

京津冀化肥投入特征与污染防控对策研究

串丽敏, 郑怀国, 王爱玲, 赵静娟, 颜志辉, 齐世杰

引用本文:

串丽敏, 郑怀国, 王爱玲, 等. 京津冀化肥投入特征与污染防控对策研究[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(1): 54–61.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0737>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

京津冀地区农业面源污染风险时空差异研究

王磊, 香宝, 苏本营, 王玥, 方广玲, 胡钰, 潘丽波, 戴霞

农业环境科学学报. 2017, 36(7): 1254–1265 <https://doi.org/10.11654/jaes.2016-1539>

清液肥对滴灌棉田 NH_3 挥发和 N_2O 排放的影响

王方斌, 刘凯, 殷星, 廖欢, 孙嘉璘, 闵伟, 侯振安

农业环境科学学报. 2020, 39(10): 2354–2362 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0067>

种植业结构调整对化肥施用量的影响

刘静, 连煜阳

农业环境科学学报. 2019, 38(11): 2544–2552 <https://doi.org/10.11654/jaes.2019-0477>

南水北调中线工程水源地化肥施用时空分布特征及其环境风险评价

房珊琪, 杨珺, 强艳芳, 王彦东, 席建超, 冯永忠, 杨改河, 任广鑫

农业环境科学学报. 2018, 37(1): 124–136 <https://doi.org/10.11654/jaes.2017-0871>

稻秆炭与巨菌草联合对铜镉污染土壤的修复

王玺洋, 辛在军, 李晓晖, 李亮, 孙小艳, 闵芳芳

农业环境科学学报. 2021, 40(1): 74–82 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-0878>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

串丽敏, 郑怀国, 王爱玲, 等. 京津冀化肥投入特征与污染防治对策研究[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(1): 54–61.

CHUAN Li-min, ZHENG Huai-guo, WANG Ai-ling, et al. Chemical fertilizer input characteristics, pollution prevention and control measures in Beijing-Tianjin-Hebei region, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2021, 40(1): 54–61.



开放科学 OSID

京津冀化肥投入特征与污染防治对策研究

串丽敏, 郑怀国, 王爱玲*, 赵静娟, 颜志辉, 齐世杰

(北京市农林科学院农业信息与经济研究所, 北京 100097)

摘要:为有效缓解京津冀区域种植业化肥源污染,亟需摸清其投入现状及存在问题,提出减施增效的污染防治对策。基于统计数据和实地调查数据,从宏观层面分析2010—2018年期间,北京市、天津市、河北省氮、磷、钾肥和复合肥(折纯量,下同)投入变化、京津冀区域化肥使用总量(氮、磷、钾和复合肥总折纯量,下同)变化、单位面积施用量变化以及施肥行为等特征。结果显示,2010—2018年期间京津冀区域的化肥施用量以2014年为转折点,呈现先逐年增加后转为下降趋势,2018年降至336.65万t。氮肥和复合肥是主要的肥料品种。2010—2018年期间N、P₂O₅用量整体呈下降趋势,2013年以后K₂O用量由升转降,复合肥用量总体呈现上升趋势。2018年N、P₂O₅、K₂O和复合肥施用量分别为123.12万、26.34万、25.70万t和161.50万t。北京市单位面积化肥施用量由2010年的358.45 kg·hm⁻²提高到2017年的504.03 kg·hm⁻²,增幅为40.61%。2018年降至485.58 kg·hm⁻²,下降了18.45 kg·hm⁻²。天津市单位面积化肥施用量呈明显下降趋势,从2010年的516.51 kg·hm⁻²下降到2018年的370.16 kg·hm⁻²,减少了28.33%。河北省单位面积化肥施用量维持在330.07~360.11 kg·hm⁻²,总体变化较为平缓。京津冀地区整体单位面积化肥施用量为339.72~363.73 kg·hm⁻²,平均348.66 kg·hm⁻²。北京市、天津市单位面积化肥施用量明显高于全国平均水平,河北省单位面积化肥施用量接近全国平均水平。综上,2010—2018年期间,京津冀化肥投入呈现先升高后降低趋势。单位面积化肥施用量偏高,存在下调空间。北京市单位面积化肥施用量呈现增加趋势,更为值得关注。针对京津冀化肥投入存在的问题,文章提出了化肥减施增效的污染防治对策。

关键词:京津冀;化肥;污染防治;单位面积施肥量

中图分类号:S143;X71 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2021)01-0054-08 doi:10.11654/jaes.2020-0737

Chemical fertilizer input characteristics, pollution prevention and control measures in Beijing-Tianjin-Hebei region, China

CHUAN Li-min, ZHENG Huai-guo, WANG Ai-ling*, ZHAO Jing-juan, YAN Zhi-hui, QI Shi-jie

(Institute of Agricultural Information and Economics, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: To effectively alleviate pollution from agricultural non-point sources in Beijing, Tianjin, and Hebei (abbreviated as “Beijing-Tianjin-Hebei region”), it is necessary to evaluate the present situation and existing problems related to chemical fertilizer inputs in agriculture. The study analyzed the characteristics of the total inputs of different chemical fertilizers in Beijing, Tianjin, Hebei, as well as collectively in the Beijing-Tianjin-Hebei region during 2010–2018, and provided suggestions for reducing fertilizer use and increasing nutrient use efficiency. The results showed that the total quantity of chemical fertilizers applied (N+P₂O₅+K₂O, converted into pure content) in the Beijing-Tianjin-Hebei region increased every year before 2014, and then decreased to 3.366 5×10⁶ t thousand tons in 2018. Nitrogen fertilizers (N) and compound fertilizers were the two major fertilizer varieties used. In detail, the overall application of N and

