

《典型种植业氨减排技术指南》

(征求意见稿)

编制说明

标准编制组

二〇二〇年八月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	2
2 指南编制的必要性、总体思路及基本原则	4
2.1 必要性	4
2.2 总体思路	5
2.3 基本原则	5
3 种植业氮肥投入以及氨减排技术现状	6
3.1 我国种植业氮肥投入现状	6
3.2 种植业氨排放现状	6
3.3 种植业氨排放特点	7
3.4 种植业氨排放控制技术现状	9
4 国内外氨减排技术相关法规及技术规范	11
4.1 国外种植业氮肥氨排放管理相关法规及减排技术	11
4.2 国内大气氨排放控制及种植业氮肥管理	12
5 技术指南主要技术内容	13
5.1 适用范围	13
5.2 结构框架	13
5.3 术语和定义	13
5.4 氮肥施用总量控制要求	14
5.4.1 宏观控制区域施氮量	14
5.4.2 根据田块具体情况进行微调	15
5.5 氮肥种类要求	15
5.5.1 碳酸氢铵施用要求	15
5.5.2 缓效氮肥代替部分速效氮肥	15
5.5.3 有机氮肥代替部分化学氮肥	15
5.6 氨减排施肥技术要求	16
5.6.1 氮肥深施技术	16
5.6.2 速效氮肥分次施用技术	16
5.6.3 尿素配施脲酶抑制剂技术	16
5.6.4 稻田养萍技术	17
5.6.5 水肥一体化技术	17
6 我国典型种植业氨减排技术措施的可行性与成本效益分析	17

1 项目背景

1.1 任务来源

近年来，我国雾霾天气频发，在 $PM_{2.5}$ 形成过程中，气态氨扮演重要角色，大量科学证据表明，氨是大气 $PM_{2.5}$ 形成的重要前体物，它能与二氧化硫、氮氧化物以及液相硫酸和硝酸反应生成硫酸铵和硝酸铵，形成 $PM_{2.5}$ 凝结核，吸水并结合其他污染物形成二次颗粒物，在氨大量存在的条件下，二氧化硫和氮氧化物形成 $PM_{2.5}$ 的速度会加剧。欧美发达国家 $PM_{2.5}$ 控制实践表明，在二氧化硫和氮氧化物基本得到控制的情况下，通过对大气氨的同步消减，可以大幅度降低大气环境中的颗粒物浓度，实现环境空气质量的大幅度提升。

种植业氮肥施用和养殖业粪便是我国大气氨最主要的来源，据估算，我国氨排放总量为 10~15 Tg（百万吨），仅种植业化肥施用引起的氨排放量达 3.0~5.4 Tg，占化学氮肥总施用量（折纯）的 9~15%，我国化学氮肥消费量位居世界之首，约占全球消费量的 30%，农业集约化程度高的中东部地区单位面积施氮量远超过世界平均水平，而且，我国氮肥种类以氨排放损失程度高的尿素和碳铵为主，加上目前普遍存在的盲目的不合理的施肥行为如表面撒施、施肥与作物需氮在空间和时间上的不匹配，导致我国种植业氨排放十分严重。

目前，我国对种植业氮肥管理主要执行《肥料合理使用准则 通则》（NY/T 496）和《测土配方施肥技术规范》（NY/T 1118）中的相关规定，二者主要针对基本施肥原则，以作物增产和经济效益作为施肥效应评价指标，对氮肥引起的氨排放没有提出明确的控制要求，我国目前对大气氨的管控标准主要针对典型行业，包括《大气污染物综合排放标准》（GB14554）、《恶臭污染物排放标准》（DB11/501），对种植业氨排放具体减排技术措施没有提出明确要求，造成各部门对于种植业氨污染难于监管，已无法适应当前大气污染物减排工作的形势，因此，迫切需要制定我国种植业的氨减排技术指南，明确不同种植业类型适宜减排技术措施。该技术指南的制定是应对大气 $PM_{2.5}$ 污染、促进环境质量改善的迫切需要，也是完善环境标准体系，提升行业污染控制管理水平的现实要求。

依据《中华人民共和国标准化法》、《国家标准化委员会、民政部关于印发〈团体标准管理规定〉的通知》（国标委联 [2019] 1 号）文件精神，根据《中华环保联合会团体标准管理办法（试行）》（中环联字 [2018] 79 号）的相关规定，中华环保联合会组织专家对《典型种植业氨减排技术指南》团体标准立项报告进行了评审立项，根据《中华环保联合会关于〈汽车维修行业大气污染防治可行技术指南〉等十一项团体标准的立项公告》有关要求，中

华环保联合会委托中国科学院南京土壤研究所、河北农业大学、北京市环境保护科学研究院、中国农业大学、浙江大学等单位组建专家组共同编制《典型种植业氨减排技术指南》（以下简称《指南》）团体标准。

1.2 工作过程

该指南立项后，中国科学院南京土壤研究所与河北农业大学、北京市环境保护科学研究院、中国农业大学、浙江大学等单位，共同开展了该技术指南的编制工作。标准编制组对国内外种植业氮肥施用和氨排放控制技术相关政策法规、技术规范进行了深入调研；对我国典型种植业类型当前氮肥投入模式开展了调研，对重点种植业类型氮肥施用后氨排放进行了实地监测并对现有减排措施的减排效果进行了田间验证，获得不同种植业类型的氮肥氨排放特征、影响因素和可行控制技术；形成《指南》（征求意见稿）。

