

刘钦普. 国内农田氮磷面源污染风险控制研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 1-5.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.001

国内农田氮磷面源污染风险控制研究进展

刘钦普

(南京晓庄学院环境科学学院, 江苏南京 211171)

摘要:目前,农田面源污染已经成为我国水环境污染的主要因素。从农田氮磷面源污染的环境风险来源、风险控制 2 个方面总结国内的理论研究和实践应用进展,提出存在的问题和未来研究的建议。分析表明,今后我国农田氮磷面源污染环境风险控制研究应着重在以下几个方面开展:(1)农业氮磷面源污染发生机制研究;(2)农业氮磷面源污染防治相关法律、政策和标准研究;(3)适合流域特点的“农户-农田-农村”一体化氮磷面源污染综合治理模式研究。

关键词:氮磷肥料;农田面源污染;风险源识别;风险控制;研究进展;决策参考

中图分类号: X592 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0001-04

目前,继点源污染后的面源污染已经引起了严重的生态环境问题,成为国内外研究热点之一。农业面源污染已经成为我国水污染的主要来源,成为制约我国现代农业和经济社会可持续发展的重大障碍,其治理工作在我国生态环境保护与治理工作中的重要性日益加强^[1]。农田面源污染是农业面源污染的主要方面,农田面源污染是指在农业生产活动中,氮(N)素和磷(P)素等营养物质、农药以及其他有机或无机污染物质通过农田的地表径流和农田渗漏而形成的水环境的污染。农田面源污染氮磷养分环境风险控制研究成为我国当前农业面源污染的热点问题。本研究对我国近年来的农田氮磷面源污染风险控制的研究进行总结和评述,提出了存在的问题和未来发展建议,旨在为今后的农田氮磷面源污染防治和农业可持续发展决策提供参考。

1 农田氮磷面源污染的污染源识别与风险控制研究

污染源识别与风险控制是农田氮磷面源污染防治的首要步骤^[2],它包括污染物识别与控制、关键污染源区识别与控制等。

1.1 农田氮磷面源污染的污染物识别及输入控制研究

在我国,农业面源污染物的来源有种植业、养殖业、农村企业及农村生活。2010 年我国《第一次全国污染源普查公报》显示,农业源(不含农村生活源)总氮、总磷分别占排放总量的 57.2%、67.3%^[3],氮磷肥料面源污染形势严峻。种植业是面源污染的主要方面,其中化肥面源污染处于第 1 位^[4]。目前,我国已经成为世界上最大的化肥生产和消费国,由于施肥技术落后、肥料和灌溉水利用率低等原因,导致农田氮磷素损失严重。有关统计资料显示,2014 年我国化肥总用量为 5 995.94 万 t,占世界化肥总用量的 1/3,按播种面积计算,我

国化肥的单位面积施用量为 337.2 kg/hm²,超过世界平均水平的 3 倍多。2013 年农业部发布的《中国三大粮食作物肥料利用率研究报告》表明,目前我国水稻、玉米、小麦三大粮食作物的氮肥、磷肥、钾(K)肥当季平均利用率分别为 33%、24%、42%^[5],未被植物利用的养分通过固定、淋溶和挥发等进入环境,造成土壤板结酸化,重金属铜、汞、镉超标,大气和水体污染等^[6]。在我国许多地区,特别是农业集约化程度高、氮肥用量大的地区,农田化肥面源污染问题的程度和广度已经远远超过发达国家,潜在的压力和面临的环境风险更是其他国家无法相比的^[7]。

除化肥外,不合理的有机无机配方肥和有机肥过量施用也会造成严重的面源污染^[8]。随着畜牧业的快速发展,粪肥在农田中的施用改变了地表氮素、磷素循环,增加了对水体环境污染的风险。全国畜禽养殖业的总氮、总磷排放量分别占农业源的 38%、56%^[3]。长期连续大量施用粪肥所导致的氮磷素在土壤的累积及其对水体的污染问题已经成为面源污染关注的焦点。有机肥经常用于经济作物的生产田,特别是近些年来快速增加的蔬菜、果园种植非常重视有机肥,过量的有机肥施用导致大量的氮磷流失^[9]。大多数蔬菜是浅根系或者没有庞大根系的作物,如果遇到灌水过量或降水量较大的情况,硝态氮(NO₃⁻-N)便淋洗到地下水中,或地面径流将土壤表层的 P、N 携带进入周围的地表水(渠、沟、河、湖)中是经常发生的^[10]。相对于化肥,有机肥中的 P 素较无机 P 肥更易于随水迁移。在相同磷投入量下,施用粪肥对活性态磷的累积贡献更大,而在当前农田土壤中,尤其是菜田土壤中磷素过量累积会造成极高的磷素损失风险^[11]。

