

刘钦普. 江苏省农田化肥使用环境风险评价及影响因素[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(8): 310-312.

# 江苏省农田化肥使用环境风险评价及影响因素

刘钦普

(南京晓庄学院社会发展学院, 江苏南京 211171)

**摘要:**提出了环境风险指数、环境安全阈值的概念, 建立环境风险评估模型, 对江苏省化肥使用强度进行环境风险评估, 并应用灰色关联分析和相关分析方法进行影响因素研究。结果表明, 江苏省苏南地区的 5 个城市中, 除无锡市属于中等环境风险程度外, 其余 4 个城市都属于低等环境风险级别。苏中、苏北地区除徐州市属于严重风险程度外, 其余 7 个城市都属于中等环境风险程度。江苏省农田化肥使用已产生面源污染, 存在中等程度的环境风险, 对大气、土壤、地下水造成了不同程度的危害。

**关键词:**化肥使用强度; 环境风险评估; 面源污染; 灰色关联分析

**中图分类号:** X822.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0310-03

随着社会经济的发展, 面源污染造成的地表水污染问题越来越严重, 全球大约有 30% ~ 50% 的地表水体受到了面源污染的影响<sup>[1]</sup>。农业面源污染已成为美国河流、湖泊的主要污染源, 是造成地下水污染、湿地退化的主要因素<sup>[2]</sup>。在欧洲, 农业面源污染同样是造成水体污染的首要原因, 也是地表水磷富集最主要的原因, 德国某流域因过量施用化肥导致河水中的磷浓度超过 0.2 mg/L<sup>[3]</sup>。我国农业面源污染的现状也比较严重。20 世纪 90 年代以来, 为提高粮食产量, 我国化肥施用量快速增长。2007 年, 我国化肥总施用量为 5 107.8 万 t, 占世界化肥总施用量的 1/3, 单位面积施用量超过世界平均水平的 3 倍<sup>[4]</sup>。2007 年农业面源污染排放的总氮为 270.46 万 t, 总磷为 28.47 万 t, 分别占同期全国排放的 57.19%、67.27%。农业面源污染即将成为我国流域污染的主要因素, 我国七大水系水质总体为中度污染, 湖泊(水库)富营养化问题突出<sup>[5]</sup>。我国化肥利用率并不高, 氮肥利用率为 30% ~ 35%, 磷肥为 15% ~ 20%, 钾肥为 25% ~ 50%, 剩余的养分通过淋溶、固定、挥发等流失到大气、水体、土壤中, 造成土壤板结酸化、重金属超标、水体富营养化等问题。2007 年, 我国海域发生赤潮 82 次, 造成巨大的经济损失, 这都与农田过量使用化肥有关<sup>[6]</sup>。江苏省属于高施肥区, 粮食总产量先后越过 2 500 万 t(1979 年)、3 000 万 t(1983 年)、3 500 万 t(1999 年)大关, 化肥使用量也从 1979 年的 186 kg/hm<sup>2</sup> 上升到 2009 年的 734 kg/hm<sup>2</sup>。1990 年开始, 江苏农业生产出现过剩氮<sup>[7]</sup>。过多的化肥使用, 造成了农业面源污染问题, 导致江苏省农村生态环境遭受破坏。近些年, 不少学者对江苏省农田面源污染及环境风险评估的研究多集中在重金属方面, 对使用化肥引起的面源污染研究较少。本研究首次提出环境安全阈值、环境风险指数概念, 以江苏省农田为研究对象, 对江

苏省农田化肥过量使用潜在的环境风险进行评价, 并且对其影响因素进行分析, 旨在为江苏省治理面源污染、促进农业可持续发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

数据主要来自《江苏统计年鉴 2011》《江苏农村统计年鉴 2011》《生态县、生态市、生态省建设指标(修订稿)》以及有关官方网站发布的资料。部分数据根据往年江苏省统计年鉴基础数据整理、计算获得。