具体工作过程包括：

a) 文献、资料调研—包括现有国内外种植业氨排放的相关减排技术措施，2018年1月-2018年3月编制组查阅了国内外种植业氨排放通量特征、主要受控因素以及减排技术的相关研究成果，全面跟踪梳理了国内外种植业氮肥管理和氨减排技术的研究进展。

b) 种植业氮肥投入调研—2018年4月-2018年5月，结合文献资料和现场调查，了解目前我国主要种植业类型如稻田、玉米、小麦、果园和露天菜地的包括氮肥种类、施肥方法、施肥时期的氮肥投入模式和氨排放特征。

c) 典型种植业类型氨排放实地监测—2018年6月-2020年7月，结合文献资料与现场调研，制定我国不同类型种植业氨减排技术措施实地验证的试验方案，选择我国典型种植业类型太湖地区水旱轮作、东北稻田、东北玉米、华北冬小麦夏玉米、南方露天菜地、水蜜桃园选择有代表性的施肥时期进行现场实地验证减排效果。

d) 编写技术指南征求意见稿和编制说明—2020年3月-2020年8月，在充分调研国内外种植业氮肥管理与氨减排相关技术规范的基础上，结合《指南》开展的实地监测工作，组织标准编制单位召开研讨会，对《指南》框架及指南内容进行讨论，明确了不同类型种植业的氨排放适宜减排技术，形成了《指南》（征求意见稿）及其编制说明。

e) 2020年8月21日，中华环保联合会主持召开了《典型种植业氨减排技术指南》技术审查会，专家组听取了标准编制单位所作的指南征求意见稿和内容介绍，经质询、讨论，专家组建议：（进一步补充说明各项氨减排技术的执行规范，建议参照GB/T 1.1对指南文本进一步修改完善。专家组通过了该指南征求意见稿的技术审查，建议修改完善后形成征求意见

见稿，公开征求意见。

2 指南编制的必要性、总体思路及基本原则

2.1 必要性

a) 应对大气 PM_{2.5} 污染，减少氨排放引起的自然生态系统的破坏，促进环境质量改善的迫切需要

氨是大气 PM_{2.5} 形成的重要前体物，它能与二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x) 以及液相硫酸和硝酸反应生成二次颗粒物，对灰霾污染的形成有重要作用。研究发现，重污染天气中，铵盐可占 PM_{2.5} 无机颗粒物含量的 40~50%，越严重的污染天气所占比例越高，在控制 SO₂ 和 NO_x 的基础上，减少氨排放可显著降低 PM_{2.5} 浓度水平，氨减排是实现降低颗粒物浓度的一项经济有效的策略。此外，氨排放及其沉降还可造成土壤酸化、水体富营养化以及生物多样性减少等环境问题。根据不同的研究估算，我国氨排放总量为 10~15 Tg，占全世界氨排放总量的近四分之一，其中种植业氮肥施用和养殖业畜禽粪便是最主要的两大排放源。

我国以占世界不足 10% 的耕地养活了占世界 20% 的人口，氮肥功不可没，然而，我国目前氮肥当季作物利用率仅 30~40%，氨挥发是氮肥损失的最主要的途径之一，如南方稻田在水稻生长前期施用的氮肥，其氨排放可占施氮量的 30%，华北玉米种植区追施氮肥的氨挥发损失可达施氮量的 20%。我国已实现了 SO₂ 和 NO_x 的大幅度减排，若要实现区域空气质量全面提升，需要在大力控制 SO₂ 和 NO_x 的同时，进一步控制氨排放，实现大气污染物的协同控制。因此，面对目前严峻的环境形势与压力，亟需提高种植业氮肥施用及其氨排放控制管理水平，促进种植业氮肥合理施用，制定种植业氨减排技术指南，可以引导种植业在提高氮肥利用率、改进施肥技术减少氨污染排放，提升农业氨污染的控制技术水平。

b) 完善环境标准体系，提升行业污染控制管理水平的现实要求

尽管我国种植业氮肥氨排放引发的环境问题日益严峻，我国对种植业氨排放及其控制技术措施仍处于基础研究阶段，对于种植业氮肥施用的管理，主要执行《肥料合理使用准则 通则》(NY/T 496) 和《测土配方施肥技术规范》(NY/T 1118)，以作物增产和经济效益作为施肥效应评价指标，对氮肥引起的氨排放没有提出明确的控制要求，缺乏针对性的氨排减排技术清单及指南，而环境空气质量相关标准如 GB14554、DB11/501 仅对典型行业周界氨浓度进行了规定，对种植业氨排放也没有提出具体要求，造成各部门对于种植业氨污染难于监管，无法适应当前大气污染物减排工作的形势，近年来推广的测土配方施肥政策尽管遏制住了种植业氮肥增长的势头，然而，过量、不合理、粗放的施肥方式仍然存在，大量的氮肥以挥发氨的形式进入大气，浪费了肥料资源，降低了肥料价值，更导致了环境污染问题。制定本行

业氨减排技术指南，尤其是明确不同种植业类型氨减排的施肥技术要求，引导种植业对氮肥施用方法技术的重视与改进，为提升大气氨污染治理技术水平提供监管依据。

综上所述，制定《典型种植业氨减排技术指南》，既可填补我国在种植业氨排放领域环保标准的空白，为主管部分提供监管依据，又可满足当前《化肥使用量零增长》的需要，建立统一规范的适合于我国不同区域典型种植业 NH_3 排放控制技术方法，消减农业污染物排放，改善大气、土壤、水体质量和保护自然生态环境安全，在当前紧迫的环境形势下非常必要。

2.2 总体思路

- a) 提出不同区域典型种植业适宜的氨减排技术措施，最大限度减少氮肥施用后的氨排放。
- b) 通过技术指南的制定与推广使用，引导种植业加强氮肥施用规范化管理和氨减排，有效推行种植业节肥环保高效生产。

2.3 基本原则

- a) 科学性和经济实用性兼顾的原则

在充分调研和参考借鉴国外种植业氮肥管理和氨减排技术的基础上，结合我国种植业自身特点以及我国环境质量要求，在确保农产品高产优质前提下，提出我国典型种植业的氨减排技术指南，充分体现了科学合理性和可行性。

- b) 因地制宜的原则

考虑到种植业氮肥施用当前实际情况和环境安全需求，在实地验证不同控制技术的减排效果的基础上，提出适应于不同种植业类型的氨减排技术指南，充分体现了技术指南的因地制宜的原则。