因此,确定合理施肥量、改进肥料施用技术是从源头减少农田氮磷环境污染风险的重要途径。一些学者根据化肥用量和养分流失的关系,对华北平原、太湖流域的适宜氮肥施用量进行研究,给出了这些区域“最佳经济施肥量(405~495 kg/hm²)”“生态经济施肥量(235~350 kg/hm²)”的建议^[12-14]。朱兆良等提出了针对不同作物的化肥适宜用量:就全国平均水平来说,一般粮食作物氮素用量为 150~180 kg/hm² 比较适宜^[15],北方玉米小麦轮作区应小于

收稿日期:2017-03-29

基金项目:国家自然科学基金(编号:31470519);江苏省自然科学基金(编号:BK20131399);南京市环境科学与工程重点建设学科。

作者简介:刘钦普(1957—),男,河南许昌人,博士,教授,主要从事土地资源利用和生态经济方面的研究。E-mail:liuqinpu@163.com。

400 kg/hm²^[16],太湖流域稻田以 221 ~ 261 kg/hm² 比较适宜^[17]。鲁如坤认为:土壤有效磷含量为 50 ~ 70 mg/kg 可能是污染水源的一个大致临界指标^[18]。王新军等对河北平原菜地的研究也表明,当土壤有效磷含量超过 50 mg/kg 时,土壤水溶性磷含量明显增加,环境污染风险加大^[19]。土壤钾素匮乏是进一步提高农作物产量的主要障碍,因此适当增施有机肥和钾肥、推广应用测土配方施肥、加强微生物肥和控效肥等新型肥料的研制和推广有助于农作物产量进一步提高,且可使氮磷化肥用量有所减少^[20-21],从而减轻水环境的氮磷污染。何传龙等在巢湖地区根据蔬菜地养分供应能力和甘蓝的营养特性,运用减量平衡施肥技术,使肥料施用量减少 30%,结果发现,N、P、K 肥利用率分别提高 27.3%、23.4%、23.5%,N、P 淋失量分别减少 90.0%、78.4%^[22]。但是减量施肥的界限及长期减量对作物产量的影响需要进一步研究。

新型缓释氮肥通过对传统肥料进行外层包膜处理来控制养分释放速度和释放量,可以降低养分向环境排放的风险^[23]。包膜材料不仅阻隔膜内尿素与土壤脲酶的直接接触,并阻隔膜内尿素溶出过程中所必需的水分运移,减少了参与氨挥发的底物尿素态氮,还抑制了土壤脲酶活性,降低了氨挥发损失。有研究表明,将包膜缓释尿素与普通尿素配施对双季稻的产量、氮肥利用率的提高有明显的效果^[24]。田琳琳等的研究也表明,在蔬菜生产中,“低量控释肥+低量化肥”是兼具经济效益、环境效益的施肥模式^[25]。同样,施加土壤改良剂有利于化肥的减量和增效,从而减少氮磷流失。Ding 等在农田表层 20 cm 的土壤中施加 0.5% 生物炭,结果发现可以减少 15.2% NH₄⁺ - N 损失量^[26]。姬红利等以滇池设施农业土壤和坡耕地土壤为研究对象,采用外源施用土壤改良剂(硫酸亚铁、硫酸铝和聚丙烯酰胺)和土壤消毒剂(五氯硝基苯)方法,研究土壤改良剂对减少总磷、可溶性磷流失的作用,取得了明显效果^[27]。但是,关于改良剂的经济性与环境风险,尚待进一步研究。

