^[10]

Tab 1 The content of various nutrition of different poultry manure

	有机碳 (C.g/kg)	养分含量(g/kg)		
		全氮(N)	全磷(P)	全钾(K)
猪粪	414	20.9	9.0	11.2
牛粪	368	16.7	4.3	9.5
羊粪	336	10.1	2.2	5.3
鸡粪	301	23.4	9.3	16.1

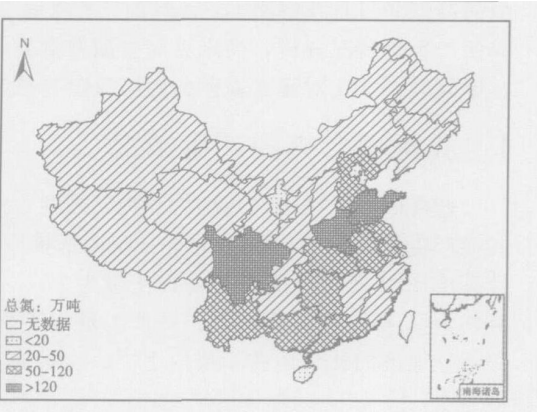


图 3 我国各省(区、市)畜禽粪便总氮产生量
Fig 3 The output of total N from poultry manure in individual province of China

(图 3)。

2002 年，我国畜禽粪便的总磷产生量为 640 万吨。其中，猪粪的总磷产生量最大，为 439 万吨，占畜禽粪便总磷产生量的 68.5 %；其次为牛粪和羊粪，分别为 137 万吨和 52 万吨。畜禽粪便总磷产生量最大的省份为四川，其次为河南和湖南，其产生量分别为 61.9、55.0、50.7 万吨（图 4）。

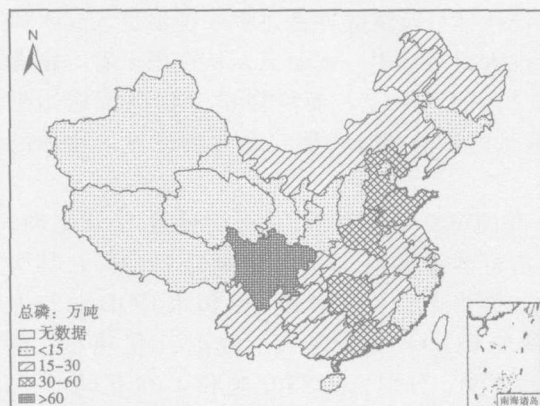


图 4 我国各省(区、市)畜禽粪便总磷产生量

Fig. 4 The output of total P from poultry manure in individual province of China

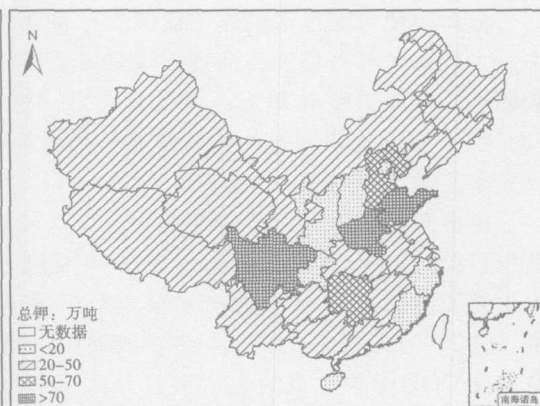


图 5 我国各省(区、市)畜禽粪便总钾产生量

Fig. 5 The output of total K from poultry manure in individual province of China

2002 年，我国畜禽粪便的总钾产生量为 106 万吨。其中，猪粪的总钾产生量最大，为 40.9 万吨，占畜禽粪便总磷产生量的 38.6 %；其次为羊粪和牛粪，分别为 28.6 万吨和 28.5 万吨。畜禽粪便总钾产生量最大的省份为河南，其次为山东和四川，其产生量分别为 96.6、88.1、83.2 万吨（图 5）。

2002 年，我国畜禽粪便中氮、磷、钾产生量相当于同年我国施用化肥中氮（2157.3 万吨）、磷（712.2 万吨）、钾（422.5 万吨）的 70.9 %、89.8 %和 25.1 %^[2]。可见，畜禽粪便是我国农业生产中的一种重要资源。