3 种植业氮肥投入以及氨减排技术现状

3.1 我国种植业氮肥投入现状

近年来，我国化学氮肥消费量一直位居世界之首，总量 25~30 Tg (百万吨)，占全球氮肥消费量的 25%左右，其中粮食作物氮肥用量占种植业氮肥总用量的 54%。我国氮肥种类主要包括尿素、碳铵、硫酸铵、氯化铵以及含有以上成分的复合肥，其中复合(混)肥和尿素是目前种植户的主要购买氮肥品种，碳铵在上世纪 90 年代中期达到峰值，之后逐年下降，而尿素从上世纪 90 年代开始逐年增加，目前已成为我国氮肥最主要的品种之一。我国肥料品种结构不同于欧美发达国家，欧美国家尿素占氮肥总量的 20%左右，复合肥仅占 10%，而我国尿素和复合肥之和占氮肥总消费量的 85%以上。

畜禽粪便有机肥施入农田后的氨排放主要受施用方法、施用量、养分含量、粪肥酸碱度的影响。我国氮肥消费量从上世纪 80 年代年开始逐年上升，至 2013 大面积采用配方施肥以来，才趋于平稳并出现下降趋势（图 3-1）。我国近 30 年畜禽粪便氮素养分量随着养殖业的发展虽然增加了 60%，接近我国化学合成氮肥消费量，然而，种植业有机肥氮素养分投入占总氮投入的比例已由 1980 年的 21.3%逐渐降低至 13.6%，大量的有机肥氮素养分没有进入农田。

3.2 种植业氨排放现状

据估算，我国种植业肥料氨排放量在 2010 年为 10.4 Tg，其中化学氮肥施用引起的氨挥发占 41.9%，畜禽粪便还田引起的氨挥发占 47.5%。地域分布上，我国氨排放热点地区集中在农业集约化程度高的省份如河北、山东、河南、江苏、安徽以及四川东部（图 3-1），时间分布上，种植业氨排放有很强的季节性，主要发生在每年的 4~7 月，即农作物施肥季节。

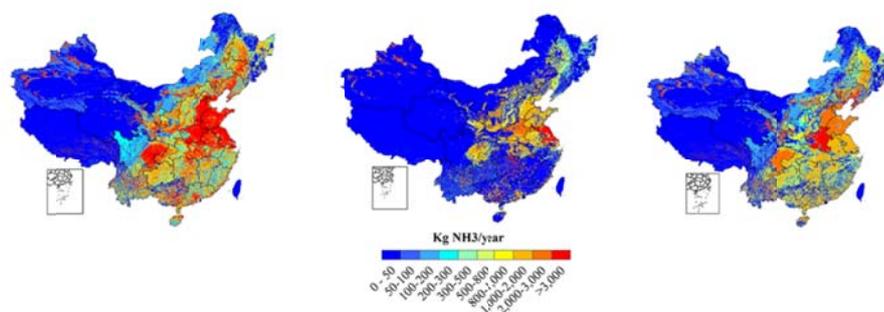


图 3-1 我国氨排放的空间分布（从左至右分别是总排放、化肥氨排放和畜禽粪便氨排放）

目前我国种植业氨排放估算尚存在较大的不确定性，主要来源于种植业施肥信息的不完整以及氨排放实地监测方法的不统一导致的排放因子的差异。因此，需加强我国种植业氨排

放的监测方法技术研发与标准化,以及实地验证不同减排措施在不同种植业类型的减排效果的基础研究,减少我国氨排放估算的不确定性,为农业源氨管理和减排提供理论依据和技术支撑。

3.3 种植业氨排放特点

种植业氨排放主要来源于氮肥的施用,不存在统一的排放口,属于无组织排放,与本项目中的大气面源污染定义(在一定区域范围内,气态或颗粒态污染物从非特定地点或多个特定的呈面状的地点,在空气扩散作用下以低矮密集的方式自地面或近地面的高度排放污染物,弥散到大气环境中并引起大气质量降低的污染)吻合。农田施肥后氨排放量除了受氮肥种类、施肥方法、施氮量影响外,还受环境因素(如温度、风速)以及作物生长状况的影响。本标准实地监测结果表明,农田氮肥施入后,氨排放持续时间受种植业类型、施肥方法和、氮肥种类和气候特点的影响,并且存在明显的日变化特征,对于稻田,无论南方稻田还是北方稻田,无论是基肥还是追肥,速效氮肥的氨排放只发生在施肥后一周内,峰值出现在施肥后第2~4天,而且与田面水中的铵态氮浓度具有一致的变化特征(图3-2),旱地施肥后氨排放持续时间比稻田稍长,但一般不会超过2周。在环境条件一致时,稻田氨排放与施氮量呈线性或指数形式增加(图3-3),证实控制施氮量实现氨减排的可行性和必要性。