收稿日期:2020-06-30 录用日期:2020-09-03

作者简介:串丽敏(1984—),女,河北邢台人,博士,副研究员,主要从事农业环境研究。E-mail:xiaochuan200506@126.com

*通信作者:王爱玲 E-mail:ailw2000@126.com

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0200103);北京市社会科学基金项目(18GLC048);北京市农林科学院创新专项(KJ CX20200403, KJ CX20200203)

Project supported: The National Key Research and Development Program of China (2016YFD0200103); The Social Science Foundation of Beijing, China (18GLC048); The Innovation Project of Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences (KJ CX20200403, KJ CX20200203)

phosphorus fertilizers (P_2O_5) showed a declining trend, that of potassium fertilizers (K_2O) decreased after 2013, and that of compound fertilizers exhibited an upward trend. The application quantities for N, P_2O_5 , K_2O , and compound fertilizers were 1.231×10^6 , 2.634×10^5 , 2.570×10^5 , and 1.615×10^6 tons in 2018, respectively. The application rate of chemical fertilizer per unit area in Beijing increased from $358.45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in 2010 to $504.03 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (40.61%) in 2017. In 2018, it decreased to $485.58 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, a reduction of $18.45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. The application rate of chemical fertilizer per unit area in Tianjin exhibited an obvious reducing trend, from $516.51 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in 2010 to $370.16 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (28.33%) in 2018. The application rate of chemical fertilizers per unit area in the Hebei Province was maintained between $330.07 \sim 360.11 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and the overall change was relatively negligible. The collective application rate of chemical fertilizer per unit area in the Beijing-Tianjin-Hebei region was $339.72 \sim 363.73 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, with an average of $348.66 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. Additionally, the application rates of chemical fertilizers per unit area in Beijing and Tianjin were significantly higher than the national average, while the value was close to the national average in the Hebei Province. In general, chemical fertilizer inputs in the Beijing-Tianjin-Hebei region tended to increase initially, and then reduced, and the application rates per unit area were high, especially in Beijing. There remains scope for downward adjustment. In view of the problems related to chemical fertilizer inputs in Beijing, Tianjin, and Hebei, this paper puts forth certain measures for reducing fertilizer application and increasing nutrient use efficiency.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei; chemical fertilizer; pollution prevention and control; fertilization rate per unit area

我国种植业生产中化肥的使用已有几十年的历史,对于保障我国粮食安全具有重要作用。然而由于其不合理施用,不仅对耕地质量和农产品质量安全造成负面影响,还带来一系列环境问题,成为农业面源污染的主要来源,是导致地表水和地下水环境污染的主要因素,也是我国面临的重大环境问题之一^[1-3]。

京津冀协同发展是重大国家战略。京津冀以全国2.3%的国土面积,承载了全国8%的人口,贡献了全国10%的国内生产总值^[4-5]。京津冀具有良好的自然和农业生产条件,在我国农业生产中具有重要地位。种植业是京津冀农业生产重要组成部分,2018年播种面积达到873.2万 hm^2 ^[6]。更为重要的是,该区域农业复种指数高,产出强度大。农户在化肥施用中普遍存在盲目或过量行为,导致化肥消耗量居高不下,种植业环境负荷较重,对土壤、水和大气环境造成严重威胁,进一步影响农产品质量甚至人体健康。

当前学者针对全国或不同地区的施肥情况开展了大量研究,对促进肥料的科学施用、减施增效和减少农业面源污染起到了积极作用。例如,孟远夺等^[7]依据全国基层肥料信息网的调查数据,阐述了不同区域和主要作物化肥施用现状、存在的问题和节肥潜力,提出了实施节肥增效的具体措施。宁运旺等^[8]基于在江苏省937个样本农户的实证调查,分析了小麦化肥投入现状及其影响因素,提出重点加强配方肥施用技术推广和减少施肥次数,针对不同地区指定小麦减肥措施。李玉红等^[9]通过调查摸清了德州市主要农作物的施肥量、资源分配以及化肥品种结构状况,分析了德州市当前的化肥施用现状及存在的问题,并

提出了对策。仲乃琴等^[10]详细剖析了马铃薯作物肥药施用过量、利用率低下的原因,介绍了国内外减施增效技术的研究进展和发展趋势,最后提出了具体的对策和发展建议。王金林等^[11]通过调查统计了云南省作物的施肥情况,提出了采取适类、适时、适量、科学的施肥方法和技术,以实现化肥“零增长”目标。徐洋等^[12]利用全国339家国有零售商收集的数据,计算2014—2016年我国农作物种植化肥总量,分析年际间主要农作物及不同化肥施用地区和化肥品种的变化。

已有研究进展显示,当前对于种植业化肥投入的分析,往往是针对某一省、市或县级尺度,从实地调查或借助于统计管理部门已有的数据,开展种植业源化肥投入品使用量调研。然而,当前研究进展中针对北京市、天津市和河北省化肥投入的研究较少。京津冀是主要的农业生产功能区,随着京津冀现代农业协同发展不断加快,农业的规模化、集约化、现代化种植越来越普遍,因此要重视加强农业源环境污染防治,尤其是种植业化肥投入带来的环境污染防治,以促进农业高产、高效。同时对于农业绿色可持续发展,保障农产品安全、资源安全和生态安全具有重要意义。