3 畜禽粪便对环境的影响

畜禽粪便如不经妥善处理直接排入环境，会对水体、土壤和空气造成严重的污染，并危及畜禽和人体的健康^[11,12]。

发达国家发展畜禽养殖业，绝大多数是属于既养畜又种田的模式，并且严格控制养殖场规模，畜禽粪便有充足的土地进行消纳。20 多年来，我国集约化养殖高速发展，畜禽养殖由过去的分散经营、饲养头数少、主要分布在农区或牧区，转变为现在的集中经营、饲养头数多、分布在城市郊区或新城区的新模式。据国家环境保护总局 2001 年对全国 23 个省（自治区、直辖市）规模化畜禽养殖污染情况的调查，大多数规模化畜禽养殖场周边没有足够的耕地消纳畜禽养殖产生的粪便，养殖场单位标准畜禽占有的配套耕地没有达到 1 亩的基本要求，占有配套耕地最少的不足 0.3 亩。目前在滇池、太湖流域的一些乡镇，每公顷农田对农村人畜排出有机氮、磷养分承载量已经分别达到 1000、600kg，大大超过了许多国家规定的每公顷农田可承载的畜禽粪便的最大负荷（150kgN/ha）^[3]。

目前，我国许多规模化养殖场缺少环境治理和综合利用设施或机制，80 %的规模化养

殖场缺乏必要的污染治理设施,缺少环境治理和资源综合利用方面的投资^[4]。集约化、工厂化的养殖使畜禽粪便污染已成为类似工业企业污染的大型“污染源”。同时,畜禽养殖业经营方式日益趋向多样化,公司加农户的新型经营方式正在被越来越多的地方采纳,畜禽粪便污染在许多地方导致明显的面源污染。

3.1 对水体的危害

畜禽粪便可通过水的作用而流失,畜禽粪便在堆放及清粪冲洗过程中极易进入到水体中。少数畜禽养殖场建在河边,畜禽粪便直接排入到河流中。据研究,从全国来看,畜禽粪便进入水体的流失率为:粪便保持在 2%~8%的水平上,而液体排泄物则可能达到 50%^[14]。据上海市对集约化畜禽养殖场污染情况进行的调查表明:畜禽粪便进入水体的流失率甚至可达到 25%~30%^[4]。

畜禽粪便中含有大量的有机物。2002 年,我国畜禽粪便 BOD 总产生量为 1.04 亿吨,其中猪粪的 BOD 产生量最大,为 0.74 亿吨,占畜禽粪便 BOD 总产生量的 71.1%,其次为牛粪和禽粪。其 COD 总产生量为 1.09 亿吨,为当年工业废水和生活污水 COD 总产生量(1366.94 万吨)的 8 倍。各类粪便中,猪粪的 COD 产生量最大,为 0.67 亿吨,占畜禽粪便 COD 总产生量的 61.5%;其次为牛粪和禽粪,分别为 0.35 亿吨和 0.05 亿吨^[4,14]。

