

冬小麦-夏玉米轮作系统化肥农药投入调查研究

孙丽梅, 李 季, 董章杭

(中国农业大学资源与环境学院生态系, 北京 100094)

摘 要:采用随机问卷调查的方法调查了山东省桓台县唐山镇、陈庄镇、果里镇 1996、2003 年农业生产中化肥、农药投入及粮食产出的现状,分析探讨了该县化肥、农药投入的合理性以及对农村环境存在的潜在威胁。调查结果表明,桓台县施用的化肥品种以碳酸氢铵、尿素磷酸二铵和各种复混肥为主;农药以各种高毒、高残留杀虫剂为主,如敌敌畏、对硫磷等。其中 2003 年的化肥单位耕地面积施用量 $1\,233.93\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,纯 N 施用量 $718.96\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,农药(商品量) $12.39\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,粮食产量 $14\,690.40\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别比 1996 年增长了 44.87%、16.15%、63.24%、3.89%。经分析,桓台县目前化肥、农药投入水平过高,化肥对粮食的增产效应已经不显著,且投肥结构不合理,N 用量过高, P_2O_5 投入较为合理, K_2O 用量严重不足。化肥、农药的过量施用对环境存在着严重的潜在威胁。

关键词:桓台县; 冬小麦-夏玉米; 农药; 化肥; 投入量

中图分类号:S131.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0935-05

Agrochemical Input in Winter Wheat-Summer Maize System in Huantai County Shandong Province

SUN Li-mei, LI Ji, DONG Zhang-hang

(College of Resource and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Chemical fertilizer and pesticide inputs in winter wheat-summer maize system in 1996 and 2003 in Huantai County were surveyed in July 1997 and May 2004 respectively. Ammonium carbonate, urea, ammonium hydrogen phosphate and compound fertilizers with different nutrient contents, and highly noxious insecticides such as omethoate, monocrotophos and parathion were mainly used in Huantai. In 1996, the application rates of chemical fertilizer (nutrients), N and pesticide (commodity) were $851.74\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $618.99\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $7.59\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ respectively, while in 2003, they were $1\,233.93\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, $718.96\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $12.39\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ respectively. The chemical fertilizer was misused, the produce efficiency of chemical fertilizer was not significant yet, and the ratio of N: P_2O_5 : K_2O was not reasonable, among which N was excessively used, P_2O_5 was irrationally used, but K_2O was in great shortage. The misuse of agrochemicals resulted in the pollution of the rural environment to some extent, so some strategies were suggested based on the above analyses.

Keywords: Huantai county; winter wheat-summer maize system; pesticide; chemical fertilizer; inputs

化肥、农药是当前我国用量最大的农用化学品,是不可或缺的农业生产资料,它们为我国的粮食生产做出了巨大贡献。近二十多年来上述农用化学品的使用量急剧增加,部分地区由于施用不当产生的面源污染现象日益严峻。

在大量施肥的情况下,有一部分肥料氮与磷通过

淋洗与冲刷被带到湖泊河流中或地下水中,易造成富营养化或硝酸盐的危害。例如中国南方太湖、云南滇池流域、安徽巢湖、武汉东湖流域等由于当地农田化肥的过量施用,水体富营养化已相当严重,基本丧失引用水源功能^[1,2,7,16]。张维理(1995)^[17]对我国北方 14 个县市的调查结果显示所调查 69 个地下水样点半数以上硝酸盐含量超过 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,最高者达到 $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,一些地区的农村和小城镇由于农田氮肥的大量施用引起的地下水洗酸盐污染问题已经十分严重。大量流行病学研究已经证实饮用硝酸盐超标水与诱发婴儿高铁血红蛋白症、成人胃癌、肝癌、食道癌、结直肠

收稿日期:2005-01-05

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(39630070)部分项目;中英国际合作项目

作者简介:孙丽梅(1979—),女,山东兖州人,在读硕士研究生,研究方向为生态农业。

联系人:李 季 E-mail:lijj@cau.edu.cn

癌以及淋巴瘤等发病率的关系,因此引起了世界对硝酸盐的恐慌。农药的不当施用亦可对农田土壤、农作物、地下水造成污染,并可破坏生态平衡,威胁生物多样性等^[3,5,6],严重影响人们的正常生活和身体健康。因此如何合理施用农用化学品成为人们关注的热点。