1.2 氮磷面源污染环境风险关键源区识别与控制研究

根据影响农田氮磷面源污染的主导因子和区域面源污染特征的差异性、相似性,对面源污染关键源区进行识别,有重点、有区别地实施面源污染区域分异控制,是农田氮磷面源污染源头控制的一项重要原则。常见的农田面源污染关键源区的识别方法有输出系数法、污染指数法和面源污染模型法等^[28-29]。输出系数法所需参数少,方法简单、实用,适合应用于资料缺乏、对精度要求不高的情况。污染指数法能够为某一区域养分流失风险提供一个更为合理的评价框架,不仅可以充分利用现有数据,而且评价指数系统具有很强的灵活性与应变能力,可以根据研究区的特征进行修改,以适应不同地区面源污染流失风险的评价工作。该方法简单灵活、移植性强,但指数体系的确定缺乏统一标准,主观性明显。机理模型法适合用于了解污染形成过程、估算输出负荷、识别关键源区、预测污染变化等。其功能强大,可以实现多种研究目的,并且有较高的精度,但是模型结构复杂,参数众多,在资料缺乏的地区使用时会受到一定的限制。

刘瑞民等利用输出系数法对大辽河上游进行氮磷面源污染输出风险分析得出,风险概率高的地方一般在主要河流附近,为该流域的面源污染关键源区^[30]。王姐等以修正的磷指

数法为基础引入地形指数因子,建立了流域面源磷素输出风险评价方法,并以位于江淮丘陵区的西源流域为例开展了磷素输出风险评价,识别了该流域磷素输出的关键源区^[31]。王静等用 AnnAGNPS 模型法对丹江库区黑沟河流域 2003 年农业面源污染负荷进行了定量模拟,确定居民用地、坡耕地和荒地是该流域污染物流失的关键源区^[32]。在一些资料缺乏地区,结合流域特点,开发具有针对性的关键源区识别方法是国内关键源区识别研究的重要方面^[33]。就全国来说,由于各地自然经济条件和管理政策的差异,识别因子的选择各有不同,需要在不同尺度的流域开展面源污染关键源区的识别,为流域水污染治理提供科学依据,有助于采取针对性的调控措施。目前,国内已经开发出多种农田氮磷面源污染源区环境风险控制技术。

土地利用方式和耕作方式对面源污染源区控制有重要影响。在土壤质地、植被类型及降水量相似条件下,径流量、泥沙流失量与坡度成正比。在流域的中上游生态敏感区的坡地实施退耕还林和退耕还草,控制面源污染效果非常明显^[34]。在山区开发模式中可采用“顶林、腰园、谷农、塘鱼”的立体开发模式,使农田面源污染最小化^[35]。在相同降水量的条件下,菜地的产流时间最长,其余依次为稻田、竹林、草地和桑园,草地的氮流失量最大^[36]。菜地的多场降水径流平均浓度高于板栗林、竹林和旱地,悬浮态颗粒磷的浓度从高到低依次为板栗林、竹林、菜地和旱地,并且悬浮颗粒磷含量占水相总磷含量的 76% ~ 89%,总无机磷含量占水相总磷含量的 57% ~ 85%,浓度从高到低排序依次为竹林、菜地、板栗林、旱地,总有机磷浓度从高到低排序为菜地、旱地、竹林、板栗林^[37]。旱地土壤中的磷被淋溶,或者以溶解态随径流流失的风险和数量高于水稻土^[38]。此外,耕作方式也对氮磷流失有重要影响,相关试验结果表明,总氮总磷流失量排序为旱作 > 水旱轮作 > 水田。氮磷流失量的高低与施肥量、径流量和田间管理等密切相关^[39]。改善农田管理方式,例如秸秆还田、秸秆覆盖是维持和提高土壤有机质含量,从而提高作物产量、减少氮磷流失的重要措施。植被覆盖度不同,也会对氮磷养分流失产生不同影响。如通过采用地膜覆盖、秸秆覆盖、肥料条施及穴施等耕作管理方式则可降低 50% ~ 60% 的氮流失和 80% ~ 90% 的磷流失^[40]。如果增加田埂高度(由 6 cm 增加到 8 cm)则使稻季径流量、氮素径流排放分别降低约 73.4%、90%^[41]。农作物秸秆是农村主要的固体废弃物,目前其资源化率还比较低,对其处理以还田为主,包括部分还田或全量还田。随着作物收获机械的改进,秸秆全量还田将成为主要的还田方式。王静等研究表明,稻田秸秆还田与不还田相比,磷素径流流失减少 12.05%^[42]。秸秆覆盖不但能够促进植物对氮、磷的吸收,而且可以减少地表径流,此外,降低农田面源污染输出的效果更为明显,总氮、铵态氮、硝态氮、总磷和泥沙含量可以减少 35.8% ~ 38.0%^[43]。但是,以上措施会不同程度地增加农民的劳动时间和难度,减少农户经济收益等。如何最大程度地在调整土地利用方式、耕作方式的同时保障农民利益、提高农民防治面源污染的积极性就成为当前水土环境保护和农业发展的焦点问题。