根据各类粪便的总产生量和各类粪便进入水体的平均流失率可以计算出全国各省畜禽粪便的总氮、总磷、BOD、COD 进入水体的流失情况(图 6~图 9)。

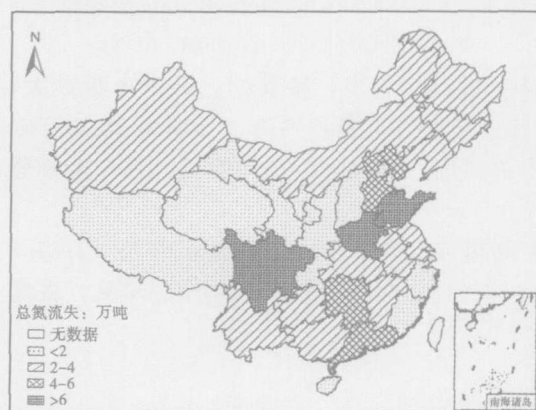


图 6 我国各省(区、市)畜禽粪便总氮流失量

Fig. 6 Total N release from poultry manure in individual province of China

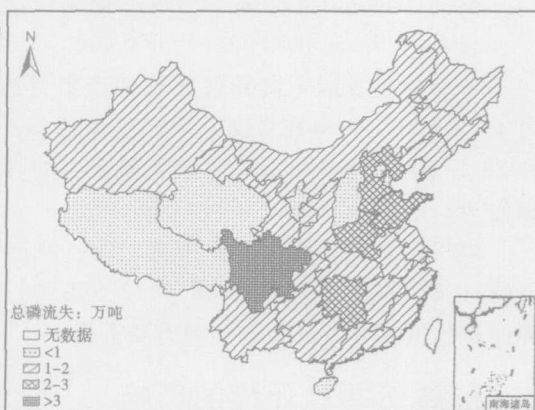


图 7 我国各省(区、市)畜禽粪便总磷流失量

Fig. 7 Total P release from poultry manure in individual province of China

2002 年,我国畜禽粪便总氮流失量为 87 万吨,已超过或接近了河北、山东、河南等严重缺氮省份当年氮肥施用量的一半,其中河南、四川流失量最大,分别为 7.53 万吨和 7.49 万吨(图 6)。全国总磷流失量为 34.5 万吨,接近安徽、江苏等缺磷省份当年磷肥的施用量,其中四川省流失量最大,为 3.32 万吨,其次为河南和湖南,分别为 2.96 万吨和 2.71 万吨(图 7)。全国 BOD 总流失量为 600 万吨,四川 BOD 流失量最大,为 61.1 万吨,其次为河南和湖南,分别为 51.1 万吨和 50.7 万吨(图 8)。全国 COD 总流失量为 647 万吨,相当于当年全国生活污水 COD 产生量的 82.6%;四川 COD 流失量最大,为 61.1 万吨,其次为河南和山东,分别为 55.3 万吨和 49.1 万吨(图 9)。

畜禽粪便流失不仅导致资源浪费,而且带来环境污染,成为造成许多江河湖泊氮、

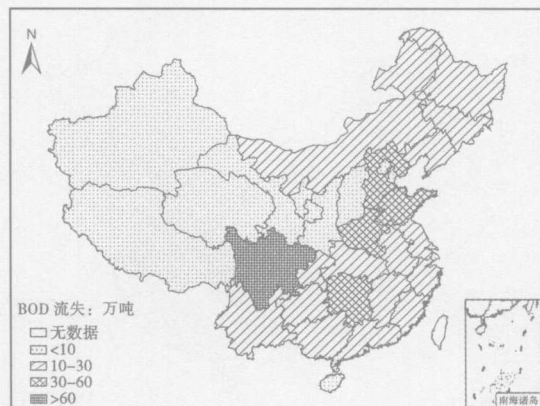


图 8 我国各省(区、市)畜禽粪便 BOD 流失量

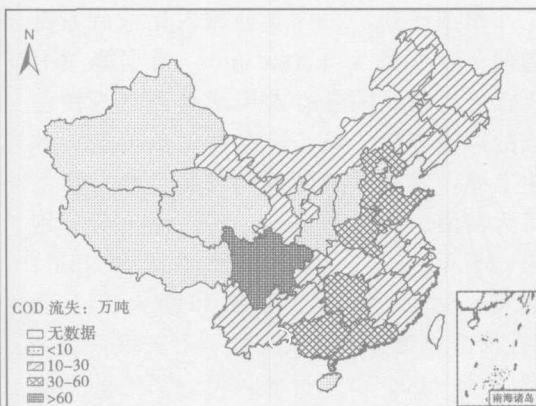
Fig. 8 BOD release from poultry manure
in individual province of China

图 9 我国各省(区、市)畜禽粪便 COD 流失量

Fig. 9 COD release from poultry manure
in individual province of China

磷、BOD 等主要污染指标严重超标和水体富营养化的重要原因^[15~18]。中国农业科学院土壤肥料研究所的研究结果显示：在中国水体污染严重的流域，畜禽养殖和生活排污是造成流域水体氮、磷富营养化的主要原因，其贡献大大超过工业污染。根据调查和测算，即使只有 10 % 畜禽粪便由于堆放或溢满随场地径流进入水体，对流域水体氮富营养化的贡献率就可达到 10 %，磷可达到 10 %~20 %。1995 年，黄浦江流域畜禽粪便造成的污染已占黄浦江上游污染总负荷的 36 %；而居民生活、农业、乡镇工业的污染负荷分别为 33.8 %、19.2 %、6 %。由此可见，畜禽养殖业造成的环境污染已成为上海地区最主要的污染源之一。据调查，我国 8 %~10 % 左右的规模化畜禽养殖场距民用水源地的距离不超过 50 m，在这一范围内的污染物排放会对水环境产生直接的影响；25 %~40 % 左右的规模化畜禽养殖场距离周边居民区或民用水源地不超过 150 m，对附近群众的生命健康构成巨大威胁^[4]。