本文通过调查山东省桓台县粮食生产中化肥、农药的投入及其粮食产出情况,分析探讨了该县化肥、农药投入的合理性以及对周围环境存在的潜在威胁,从而为宏观决策提供一些理论依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

桓台县地处黄河下游鲁北平原的南端,境内地势平坦,土壤肥沃,属北温带大陆季风气候区,四季分明,气候温和,光照丰富,年均降雨量 586.4 mm。冬季寒冷干旱,夏季炎热多雨,无霜期 198 d,历年年均气温 12.5 ℃。种植结构简单,主要是以冬小麦-夏玉米轮作系统为主,农田管理以充足的肥水和秸秆还田为其主要特征。据桓台统计资料,1990 年全县全年粮食产量平均达 15.3 t·hm⁻²,建成江北“第一吨粮县”,2001 年粮食产量高达 16.8 t·hm⁻²。

1.2 研究方法

根据桓台县统计资料和农业生产实际情况,以粮食生产力为主要依据选取高(唐山镇)、中(陈庄镇)、低(果里镇)3 个典型乡镇,每个乡镇根据粮食生产力高低选较好和较差的 2 个村庄——唐山镇(郭家村、后七村)、陈庄镇(陈一村、辛桥村)、果里镇(姜坊村、西边村),分别于 1997 年 8 月、2004 年 4 月采用问卷调查的方法进行了针对 1996 年农业生产中化肥、农药投入及粮食产出情况的随机农户调查。调查内容包括家庭基本情况,土地利用状况,化肥、农药投入情况,粮食产出情况以及农户发展生产意向等。其中 1997 年 8 月调查农户 97 家,有效问卷 65 份;2004 年 4 月调查 106 家,有效问卷为 106 份。

数据主要来源于 2 个方面,全县历年统计资料和农户问卷调查。全部数据采用 Excel 2002 和 STAT-

stic 4.0 统计软件进行整理和分析。具体操作为将所有统计数据和调查数据输入数据库经过整理和校正后,用 STATstic 4.0 软件统计数据的最大值、最小值、平均值和变异系数,再根据分析的需要用 Excel 做表和图。

2 结果与分析

2.1 化肥施用水平

桓台县使用的肥料种类主要以碳酸氢铵、尿素、磷酸二铵和各种复混肥为主,其中二铵和复混肥所占比例较高。以 2003 年为例,二者的用量占全年化肥施用总量的 43.88%,其中小麦上占 50.04%,玉米上占 37.99%。2003 年化肥单位耕地面积施用量(折纯)为 1 233.93 kg·hm⁻²,比 1996 年增长了 44.87%,分别是 2001 年全国和山东省单位耕地面积农用化肥施用量的 3.8 倍和 2.2 倍。2003 年纯 N 单位耕地面积施用量为 718.96 kg·hm⁻²,比 1996 年增长了 16.15%,分别是 2001 年全国和山东省施用量的 4.3 和 2.1 倍。而且由图 1 可以看出,桓台县近几年的化肥和纯 N 用量均比全国和山东高出很多。而桓台 2003 年全年粮食产量为 14 690.40 kg·hm⁻²,只比 1996 年增长了 3.89%见表 1,粮食产量没有随化肥用量的增加而呈相应增加,化肥对粮食的增产效应不再显著,图 2 也说明了这一点。因此在现有施肥条件下,化肥已经不是粮食生产的限制因素。

根据佟维亚等(1993)^[12]对保定、北京等黄淮海地区冬小麦-夏玉米一年两熟区吨粮田的研究,当土壤有机质含量达 1.10%、全氮达 1.10%、速效氮 75.6 mg·kg⁻¹、速效磷 12.4 mg·kg⁻¹、速效钾 110.1 mg·kg⁻¹时,每公顷需增施氮素 450~600 kg,磷 120~150 kg,钾 75~105 kg,并调整氮、磷、钾肥的施用比例大体在 1:0.5:0.75,可以保持土壤养分平衡,并获取农作物高产。刘惠芬等(2004)^[8]对天津市农业高产示范区的研究表明,在耕层土壤有机质为 11.8%、碱解氮 81.67 mg·hm⁻²、速效磷 14.21 mg·hm⁻²、速效钾 105.20 mg·hm⁻²的情况下,冬小麦按投肥比例 1:0.5~0.7:0.2~0.3,施纯