2 农田氮磷面源污染风险过程控制技术研究

在农田面源氮磷污染物随径流进入水体之前通过生态拦

截,可以有效阻断其进入水体环境,是控制农田氮磷面源污染风险的重要手段。目前农田氮磷面源污染过程常用的阻断技术有 2 大类:一是农田内部的污染物生态拦截,另一类是污染物离开农田后的生态拦截。

2.1 农田内部氮磷拦截技术研究

农田内部氮磷污染物的拦截技术主要有稻田生态田埂拦截技术、生物篱技术、生态缓冲带拦截技术、设施菜地填闲作物种植技术、果园生草技术等。王莉霞等发明的适用于东北地区的侧渗水稻土生态田埂技术解决了现有田埂不能同时满足既能提高稻田的利用效率又能有效防止侧渗所带来的水分、养分的损失问题^[44]。此生态田埂的布设方式为在距离水田 5~10 cm 处,挖深度 70~100 cm、底部宽 40~80 cm、顶部宽 50~100 cm 的矩形或者倒梯形深沟,使用竹竿、草帘将深沟布设成 3 个过滤带,其中靠近稻田一侧的为砾石带,中间的为生物炭带,靠近沟渠一侧的为黏土带。这种生态田埂不仅提高了田埂的使用效率,同时将侧渗水量降低了 50%~90%,面源污染物氮磷消减了 70%~100%。生物篱技术是指在坡地的坡面上沿等高线或果园梯地的坡边(中上部)按一定间距种植耐旱、耐瘠、矮秆、根系较发达的多年生植物,使之形成梯状的拦护带,利用其根基固土保水。杨波等研究表明:在 8° 的坡地上利用黄花菜或紫花苜蓿梯化护埂,可减少 77.7%~82.8% 的地表径流,减少 68.9%~86.2% 的水土流失,减少 93.82%~93.74% 的 N、P、K 养分流失,减少 72.26%~80.67% 的土壤有机质流失;在 15° 的坡地上利用黄花菜或紫花苜蓿梯化护埂,可减少 72.7%~78.6% 的地表径流,减少 76.6%~85.1% 的水土流失,减少 90.05%~96.01% 的 N、P、K 养分流失,减少 95.03%~97.28% 的土壤有机质流失^[45]。农田生态缓冲带是在河道及农田之间的一定区域内建设的乔冠草相结合的立体种植带,利用缓冲带的吸附和分解作用,减少来自农业大田区的氮磷等营养物进入沟渠河道,形成控制面源污染的最后一道防线^[46]。其中氮的净化机制主要是通过氮的矿化硝化、反硝化、植物吸收固氮、氮的挥发等方式来实现,磷的净化机制通过土壤或沉积物吸附、植物吸收、微生物吸收、泥炭吸附来实现。菜地增设填闲作物技术是根据土壤氮素状况在非蔬菜生长时期填加 1 季短期作物(填闲作物),促进土壤氮素吸收,减少菜地硝酸盐积累与地下水硝酸盐淋洗。王芝义的研究表明,与休闲处理相比,种植糯玉米、燕麦、豌豆、苋菜等填闲作物,可使氮素淋洗量分别降低 100%、96%、82%、58%^[47]。果园生草技术在国外非常盛行,我国绿色食品发展中心于 1988 年将其纳入绿色食品果业生产体系。果园生草可以有效减少地面径流,防止地表水土肥的流失,生态效益和经济效益兼得^[48]。

