

· 科技建议 ·

关于减少农业氨排放以缓解灰霾危害的建议

大量科学证据表明,灰霾主要是由碱性污染物氨(NH_3)与酸性污染物二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)在空气中发生化学反应,生成硫酸铵和硝酸铵,形成 $\text{PM}_{2.5}$ 凝结核,吸水并结合其他污染物而形成(图1)^[1-4]。在 NH_3 大量存在的条件下, SO_2 和 NO_x 形成 $\text{PM}_{2.5}$ 的速度会急剧增加^[2,5]。 NH_3 在灰霾形成中的重要性,引起了全社会的高度关注。基于国家重大科学计划项目“我国活性氮源及其对空气质量与气候变化的影响机理研究”和我们长期“氮素循环与环境影响”的研究结果,提出种植和畜牧养殖氨气减排措施,供政府灰霾治理决策参考。

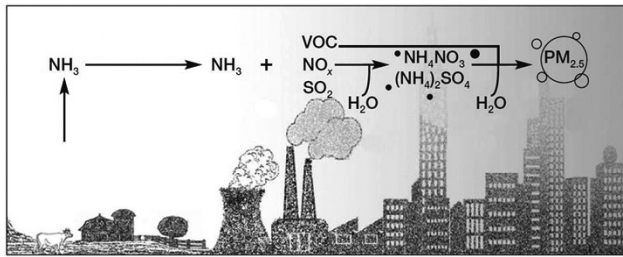


图1 农业氨挥发对 $\text{PM}_{2.5}$ 形成的贡献^[4]

1 设定农业氨减排目标

中国目前每年大约排放1500万t的 NH_3 (以纯氮计,下同)^[6],与酸性物质 NO_x (700万~800万t,以纯氮计)和 SO_2 (900万~1000万t,以硫计)排放量(《2015中国环境状况公报》)的酸当量相当,对灰霾的形成具有重要的贡献^[4]。中国农业源氨排放量占总排放的90%左右,其中种植和牲畜养殖业排放大约各半,牲畜养殖排放略高^[6]。

欧美国家很早注意到氨对空气质量的重要影响,欧洲在1999年签订的《哥德堡协议》中同时设定了对 SO_2 、 NO_x 和 NH_3 的减排目标^[4-5]。在中国,无论是空气污染防治措施,还是农业发展规划,都没有设定 NH_3 减排目标。中国当前治理灰霾集中于减少酸性污染物 SO_2 和 NO_x 的排放。为此,建议在国家及各级政府层面的环境治理目标规划中,设定农业(包括种植业和畜牧业生产)的氨减排近期和远期目标,并制订实现减排目标的具体措施。

2 逐步优化农业布局

当前中国的人口、工业、商业、养殖业等均集中于北京、河北、天津、山东、江苏、安徽、上海和浙江等灰霾最严重的中东部地区。酸碱物质排放源在空间上重叠是形成严重灰霾天气的重要原因^[4]。氨气是本地性、短距离传输的污染物,传输距离一般仅为几百公里。在空间上分离氨与酸性物质 SO_2 和 NO_x 的排放源,可以有效减少酸碱污染物结合的机会^[5]。中国中东部地区种植业和养殖业氨排放量分别达全国总排放量的49%和48%^[6]。

由于种植业更依赖地理和气候因素,迁移比养殖业更难。因此,建议优先考虑减少中东部地区养殖业,逐步扩大东北饲料粮生产基地的养殖业规模。将中东部地区的养殖业转移至东北地区具有多重功效:1) 养殖业是中东部地区水体的主要污染源,养殖业转移可同时减轻中东部地区的灰霾和水体污染,而且东北地区年均温低,生产同样的牲畜产品氨排放量低;2) 饲料生产基地与养殖基地结合,可以减少运输及其由运输产生的污染;3) 促进东北地区经济发展。

3 大力促进科学施肥科研成果的推广和应用

中国每年农田氮肥使用量大约3100多万t纯氮(国家统计局数据),当季利用率仅为35%左右,累计利用率50%~60%,损失率达40%~50%,其中氨挥发损失15%~20%,种植业氨排放大约420~580万t氮^[6,7]。科学工作者经过40余年的不懈努力,积累了提高氮肥利用率、减少氮素损失和氨挥发损失的大量科研成果。但是受社会和经济因素的制约,这些成果的推广和应用并不理想,氮肥利用率低、损失率高的状况未得到明显改变。限制科学施肥成果推广和应用的主要社会和经济因素包括:

1) 农地经营规模小,田块分散,难以承载先进的科学技术。科学施肥方法和技术往往需要在有规模经营效益的农田实施,中国中东部地区农村家庭的农田面积小,致使新技术无法落地。同时,小规模农户从农产品上获取的收入只占家庭收入的小部分,他们的收入主要来之于外出打工,对应用新技术的意愿低。根据我们的研究,如果家庭农地经营规模可以从目前的平均0.4 hm^2 增加到4 hm^2 ,氮肥利用效率可提高大约75%^[8]。建议通过合理的制度设计,健全土地流转的法律法规,保障土地流转后的经营稳定性,加快种植业适度规模经营的步伐,降低农田氨排放。