### 1.2 环境风险评价方法

环境风险评价广义上是指对人类的各种社会经济活动所引发或面临的危害(包括自然灾害)对人体健康、社会经济、生态系统等所造成的可能损失进行评估, 并据此进行管理、决策。环境风险评价狭义上指对有毒有害物质(包括化学品、放射性物质)危害人体健康以及对生态系统的影响程度进行概率估计, 并提出减小环境风险的方案、对策。环境安全阈值是指为获得某一作物产量而不危害环境的最大化肥使用量, 其数值根据地理条件、作物种类、目标产量、化肥利用率的不同而变化。化肥使用环境风险指数表示化肥不同使用强度对环境造成潜在危害的程度, 计算公式如下:

$$ERI = FI / (FI + ERT) \quad (1)$$

式中:  $ERI$  为环境风险指数,  $ERT$  为环境安全阈值。

$$FI = M/A \quad (2)$$

式中:  $M$  表示当年化肥使用量(kg),  $A$  表示耕地面积(hm<sup>2</sup>),  $FI$  指本年内单位面积耕地实际用于农业生产的化肥使用量, 即化肥使用强度。化肥使用量按折纯量计算。折纯量是指将氮肥、磷肥、钾肥分别按含氮、五氧化二磷、氧化钾百分之百含量进行折算后的数量。

由公式(1)可见,  $ERI$  介于 1 和 0 之间, 当  $ERI$  等于 0.5 时,  $FI$  与  $ERT$  相等, 是环境安全的临界点。当  $ERI$  趋近于 1 时,  $FI$  大大超过  $ERT$ , 即化肥污染风险极其严重。当  $ERI$  趋近于 0 时, 化肥使用强度趋于 0, 化肥使用强度大大低于环境安全阈值, 是不使用化肥的有机农业。根据环境风险指数远离 0.5 的程度, 以 0.15 为等级变化范围, 把化肥使用环境风

收稿日期: 2013-10-19

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41203087); 江苏省南京市环境科学重点建设学科项目; 南京晓庄学院科研项目(编号: 2012NXY24)。

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与评价研究。E-mail: liuqinpu@163.com。

险从高度安全到严重危险分为 6 个等级(表 1)。环境风险程度的各等级取值范围可根据实际情况进行适当调整。

表 1 环境风险指数分级

等级	环境风险指数	环境风险程度
1	>0.80	严重风险
2	0.66~0.80	中等风险
3	0.51~0.65	低风险
4	0.36~0.50	低安全
5	0.20~0.35	中等安全
6	<0.20	高度安全

1.3 灰色关联分析方法

灰色关联分析是灰色系统分析的主要内容之一,是邓聚龙提出的一种影响因子评价法,它定量分析系统发展过程中各因素之间的变化情况,寻求系统发展过程中各因素之间的主次关系,找出影响目标值的重要因素。通过比较序列的变化态势相近或相异程度进行评价,变化态势相近则关联程度大,反之关联度较小。计算方法如下:

设参考数据列(即目标值)为  $x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))$ , 比较数据列(即影响因子)为  $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)) (i = 1, 2, \dots, m)$ 。

$$\xi_i(k) = \xi[x_0(k), x_i(k)] = \frac{\min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (3)$$

式中: $\rho$  为分辨系数,且  $\rho$  的取值在 0~1 之间,通常取  $\rho = 0.5$ ;  $\xi_i(k)$  是关联系数,即第  $k$  个时刻比较曲线  $x_i$  与参考数列曲线  $x_0$  的相对差值; $\min_k |x_0(k) - x_i(k)|$  为 2 个层次的最小差; $\max_k |x_0(k) - x_i(k)|$  为 2 个层次的最大差。依据  $\xi_i(k)$ , 可求出各个时刻关联系数的平均值即关联度。

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

式中: $\gamma_i$  为比较数列  $x_i$  对参考数列  $x_0$  的关联度。若  $x_i$  与  $x_0$  的关联度大,表明  $x_i$  是与  $x_0$  发展趋势最接近的因素,或者是对  $x_0$  影响最大的因素。

2 结果与分析

2.1 农田化肥使用强度分布特征

由表 2 可见,2010 年江苏省不同城市化肥施用强度分布有一定的规律性,从南到北呈逐渐增高趋势。全省平均化肥施用强度为 643 kg/hm<sup>2</sup>,苏南地区化肥施用强度比全省平均低 35%,苏中地区化肥施用强度比全省平均低 19%,苏北地区化肥施用强度比全省平均高 40%。徐州市化肥施用强度最高。江苏省不同城市化肥使用强度与社会经济发展水平高低呈相反的趋势。苏南地区经济发展水平高,化肥使用强度低;苏北地区经济发展水平低,化肥使用强度高。

2.2 农田化肥使用强度风险评价

国外一些发达国家把 225 kg/hm<sup>2</sup> 作为农田化肥的使用上限。我国生态县建设中化肥使用强度的评价标准是小于 250 kg/hm<sup>2</sup>,本研究定义 250 kg/hm<sup>2</sup> 为环境安全阈值。由表 3 可知,苏南的 5 个城市中,除无锡市属于中等环境风险程度外,其余 4 个城市都属于低等环境风险级别。苏中、苏北地区