表 1 桓台县 1996 年、2003 年冬小麦-夏玉米系统化肥投入(kg·hm⁻²,折纯量,调查数据)与粮食产量比较
Table 1 The application rates of chemical fertilizer, gross crop yield and the ratios of N:P₂O₅:K₂O in 1996 and 2003

项目	总量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	粮食产量	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
1996	851.74	618.99	168.69	64.06	14 139.81	1 : 0.27 : 0.10
2003	1 233.93	718.96	437.16	77.81	14 690.40	1 : 0.61 : 0.11
增长率/%	44.87	16.15	159.15	21.46	3.89	

表 2 冬小麦-夏玉米化肥用量(kg·hm⁻²,折纯量,调查数据)

Table 2 Chemical fertilizer inputs in winter wheat and summer maize respectively

作物	年份	总量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
冬小麦	1996	497.07	322.02	131.18	33.87	1 : 0.41 : 0.11
	2003	642.03	349.20	264.01	29.82	1 : 0.76 : 0.08
	增长率/%	29.16	5.17	101.26	-14.91	
夏玉米	1996	354.67	286.97	37.51	30.19	1 : 0.13 : 0.11
	2003	591.90	369.76	173.15	48.99	1 : 0.47 : 0.13
	增长率/%	66.89	28.85	361.61	62.27	

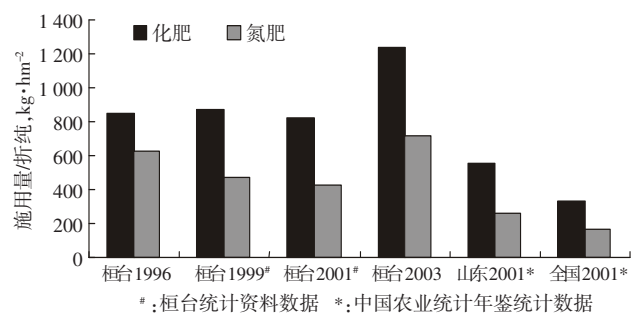


图 1 桓台、山东、全国化肥单位耕地面积施用量

Figure 1 Application rates of chemical fertilizer in Huantai, Shandong Province and China

N262.5 kg·hm⁻²、P₂O₅ 180.0 kg·hm⁻²、K₂O 262.5 kg·hm⁻²，夏玉米按投肥比例 1:0.4:0.4，施纯 N195 kg·hm⁻²、P₂O₅ 78 kg·hm⁻²、K₂O 78 kg·hm⁻²，可获得全年粮食高产，并能提高夏玉米对肥料的利用率。桓台县 1995—2002 年耕层土壤有机质平均为 14.14%、碱解氮 63.5 mg·kg⁻¹、速效磷 21.83 mg·kg⁻¹、速效钾 117.06 mg·kg⁻¹，与上述地区土壤肥力水平接近。从表 1、表 2 给出的化肥用量以及投肥比例来看，该县氮肥投入过高，2003 年施氮量是黄淮海推荐用量的 1.2~1.6 倍，是天津市农业高产示范区全年氮肥施用量的 1.6 倍。2003 年两茬的 N:P₂O₅ 与天津市高产粮田推荐数值接近，而 N:K₂O 远低于黄淮海与天津高产粮田数值。可见目前桓台县粮食种植中三要素投入结构不合理，氮肥投入过高，磷肥投入趋于合理，钾肥投入严重不足。

张新明等(1999)^[18]研究表明，桓台县麦玉两熟高产系统兼顾产量、经济和生态效益安全合理的施 N 量应为 300 kg·hm⁻²。实际施用量与推荐标准的比值可作为评价区域水环境是否存在潜在污染的一个指数，当它<1.0 时，表示无潜在污染；在 1.0 和 1.5 之间时，表示存在潜在污染；当它>1.5 时，有严重潜在污染^[5]。桓台县 1996 和 2003 年的施氮量分别是推荐量的 2.1 和 2.4 倍，远大于 1.5，该县农村地下水面临着严重的污染威胁。据中国农业大学刘光栋等人(2004)