2.2 污染物离田后拦截技术研究

污染物离田后拦截包括生态沟渠、人工湿地、前置库、丁型潜坝等^[49]。生态拦截沟渠技术不额外占用土地,能高效拦截净化氮磷污染物。在昆明的滇池流域,Wu 等研究表明,生态拦截沟渠对农业面源污染的氮、磷去除率分别达到 60%、64%^[50]。对太湖流域的研究表明,生态拦截沟渠对稻田径流排水中氮、磷的平均去除率分别可达 48.36%、40.53%。在大量研究和实践的基础上,苏州市制定了适用于太湖流域削减农田氮、磷排放的地方标准《农田径流氮磷生态拦截沟渠

构建技术规范》^[51],对于规范指导当地氮磷面源污染控制起到了良好的效果。Wu 等利用 240 m² 人工湿地处理 14 hm² 混合农区排放的污水,对总氮、总磷的平均去除率分别为 38%、49%^[50]。但是,由于人工湿地技术有占地面积大的缺点,限制了其在我国经济发达地区的推广。前置库技术是利用水库的蓄水功能和自身的净化作用,将污水、污物在进入主体水库或湖泊前截留前方水库中,其拦截效果比较明显。杨文龙等研究表明:在滇池面源污染控制中仅需投资 386 万元对明通河、宝象河流域现有水库、水塘和洼地进行改造,便可建设成总有效库容为 133.3 m³ 的 3 个前置库,每年可拦截总磷 11~19 t,总氮 96~160 t,悬浮物 15 万 t,拦截的地表污水还可灌溉周围的约 600 hm² 农田,具有较高的经济和环境效益^[52]。以丁型潜坝技术为代表的陆-水交接面污染拦截净化技术在我国农村面源污染物的过程阻断方面具有较大的应用潜力^[53]。

3 存在的问题与建议

我国在农业面源污染研究与治理方面已经取得很大成绩,但还存在不少问题。其主要问题有以下几个方面:大多数的控制技术和治理规范还不成熟;面源污染的机制研究不足;法律、政策和标准研究相对落后等。今后,我国农田氮磷面源污染环境风险控制研究应注重以下几个方面:

3.1 加强农田面源污染发生机制研究

农田氮磷面源污染的因素有很多,其反应过程复杂,应加强对农田氮磷面源污染风险的产生条件、机制和影响因素的研究,研究不同降水条件、不同土地利用条件下的产污机制,以及不同面源污染物质在土壤中的运移规律、不同形态污染物质的相互转化规律、不同管理条件下的减污效果等。同时,进一步加强各个环节的面源污染形成机制研究,用人工控制、田间试验的定量分析结果指导流域尺度面源污染模型的建模、参数调试、模拟结果验证等。开发出具有我国特色的自主创新的面源污染机制模型是当前一项重要的任务。

3.2 加强农业面源污染治理的相关法律、政策和标准研究

目前我国保护农田土壤环境的专项法律基本还是空白,土壤环境标准体系也很不健全。因此,国家应该尽快出台有关法律制度和政策,对土壤环境保护作出总体规划与部署,对有机、无机肥料及农药等化学物质的使用也应有相应的规定和要求,加强农田管理。我国靠“命令-强制”性的环境治理范式,往往对那些具体的点源污染环境问题的有效,但对点多面广的农业面源污染治理效果并不明显,这可能与设计标准和实施标准不规范有一定关系。中国幅员辽阔,耕作制度差异很大,农田面源污染治理标准不宜“一刀切”。虽然一些省、市制定了一些地方性面源污染治理的相关标准,但还不能适应目前国内面源污染形势的需要。

3.3 建立流域尺度“农户-农田-农村”一体化的面源污染综合治理模式

我国农业生产的主体是众多分散的小规模经营农户,围绕农业面源污染治理的主要手段都与千家万户的行为有关,这些农户的心理活动和行为取向,直接决定面源污染控制政策的成效。因此,农田面源污染环境风险防控需要广大民众的直接参与,应从农户角度寻找农业面源污染的防控措施。