为有效缓解京津冀区域种植业源污染,亟需摸清京津冀区域种植业化肥投入现状及存在的问题。因此,本文基于统计数据和实地调查数据,从宏观层面分析2010—2018年期间北京市、天津市、河北省及京津冀整个区域化肥使用总量(氮、磷、钾和复合肥总折纯量,下同)以及每一种化肥使用量(折纯量,下同)的变化、化肥的构成及单位面积施用量等特征,分析京津冀种植业中化肥投入存在的问题,进而提出化肥减

施增效的调控优化对策。

1 材料与方法

1.1 研究区域概述

京津冀地处华北平原,位于113°27'~119°50'E, 36°05'~42°40'N,包括北京、天津两直辖市以及河北省的保定、廊坊、唐山、秦皇岛、石家庄、张家口、承德、沧州、邯郸、邢台、衡水11个地级市,是我国重要粮棉产区和集约化蔬菜种植区,也是城郊型农业集中分布区。区域土地面积为21.6万km²,约占全国的2.3%,人口达1.1亿;区域内分布的海河、滦河两大河流水系,是居民生活和农业生产的重要水源;区域土壤类型以棕壤、褐土、潮土、栗钙土为主,耕地面积6.54万km²,约占区域总面积的30%。京津冀地区协同发展在中国社会经济发展中具有重要的战略地位。

1.2 研究方法

依据《中国农村统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》和《河北统计年鉴》,整理收集北京、天津、河北2010—2018年以来的农作物播种面积、氮、磷、钾肥和复合肥使用量等数据,分析北京、天津和河北各类化肥及总量的年际变化趋势,并将京津冀区域作为整体,分析整个区域的化肥投入趋势。

同时,采取问卷调查的方法,深入了解农户的化肥施用方式。问卷内容主要包括农户个人基本特征(姓名、性别、年龄、受教育程度、从事种植的年限等)、家庭资源情况(家庭收入、主要经济来源、家庭种地面积、种植的作物种类等)、化肥投入行为(肥料施用种类、肥料用量的确定方法、肥料施用方式、是否获得技术指导等)等信息。

为有效控制问卷质量和保证调查结果具有代表性,制定了问卷设计和调查实施方案。在正式调研之前,采用随机走访的形式进行预调研,核查问卷的适用性,查找问卷设计过程中是否存在问题,是否达到调研目的,增强问卷的科学性和调研结果的有效性。根据预调研所反馈的信息对问卷进行修改与补充后再进行正式调研。在实地调查中,选择种植业相对集中和优势主产区进行调查。如果同一区域农业生产化肥施用方式相对较为一致,差异性小,仅选择1~2户作为代表户;如果差异性较大,适当增加问卷样本数量。实地调查区域覆盖粮食、蔬菜和果树作物。共发放问卷300份,回收问卷273份,回收率为91%。

涉及的具体指标计算公式如下:

单位面积化肥使用量(kg·hm⁻²)=化肥使用折纯

总量(kg)/总播种面积(hm²)

播种面积占比=某一地区或全国某一种作物的播种面积(hm²)/该地区或全国总播种面积(hm²)×100%

2 结果与分析

2.1 北京市化肥施用量变化特征

2010年以来北京市化肥施用量和农作物播种面积总体呈下降趋势。北京市2010年的农作物播种面积为31.73万hm²,至2018年下降到10.60万hm²,8年间减少了21.13万hm²,占2010年播种面积的66.59%。化肥施用量2010年为13.70万t,2011、2012年基本持平,2013年开始呈现下降趋势,2018年降为7.30万t,与2012年相比,减少了6.40万t,年均减少1.07万t,年均降低7.81%(表1)。

从肥料品种分析看,氮肥从2010年开始呈现逐年下降趋势,2011年和2012年下降较为平缓,2013年及以后则呈现快速下降趋势,由2010年的6.90万t下降为2018年的3.02万t,减少了3.88万t,占2010年氮肥用量的56.23%,平均每年减少0.49万t,年减少量7.10%。复合肥用量在2010—2012年呈现少许增长趋势,2013年开始也转为下降趋势,由2012年的5.70万t减少为2018年的3.49万t,减少了2.21万t,与2012年相比,下降了38.77%,年均下降0.37万t,年均减少6.49%,至2018年与氮肥用量基本持平。磷肥和钾肥用量整体偏少,分别由2010年的0.90万t和0.70万t逐年减少为0.40万t和0.39万t,分别减少了55.56%和44.29%。

2.2 天津市化肥施用量变化特征

天津市的农作物播种面积在2016年以前整体呈现少许上升或相对保持平稳状态,2017年有了显著减少趋势,与2016年相比,减少了3.97万hm²。之后在2018年下降到42.93万hm²。化肥总施用量也呈现下降趋势,由2010年的25.00万t下降到2018年的16.95万t(表1),减少了8.05万t,降低了32.20%,年均减少1.01万t,其中2011—2013年相对较为平稳,2013年以后下降相对较快,一定程度上也与农作物播种面积的减少有关。氮肥和磷肥也呈现下降趋势,在2013年以前下降较为平缓或保持平稳,之后下降速度较快。氮肥由2010年的11.80万t下降到2018年的5.63万t,减少了6.17万t,降低了52.29%;磷肥由2010年的3.90万t减少为2018年的2.00万t,减少了1.90万t,降低了48.72%。钾肥保持相对平稳,为1.34万~1.80

