

山东省农业污染综合分析与评价

高新昊¹, 张绍迎², 江丽华¹, 刘兆辉¹, 徐钰¹, 郑福丽¹

(1. 山东省农业科学院 土壤肥料研究所, 山东 济南 250100; 2. 山东省章丘市农业局, 山东 章丘 250200)

摘要: 山东省的农业生产在全国占有重要地位, 然而农业非点源污染的日益严重使产地环境质量问题日趋突出, 对优势农产品的生产与出口构成巨大威胁。从化肥、畜禽粪便、生活排污、秸秆、农药、地膜 6 个方面分析了目前山东省农业污染的主要影响因素, 计算了 2001—2006 年主要污染源中氮、磷元素的排放量与流失量。结果表明, 农业生产过程中农业化学品的大量投入与农业废弃物的大量产出及不合理利用, 是目前山东省农业污染发生的主要原因; 在对氮、磷流失负荷的贡献上, 畜禽粪便、化肥与生活排污是农业污染的 3 种主要污染源, 2006 年 3 种污染源共造成 6.73×10^5 t 氮素与 1.35×10^5 t 磷素流失, 其中畜禽粪便、化肥与生活排污分别占 50.78%, 41.99%, 7.22% 与 80.30%, 11.78%, 7.93%; 山东省农业污染在源头预防层次上应重点加强两方面的研究, 一是化肥等农用化学品的高效施用技术, 二是畜禽粪便等农产废弃物的资源化利用技术。

关键词: 农业污染; 污染源; 氮磷流失

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0182-05

中图分类号: S181, X824

Analysis and Evaluation of Agricultural Pollution Status in Shandong Province

GAO Xin-hao¹, ZHANG Shao-ying², JIANG Li-hua¹, LIU Zhao-hui¹, XU Yu¹, ZHENG Fu-li¹

(1. Soil and Fertilizer Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100, China;

2. Zhangqiu Agricultural Bureau of Shandong Province, Zhangqiu, Shandong 250200, China)

Abstract: Agricultural production in Shandong Province exhibits an important status in China. However, the increasingly serious occurrence of agricultural pollution severely affects the advantage agricultural production and the environmental quality of its prominent origins. The main factors were analyzed in the 6 aspects of fertilizer, poultry and livestock manure, living sewage, straw, pesticide, and agricultural plastic film. Nitrogen and phosphorus loss from 2001 to 2006 was calculated. Results showed that the main causes for agricultural pollution in Shandong Province are the excessive input of agricultural chemicals and the excessive output of agricultural wastes, as well as their unreasonable utilization. Manure, fertilizer, and living sewage were the three main sources in terms of the contribution to nitrogen and phosphorus loss. In 2006, the three sources caused a total loss of 672 700 ton nitrogen and 135 000 ton phosphorus, among which, to Nitrogen loss load, manure, fertilizer, and living sewage accounted for 50.78%, 41.99%, and 7.22% and to phosphorus loss load, 80.30%, 11.78%, and 7.93%, respectively. More attentions should be paid to the researches on high effective application techniques of agricultural chemicals and utilization techniques of agricultural wastes as to the prevention of agricultural pollution sources in Shandong Province.

Keywords: agricultural pollution; pollution source; nitrogen and phosphorus loss

山东省是我国农业大省, 优势农产品的生产与出口在全国占有重要地位。据中国农业年鉴^[1], 2005 年全省菜果种植面积 3.20×10^6 hm^2 , 约占全国菜果总面积的 13%, 产量 1.00×10^8 t 以上, 占全国菜果

总产量的 16%, 仅蔬菜一项就实现产值 914 亿元; 蔬菜出口达到 2.00×10^6 t, 创汇 10 亿美元以上, 占全国的 1/3; 果品出口 3.00×10^5 t 以上, 创汇近 2 亿美元, 出口产值占全国的 1/5 以上; 山东蔬菜产业在种