表 2 2010 年江苏省不同城市化肥使用强度

城市	化肥使用强度(kg/hm <sup>2</sup> )	城市	化肥使用强度(kg/hm <sup>2</sup> )	城市	化肥使用强度(kg/hm <sup>2</sup> )
南京市	372.24	南通市	524.17	淮安市	740.26
常州市	406.40	泰州市	616.14	盐城市	776.26
镇江市	410.55	扬州市	634.86	宿迁市	876.94
苏州市	412.88	苏中平均	519.72	连云港市	914.82
无锡市	481.95			徐州市	1 191.59
苏南平均	416.80			苏北平均	899.97
				全省平均	643.00

除徐州市属于严重风险程度外,其余 7 个城市都属于中等环境风险程度。也就是说,江苏省农田化肥使用已产生面源污染,存在中等程度的环境风险,将对大气、土壤、地下水造成不同程度的危害。

表 3 江苏省 2010 年化肥使用潜在的环境风险指数及风险程度

城市	环境风险指数	环境风险程度
南京市	0.60	低
常州市	0.62	低
镇江市	0.62	低
苏州市	0.62	低
无锡市	0.66	中等
南通市	0.68	中等
泰州市	0.71	中等
扬州市	0.72	中等
淮安市	0.75	中等
盐城市	0.76	中等
宿迁市	0.78	中等
连云港市	0.79	中等
徐州市	0.83	严重
全省平均	0.72	中等

过多地使用化肥,不仅不能提高作物产量,还会引起环境污染。地表水、地下水中铵含量的增加主要源于施入农田氮肥的流失。从农田进入地表水体的氮占人类活动排入水体氮的 50% 以上。施用的铵态氮肥中有 13%~28% 的氨气逸入大气;土壤中的氮肥经过硝化、反硝化作用,均可产生大量的 N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>O 单位分子量的增温潜能是 CO<sub>2</sub> 的 200 倍。施入土壤的大量氮肥导致土壤逐渐酸化、板结,农产品品质下降,蔬菜中硝酸盐含量严重超标,直接危害人体健康。监测结果表明,连云港市河流、水库、沿海水域以及地下水中普遍存在氮、磷元素超标的现象,这与化肥的过量使用关系较大。连云港市城区内的 7 条河流中,非离子氨超标严重,其中有 5 条河流的年超标率为 100%。连云港市水库氮磷污染问题较严重。因此,在提高农作物产量的同时,降低化肥的使用量,减轻农田面源污染是当前江苏省农业生产面临的艰巨任务。据统计,2011 年江苏省化肥使用量为 337.2 万 t,比 2010 年下降 1.1%,其中,氮肥、磷肥、钾肥使用量分别比 2010 年下降 3.1%、0.4%、2.0%,农村生态环境有所改善。

2.3 农田化肥使用强度影响因素关联分析

选取耕地面积占土地面积比例、复种指数、农民人均收入、务农人口占总人口比例、灌溉面积占耕地面积比例、人口密度、粮棉油作物产量等几个指标进行化肥使用强度灰色关联度分析。

由表 4 可知,影响化肥使用强度的主要因素包括务农人口占总人口比例、粮棉油作物产量、耕地面积占土地面积的比例、复种指数、灌溉面积占耕地面积比例等。其中,务农人口占总人口比例、粮棉油作物产量、耕地面积占土地面积的比例 3 个因素是影响化肥使用强度的最主要因素,这 3 个因素都与化肥使用强度呈正相关。通过降低耕地面积、复种指数来实现降低化肥使用强度的目的不太可能,只有采取降低务农

人员比例这一措施。苏北地区经济欠发达,农业从业人员比例高,农业经营规模相对较小,许多农民按照传统的施肥习惯,认为施肥越多,粮食产量越高。因此,提高农业经营规模、加快农业劳动力转移、提高农民素质、推广配方施肥及科学施肥技术,是减轻化肥污染、促进江苏省农业可持续发展、改善农村生态环境的重要措施。