2) 机械化施肥水平低。氮肥深施、混施是提高利用率、减少损失率,特别是减少氨挥发损失极为有效的手段。由于缺乏深施和混施机械,特别缺乏追肥的深施机械,中国小规模分散管理的小片农田,目前大约60%的氮肥人工表施(图2)。表施的铵态氮肥暴露于空气,很大比例通过氨挥发排放到大气。由于无法精准控制施肥量,往往造成过量施肥的现象。建议根据中国作物生产特点,加大研制和推广机械施肥的力度,逐步杜绝氮肥表施现象。

3) 氮肥品种单一,基本都是铵态氮和产铵态氮肥料(如尿素)。铵态氮肥在中国北方碱性土壤上极易以氨的形态挥发到大气中。与此同时,铵态氮肥在土壤中会氧化成为硝态氮,该氧化过程同时排放大量温室气体 N_2O 。改性硝酸铵比尿素的价格高10%~30%,由于其损失低,净花费并未增加。若施用改性硝态氮肥,既无氨挥发,也不因硝化过程而排放 N_2O 。建议在加强

监管的基础上,在中国北方,特别是华北平原,适当供应改性硝态氮肥,减少铵态氮肥的施用。

4 制订规模化畜禽养殖各个环节的操作规程和氨减排措施

中国畜禽养殖每年排泄的畜禽粪便大约1500万t纯氮,约为化学氮肥使用量的1/2^[6]。当前畜禽粪便氮素收集还田率大约为50%,其余大部分直接排放到大气和水体,成为重要的污染源(图2)。建议制订从饲料选择、畜舍构造、粪尿贮存、处理到田间施用等各个环节的操作规程和氨减排措施,作为规模化畜禽养殖操作和监管的依据。具体包括:

1) 推广应用低蛋白含量的饲料品种。饲料中的碳氮比会显著影响牲畜粪便中的氮含量,加强对适应中国牲畜种类的低蛋白饲料品种研制和推广应用,有助于降低单位畜禽产品的氮素排泄量,可以从源头同时降低向地表水排放的氨氮以及向大气中排放的氨气。

2) 控制规模化养殖场的氨气排放。规模化养殖圈舍氨气排放占牲畜养殖总氨气排放的10%~30%。采用合理的建筑设计可以降低圈舍的氨气排放,包括建设集中的排泄和粪便收集区域、快速的粪便清除系统、排泄区的温度控制以及酸性中和物质的使用等措施。建议通过引入合理技术标准规范控制新建养殖场的氨气排放;对已有的养殖场进行技术改造,安装现场在线氨浓度监测制备,加大对规模化养殖氨气排放的治理和监管,切实降低养殖场的氨气挥发。

3) 推行规范化的粪便储存、堆沤和施用技术。中国目前的牲畜粪便处理倾向于固液分离,堆沤生产有机肥,减少向水体的排放,常忽略向大气的氨气排放。建议推广应用封闭式的粪便贮存、处理和施肥方式,降低粪便储存、处理和施用环节的氨排放。



图2 挥发大量氨气的农田化肥撒施以及牲畜养殖废弃物的露天风干

上述4个方面建议和措施的实施,不仅可以控制氨排放引起的大气污染,还可减轻氮素流失导致的水体富营养化、硝酸盐淋洗引起的地下水污染、大量施用铵态氮和产铵态氮肥料导致的土壤酸化、大气氮沉降增加导致的生态环境退化,减少施用氮肥和有机肥引起的温室气体N₂O的排放以及氮肥制造过程中巨大的化石能消耗和碳排放^[4-6,8]。因此,减少种植和养殖业的氨排放是一举多得的举措,也是治理活性氮大气和水体污染、保证食物生产安全的根本。

参考文献

- [1] Zhang R. Getting to the Critical Nucleus of Aerosol Formation[J]. Science, 2010, 328(5984): 1366-1367.
- [2] Kirkby J, Curtius J, Almeida J, et al. Role of sulphuric acid, ammonia and galactic cosmic rays in atmospheric aerosol nucleation[J]. Nature, 2011, 476(7361): 429-433.
- [3] Wang G, Zhang R, Gomez M E, et al. Persistent sulfate formation from London Fog to Chinese haze[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2016, 113(48): 13630-13635.
- [4] Gu B, Sutton M A, Chang J, et al. Agricultural ammonia emissions contribute to China's urban air pollution[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2014, 12(5): 265-266.
- [5] Wu Y, Gu B, Erisman J W, et al. PM_{2.5} pollution is substantially affected by ammonia emissions in China[J]. Environmental Pollution, 2016, 218: 86-94.
- [6] Gu B, Ju X, Chang J, et al. Integrated reactive nitrogen budgets and future trends in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2015, 112(28): 8792-8797.
- [7] Yan X, Ti C, Vitousek P, et al. Fertilizer nitrogen recovery efficiencies in crop production systems of China with and without consideration of the residual effect of nitrogen[J]. Environmental Research Letters, 2014, 9(9): 95002.
- [8] Ju X, Gu B, Wu Y, et al. Reducing China's fertilizer use by increasing farm size[J]. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions, 2016, 41: 26-32.

文/巨晓棠,谷保静,蔡祖聪

作者简介:巨晓棠,中国农业大学资源与环境学院,教授;谷保静,浙江大学公共管理学院,研究员;蔡祖聪,南京师范大学地理科学学院,教授。

(责任编辑 王丽娜)