表1 2010—2018年期间北京、天津、河北及京津冀化肥投入变化(万t)

Table 1 Chemical fertilizer input in Beijing, Tianjin, Hebei and Beijing-Tianjin-Hebei region during 2010—2018($\times 10^4$ t)

地区 Region	肥料种类 Fertilizer types	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
北京 Beijing	氮肥 Nitrogen fertilizer	6.90	6.80	6.50	5.90	5.40	4.90	4.40	3.80	3.02
	磷肥 Phosphorus fertilizer	0.90	0.90	0.80	0.70	0.70	0.60	0.50	0.50	0.40
	钾肥 Potassium fertilizer	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.50	0.50	0.40	0.39
	复合肥 Compound fertilizer	5.20	5.40	5.70	5.40	5.00	4.50	4.20	3.80	3.49
	总投入 Total	13.70	13.80	13.70	12.80	11.60	10.50	9.70	8.50	7.30
天津 Tianjin	氮肥 Nitrogen fertilizer	11.80	11.40	11.10	11.20	10.60	10.00	9.00	6.60	5.63
	磷肥 Phosphorus fertilizer	3.90	3.90	4.00	3.80	3.50	3.20	2.90	2.30	2.00
	钾肥 Potassium fertilizer	1.60	1.70	1.70	1.80	1.70	1.50	1.50	1.50	1.34
	复合肥 Compound fertilizer	7.70	7.40	7.70	7.60	7.50	7.10	8.30	7.60	8.00
	总投入 Total	25.00	24.40	24.50	24.30	23.30	21.80	21.40	18.00	16.95
河北 Hebei	氮肥 Nitrogen fertilizer	153.10	152.40	151.70	150.70	150.70	147.90	145.00	140.30	114.47
	磷肥 Phosphorus fertilizer	47.30	47.10	46.60	46.60	46.90	46.40	45.20	43.70	23.94
	钾肥 Potassium fertilizer	26.80	27.00	27.20	27.90	28.00	28.10	27.70	26.80	23.97
	复合肥 Compound fertilizer	95.60	99.70	103.80	106.00	110.00	113.10	113.90	111.20	150.02
	总投入 Total	322.80	326.30	329.30	331.00	335.60	335.50	331.80	322.00	312.40
京津冀 Beijing-Tianjin-Hebei	氮肥 Nitrogen fertilizer	171.80	170.60	169.30	167.80	166.70	162.80	158.40	150.70	123.12
	磷肥 Phosphorus fertilizer	52.10	51.90	51.40	51.10	51.10	50.20	48.60	46.50	26.34
	钾肥 Potassium fertilizer	29.10	29.40	29.60	30.40	30.30	30.10	29.70	28.70	25.70
	复合肥 Compound fertilizer	108.50	112.50	117.20	119.00	122.50	124.70	126.40	122.60	161.50
	总投入 Total	361.50	364.50	367.50	368.10	370.50	367.80	362.90	348.50	336.65

注:表中数据均表示折纯量。

Note: All the data in the table indicate the amount of the pure nutrient.

万t;复合肥表现也相对平稳,但近3年呈现一定的上升趋势。

2.3 河北省化肥施用量变化特征

河北省的农作物播种面积在2016年以前一直保持在870万 hm^2 以上,2017年转为下降,2018年相比2016年减少了51.95万 hm^2 。化肥施用量在2015年以前呈现平稳略微上升趋势(表1),2015年以后转为下降,到2017年化肥施用量降为322.00万t,与2010年基本持平。2018年又降至312.40万t。氮肥整体呈现下降趋势,2015年以前下降较为平缓,之后速度稍有增加,2016年、2017年和2018年化肥用量分别比前一年减少2.90万、4.70万t和25.83万t。磷肥用量也呈现下降趋势,由2010年的47.30万t下降为2018年的23.94万t,约为2010年的二分之一。钾肥用量呈现出先升高后降低趋势,由2010年的26.80万t上升到2015年的28.10万t,近几年进入下调空间,2018年降至23.97万t。复合肥用量整体呈现上升趋势,由2010年的95.60万t上升到2016年的113.90万t,2017年降为111.2万t,与2016年相比,减少了2.7万t,但2018年增加到150.02万t。这可能与单质肥施用量减少有

关,农民越来越倾向于施用复合肥。

2.4 京津冀区域化肥施用量变化特征

京津冀区域农作物总播种面积在2010—2012年保持相对平稳,保持在949.5万~954.4万 hm^2 ,2013年以后逐渐下降,其中2013—2016年下降较为平缓,年均下降20.20万 hm^2 ,相比2016年2017年和2018年减少播种面积更为明显,分别减少了39.92万 hm^2 和60.89万 hm^2 。化肥施用量在2014年以前呈现逐年上升趋势(表1),2015年以后转为下降,2015—2018年的化肥施用量与上一年相比,分别减少了2.70万、4.90万、14.40万t及11.85万t。