收稿日期: 2009-11-12

修回日期: 2010-03-25

资助项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项“基于不同生态位植物搭配种植模式下土壤硝酸盐淋溶阻控技术研究”(2008ZX07425-001-03); 国家科技支撑计划“沿南四湖南水北调过水区农业面源污染高效防控技术研究与示范”(2007BAD87B05); 山东省博士后创新基金“山东省农业面源污染评价体系的构建及典型区污染评价”(200803018)

作者简介: 高新昊(1979—), 男(汉族), 山东省莱芜市人, 博士, 副研究员, 主要从事农业环境等方面的研究。E-mail: gaoxinhao@yahoo.com.cn

通信作者: 刘兆辉(1963—), 男(汉族), 山东省菏泽市人, 博士, 研究员, 研究方向为植物营养与农业环境。E-mail: liuzhaohui@saas.ac.cn

植面积、产量和效益等方面已连续 15 a 位居全国第一。同时山东畜牧业在我国具有重要地位,其中禽肉是山东省的优势出口畜产品,出口量占全国总量的 30%,年创汇 1.5 亿美元。

山东优势农产品产业的快速发展对满足日益增长的国内外市场消费需求,带动我国东部沿海地区农业结构战略性调整和优化升级,增加农民收入以及社会主义新农村建设做出了巨大贡献。然而,在创造巨大效益的同时,农业污染问题日趋突出,对农产品质量安全、农业出口创汇与可持续发展及人民群众身体健康构成较大威胁。据山东省环境状况公报(2007),2007 年山东省省控 4 个湖泊 12 个监测点中,南四湖 4 个监测点符合Ⅲ类标准,其它 8 个监测点均劣于Ⅲ类标准,其中南四湖、大明湖、东平湖属轻度富营养化,马踏湖属重度富营养化,主要污染物为总氮和总磷。同时,受化肥不合理投入等因素的影响,全省较多地市存在地下水硝酸盐污染的问题^[2-4],山东省农业非点源污染形势严峻。然而,目前关于山东省农业污染源系统分析的研究报道甚少,未能区分氮磷流失的主要污染源,对农业污染的源头预防带来困难。

本文从化肥、畜禽粪便、生活排污、秸秆、农药、地膜 6 个方面分析了目前山东省农业污染的主要影响因素,计算了主要污染源中氮、磷元素的排放量与流失量,确定了重点污染源,以期对山东省农业污染的源头预防提供依据。

1 材料与方法

山东省相关基础数据来自山东统计年鉴^[5]。复合肥养分含量按含 N、P₂O₅、K₂O (15 均为 15%) 计算;畜禽粪便排放量及其中氮、磷元素含量根据猪、牛、羊、家禽的每年出栏数,参照国家环境保护总局发布的排泄系数^[6]计算得到;秸秆中氮、磷含量参照全国农业技术推广服务中心推荐的相关数据^[7]计算得到;农村生活排污由生活污水与人粪尿 2 部分构成,氮、磷排放量依据农村人口数量,参照相关排污系数^[8]计算得到。各污染源氮、磷流失量由排放量与流失系数的乘积得到,流失系数参照相关研究结果,设定化肥中氮、磷流失率为当年施肥量的 11% 与 3%^[9],畜禽粪便流失率为 30%^[10-12],生活排污中生活污水流失率为 85%,人粪尿为 10%^[8-9]。

2 结果与分析

2.1 化肥污染

1987 年以来山东省化肥使用量整体处于不断增加的变化趋势,仅在 1993 年出现波动(图 1)。2006

年,化肥使用量达到 4.89×10^6 t(折纯,下同),较 20 a 前增加了 1.5 倍,占全国化肥用量的 9.94%,其中氮肥占 9.42%,磷肥 9.88%,钾肥 11.47%。