在我国，对环境影响较大的大中型畜禽养殖场主要集中在人口比较集中、水系比较发达的东部沿海地区。长期以来，在经济发展过程中，对畜禽养殖业可能造成的环境污染问题没有引起足够的重视。目前，我国畜禽养殖业仍保持增长的势头，由此带来的环境压力不容忽视。

3.2 占用和污染土地

随着畜禽养殖规模的不断扩大，大量畜禽粪便难以及时消纳，占用大量的土地。2002 年我国共产生畜禽粪便 27.5 亿吨，若畜禽粪便容重以 1 吨/立方米计，按 1 米高度堆放，则需要的堆放面积为 27.5 hm²，相当于北京市面积最大的区县怀柔区的土地面积。北京有大、中型畜牧场 2500 家，仅畜禽粪便占用的土地即达 1200 hm²^[19,20]。

畜禽粪便不经处理直接施用或过量施用会导致作物徒长、倒伏、晚熟或不熟，造成减产，甚至毒害作物^[21]。农用地畜禽粪便的适宜施用量为 25~50 t/hm² a^[22]。沈根祥等经过测算后指出：蔬菜种植地区猪粪当量有机肥安全施用为 60 t/hm² a，粮棉瓜果地区 42 t/hm² a，纯粮种植区 24 t/hm² a^[23]。

根据各省畜禽粪便产生量和农用地面积^[24]，如果畜禽粪便全部用于农田，则可以计算出各省每 hm² 农用地畜禽粪便负荷（图 10，11）。

根据计算, 2002 年我国农用地的畜禽粪便负荷平均为 $4.19\text{t}/\text{hm}^2$ 。根据聚类分析, 可以把我国各省农用地受畜禽粪便污染的风险分为 4 级。畜禽粪便负荷最大的为上海, 其受污染的风险等级最高; 第二级为河南、天津和山东, 其粪便负荷分别为 $36.6\text{t}/\text{hm}^2$ 、 $20.1\text{t}/\text{hm}^2$ 、 $18.3\text{t}/\text{hm}^2$; 北京、江苏、河北、安徽和湖南五个省(直辖市)受污染的风险处于第三级; 其余 22 个省(区、市) 畜禽粪便农用地的平均负荷均低于 $5\text{t}/\text{hm}^2$, 受污染的风险相对较小一些。可见, 我国受畜禽粪便污染威胁较大的省(区、市) 多分布在东部经济发达地区。

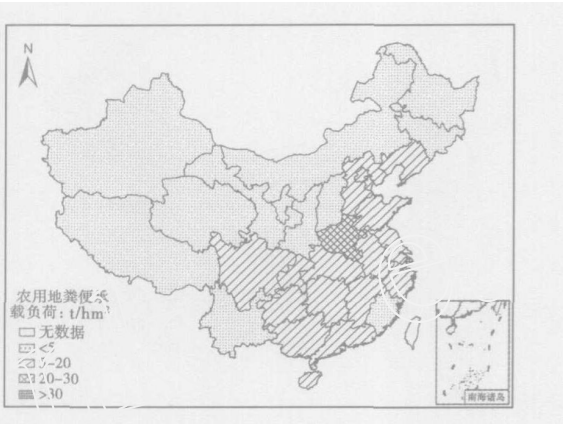


图 10 我国各省(区、市)农用地畜禽粪便承载负荷

Fig. 10 The load of cultivated soil for poultry manure in individual province of China