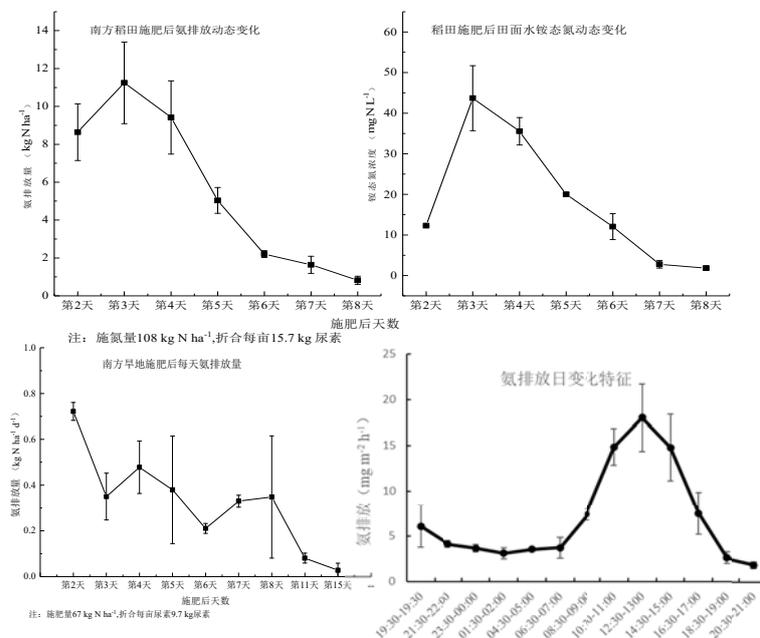


图 3-2 南方水旱轮作区尿素施用后氨排放动态特征和日变化特征

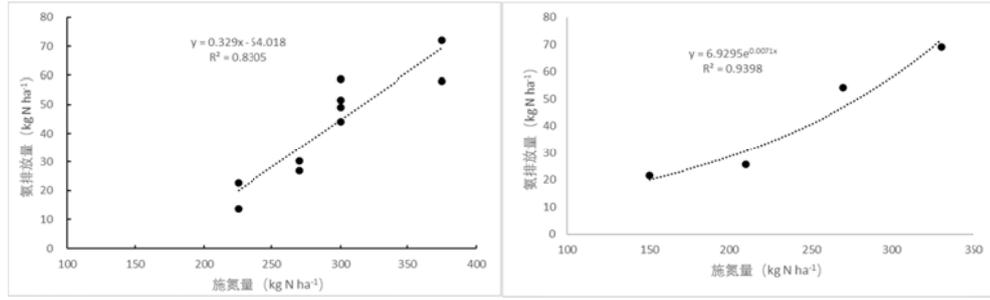


图 3-3 不同年份稻田施肥后氨排放量与施氮量之间的相关关系

对于不同氮肥种类，施入农田后氨排放量占施氮量比例顺序为：碳铵>尿素>硫酸铵>氯化铵>硝铵，碳铵挥发损失率最高，表面撒施情况下可达含氮量的 30~40%，其次是尿素，表面撒施情况下可占施氮量的 20~30%。

对于不同氨减排技术，田间实地验证表明，氮肥深施（图 3-4）、氮肥后移（图 3-4、5、6）、添加脲酶抑制剂（图 3-5）、稻田放养红萍（图 3-6）均可大幅度减少施肥后的氨排放。