随着农业结构特别是种植业结构的调整,氮磷钾化肥的施用比例也在发生变化。近10年,京津冀区域氮肥用量整体呈下降趋势,从2010年的171.80万t下降为2018年的123.12万t,减少了48.68万t,减少量占2010年施用量的28.34%,年均减少6.09万t,平均每年减施3.54%。磷肥用量一直呈现下降趋势,由2010年的52.10万t下降为2018年的26.34万t,并且下降幅度逐年增加。钾肥施用量由2010年的29.10万t上升到2013年的30.40万t,之后转为下降,至

2018年减少为25.70万t。复合肥整体呈现上升趋势,由2010年的108.50万t上升为2016年的126.40万t,达到峰值,2017年降低了3.80万t。但由于河北省复合肥的增加,2018年京津冀地区复合肥增加到161.50万t。

2.5 京津冀单位面积化肥施用量变化特征

2010年以来全国化肥单位面积施用量整体变化较小,保持在 $318.01\sim 336.10\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,均值为 $329.98\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,峰值出现在2014年,之后有缓慢下降趋势(图1)。北京市和天津市单位面积化肥施用量明显高于全国均值,河北省单位面积化肥施用量与全国均值接近。2010年以来京津冀平均单位面积化肥施用量在 $339.72\sim 363.73\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,均值为 $348.66\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

北京市单位面积化肥施用量整体呈现上升趋势,由2010年的 $358.45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 上升到2017年的 $504.03\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

$\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,提高了40.61%。2018年降至 $485.58\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,较2017年下降 $18.45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。天津市单位面积化肥施用量整体呈现明显下降趋势,由2010年的 $516.51\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 下降到2018年的 $370.16\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,下降了28.33%。河北省单位面积化肥施用量保持在 $330.07\sim 360.11\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,整体变化较为平缓。

2.6 京津冀肥料投入比例变化特征

目前京津冀地区施用的肥料主要为氮肥和复合肥。统计数据显示,2010年京津冀地区氮肥投入占比为47.53%,复合肥占比为30.01%,磷肥和钾肥占比相对较低,分别为14.41%和8.05%(图2)。2017年氮肥比重相对减小,磷钾肥比重变化不大,复合肥比重增大。以北京市为例,2017年京郊耕地肥料整体投入结构 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ 为1:0.75:0.64,而2010年 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ 为1:0.44:0.50,表明2010年以来,磷钾养分占比

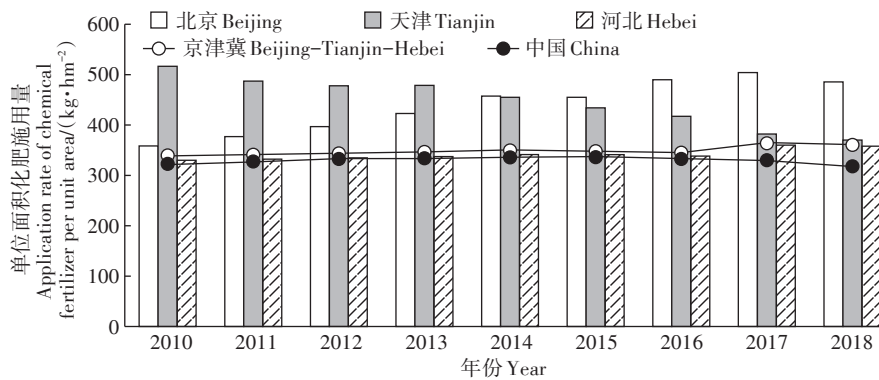


图1 京津冀及全国单位面积化肥施用量

Figure 1 Application rate of chemical fertilizer per unit area in Beijing, Tianjin, Hebei and China

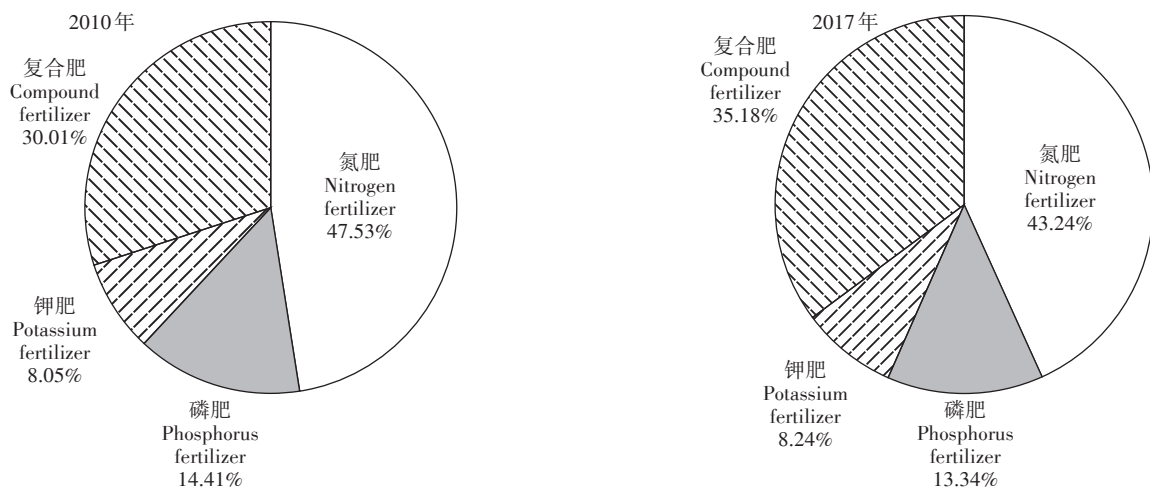


图2 京津冀地区不同肥料投入比例

Figure 2 Proportion of different kinds of fertilizer input in Beijing-Tianjin-Hebei region