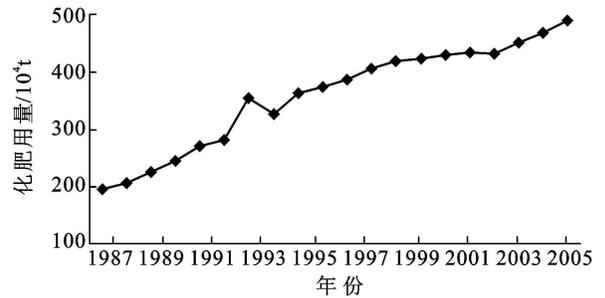


图 1 1987—2006 年山东省化肥使用量变化趋势

从 2001 年以来的化肥施用构成来看(表 1),5 a 间氮、磷、钾肥用量分别增加了 5.45%, 21.06%, 31.63%, 施肥比例从 1: 0.413: 0.348 变化为 1: 0.474: 0.434, 施肥结构趋于合理。按照目前 N 35%, P₂O₅ 19.5%, K₂O 47.5% 的全国化肥平均利用效率^[13-14], 2006 年全省当年化肥投入中有近 1.67×10^6 t 氮肥, 9.8×10^5 t 磷肥残留于土壤或进入大气、水体,对产地环境构成污染。

表 1 2001—2006 年山东省化肥使用量及构成 10⁴ t

年份	总量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N: P ₂ O ₅ : K ₂ O
2001	428.62	243.50	100.47	84.64	1: 0.413: 0.348
2002	433.92	239.50	104.39	90.03	1: 0.436: 0.376
2003	432.65	233.63	106.10	92.92	1: 0.454: 0.398
2004	450.96	239.98	112.38	98.61	1: 0.468: 0.411
2005	467.63	248.28	115.97	103.38	1: 0.467: 0.416
2006	489.82	256.78	121.63	111.41	1: 0.474: 0.434

2.2 畜禽粪便污染

本文计算了 1987—2006 年山东省畜禽粪便的排放量,并与工业固体废弃物的产生量进行了比较。由图 2 可见,20 a 间山东省畜禽粪便的排放量持续增加,2006 年达到 1.95×10^8 t,是同年全省工业固废产生量的 1.77 倍。同时,畜禽粪便排放量均高于工业固废的产生量,最大差距出现在 2000 年,是同年工业固废产生量的 2.57 倍。相关研究表明,畜禽粪便对土地总体负荷警戒安全值为 0.4,而山东省负荷警戒值已超过 4.9,对生态环境构成巨大威胁^[15]。

2001—2006 年山东省畜禽粪便中总氮、总磷的排放量见表 2。不同年份畜禽粪便中总氮排放量均明显高于总磷,总氮、总磷排放量构成中均以家禽粪便贡献率最大,而羊粪便所占比例较少。2006 年畜禽粪便中总氮、总磷的排放量分别接近 1.14×10^6 t

与 3.6×10^5 t, 占当年全省氮、磷肥施用量的 44.35% 与 68.05%。

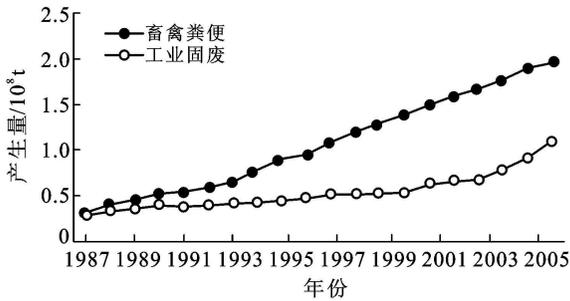


图 2 1987 年以来山东省畜禽粪便产生量及与工业固废产生量的比较

2.3 生活排污

山东省是农业大省, 农业人口占总人口数超过 65%。由于农村地区经济发展相对落后, 居住分散等原因, 农村环境问题的治理难度增加, 生活排污成为影响农村污染的重要因素之一。本文计算了 2001—2006 年山东省农村生活污水与人粪尿中的总氮、总磷排放量(表 3)。农村生活排污中污染物的排放以总氮显著高于总磷, 而污染源的构成中, 人粪尿对 TN, TP 排放量的贡献均远高于生活污水。2006 年, 山东省农村生活排污共产生 TN 2.207×10^5 t, TP 4.05×10^4 t, 占当年氮、磷肥施用量的 8.59%, 7.63%, 其中人粪尿是主要污染源, 分别占 TN, TP 排放量的 83.96% 与 78.27%。