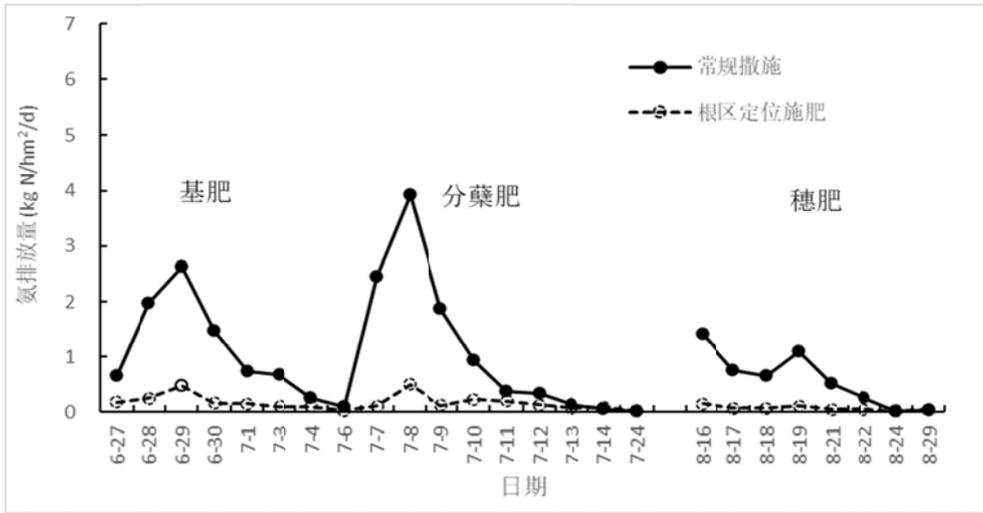


图 3-4 采用根区定位深施氮肥对稻田不同施肥时期氨排放的减排效果

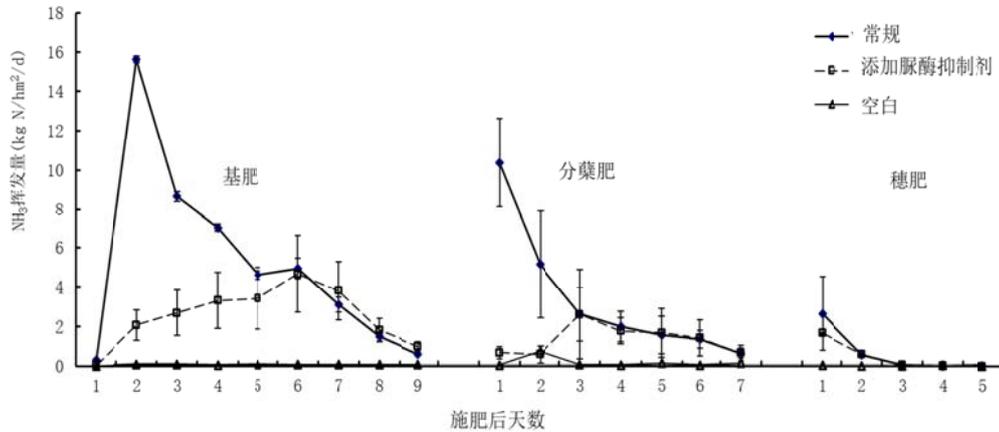


图 3-5 添加脲酶抑制剂对稻田不同施肥时期氨排放的减排效果

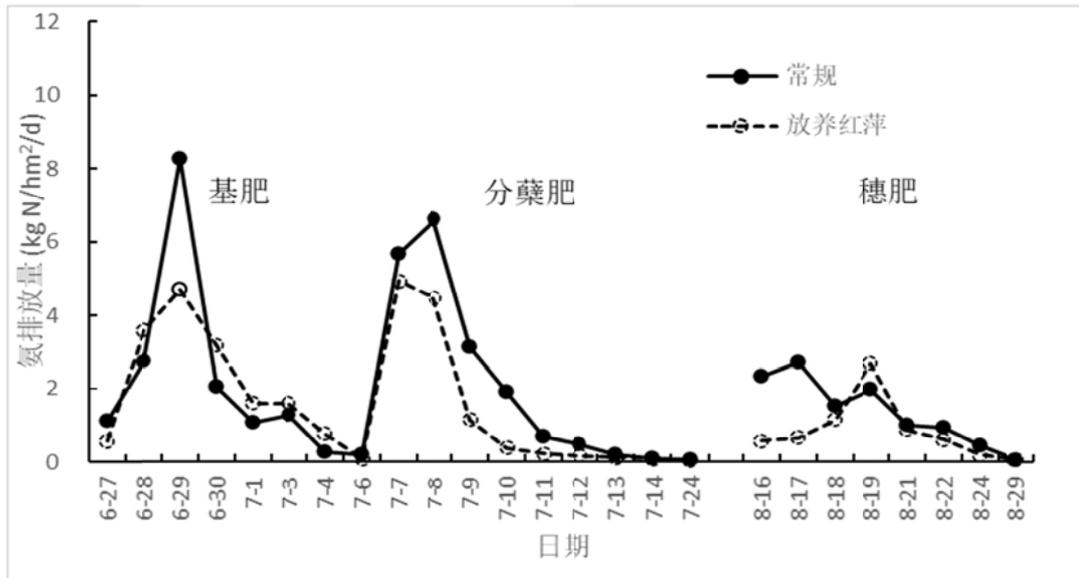


图 3-5 放养红萍对稻田不同施肥时期氨排放的减排效果

3.4 种植业氨排放控制技术现状

种植业氨排放控制可分为源头控制和过程控制。

源头控制是指控制每季农作物的施氮总量和选择适宜的氮肥种类。种植业氨排放主要来源于氮肥施入后的很短的一段时间内。研究表明，碳铵和尿素在温度较高时表面撒施，其氨排放可达施氮量的 30%左右；氮肥氨排放与施氮量呈线性或指数相关，控制施氮量是最经济有效的氨减排技术，但不能以损失作物产量品质为代价，我国测土配方施肥试验网已获得包括水稻、玉米、小麦和一些蔬菜在内的种植业类型的适宜施氮量，在此基础上开展氨排放控制可兼顾作物高产与环境保护；用缓效氮肥代替速效氮肥，氨排放量可减少为原来的二分之一，但这项措施由于成本问题目前难以大面积推广。

过程控制是指在农田施肥过程中采用先进的施肥技术或添加生物或/和化学的肥料辅助剂，减少施肥施用后的氨排放。先进的施肥技术如氮肥侧深施技术、液态肥注射技术、水肥一体化技术。采用以上施肥技术将氮肥施到土下 6~10 厘米处，其氨排放量即可减少一半以上，同时可显著提高作物产量和氮肥利用率，这些技术的大面积推广应用主要依赖于种植业经营者的经济水平和掌技能力，添加生物或化学物料如脲酶抑制剂简单易行，成本较低，可将尿素的氨排放减少近半，但这项技术的不确定因素是尽管氨排放明显减少，但作物产量品质不一定有明显改善，稻田放养红萍可显著减少氨排放并增加作物产量和品质，但培育红萍需占用水面而且耗费人力，这些限值因素这会影响到种植业经营者实施该措施的积极性。

综上，氮肥施用量和施氮方式是种植业氨排放管理的核心，可通过从制定施肥计划，到购买适宜肥料品种，再到采用先进的施肥技术，并且添加适宜的生物或化学物料，对种植业

氮肥投入进行全链条管理，其中的施肥技术是种植业氨排放管理最为关键的环节。

4 国内外氨减排技术相关法规及技术规范

4.1 国外种植业氮肥氨排放管理相关法规及减排技术

鉴于农业源氨排放对空气质量以及生态系统安全的重要影响,为指导各国开展氨排放控制工作,欧盟国家很早就制定了预防和减少农业源氨排放的相关政策与文件。1999 年欧洲与北美签订的《哥德堡协议》是最早的针对氨排放控制的国际条约,该条约规定至 2010 年签署国 NH_3 排放与 1990 相比减少 17%,2001 年,欧盟颁布了《大气污染物国家排放限值指令》,该指令确定了欧盟氨的排放总量和各国的减排目标,2012 年欧盟又对原《哥德堡协议》进行了修订,制定了各国进一步的氨减排目标,规定欧盟至 2020 年需在 2005 年基础上氨排放平均减少 6%,并提出了具体的控制农业源氨排放的措施框架 (Options for ammonia mitigation: : Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen),要求签署国制定适合本国自身条件的控制氨排放的良好农业规范 (Code of Good Agricultural Practice to Control Ammonia Emissions)。

对于农田施用化肥引起的氨排放控制措施,欧盟对氨减排技术措施框架进行了分类,一类为推荐执行的氨减排有效措施,二类为一定条件下有效,三类为可能有效,不同氮肥种类的减排措施如下:

a) 针对尿素氮肥

一类氨减排技术措施包括:添加脲酶抑制剂抑制尿素水解进程,可减缓土壤 pH 增加,同时增加尿素随水分冲入深层土壤的机会,实现尿素氨减排,还介绍了欧盟推荐的脲酶抑制剂种类和适宜添加量;对尿素进行缓释涂层,其减排效果取决于涂层材料和工艺,以及采用的施肥方法;土壤注射或迅速翻入土壤,结合缓效涂层技术可实现一次性基肥施入,后期不再追肥,其减排效果取决于注射或翻耕深度;施肥后立即灌水至少 5 mm,不能超过田间最大持水量,这项措施只有再需要灌溉的地区作为一类措施;用硝铵氮肥代替尿素,可大幅度减少氨排放,但费用增加。二类减排措施包括:选择适宜天气施用,如在气温较低以及雨前施用;将尿素与硫酸铵混合施用。三类技术措施包括:尿素条施,不适于脲酶含量高的土壤。