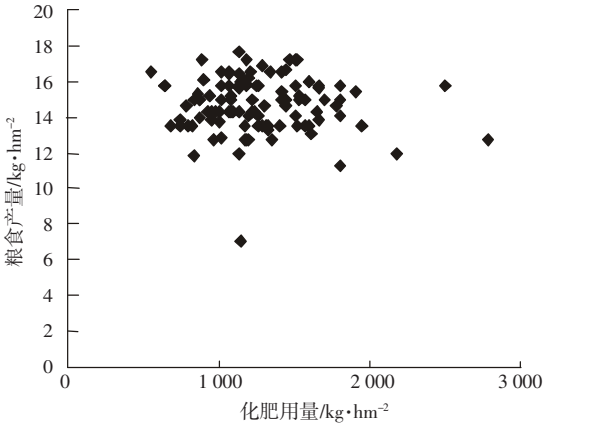


图 2 2003 年 106 个农户粮食产量与化肥用量散点图 (调查数据)

Figure 2 Crop yields and application rates of chemical fertilizer of 106 farmers in Huantai in 2003

调查发现桓台县浅层地下水已经出现了季节性的硝酸盐污染，其中重污染面积占全县面积的 20.4%，中污染面积占 26.1%，轻污染面积占 36.4%，清洁水源只占 17.2%。

2.2 农药施用水平

目前桓台县粮食生产中使用的农药主要是有机磷类、拟除虫菊酯类杀虫剂和各种除草剂，杀菌剂使用不多。2003 年农药商品量和折纯量的单位耕地面积施用量分别是 12.39 和 5.67 kg·hm⁻²，分别比 1996 年增长了 63.24%和 63.40%(表 2)。在各种农药中尤以杀虫剂的施用量增长显著，商品量施用量增长了 71.20%，折纯量施用量增长了 53.73%。其中高毒、剧毒、高残留农药又占较大比重，主要有：敌敌畏、1605(对硫磷)、氧化乐果、久效磷、3911(甲拌磷)。虽然近年来一些中低毒农药，如：杀灭菊酯(氰戊菊酯，中毒)、氯氰菊酯(中毒)、吡虫啉(低毒)和辛硫磷(低毒)等的用量也开始有所增加，但由于近年来病虫害种类不断增加，害虫的抗药性不断演进，使用高毒农药见效快等特点，许多农户还是习惯于大量使用常规高毒农药。且农药的配制比例很高，往往比产品说明书上

的建议用量大 5~8 倍,高的甚至达到 10 多倍。例如,氧(化)乐果的建议用量为 300~450 g·hm⁻²,而调查农户中有的最大用量达到 3 600 g·hm⁻²,是建议用量的 8~12 倍;甲基 1 605 的建议用量为 375~750 g·hm⁻²,实际最大用量为 4 170 g·hm⁻²,是建议用量的 5~11 倍,见表 3。农药的利用效率一般很低,附着在作物上的液剂利用率不超过 20%~30%,粉剂利用率不超过

10%,大部分农药进入环境之中。难降解的有机磷类农药,及其含 Pb、Hg、As、Cd 等重金属农药及其降解物残留在环境中污染水体和土壤。虽然目前还没有对桓台县地下水农药污染的相关研究,但以该县目前的农药施用水平来说对环境存在着不可忽视的潜在污染。

表 3 桓台 1996~2003 年农药单位耕地面积施用量比较(kg·hm⁻²,折纯量,调查数据)

Table 3 The application rates of pesticides in 1996 and 2003 in Huntai County					
项目	年份	总量	除草剂	杀虫剂	杀菌剂
商品量	1996	7.59	2.52	5.07	0
	2003	12.39	2.64	8.68	1.07
	增长率/%	63.24	4.76	71.20	—
纯量	1996	3.46	1.04	2.42	0
	2003	5.67	1.09	3.72	0.86
	增长率/%	63.87	4.81	53.72	—

表 4 农药建议用量与实际用量的比较(g·hm⁻²)

Table 4 Comparisons on practical application rates and recommended dosages for pesticides in Huntai County				
名称	氧乐果	杀灭菊酯	1605	敌敌畏
建议量	300~450	120~180	375~750	600
最小量	0	0	0	0
最大量	3 600	2 250	4 170	3 300