从农田局部治理走向流域全局治理,是今后农田面源污染防治的必然趋势。由于河流地理位置、环境和气候条件、社会经济条件等的不同,因此不可能有完全相同的面源污染治理模式适用。根据流域自然和社会经济状况,以小流域水土流失治理为中心,以基本农田结构优化和高效利用及村、镇生态建设为重点,建立适合流域特点的“农户—农田—农村”一体化的面源污染综合治理模式势在必行。

参考文献:

- [1] 杨林章,冯彦房,施卫明,等. 我国农业面源污染治理技术研究进展[J]. 中国生态农业学报,2013,21(1):96—101.
- [2] U. S. Environmental Protection Agency. Guidelines for ecological risk assessment[R]. Washington DC, USA: EPA/630/R-95/002F, 1998.
- [3] 国家统计局. 第一次全国污染源普查公报[EB/OL]. (2010-02-11) [2016-09-13]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/201002/t20100211_30641.html.
- [4] 范美蓉,罗琳,周凤霞,等. 洞庭湖区农业面源污染现状及防治对策[J]. 农业环境与发展,2008,25(2):88—91.
- [5] 农业部新闻办公室. 2013 农业部新闻办公室. 科学施肥促进肥料利用率稳步提高—我国肥料利用率达 33% [EB/OL]. [2016-09-13]. http://www.moa.gov.cn/zwllm/zwdt/201310/t20131010_3625203.htm.
- [6] 李仲春. 我国农业面源污染现状及防治对策[J]. 现代农业科技,2012(14):213—214.
- [7] 向平安,周燕,黄璜,等. 氮肥面源污染控制的绿税激励措施探讨:以洞庭湖区为例[J]. 中国农业科学,2007,40(2):330—337.
- [8] 何俊龙,刘强,荣湘民,等. 有机肥部分代替无机肥条件下早稻稻田氮素动态变化[J]. 中国农学通报,2013,29(3):24—28.
- [9] 郭智,刘红江,陈留根,等. 有机肥施用对菜地磷素径流流失及磷素表观利用率的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(2):181—186.
- [10] 曹志洪. 施肥与水体环境质量——论施肥对环境的影响(2) [J]. 土壤,2003,35(5):353—363.
- [11] 严正娟,陈硕,王敏锋,等. 不同动物粪肥的磷素形态特征及有效性分析[J]. 农业资源与环境学报,2015,32(1):33—41.
- [12] Liu X J, Ju X T, Zhang F S, et al. Nitrogen dynamics and budgets in a winter wheat—maize cropping system in the North China Plain [J]. Field Crops Research, 2003, 83(2): 111—124.
- [13] Fang Q X, Yu Q, Wang E L, et al. Soil nitrate accumulation, leaching and crop Nitrogen use as influenced by fertilization and irrigation in an intensive wheat—maize double cropping system in the North China Plain [J]. Plant and Soil, 2006, 284(1/2): 335—350.
- [14] 严成银,吕伟娅,李蒙正,等. 太湖流域农业面源污染及控制技术[J]. 农技服务,2013,30(1):76—78.
- [15] 朱兆良, Norse D, 孙波. 中国农业面源污染控制对策[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [16] 张维理,田哲旭,张宁,等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(2):80—87.
- [17] 崔玉亭,程序,韩纯儒,等. 苏南太湖流域水稻经济生态适宜施氮量研究[J]. 生态学报,2000,20(4):659—662.