呈现波动上升趋势。

2.7 京津冀农户化肥施用行为特征

农户化肥施肥的调查显示,表层撒施肥料仍然是主要的施肥方式,占调查农户的27.39%,即高于四分之一农户施肥仍采用这种方式(图3)。值得关注的是,采用覆土深施、水溶后浇灌和水肥一体化的农户数量占比分别为22.20%、14.94%和9.75%,并且也存在着沟施、穴施等方式,表明农户的施肥方式已经有了改善,粗放的施肥方式也将慢慢减少。

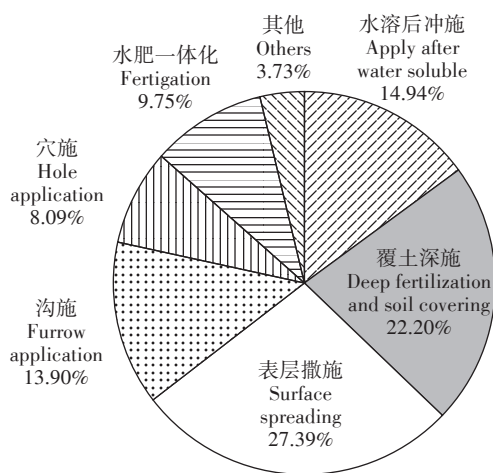


图3 京津冀地区不同施肥方式所占比例

Figure 3 Proportion of different methods of fertilization in Beijing-Tianjin-Hebei region

通过对农户施肥依据的调查,结果发现,农户对于化肥的施用多是来自农资销售商的介绍,占27.90%;其次是完全凭经验施用,占比25.29%。来自技术部门指导和管理部门政策宣传使用化肥的农户占25.17%,亲戚朋友间的相互咨询的占比为18.80%。其余还有来自广播电视广告获取的信息以及通过其他途径获取的信息。

3 讨论

3.1 化肥施用存在的问题

3.1.1 单位面积化肥施用量偏高

从已有结果可以看出,虽然京津冀三地的播种面积有下降趋势,并且化肥总用量也有所下降,但是单位面积的化肥施用量仍然偏高,尤其是北京单位面积化肥施用量甚至呈现上升趋势。究其原因,这可能与北京市蔬菜和果园的播种面积比重较高,而蔬菜和果树施肥量较高有关。据国家统计局数据^[6],北京市蔬菜播种面积占比由2010年的21.3%上升到2018年的

34.7%,提升了13.4个百分点,呈现明显快速上升趋势。北京市果园播种面积占比呈现明显上升趋势,由2010年的16.98%上升到2018年的30.45%,提升了13.47个百分点。北京市土肥工作站发布的2016年京郊耕地质量长期定位监测年报数据显示^[13],长期定位监测点中,粮田有机无机养分投入总量为522.0 kg·hm⁻²,露地菜田和设施菜田有机无机养分投入总量分别为2 050.5 kg·hm⁻²和3 427.5 kg·hm⁻²,果园有机无机养分投入总量为2 290.5 kg·hm⁻²。菜田和果园的肥料养分投入总量高于粮田,存在着单位面积化肥施用量过高等问题,这与孟远夺等^[7]和杜连凤等^[14]的施肥调查结果一致。因此,农田尤其是蔬菜和果园的科学施肥管理仍然是值得引起重视的问题。

3.1.2 科学施肥水平有待提高

科学合理的养分配比会促进作物的生长,并提升肥料利用效率。从不同作物养分投入来看,粮食作物的钾肥投入不足,大宗蔬菜作物存在磷肥投入过高以及果树磷、钾肥投入偏高现象,作物养分投入不平衡现象较为明显^[15-18]。不同的施肥方式决定着肥料的利用效果,也在一定程度上影响着肥料投入量的高低。本研究结果显示,表层撒施仍是农户采取的主要施肥方式。然而表层撒施肥料的方式最容易引起氮肥养分损失,造成肥料资源的浪费,给环境带来污染风险。同时,研究结果还显示,农户在施肥过程中仍然存在盲目施肥行为,尤其是在确定施肥量时凭经验施肥现象普遍存在,认为施肥多就会产量高的思想较难改变,科学施肥技术指导的“一公里”鸿沟依然存在,进而导致施肥量偏高。但是在调查中也看到,水肥一体化、肥料深施等施肥技术正在逐步推广,农民的科学施肥意识在不断提高。

3.2 化肥减施增效对策

3.2.1 着力推广精准施肥技术

不同的作物具有不同的养分需求特征。提高精准施肥技术并进行大力推广和示范,引导科学施肥是重要途径^[19]。在实践中,应根据土壤基础养分状况、作物需肥特点以及肥料利用率等基本参数,科学制定并公开发布不同区域、不同土壤类型、不同作物的肥料施肥套餐^[20-22];建议开展有针对性的实地养分管理技术研究,开发适合小农户地块和区域的信息化养分管理决策支持系统,以便在田间地头就可以方便快捷地指导农户施肥^[23]。建议遵循“4R”策略,帮助农户选择合适的肥料种类,在合适的时间、合适的位置施入适量的肥料,提高科学施肥水平,促进建立科学施肥