4 结论与建议

(1) 桓台县化肥投入水平较高且投肥比例不合理,氮肥投入过高,磷肥投入趋于合理,钾肥投入严重不足。而同期粮食产量没有随化肥用量的增加而呈相应增加,化肥对粮食的增产效应已经不显著,在现有施肥条件下,化肥不再是粮食生产的限制因素。

(2) 农药施用水平也达到了较高的水平,其中 2003 年农药单位耕地面积施用量(商品量)达 12.39 kg·hm⁻²,且以高毒、高残留农药为主。

长期过量使用化肥,会使土壤板结,地力下降,污染环境,还会使农产品的品质下降;农药的广泛使用不仅严重影响农业生态系统的生态平衡,而且会对农产品和环境带来严重污染。因此,必须加强对化肥、农药的管理,因势利导改善农村生态环境,促进农村粮食生产健康有序发展。在此建议:

(1)加大对农区地下水硝酸盐与农药残留的监察范围和力度,以确定区域水平上农用化学品的投入是否合理,正确地指导宏观决策。

(2)加强立法与执法,把对农用化学品的管理纳入法制轨道,尽早制定出台相应的管理条例,建立社

会经济与生态环境保护的综合决策机制。

(3)充分利用当地媒体,大力宣传农用化学品的不合理使用对农村生态环境和人体健康造成的危害,使农户逐步树立起农业环保意识及可持续发展的观念。

(4)推广化肥深施和平衡施肥技术,增大有机肥的使用和作物秸秆的还田力度。大力发展生物农药,开展以虫治虫、以菌治菌等生物防治技术,同时加强对病虫害发生的预测预报,及时向广大农民提供病虫害发生情况和预防措施等有关信息。

参考文献:

[1] 高阳俊,张乃明.滇池流域地下水硝酸盐污染现状分析[J].云南地理环境研究,2003,15(4):39~42.

[2] 段永惠,张乃明.滇池流域农村面源污染状况分析[J].环境保护,2003,7:28~30.

[3] 华小梅,江希流.我国农药环境污染与危害的特点及控制对策[J].环境科学研究,2000,13(3):40~43

[4] 李季,靳乐山,崔玉亭,等.南方水田农用化学品投入水平及分析——以湖北湖南农户调查为例[J].农业环境保护,2001,20(5):333~336.

[5] 李勇,勒伟,安琼,等.我国东南丘陵取化肥和农药污染状况分析[J].农业环境保护,1998,14(1):24~32.

- [6] 李祖章, 刘光荣, 袁福生. 江西省农业生产中化肥农药污染的状况及防治策略[J]. 江西农业学报, 2004, 16(1): 49–54.
- [7] 刘光栋. 区域农业生产环境影响的价值评估方法及应用—以华北干产粮区桓台县为例[D]. 中国农业大学博士学位论文, 2004.
- [8] 刘惠芬, 任瑞娟, 牟善积, 等. 冬小麦-夏玉米轮作区动态平衡施肥配方的研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(3): 551–554.
- [9] 马立珊, 汪祖强, 张水铭, 等. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(1): 39–37.
- [10] 马文奇, 毛达如, 张福所. 山东省粮食作物施肥状况的评价[J]. 土壤通报, 1999, 30(5): 217–220.
- [11] 苏玉萍, 李忠水, 郑达贤. 农用化学品对福建省农业生态环境的影响及其防治[J]. 福建地理, 2002, 17(4): 4–7.
- [12] 佟屏亚, 易维希. 吨粮田开发的理论与技术(M). 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [13] 王 焰, 邵世保, 杨海腾. 马鞍山市农用化学品污染现状及防治对策[J]. 环境科学动态, 2003, 2: 28–30.
- [14] 吴文良, 张新明, 宗栓金. 桓台县麦玉两熟系统化肥投入与土壤养分资源研究[J]. 中国生态学报, 2003, 11(2): 67–69.
- [15] 曾希柏, 陈同斌. 农用化学品对农业生态环境的影响及其防治[J]. 科技导报, 2000, 4: 56–58.
- [16] 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[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008–1017.
- [17] 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.
- [18] 张新明, 吴文良, 李 季, 等. 麦玉两熟高产农田生态系统氮素的合理调控[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 297–300.
- [19] 赵桂慎. 华北高产粮区农业生态系统生产力持续性研究[D]. 中国农业大学硕士学位论文, 1998.
- [20] 中国农业年鉴编委会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 农业出版社, 2001.