- [18] 鲁如坤. 土壤磷素水平和水体环境保护[J]. 磷肥与复肥, 2003,18(1):4—8.
- [19] 王新军,廖文华,刘建玲. 菜地土壤磷素淋失及其影响因素[J]. 华北农学报,2006,21(4):67—70.
- [20] 刘德平,杨树青,史海滨,等. 氮磷钾平衡施肥对作物收获后土壤硝态氮残留的影响[J]. 灌溉排水学报,2013,32(5):42—46.
- [21] 张智,李小坤,丛日环,等. 稻田优化施肥效果与氮、磷环境效益评价[J]. 中国农业科学,2016,49(5):906—915.
- [22] 何传龙,马友华,李帆,等. 减量施肥对菜地土壤养分淋失及春甘蓝产量的影响[J]. 土壤通报,2011,42(2):397—401.
- [23] 常赞,刘树庆,张仲新,等. 新型缓释氮肥肥效及经济效益分析研究[J]. 中国土壤与肥料,2008(6):59—63,69.
- [24] 钱银飞,邵彩虹,邱才飞,等. 包膜缓释尿素与普通尿素配施对双季超级稻产量及氮肥利用的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(5):27—32.
- [25] 田琳琳,庄舜尧,杨浩. 不同施肥模式对芋艿产量及菜地土壤中氮素迁移累积的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(12):1853—1859.
- [26] Ding Y, Liu Y X, Wu W X, et al. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns [J]. Water, Air, & Soil Pollution, 2010, 213(1/2/3/4):47—55.
- [27] 姬红利,颜蓉,李运东,等. 施用土壤改良剂对磷素流失的影响研究[J]. 土壤,2011,43(2):203—209.
- [28] 周慧平,高超,朱晓东. 关键源区识别:农业非点源污染控制方法[J]. 生态学报,2005,25(12):3368—3374.
- [29] 李文超. 凤羽河流域农业面源污染负荷估算及关键区识别研究[D]. 北京:中国农业科学研究院,2014.
- [30] 刘瑞民,何孟常,王秀娟. 大辽河流域上游非点源污染输出风险分析[J]. 环境科学,2009,30(3):663—667.
- [31] 王姐,陆海明,邹鹰,等. 基于地形指数的流域非点源磷素输出关键源区识别[J]. 水文,2016,36(2):12—16,22.
- [32] 王静,丁树文,蔡崇法,等. AnnAGNPS 模型在丹江库区黑沟河流域的模拟应用与检验[J]. 土壤通报,2009,40(4):907—912.
- [33] 李振辉,于兴修,姚孝友,等. 农业非点源污染关键源区识别方法研究进展[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2907—2914.
- [34] 马广文,王业耀,香宝,等. 长江上游流域土地利用对面源污染影响及其差异[J]. 农业环境科学学报,2012,31(4):791—797.
- [35] 王明珠. 我国南方低丘红壤区立体农业模式[J]. 热带亚热带土壤科学,1998,7(4):263—266.
- [36] 于兴修,杨桂山,梁涛. 西苕溪流域土地利用对氮素径流流失过程的影响[J]. 农业环境保护,2002,21(5):424—427.
- [37] 王鹏,高超,姚琪,等. 太湖丘陵地区农田氮素迁移的时空分布特征[J]. 环境科学,2006,27(8):1671—1675.
- [38] 闫丽珍,石敏俊,王磊. 太湖流域农业面源污染及控制研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(1):99—107.
- [39] 倪喜云,杨苏树,张华艳,等. 洱海流域农田不同种植模式氮磷流失研究初报[J]. 云南农业,2016(2):43—44.
- [40] 段亮,段增强,常江. 地表管理与施肥方式对太湖流域旱地氮素流失的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3):813—818.
- [41] 王小治,高人,钱晓晴,等. 利用大型径流场研究太湖地区稻季氮素的径流排放[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3):831—835.