表 2 2001—2006 年以来山东省畜禽粪便中总氮、总磷排放量

10^4 t

年份	TN					TP				
	牛	猪	羊	家禽	合计	牛	猪	羊	家禽	合计
2001	28.22	16.21	7.32	32.75	84.50	4.65	6.11	1.44	13.70	25.90
2002	29.82	17.15	7.66	34.75	89.38	4.92	6.47	1.51	14.53	27.43
2003	31.11	18.11	7.90	37.35	94.47	5.13	6.83	1.56	15.62	29.14
2004	32.42	19.53	8.30	40.38	100.63	5.34	7.36	1.64	16.89	31.23
2005	33.40	20.51	8.69	47.76	110.36	5.51	7.73	1.71	19.97	34.92
2006	34.26	21.11	8.76	49.74	113.87	5.65	7.96	1.73	20.80	36.14

表 3 2001—2006 年山东省生活排污中总氮、总磷含量 10^4 t

年份	TN			TP		
	生活污水	人粪尿	总计	生活污水	人粪尿	总计
2001	3.80	19.91	23.71	0.95	3.41	4.36
2002	3.76	19.69	23.45	0.94	3.37	4.31
2003	3.66	19.20	22.86	0.92	3.29	4.21
2004	3.63	19.01	22.64	0.91	3.26	4.17
2005	3.54	18.56	22.10	0.89	3.18	4.07
2006	3.54	18.53	22.07	0.88	3.17	4.05

2.4 秸秆污染

2001—2006 年山东省几种主要农作物秸秆产量

表 4 2001—2006 年山东省几种主要作物秸秆产量

10^4 t

年份	玉米	小麦	花生	棉花	薯类	大豆	水稻	谷子	高粱
2001	1 838.84	1 820.67	553.62	265.54	151.58	145.60	99.07	21.66	14.24
2002	1 579.24	1 701.77	500.78	245.48	110.94	118.14	98.42	18.26	12.90
2003	1 369.22	1 721.53	533.45	298.11	138.92	110.64	70.10	18.00	12.76
2004	1 798.98	1 743.02	547.95	373.22	122.96	114.67	81.53	16.94	11.56
2005	2 082.49	1 980.58	539.85	287.74	99.55	104.14	86.22	14.95	9.80
2006	2 113.54	2 078.77	532.52	347.85	104.57	99.39	95.95	13.02	10.00

注: 秸秆产量为风干物。

由表 5 可见, 2006 年山东省秸秆产量近 5.396×10^7 t, 其中氮、磷含量 4.711×10^5 t, 6.17×10^4 t, 占同

见表 4, 玉米秸、麦秸、花生秸与棉花秸是目前山东省农作物秸秆的主要组成部分, 其中玉米秸与麦秸占秸秆总量的 72.3% ~ 78.1%。近年来, 随着社会的发展与人们生活水平的提高, 农村生活用能结构发生了较大改变, 生活用秸秆数量大幅度减少, 而现代科学的秸秆利用方式尚不成熟, 目前全省农作物秸秆的综合利用现状并不理想。据相关调查研究, 仍有近 50% 左右的秸秆被焚烧或废弃^[16-17], 造成严重的环境污染与资源浪费, 并成为农业污染的一个重要污染源。

年全省氮、磷肥施用量的 18.35% 与 11.62%。同时, 作物秸秆中富含碳水化合物、蛋白质及多种大量与微

量元素,因此应加强秸秆的饲料化、肥料化等资源化利用途径,变废为宝,降低其焚烧或废弃对生态环境造成的污染。

表5 2001—2006年山东省秸秆产量及其氮、磷含量 10^4 t

年份	风干物	烘干物	TN	TP
2001	4 910.81	4 419.73	44.64	5.75
2002	4 385.92	3 947.33	39.35	5.05
2003	4 272.74	3 845.47	39.09	4.92
2004	4 810.82	4 329.74	43.65	5.62
2005	5 205.33	4 684.80	45.63	5.97
2006	5 395.61	4 856.04	47.11	6.17