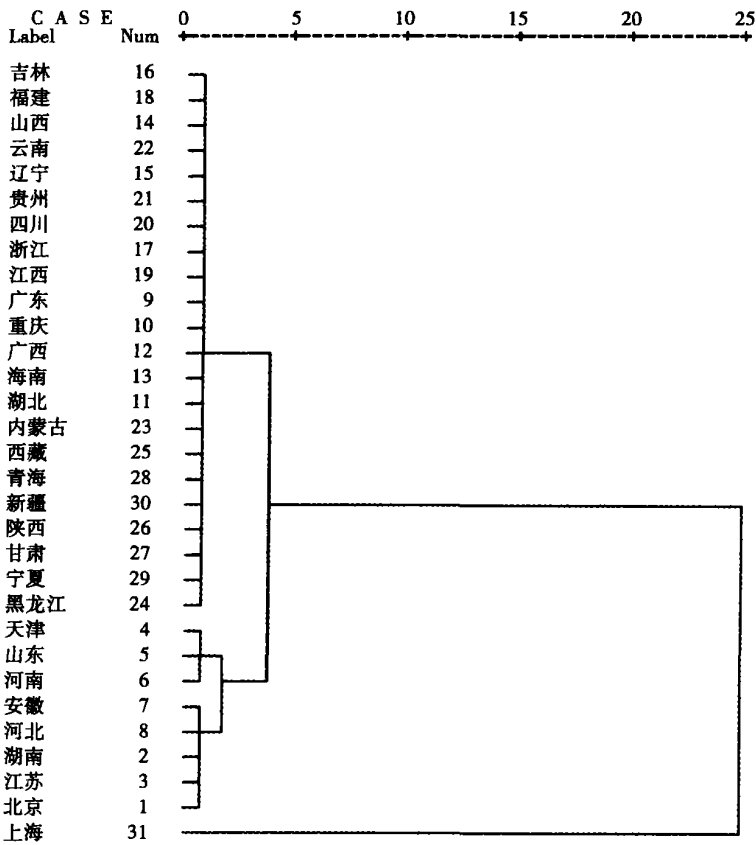


图 11 我国各省(区、市)农用地畜禽粪便承载负荷聚类分析

Fig. 11 Clustering analysis of the load of cultivated soil for poultry manure of individual province of China

此外, 为了提高饲喂畜禽的生长速率、增强其抗病能力, 现在的畜禽饲料中通常都含有一定量的铜、砷、锌等微量元素和一些药物添加剂。这些添加剂中的重金属随粪便排出体外, 也会对环境产生一定威胁^[26]。

近年来, 大城市城郊规模化养殖占畜禽养殖的比例越来越高, 畜禽粪便产生也变得更为集中, 畜禽养殖场周围土地的粪便负荷已明显超过其承载能力。这些氮和磷进入土壤后, 会转化为硝酸盐和磷酸盐, 当其在土壤中的蓄积量过高时, 会对地下水造成污染。

3.3 对大气的污染及其他危害

畜禽粪便产生大量恶臭气体, 其中含有大量的氨、硫化氢等有毒有害成分, 严重影响了畜禽养殖场周围的空气质量, 危害饲养人员及周围居民的身体健康, 并且影响畜禽的生长。粪便恶臭主要来源于饲料中蛋白质的代谢产物, 或粪便中代谢产物和残留养分经细菌分解产生的恶臭物质。我国畜禽养殖场基本上都建在对居民会产生环境影响的区域范围内, 一些地方的规模化畜禽养殖场甚至就在居民区内。根据加拿大的标准, 畜禽场 150m 周边会产生严重的气味污染^[4]。

畜禽粪便污染物中含有大量的病原微生物、寄生虫卵以及孳生的蚊蝇, 使环境中的病原种类增多、菌量增大, 出现病原菌和寄生虫的大量繁殖, 造成人、畜传染病的蔓延, 尤其是人畜共患疾病时会发生疫情, 给人畜带来灾难性危害。目前已知, 全世界约有 250 多种“人畜共患疾病”, 我国有 120 多种, 对人类和畜禽有很大的潜在威胁^[19]。

4 防治和治理对策

4.1 发展农牧结合的生态型畜牧业, 实现资源良性循环

产生畜禽养殖环境危害的本质在于畜禽养殖迅速发展过程中畜牧业与农业脱节, 环境管理与生产脱节。因此, 解决畜禽养殖业污染的根本出路是树立可持续农业的思想, 发展生态型养殖业, 将畜禽养殖业纳入整个农业生产体系中, 促进农业生产和生态环境的良性循环。畜禽养殖业, 特别是规模化养殖业的发展, 必须将畜禽生产、粪尿与污水处理、能源与环境工程, 以及种植业、水产业等统一进行考虑, 多方面配合起来协调发展, 以期把环境污染减少或控制到最低限度, 最终实现畜牧养殖业的可持续发展。畜禽粪便污染治理应该坚持资源化、减量化、无害化的基本原则, 积极引导畜禽粪便堆肥化和资源化利用技术的发展, 提倡农牧结合、种养平衡, 扩大畜禽粪便资源化利用的出路, 将养殖业产生的废物转化为种植业可利用的资源, 最终实现种养结合、互为促进的良性生态农业链。