陈秋会, 席运官, 王 磊, 等. 产地环境中重金属和有机污染物对农产品质量的影响综述[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 5-8.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.002

产地环境中重金属和有机污染物 对农产品质量的影响综述

陈秋会¹, 席运官¹, 王 磊¹, 宗良纲², 张怀志³, 徐爱国³, 肖兴基¹

(1. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏南京 210042; 2. 南京农业大学资源与环境学院, 江苏南京 210095;

3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:随着人们对农产品质量安全的日益重视, 农产品产地环境的安全性受到越来越多的消费者、生产者和管理者的高度关注。简要分析农产品产地污染物的主要来源, 重点阐述重金属和有机污染物等对农产品产量、营养品质和安全品质的影响, 分析表明, 农产品产地环境是影响农产品质量的重要因素, 产地环境质量的好坏直接决定农产品质量的高低, 为做好农产品产地环境的质量评估、保护及产地环境质量的改良提供参考。

关键词:产地环境; 农产品质量; 重金属; 有机污染物; 产量; 营养品质; 安全品质; 产地环境; 质量评估; 保护; 改良

中图分类号: X322 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0005-04

在现代农业发展进程中, 化肥、农药及农膜等农用化学品的大量使用使得农产品的种类和产量不断增加, 基本满足人们对量的需求, 但也引起了农产品产地环境污染的问题, 影响作物的营养品质和安全品质, 威胁人体健康^[1]。近年来, 镉大米、蔬菜重金属超标、农残超标等众多农产品安全事件频发^[2], 农产品安全已成为时下最让人担忧的问题之一。随着生活水平的提高和食品安全意识的增强, 消费者越来越倾向于购买绿色、有机农产品, 且市场需求呈加速增长的态势。产地环境——土壤、水体和大气是从事农业生产的本源所在,

然而产地环境污染已成为制约我国绿色、有机农业发展的主要因素。“大气十条”“水十条”“土十条”的相继发布, 对改善我国农产品产地环境质量具有重要意义。本文对产地环境中重金属和有机污染物对农产品产量及品质影响的研究现状进行综合分析, 为保护和改良农产品产地环境质量, 发展绿色、有机农业, 保障农产品安全提供参考依据。

1 农产品产地污染物的来源

农产品产地环境系指影响农产品生长发育各种因素的总称, 是影响农产品质量安全的基础因素, 包括土壤、灌溉水、大气等环境要素。人类活动产生的污染物进入土壤、水体和大气并引起农产品赖以生长环境的恶化, 对农产品质量和人体健康产生危害的现象即为农产品产地环境污染。目前, 产地环境污染主要包括无机、有机及复合污染, 其中无机污染物以重金属为主, 如镉、砷、铬、铜、锌等; 有机污染物种类繁多, 既包括苯、甲苯、二甲苯等挥发性有机污染物, 又包括多环芳烃、多氯联苯等半挥发性有机污染物。

收稿日期: 2016-07-22

基金项目: 国家科技支撑计划(编号: 2014BAK19B01); 江苏省“333 工程”科研项目。

作者简介: 陈秋会(1982—), 女, 河南商丘人, 博士, 助理研究员, 主要从事有机农业与生态修复研究。E-mail: cqhofree@126.com。

通信作者: 席运官, 博士, 研究员, 主要从事有机农业和农村环保方面的研究。E-mail: xygofree@126.com。

[42] 王 静, 郭熙盛, 王允青, 等. 秸秆还田对稻田磷素径流损失的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(13): 5761-5763.

[43] 祖艳群, 杨 静, 湛方栋, 等. 秸秆覆盖对玉米和青花农田土壤面源污染负荷的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 155-160.

[44] 王莉霞, 欧 洋, 祝 惠, 等. 一种降低稻田面源污染侧渗的生态田埂: CN201310373032.1[P]. 2013-11-27.

[45] 杨 波, 梁正蓉. 坡地生物篱和缓坡地等高种植的水土保持效应[J]. 农技服务, 2010, 27(8): 997-998.

[46] 谢利芬, 刘庆生, 王卫民. 农田生态缓冲带的建设与研究[J]. 农业与技术, 2016, 36(9): 86-88.

[47] 王芝义. 休闲作物种植减少设施菜地土壤氮素淋洗及其机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.

[48] 李 平. 果园生草技术及其在甘肃天水的市场前景[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(2): 142.

[49] 施卫明, 薛利红, 王建国, 等. 农村面源污染治理的“4R”理论与工程实践——生态拦截技术[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(9): 1697-1704.

[50] Wu Y H, Kerr P G, Hu Z Y, et al. Eco-restoration; simultaneous nutrient removal from soil and water in a complex residential-cropland area[J]. Environmental Pollution, 2010, 118(7): 2472-2477.

[51] 江苏省苏州质量技术监督局. 农田径流氮磷生态拦截沟渠构建技术规范: DB3205/T 157-2008[S/OL]. (2009-03-01)[2016-07-01]. <http://wenku.baidu.com/view/ab8f4d87ec3a87c24028c481.html>.

[52] 杨文龙, 黄永泰, 杜 娟. 前置库在滇池非点污染源控制中的应用研究[J]. 云南环境科学, 1996, 15(4): 8-10.

[53] 刘娅琴, 刘福兴, 宋祥甫, 等. 农村污染河道生态修复中浮游植物的群落特征[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(1): 162-169.