b) 针对硫铵或磷铵氮肥

一类氨减排技术措施包括:土壤注射或迅速翻耕、施肥后立即灌水、缓释涂层。二类技术措施包括草地收割后延迟施肥技术。

c) 禁用碳铵氮肥。

对畜禽粪便还田引起的氨排放控制措施,欧盟采取的措施主要包括:

a) 对于粪浆施用

一类氨减排技术措施包括：软管或蹄状铺设条带技术、土壤注射技术、施用后快速翻耕技术。二类减排技术措施包括：稀释粪浆，可降低养分浓度，同时增加土壤渗透性，稀释适宜比例为 1: 1；高压注射技术，适用于坡地；选择气温较低时傍晚施用；添加有机酸、无机酸、过磷酸钙、磷石膏，或在畜禽饲料添加剂酸化粪浆，降低粪浆 pH 值。三类减排技术措施包括：其他类型添加剂，如钙盐、镁盐以及其他致酸物质如三氯化铁等。

b) 对于固体畜禽粪便

一类氨减排技术措施包括：施用后快速翻耕技术方式减少固体粪便施用后氨排放，要求在 12 小时内翻入土壤中。

美国种植业肥料管理体制比较健全，一般由植物食品管理机构协会提出总体指导意见，再由各州根据当地特点自主开展肥料立法与管理，向农民推荐施肥方案，农户提交养分管理计划，肥料登记是事后监督的主要依据。

4.2 国内大气氨排放控制及种植业氮肥管理

我国因化肥施用导致的氨排放占氨排放总量的比例明显高于欧美国家，这与我国种植业自身特点有关，如我国作物类型、氮肥种类、施氮量、施肥方式以及气候特点均与欧美国家有明显不同。

我国对于种植业氮肥管理，目前主要执行《测土配方施肥技术规范》(NY/T 1118)和《肥料合理使用准则 通则》(NY/T 496)，这两个标准的评价体系主要考虑作物产量和经济效益，虽然，这些要求在一定程度上有利于减少氮肥氨排放，如其中的采用适宜施氮量和施肥方法条款，但没有针对氮肥氨减排提出具体要求。对于氮肥氨排放引起的氮肥利用率低以及大气污染问题，国家层面已颁布了相关指导方针，如 2013 年国务院印发的《大气污染防治行动计划》提到：“积极开发缓释肥料新品种，减少化肥施用过程中氨的排放”；《中华人民共和国大气污染防治法》规定：“农业生产经营者应当改进施肥方式，科学合理施用化肥并按照国家有关规定使用农药，减少氨、挥发性有机物等大气污染物的排放”；2018 年国务院印发的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中规定：“控制农业源氨排放。减少化肥农药使用量，增加有机肥使用量，实现化肥农药使用量负增长。提高化肥利用率，到 2020 年，京津冀及周边地区、长三角地区达到 40%以上”。以上相关文件可以看出，我国种植业氨排放及其控制日益受到重视，但目前尚缺乏符合我国种植业自身特点的具体执行氨减排技术指南。

5 技术指南主要技术内容

5.1 适用范围

本技术指南规定了包括稻田、小麦、玉米、果园、露天菜地在内的我国典型种植业的氨污染排放减排技术要求。

本技术指南适用于中华人民共和国境内的规模化种植企业以及小农户经营管理的水稻、玉米、小麦、果园与露天菜地种植园区的肥料施用及氨减排管理，可作为编制种植业氨污染防治规划以及评价种植业氨污染排放的技术依据。

5.2 结构框架

技术指南的主要内容包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、氮肥施用总量要求、氮肥种类要求、氨减排施肥技术要求等 6 个章节。

5.3 术语和定义

a) 典型种植业 (Planting systems): 具有代表性的栽培粮食及经济作物, 取得植物性产品的生产部门, 主要包括水稻、小麦、玉米、水果和蔬菜的种植生产部门。

b) 化学氮肥 (Chemical nitrogen fertilizer): 以氮素为主要成分, 具有氮标明量, 施于土壤或生长介质中可提供植物氮素营养的化学合成肥料。按含氮基团可分为氨态氮肥、铵态氮肥、硝态氮肥、硝铵态氮肥和酰胺态氮肥。

c) 速效氮肥 (Quick effective nitrogen fertilizer): 施入土壤后能够在短时间内迅速提供能被植物直接吸收利用的氮素的肥料, 其种类主要包括尿素、碳酸氢铵、氯化铵、硫酸铵、磷酸铵以及含以上一种或几种氮肥的复合肥料, 速效氮肥的优点是肥效快, 缺点是易发生损失。

d) 缓效氮肥 (Slow released nitrogen fertilizer): 指速效氮肥经缓释工艺如包被、化学合成或加入抑制剂使其具有缓慢释放氮素养分、肥效持久的一类氮肥。

e) 有机氮肥 (Organic nitrogenous fertilizer): 主要来源于植物/或动物、具有与碳结合的氮标明量的物料, 该物料可含磷、钾以外的其他元素。

f) 农田氨排放 (Ammonia emission from agricultural fields): 农田中因施入含/产铵氮肥或有机物分解, 导致土壤/田面水表面或植物叶片质外体空间氨分压大于上方空气中氨分压时, 气态氨从土壤/田面水表面或植物冠层逸散至大气的现象。

g) 氮肥深施 (Deep placement of nitrogen fertilizer): 采用设备将氮肥施入一定深度的土

壤中的一种施肥方式。包括开沟条施、撒肥后翻/旋耕混匀、穴施等方式。

h) 水肥一体化 (Integrated management of water and fertilizer): 根据作物需求, 对农田水分和养分进行综合调控和一体化管理, 以水促肥、以肥调水, 实现水肥耦合, 全面提升农田水肥利用效率。

i) 测土配方施肥 (Fertilizer recommendation based on soil testing): 综合运用现代科技成果, 以肥料田间试验、土壤测试为基础, 根据作物需肥规律、土壤供肥性能和肥料效应, 在合理施用有机肥的基础上, 产前提出氮、磷、钾及中、微量元素等肥料的施用品种、数量、施肥时期和施用方法的科学施肥技术。

j) 脲酶抑制剂 (Urease inhibitor): 指在一段时间内通过抑制土壤脲酶的活性, 从而减缓尿素水解的一类物质。

5.4 氮肥施用总量控制要求

5.4.1 宏观控制区域施氮量

确定适宜施氮量是农田氮素管理的首要环节, 在施氮总量合理的前提下, 其他氮减排技术的效果才能充分发挥。

采用现代科技成果控制施氮总量, 在确保化肥使用量零增长以及农产品高产优质的前提下, 提高氮肥效率, 减少向环境排放氮污染物。我国不同区域主要粮食作物以及果园、露天蔬菜地的推荐施氮量参照表 1~2。