的长效机制^[24-26]。

3.2.2 建议制定施肥限量标准

当前国家对主要作物的施肥限量标准缺失,导致对作物的最大施肥量没有限制。并且,由于不同的土壤类型、不同肥力、不同作物对肥料养分的需求存在差异,因此,在精准施肥套餐制定基础上,亟需结合生产现状与实际管理,因地制宜制定不同作物的肥料施用限量标准。利用建立的标准,管理和控制作物的施肥用量,做到不同作物的区别化管理,减少肥料不合理的投入。

3.2.3 普及推广栽培和水肥管理措施

肥料的损失及利用率低下主要是由于氮磷的环境损失^[27],因此,应重视加强肥料的养分管理。应加强先进栽培管理技术与水肥一体化技术及其机械装备的研发,重视畜禽粪污有机肥资源的有效利用。在水肥管理粗放的地区,推行适宜的水肥管理措施,改善农业生产管理技术。广泛采取基肥深施、肥料合理运筹、有机无机配施、水肥一体化等措施,普及应用先进的作物栽培技术,选择合适的肥料施用和管理方式,扩大科学水肥管理示范及应用面积,减少不合理施肥带来的肥料资源浪费以及环境污染风险,从栽培和水肥养分管理模式上,减少化肥氮磷损失,提高肥料资源利用效率^[28]。

3.2.4 加强宣传和技术指导

建议借助科技特派员制度、新型职业农民培训、田间学校、科技干部进村入户、项目示范等方式,逐步扩大宣传,加强田间实地指导,让广大农民认识了解科学施肥技术,提高科学施肥水平和环境保护意识。同时,采取多种政策和经济手段等激励措施,引导和带动农户接纳采用科学施肥方式,提高农户科学施肥意愿,推广节肥增效实施范围,从而合理减少化肥投入。

4 结论

(1)2010—2018年期间京津冀区域化肥施用量以2014年为转折点,化肥呈现先逐年上升后转为下降趋势,2015—2018年化肥施用量与上一年相比,分别减少了2.70万、4.90万、14.40万t及11.85万t。肥料品种以氮肥和复合肥为主。化肥“零增长”行动对科学施肥起到了一定推动作用。

(2)京津冀地区单位面积化肥施用量为339.72~363.73 kg·hm⁻²,平均为348.66 kg·hm⁻²。单位面积化肥施用量偏高,存在较大下调空间。2010—2018年

期间北京单位面积化肥施用量呈现增加趋势,应该引起各方面关注。

(3)针对化肥施用过程中存在的问题,从推广精准施肥技术、施肥限量标准制定、栽培和水肥管理措施普及推广以及宣传和技术指导强化等方面入手,提出了化肥减施增效的对策。

参考文献:

- [1] Qiu J L, Shen Z Y, Chen L, et al. Quantifying effects of conservation practices on non-point source pollution in the Miyun Reservoir Watershed, China[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2019, 191: 1-21.
- [2] Bouraoui F, Grizzetti B. Modelling mitigation options to reduce diffuse nitrogen water pollution from agriculture[J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 468: 1267-1277.
- [3] 张福锁. 科学认识化肥的作用[J]. 中国农技推广, 2017, 33(1): 16-19. ZHANG Fu-suo. Scientific understanding of the role of chemical fertilizer[J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2017, 33(1): 16-19.
- [4] 刘宁. 基于水足迹的京津冀水资源合理配置研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2016: 1. LIU Ning. Research on water resources optimal allocation in Beijing-Tianjin-Hebei region based on water footprint[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2016: 1.
- [5] 迟妍妍, 许开鹏, 王晶晶, 等. 新型城镇化时期京津冀地区生态环境分区管控框架[J]. 环境保护, 2015, 43(23): 63-65. CHI Yan-yan, XU Kai-peng, WANG Jing-jing, et al. Study on the ecological environment subarea control framework of the Beijing-Tianjin-Hebei region in the new period of urbanization[J]. *Environmental Protection*, 2015, 43(23): 63-65.
- [6] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. National Bureau of Statistics. China statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.
- [7] 孟远夺, 许发辉, 杨帆, 等. 我国种植业化肥施用现状与节肥潜力分析[J]. 磷肥与复肥, 2015, 30(9): 1-4, 13. MENG Yuan-duo, XU Fa-hui, YANG Fan, et al. Situation of fertilizer application and analysis of fertilizer saving potential in crop farming in China[J]. *Phosphate and Compound Fertilizer*, 2015, 30(9): 1-4, 13.
- [8] 宁运旺, 张辉, 戴娟, 等. 江苏省小麦化肥投入现状与影响因素分析——以苏州市和盐城市为例[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 269-273. NING Yun-wang, ZHANG Hui, DAI Juan, et al. Analysis on the current situation and influencing factors of wheat fertilizer input in Jiangsu Province: Take Suzhou and Yancheng as an example[J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2019, 47(15): 269-273.
- [9] 李玉红, 姚海军, 刘洪蓬, 等. 德州市化肥施用现状、问题及对策[J]. 农业科技通讯, 2018(11): 18-20, 99. LI Yu-hong, YAO Hai-jun, LIU Hong-peng, et al. Fertilizer application status, problems and countermeasures in Dezhou City[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2018(11): 18-20, 99.
- [10] 仲乃琴, 刘宁, 赵盼, 等. 中国马铃薯化肥农药减施的现状与挑战[J]. 科学通报, 2018, 63(17): 1693-1702. ZHONG Nai-qin, LIU