解决畜禽粪便污染问题不能仅仅着眼于治理, 而应从污染的源头控制抓起, 从养殖业的投料、饮水、设备改造和畜禽舍粪便清理工艺出发, 将废弃物处理作为一个系统工程, 由末端治理转变为全程控制管理, 走清洁生产和循环经济的道路。如可积极推行环境良好的饲养技术, 加强畜用防臭剂的开发应用等。通过调整饲料配方降低畜禽排泄物中的铜、砷、锌含量, 减轻其对环境的影响。

4.2 畜禽粪便综合利用技术的研发和推广

由于缺乏经济有效的畜禽粪便处置技术, 目前畜禽粪便资源化技术还不够普及, 致使畜禽粪便对生产、生活环境造成了严重污染, 并成为畜禽养殖业健康发展的巨大障碍因素和环境保护中的重大难题。

与工业废弃物不同, 畜禽粪便含有丰富的肥源, 是宝贵的资源。以 2002 年为例, 全年畜禽粪便中总氮、总磷和总钾量的量分别为 1530 万吨、640 万吨、106 万吨, 分别相当

于同年我国施用化肥中氮、磷、钾含量的 70.9 %、89.8 %和 25.1 %。利用好畜禽有机肥, 不仅可减轻畜禽粪便对环境的污染, 减轻后期环境工程的治理投入, 而且可以改善土壤肥力, 提高耕地质量。

畜禽粪便的资源化利用主要有 5 种方式: 直接还田、高温烘干制作肥料、沼气发酵、粪便饲料化以及堆肥处理。尽管畜禽粪便处理方法很多, 但根据发达国家和我国的经验, 经过堆肥处理后进行资源化利用是其中比较经济可行、并且适合我国国情的处理方式。堆肥处理可以杀灭畜禽粪便中携带的病原菌和杂草种子, 使畜禽粪便得以腐熟, 养分含量得到提高, 解决畜禽粪便直接利用的烧苗等问题^[27]。

目前, 堆肥处理正朝着自动控制工业化快速堆肥方向发展, 因为其技术稳定性好、操作简便、适用于大规模推广应用, 具有良好的产业化前景。因此, 2003 年科技部和财政部曾专门列项, 重点支持中国科学院地理科学与资源研究所环境修复中心开展畜禽废弃物自动化控制堆肥技术的推广和应用。目前在产业化方面所面临的主要问题是, 如何尽快解决规模化畜禽养殖废弃物综合利用及污染防治技术的规范化、标准化, 使之真正满足产业化发展的需要。

5 结论与讨论

随着我国畜禽养殖业的迅速发展, 畜禽粪便排放不断增加, 生态环境问题已变得日益突出。本文从畜禽粪便产生量、耕地的平均负荷、流失量等方面分析了畜禽粪便给我国各省(区、市)带来的环境问题。由于缺乏各省(区、市)规模化养殖数量及种类等基本数据, 本文在分析畜禽粪便的环境风险时采用的只是养殖总量的数据, 但由于规模化养殖场往往养殖量大、养殖集中, 对环境的影响要大于散户养殖, 所以, 以耕地平均负荷和平均流失量来评估环境风险可能与实际情况会有一定的偏差。这有待于进一步收集数据并进行更深入的分析 and 研究。

参考文献:

- [1] 卞有生. 生态农业中废弃物的处理与再生利用. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1986~2003.
- [3] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [4] 国家环境保护总局自然生态司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防止对策. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [5] 丁疆华. 广州市畜禽粪便污染与防治对策. 环境科学研究, 2000, 13(3): 57~59.
- [6] 孔源, 韩鲁佳. 我国畜牧业粪便废弃物的污染及其治理对策的探讨. 中国农业大学学报, 2002, 7(6): 92~96.
- [7] 李庆康, 吴雷, 刘海琴, 等. 我国集约化畜禽养殖场粪便处理利用现状及展望. 农业环境保护, 2000, 19(4): 251~254.
- [8] 王新谋. 家畜粪便学. 上海: 上海交通大学出版社, 1998.
- [9] 彭里, 王定勇. 重庆市畜禽粪便年排放量的估算研究. 农业工程学报, 2004, 20(1): 288~292.
- [10] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [11] 王晓明, 高其双. 现代畜禽养殖业的公害问题及对策. 饲料工业, 2000, 21(4): 40~41.
- [12] 董克虞. 畜禽粪便对环境的污染及资源化途径. 农业环境保护, 1998, 17(6): 281~283.
- [13] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008~1017.
- [14] 中国环境年鉴编辑委员会. 中国环境年鉴. 北京: 中国环境年鉴社, 2003.
- [15] 王少平. GIS 在农业非点源污染研究中的运用. 农业环境保护, 2000, 19(5): 289~292.
- [16] 彭奎. 识论农业养分的非点源污染与管理. 环境保护, 2001, (1): 15~17.

- [17] 刘卫东. 鸡场粪污的综合治理. 畜牧兽医杂志, 2000, 19(1): 25~27.
- [18] 徐应明. 畜禽养殖行业废水排放标准的研究. 上海环境科学, 1995, 14(2): 34~36.
- [19] 刘芳. 畜牧产业发展对环境的影响. 农业环境与发展, 2000, 17(1): 30~33.
- [20] 曹克虞. 畜禽粪便对环境的污染及资源化途径. 农业环境保护, 1998, 17(6): 281~283.
- [21] 朱文转, 李传红. 南方农村集约化养殖场污染及其防治. 重庆环境科学, 1999, 21(6): 33~35.
- [22] Wong J W C, Ma K K, Fang K M, *et al.* Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. *Bioresource Technology*, 1999, 67(1): 43~46.
- [23] 沈根祥, 汪雅谷, 袁大伟. 上海市郊农田畜禽粪便负荷机器警报与分级. 上海农业学报, 1994, 10(增刊): 6~11.
- [24] 中华人民共和国国土资源部. 中国国土资源年鉴. 北京: 中国国土资源年鉴编辑部, 2003.
- [25] 廖新娣, 梁敏. 美国养猪业粪污的处理利用. 家畜生态, 1997, 18(2): 27~30.
- [26] 刘红. 养猪场对环境的污染改善对策及处理利用技术. 农业环境保护, 2000, (2): 101~103.
- [27] 郑玉琪, 陈同斌, 孔建松, 等. 利用耗氧速率判断好氧堆肥腐熟度的探讨. 环境科学学报, 2004, 24(5): 931~935.

Releases of pollutants from poultry manure in China and recommended strategies for the pollution prevention

GAO Ding, CHEN Tong-bin, LIU Bin, ZHENG Yuan-ming,
ZHENG Guo-di, LI Yan-xia

(Center for Environmental Remediation, Institute of Geographic Sciences
and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: With the booming of stockbreeding, the production of poultry manure has been increasing continually, which was 2750 million tons in 2002. The production of poultry manure in Sichuan Province was the highest, and then Henan Province and Shandong Province. The average load of cultivated land for poultry manure was 4.19 t/ha in China. The amount of TN, TP, BOD and COD released from poultry manure to water body were 870, 345, 6000 and 6740 thousand tons per year, respectively. Large amount of poultry manure has been one of the main pollutants to water, threatening the health of soil and atmosphere. Based on the result of clustering analysis, the environmental risks of poultry manure to Chinese cultivated land were divided into four grades: the pollution risk of Shanghai was the highest; the risk of Henan, Tianjin and Shandong was in the second grade; the risk of Beijing, Jiangsu, Hebei, Anhui and Hunan was in the third grade, and the pollution risk of the cultivated land of the other provinces was relatively low. For solving the pollution problem of poultry manure, management should be reinforced, farming-pasturing combined eco-type stock raising should be developed energetically, and economical and practical synthetic utilization technologies for dealing with poultry manure should be developed and popularized, so as to promote the transformation of poultry manure into resources for land use.

Key words: stockbreeding; poultry manure; output; environmental pollution; regional difference; risk control