表 1 三大粮食作物推荐施氮量

种植业类型		施氮总量 (kg N/亩/季)
水稻	东北单季稻区	8~10
	长江上游单季稻区	11~14
	长江中游单双季稻区	10~14
	长江下游单季稻区	10~18
	江南、华南和西南丘陵山地稻区	10~14
小麦	东北春麦区	8
	西北麦区	12~14
	华北冬麦区	13~15
	长江中下游冬麦区	11~13
	西南麦区	10~12
玉米	东北春玉米种植区	11~13
	西北春玉米种植区	13~15
	华北夏玉米种植区	13~15
	西南玉米种植区	12~14

表 2 果园和露天菜地施氮量

种植业类型	施氮量
黄土高原苹果种植区	0.8 kg N/100 kg 果/年或 24 kg N/亩/年
环渤海湾苹果种植区	0.6~1.0 kg N/100 kg 果/年
南方柑橘种植区	0.8 kg N/100 kg 果/年
葡萄种植区	1.0 kg N/100 kg 果/年
大型叶菜类	12~25 kg N/亩/季
小型叶菜类	12~20 kg N/亩/季
茄果类	20~35 kg N/亩/季

注：长期菜地氮肥施用量计算时，有条件地块需测定根层土壤速效氮含量，并在施肥中扣除这部分氮素，速效氮养分测定参照 HJ 634 中的规定执行。

5.4.2 根据田块具体情况进行微调

在宏观区域推荐施氮量的基础上，应根据所经营管理的具体田块的土壤肥力、种植作物品种和目标产量进行微调，土壤肥力高、种植品种为高产品种时，作物目标产量高，施氮总量采用施氮范围高限，否则，适当降低施氮总量。

5.5 氮肥种类要求

5.5.1 碳酸氢铵施用要求

仅允许在旱地深施条件下施用碳铵，追肥撒施禁用碳铵，稻田禁用碳铵。

5.5.2 缓效氮肥代替部分速效氮肥

基肥施用时，采用缓效氮肥代替部分或全部速效氮肥，可减少因养分浓度过高引发的氨排放，同时可减少追肥次数与追肥用量。

5.5.3 有机氮肥代替部分化学氮肥

a) 南方稻田宜在水稻移栽前的休闲时期种植固氮绿肥如紫云英、黑麦草，在盛花期翻压，代替部分化学氮肥。

b) 旱地宜采用作物秸秆、无害化畜禽粪便及其加工产品代替部分化肥，可有效利用畜禽粪便有机肥养分资源，减少化肥氨排放。

c) 建议稻田、玉米、小麦、露天菜地有机肥投入氮量占氮肥总投入量的 30%左右，根据《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》的通知，建议果园有机肥氮量占总施氮量的 50~60%。

5.6 氮减排施肥技术要求

5.6.1 氮肥深施技术

a) 稻田基肥要求采用深施技术，规模化种植园区建议采用机械化侧深施技术，将基肥施在秧苗侧 5 cm、土下 6~10 cm 处，若无条件进行机械侧深施，应采用无水层撒施，随后翻耕技术，达到氮肥深施的效果。

b) 小麦基肥应采用先撒肥后翻耕或条深施的施肥方法，使肥料与耕层土充分混匀，减少肥料暴露在空气中的机会。

c) 春玉米种植区基肥应采用先撒肥后翻/旋耕或条深施的施肥方法，免耕玉米种植区，应采用沟施覆土技术，氮肥施用深度大于 5 cm。

d) 果园秋冬肥要求采用盘状、沟状或穴状方式将秋冬肥施入深度超过 20 cm 处，而后覆土压实。

e) 露天菜地基肥宜采用先撒肥后翻耕的施肥方法，使氮肥与耕层土混匀。

5.6.2 速效氮肥分次施用技术

a) 禁止将速效氮肥在基肥期一次性施用，需将一定比例的速效氮肥在作物需氮关键期施用。

b) 对于水稻，分蘖期和孕穗拔节期是需氮关键期，生育期较短的水稻，基肥、分蘖肥和穗粒肥比例建议为 5: 3: 2 (折纯，以下均指折纯)，生育期较长的单季稻，比例建议为 4: 2: 4。

c) 对于小麦，需氮关键期是返青至拔节期，建议速效氮肥基肥和追肥适宜比例为 1: 1 至 2: 3 之间。

d) 对于玉米，需氮关键期为大喇叭口期，建议速效氮肥基肥和追肥适宜比例为 1: 1 至 1: 2 之间。

e) 对于果园，基肥建议占 50~60%，以有机肥为主，春夏肥各占 20~25%，以速效氮肥为主。

f) 对于露天菜地，基肥建议占施氮总量的 20~40%，以有机肥为主，追肥以速效氮肥为主，应采用少量多次的方式进行追肥或随水连续供应。

5.6.3 尿素配施脲酶抑制剂技术

农田施用尿素，建议添加脲酶抑制剂，建议选择 N-丁基硫代磷酰三胺 (NBPT) 或氢醌

(HQ)，用量应为肥料氮量的 0.1~1.0%。

5.6.4 稻田养萍技术

建议在南方水稻移栽后田间放养红萍，通过降低田面水 pH 值和铵态氮浓度，实现稻田氮肥施用后的氮减排

5.6.5 水肥一体化技术

a) 稻田分蘖肥、穗粒肥追肥时应采用无水层撒施后再灌水的“以水带氮”方式。

b) 小麦、玉米、果园、露天菜地等旱地追肥宜在雨前撒施（大雨、暴雨除外），或追肥后立即灌水超过 10 mm。禁止在既无灌水又不翻耕情况下，将铵态氮肥直接撒施于 pH 大于 7 的土壤上，土壤 pH 测定参照 NY/T 1377 的规定执行。