表 4 化肥使用强度影响因素的关联系数及关联度排序

城市	人口密度	耕地面积比例	复种指数	灌溉面积比例	农民人均收入	务农人口比例	粮棉油作物产量
南京市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
无锡市	0.84	0.72	0.80	0.96	0.97	0.65	0.92
徐州市	0.36	0.42	0.41	0.37	0.35	0.53	0.44
常州市	0.85	0.95	0.94	0.99	0.97	0.91	0.80
苏州市	0.80	0.77	0.85	0.93	0.86	0.70	0.96
南通市	0.76	0.88	0.94	0.82	0.72	0.93	0.89
连云港市	0.43	0.54	0.50	0.49	0.42	0.88	0.69
淮安市	0.48	0.67	0.61	0.53	0.49	0.88	0.88
盐城市	0.45	0.61	0.64	0.55	0.50	0.76	0.80
扬州市	0.57	0.74	0.72	0.70	0.61	0.66	0.84
镇江市	0.78	0.93	0.93	0.92	0.91	0.75	0.79
泰州市	0.64	0.88	0.79	0.71	0.62	0.99	0.76
宿迁市	0.44	0.58	0.52	0.49	0.43	0.92	0.66
关联度	0.65	0.74	0.74	0.73	0.68	0.81	0.80
排序	7	3	4	5	6	1	2

3 结论与讨论

本研究结果表明,目前江苏省 13 个地级市普遍存在农田化肥使用过量的问题,环境污染风险较大。其中 4 个市存在轻度风险,8 个市存在中等程度环境风险,1 个市存在严重风险。化肥使用量地理分布特征明显,已对江苏省生态环境构成潜在威胁。导致江苏省化肥使用强度过高的原因是多方面的,务农人口占总人口比例过高是主要原因。苏北地区经济欠发达,农民过量使用化肥不仅没有提高作物产量,反而对生态环境造成严重危害。因此,加快苏北地区农业劳动力转移、扩大农业经营规模,是提高农业生产效率、保护农村生态环境的重要措施。与此同时,应对广大农民进行教育、培训,推广测土配方施肥技术,提倡施用有机肥、复合肥,减少化肥施用量,促使养分最大限度地在农田生态系统内循环,使农业由高投入、高污染的无机农业模式过渡到可持续发展的生态农业模式。土壤是人类赖以生存发展的物质基础,我国土壤环境形势严峻,对生态环境、食品安全、农业可持续发展已构成威胁。大力加强土壤环境保护工作,当务之急是尽快制定土壤环境保护法。我国保护土壤环境的法律基本上还是空白,土壤环境标准体系也不健全。国家应该尽快出台有关法律,对化肥、农药等化学物质的使用应有相应的规定。可以综合考

虑各地农业生产的社会、生态、经济效益,根据具体情况确定环境安全阈值。随着施肥技术的进步以及化肥利用率提高,化肥使用环境安全阈值可以小于国家规定的生态县化肥使用强度标准(250 kg/hm<sup>2</sup>)。环境风险程度级别的划分可以根据各地对环境标准的要求不同进行调整。

参考文献:

[1]Dennis L C,Peter J V,Keith L. Modeling non point source pollutants in vadose zone with GIS[J]. Environmental Science and Technology, 1997,31(8):2157-2175.  
[2]耿士均,陆文晓,王 波,等. 农业面源污染的现状与修复[J]. 安徽农业科学,2010,38(25):13993-13996.  
[3]杨爱玲,朱颜明. 地表水环境非点源污染研究[J]. 环境科学进展,1999(5):60-67.  
[4]丁 锁,臧宏伟. 我国农业面源污染现状及防治对策[J]. 现代农业科技,2009(23):275-276.  
[5]赵其国,骆永明,滕 应,等. 当前国内外环境保护形势及其研究进展[J]. 土壤学报,2009,46(6):1146-1154.  
[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]陈同斌,曾希柏,胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异[J]. 地理学报,2002,57(5):531-538.

(上接第 205 页)

低温、干燥、避光、通风良好、无鼠害的仓库中。50 kg 各种畜禽饲料中添加的草粉量分别为:猪 1~3 kg,鸡 0.2~0.5 kg,鹅 0.5~1.0 kg,兔 0.2~0.4 kg,牛 10~15 kg,羊 4~8 kg。

参考文献:

[1]刘光德,李名扬,祝钦洸,等. 资源植物野生金荞麦的研究进展

[J]. 中国农学通报,2006,22(10):380-389.  
[2]邓 蓉,张定红,王安娜,等. 金荞麦鲜草高产栽培技术研究[J]. 贵州畜牧兽医,2012,36(6):52-55.  
[3]向清华,邓 蓉,张定红,等. 贵州金荞麦营养成分、生长性能及繁殖技术研究[J]. 种子,2012,31(7):93-94,98.  
[4]邓 蓉,张定红,王安娜,等. 金荞麦青贮试验效果研究[J]. 草业与畜牧,2012(9):5-7.