注:按秸秆风干物含水量为10%计算烘干物产量。

2.5 农药污染

2001—2006年山东省农药使用量整体处于波状增加的趋势(表6),2006年农药施用量约 1.7×10^5 t,占全国总用量的11.19%,单位面积农药施用量近 16 kg/hm^2 ,是全国平均的1.58倍。相关研究表明,由于农药制剂的物理、化学性能局限,真正作用于作物上的仅占施用量的10%~30%,其余20%~30%进入大气和水体,50%~60%残留于土壤中^[18-19]。按照30%的最高利用率进行估算,2006年山东省有近 1.2×10^5 t的农药进入环境,对农产品产地环境质量安全构成巨大威胁。

表6 2001—2006年山东省农药施用状况及与全国的比较

年份	用量/ 10^4 t		施药水平/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	
	山东省	全国	山东省	全国
2001	14.50	127.48	12.87	8.19
2002	16.37	131.23	14.82	8.49
2003	17.09	132.52	15.70	8.69
2004	15.39	138.60	14.28	9.03
2005	15.56	145.99	14.49	9.39
2006	17.13	153.70	15.97	10.10

2.6 地膜污染

地膜的大量使用在增加巨大经济效益的同时,使

土壤“白色污染”日益严重。目前,地膜使用后的回收率不足30%^[16],残留地膜进入土壤以后,破坏了土壤的整体性和通透性,对土壤容重、土壤含水量以及土壤的孔隙度等物理性状有极显著的影响,最后导致作物产量与品质的下降。2001—2006年,山东省农膜、地膜用量不断增加,地膜使用量占农膜的40.47%~43.80%,同时地膜覆盖面积整体上处于增加的趋势,6 a间地膜使用量增加38.82%,地膜覆盖面积增加62.02%(表7)。2006年山东省地膜施用量占全国总用量14.36%,地膜覆盖面积占全省耕地面积的34.58%。随着农业种植技术的发展,高产栽培越来越普遍,地膜的覆盖面积还将增加,地膜的使用量及残留量也会相应增加,带来的污染也越来越严重。

表7 2001—2006年山东省农膜、地膜使用状况

年份	农膜/ 10^4 t	地膜/ 10^4 t	覆盖面积/ 10^4 hm^2
2001	25.77	10.43	146.85
2002	29.22	12.58	165.17
2003	30.57	12.71	171.51
2004	32.72	14.33	190.63
2005	33.16	14.44	238.28
2006	34.35	14.47	237.93

2.7 几种主要污染源氮磷元素流失量

参照相关研究结果,计算出2001—2006年山东省畜禽粪便、化肥、生活排污3种主要污染源中氮、磷元素的流失量(表8)。整体来看,在氮素的流失中,化肥与畜禽粪便的贡献率明显高于生活排污,2006年3种污染源造成氮素流失约 6.70×10^5 t,其中畜禽粪便占50.78%,化肥占41.99%,生活排污占7.22%;磷素流失中,化肥与生活排污基本持平,并明显低于畜禽粪便,2006年3种污染源共造成 1.35×10^5 t磷素的流失,其中畜禽粪便占80.30%,化肥占11.78%,生活排污占7.93%。

表8 2001—2006年山东省几种主要污染源氮磷元素流失量

年份	TN				TP			
	化肥	畜禽粪便	生活排污	总计	化肥	畜禽粪便	生活排污	总计
2001	26.79	25.35	5.22	57.36	1.32	7.77	1.15	10.24
2002	26.35	26.81	5.17	58.33	1.37	8.23	1.14	10.74
2003	25.70	28.34	5.03	59.07	1.39	8.74	1.11	11.24
2004	26.40	30.19	4.99	61.58	1.47	9.37	1.10	11.94
2005	27.31	33.11	4.87	65.29	1.52	10.48	1.07	13.07
2006	28.25	34.16	4.86	67.27	1.59	10.84	1.07	13.50