c) 对于经济价值较高的粮食作物、果园或菜地，建议采用滴灌、淋灌淋灌结合液态氮肥方式的水肥一体化技术或覆膜灌溉方式的一次性施肥技术。

6 我国典型种植业氮减排技术措施的可行性与成本效益分析

表 3 列出了种植业氮减排可行技术清单以及各项减排技术的施用效果、可行性分析、限制因素、成本分析和收益。

表 3 不同氮减排技术措施的施用效果、可行性分析、限制因素和成本效益分析

减排技术	施用效果	可行性分析	限制因素	成本分析	效益
适宜施氮量	源头控制氮排放，满足作物需求，充分利用环境来源氮	需测定田块养分含量，要求一定的受教育水平和操作能力	受肥料价格、劳动力供应以及教育水平的限制，若劳动力紧缺、肥料便宜，积极性会降低。	土壤测试费用	氮肥投入成本减少，氮减排环境效益显著
氮肥深施	根据施肥深度，可减少 30~90% 氮排放，机械化深施可减少 30%	因劳动力缺乏，人工深施难以大面积普及，需采用机械深施	与常规撒施相比增加劳动力投入以及施肥机械的购买与操作是主要限制因素	购买和运行施肥机械费用	可节约氮肥 20%，提高氮肥利用效率，增加作物产量，氮减排效果非常显著，环境收益大
缓效氮肥	根据缓释材料与工艺，可减少 28~90% 的氮排放	选择适宜的缓效氮肥种类是难点	种植户对缓效氮肥的作用容易接受，价格偏高是主要限制因素	相同 N 含量的情况下，缓效氮肥的价格一般是普通氮肥的 2~3 倍	可节约 30% 左右的氮肥用量，氮减排效果显著，环境收益大

表 3 续

脲酶抑制剂	在各种酸碱度、质地的土壤, 以及在各种施氮量下均有效, 氨排放平均减排率 53%	可在肥料制造过程中添加, 种植户也可自行添加, 比例为肥料重量的 0.1~1.0%	种植户对脲酶抑制剂的作用认识比较模糊, 目前缺乏脲酶抑制剂对作物产量品质的系统分析	脲酶抑制剂国内价格为 150~200 元/千克, 国际每吨尿素需 50 美元脲酶抑制剂	氨减排环境收益较大, 产量增加效益尚不显著
有机肥替代部分化学氮肥	有机肥因种类不同氨减排效果不同, 新鲜畜禽粪便氨挥发量大, 腐熟有机肥氨排放量较低。有机肥可显著提高农产品品质和土壤地力水平, 减少化学氮肥施用量和氨排放量。	需采用适宜的有机肥还田模式, 合理布局种植业和养殖业的空间分布, 减少贮存、运输成本, 采用覆盖等方式保存有机肥中的养分资源。稻田宜采用绿肥, 旱地宜采用畜禽粪便及加工产品, 均要求在基肥施用结合翻耕施用	种植户对有机肥对农产品品质以及土壤改良的作用容易接受, 但是, 因其气味难闻、不卫生、运输成本高、施用麻烦等一系列因素阻碍了有机肥的广泛应用。	因有机肥养分浓度低, 体积大, 相同氮养分情况下, 运输和施用成本约是普通化肥的 10 倍	生产的有机或绿色农产品经济效益高, 有机肥养分资源循环利用效益大, 可间接减少有机肥堆存氨排放, 同时减少化肥施用量和氨排放, 经济、社会、环境收益都比较显著
追肥撒施后灌水	稻田氨排放减少 15%, 旱地追肥氨挥发损失率降低 60% 以上	对于需要灌溉的农作物, 同时具备灌溉条件的田块才可采用该技术	种植业劳动力的缺乏以及劳动力成本增加会限制该项技术的普及	灌溉所需的机器购买、运行费用以及人工费用	氨减排环境收益大, 氮肥利用率明显提高, 产量增加, 经济效益增加
水肥一体化	滴灌、淋灌、覆膜灌溉、液态肥注射方式的水肥一体化可减少绝大部分氨排放	需要水肥一体化相关设备及设备的操作技术, 对肥料种类要求高	经济投入较大, 相关设备操作技术要求高, 仅适用于经济价值较高的种植业类型	水肥一体化相关设备购买、运行费用, 水溶性或缓效氮肥购买费用	氨减排环境收益大, 节约氮肥用量, 产品产量品质显著提升
稻田放养红萍	减少稻田氨排放 15% 左右	具备红萍的养殖技术以及额外的红萍养殖水面的种植户方可运用此技术	种植户的红萍养殖技术水平、劳动力是否充足以及是否有充足水面用于红萍繁育是该技术主要限制因素	红萍种苗的购买费用, 红萍繁育以及稻田放养需要的设备及人工费用	氨减排环境效益明显, 稻田土壤肥力增加, 稻米产量品质提升

表 3 续

<p>硝态氮肥替代 含/产铵态氮 肥</p>	<p>旱地采用一定 比例的硝态氮 肥代替产/含铵 态氮肥,氨减排 效果依替代比 例而定,硝态氮 肥本身没有氨 排放</p>	<p>因硝态氮肥 在淹水环境 中极易发生 反硝化损失, 稻田不可行, 降雨量较小 的旱地作物 可行</p>	<p>因硝态氮肥的 安全隐患,贮存 和运输需要特 殊设备,限制了 硝态氮肥的推 广应用</p>	<p>因生产工艺 不同,硝态氮 肥价格高于 普通尿素及 其他铵态氮 肥。高浓度硝 态氮肥贮存 和运输设备 购买运行费 用</p>	<p>旱地氨减排环境 效益明显</p>
--------------------------------	---	---	---	--	-------------------------