- Ning, ZHAO Pan, et al. Current status and challenges for potato chemical fertilizer and pesticide reductions in China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(17): 1693-1702.
- [11] 王金林, 武广云, 刘友林, 等. 云南省化肥施用现状及减量增效的途径研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(3): 26-36. WANG Jin-lin, WU Guang-yun, LIU You-lin, et al. The fertilizer application status and the approach of fertilizer-reduce and efficiency-increase in Yunnan Province[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(3): 26-36.
- [12] 徐洋, 杨帆, 张卫峰, 等. 2014-2016年我国种植业化肥施用状况及问题[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(1): 11-21. XU Yang, YANG Fan, ZHANG Wei-feng, et al. Status and problems of chemical fertilizer application in crop plantations of China from 2014 to 2016[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2019, 25(1): 11-21.
- [13] 北京市土肥工作站. 京郊耕地质量长期定位监测年报(2016年)[R]. 北京: 北京市土肥工作站, 2017. Beijing Soil and Fertilizer Workstation. Annual report on long-term monitoring of cultivated land quality in the suburbs of Beijing(2016)[R]. Beijing: Beijing Soil and fertilizer Workstation, 2017.
- [14] 杜连凤, 吴琼, 赵同科, 等. 北京市郊典型农田施肥研究与分析[J]. 中国土壤与肥料, 2009(3): 75-78. DU Lian-feng, WU Qiong, ZHAO Tong-ke, et al. Investigation of fertilizer application in different farmlands in suburbs of Beijing[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2009(3): 75-78.
- [15] 张怀志, 唐继伟, 袁硕, 等. 津冀设施蔬菜施肥调查分析[J]. 中国土壤与肥料, 2018(2): 54-60. ZHANG Huai-zhi, TANG Ji-wei, YUAN Shuo, et al. Investigation and analysis of greenhouse vegetable fertilization in Tianjin and Hebei Province[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2018(2): 54-60.
- [16] 何才文, 颜芳, 董燕. 从农民施肥习惯看我国科学施肥发展——基于天津市武清区大孟庄镇农户施肥的调查[J]. 中国农技推广, 2016, 32(7): 3-6. HE Cai-wen, YAN Fang, DONG Yan. The development of scientific fertilization in China from the perspective of farmers' fertilization habits: Based on the investigation of farmers' fertilization in Damengzhuang Town, Wuqing District, Tianjin[J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2016, 32(7): 3-6.
- [17] 王激清, 刘社平, 张宝悦. 冀西北坝下地区农户春玉米施肥现状调查与分析[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(4): 43-47. WANG Ji-qing, LIU She-ping, ZHANG Bao-yue. Investigation and analysis of present situation of household fertilization on spring maize in Baxia area of Northwest Hebei Province[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2016, 44(4): 43-47.
- [18] 王探魁, 张丽娟, 冯万忠, 等. 河北省葡萄主产区施肥现状调查分析与研究[J]. 北方园艺, 2011(13): 5-9. WANG Tan-kui, ZHANG Li-juan, FENG Wan-zhong, et al. Present situation and research of fertilizer application on grape in main production regions of Hebei Province[J]. *Northern Horticulture*, 2011(13): 5-9.
- [19] Mancini M, Dalla Marta A, Orlandini S, et al. Precision agriculture for Tuscan frumenticulture: The case study[J]. *Geomedica*, 2017, 21: 16-22.
- [20] Xu X P, He P, Yang F Q, et al. Methodology of fertilizer recommendation based on yield response and agronomic efficiency for rice in China[J]. *Field Crops Research*, 2017, 206: 33-42.
- [21] Chuan L M, He P, Pampolino M F, et al. Establishing a scientific basis for fertilizer recommendations for wheat in China: Yield response and agronomic efficiency[J]. *Field Crops Research*, 2013, 140: 1-8.
- [22] Pampolino M F, Witt C, Pasuquin J M, et al. Development approach and evaluation of the nutrient expert software for nutrient management in cereal crops[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, 88: 103-110.
- [23] Satyanarayana T, Majumdar K, Biradar D P. New approaches and tools for site-specific nutrient management with reference to potassium[J]. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 2011, 24: 86-90.
- [24] King K W, Wikkiams M R, Labarge G A, et al. Addressing agricultural phosphorus loss in artificially drained landscapes with 4R nutrient management practices[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2018, 73: 35-47.
- [25] Eagle A J, Christianson L E, Cook R L, et al. Meta-analysis constrained by data: Recommendations to improve relevance of nutrient management research[J]. *Agronomy Journal*, 2017, 109: 2441-2449.
- [26] Santos B M. Selecting the right nutrient rate: Basis for managing fertilization programs[J]. *Horttechnology*, 2011, 21: 683-685.
- [27] Wang M, Ma L, Strokal M, et al. Exploring nutrient management options to increase nitrogen and phosphorus use efficiencies in food production of China[J]. *Agricultural Systems*, 2018, 163: 58-72.
- [28] Lv Y J, Wang Y J, Wang L C, et al. Straw return with reduced nitrogen fertilizer maintained maize high yield in Northeast China[J]. *Agronomy*, 2019, 9: 229.