3 结论

山东省农业的发展在全国占有重要地位,然而农业生产过程中农用化学品的不合理投入、农业废弃物的不合理处置使得农业污染发生严重,地表水与地下水均受到不同程度污染^[3,4,20]。本文从化肥、畜禽粪便、生活排污、秸秆、农药、地膜 6 个方面分析了目前山东省农业污染的主要影响因素,结果表明农业生产过程中农业化学品的大量投入与农业废弃物的大量产出及其不合理利用,是目前农业污染发生的主要原因。在对氮、磷元素排放量与流失量的贡献上,化肥、畜禽粪便与生活排污是 3 种主要污染源,2006 年 3 种污染源共造成约 6.73×10^5 t 与 1.35×10^5 t 的氮素和磷素损失,其中畜禽粪便贡献率最大,分别占氮素、磷素流失量的 50.78% 与 80.30%。

农业污染的发生是一个复杂而相对漫长的过程^[21],其防治应坚持源头预防、过程阻断、末端治理 3 个层次并重的原则。然而,农业污染一旦形成,尤其是地下水污染,其治理绝非易事,因此源头预防应该成为农业污染综合防治的重点。目前山东省农业污染的源头预防应重点加强 2 方面的研究,首先通过施用技术的改进与新型产品的应用,降低化肥、农药等传统农业化学品的投入量,提高其利用效率,降低其对水环境污染的威胁;另一方面,重点研究畜禽粪便、生活排污等农产(村)废弃物的资源化利用技术,变废为宝,减少其流失对生态环境造成的污染。

[参 考 文 献]

- [1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴(2006) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 177-195.
- [2] 董章杭, 李季, 孙丽梅. 集约化蔬菜种植区化肥施用对地下水硝酸盐污染影响的研究: 以“中国蔬菜之乡”山东省寿光市为例 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1139-1144.
- [3] 赵同科, 张成军, 杜连凤, 等. 环渤海七省(市)地下水硝酸盐含量调查 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(2): 779-783.
- [4] 刘光栋, 吴文良, 刘仲兰, 等. 华北农业高产粮区地下水
- 面源污染特征及环境影响研究: 以山东省桓台县为例 [J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 125-129.
- [5] 山东统计局. 山东统计年鉴(2002—2007) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2002—2007.
- [6] 国家环境保护总局自然生态保护司. 全国规模化畜禽养殖业污染情况调查及防治对策 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 77-78.
- [7] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料资源 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 121-122.
- [8] 叶飞, 卞新民. 江苏省水环境农业非点源污染等标污染指数的评价分析 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(S): 137-140.
- [9] 朱丹丹. 大庆地区农业非点源污染负荷研究与综合评价 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007: 19-43.
- [10] 孔源, 韩鲁佳. 我国畜牧业粪便废弃物的污染及其治理对策的探讨 [J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(6): 93-96.
- [11] 段勇, 张玉珍, 李延凤, 等. 闽江流域畜禽粪便的污染负荷及其环境风险评价 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(3): 55-59.
- [12] 张绪美, 董元华, 王辉, 等. 江苏省畜禽粪便污染现状及其风险评价 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(4): 12-15.
- [13] 陈同斌, 陈世庆, 徐鸿涛, 等. 我国农用化肥氮磷钾需求比例的研究 [J]. 地理学报, 1998, 53(1): 32-41.
- [14] 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.
- [15] 杨国义, 陈俊坚, 何嘉文, 等. 广东省畜禽粪便污染及其综合防治对策 [J]. 土壤肥料, 2005(2): 46-49.
- [16] 李俊良, 辛言君, 梁素娥. 农业生态环境保护与山东省的生态省建设研究 [J]. 山东工商学院学报, 2006, 20(2): 85-96.
- [17] 董佑福, 侯方安. 山东省农作物秸秆综合利用产业化发展研究 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(S): 192-195.
- [18] 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.
- [19] 米长虹, 黄士忠, 王继军, 等. 农药对农田土壤的污染及防治技术 [J]. 农业环境与发展, 2000, 17(4): 23-25.
- [20] 董金梅, 刘祥栋, 娄山重, 等. 山东省地表水体污染分析 [J]. 山东水利, 1999(1): 44-46.
- [21] 朱立安, 王继增, 胡耀国, 等. 畜禽养殖非点源污染及其生态控制 [J]. 水土保持通报, 2005, 25(2): 40-43.