

农药对地下水环境影响评价研究

王东胜,陈凯麒,鲁光四,朱 瑶

(中国水利水电科学研究院水环境研究所,北京 100038)

摘要 在借鉴前人研究成果的基础上,提出农药对地下水影响评价的基本方法,并应用于利用世界银行贷款发展节水灌溉项目的评价中,给出一些农药的化学性质及其在土壤中的迁移特性,同时提出农药对地下水污染的预防措施。

关键词 地下水 农药 环境影响评价

中图分类号 X592 P641.12

文献标识码 A

文章编号 1004-6933(2004)02-0013-02

为了减少病虫害对农作物的影响与危害、提高粮食产量,人们在农田中使用大量的、种类繁多的农药,而农药带来的环境污染问题也越来越引起人们的关注。美国环境保护局国家农药调查项目的结果表明,土壤中农药的种类及其降解的衍生物达 100 多种^[1]。由于农药的种类很多且化学成分复杂,目前对其在环境中的行为的研究尚处于理论研究阶段,许多方面都是科学上未知的领域。在理论与调查结果都非常不完善的情况下,准确确定农药对环境的影响非常困难。我国在这方面的研究非常欠缺,尚无详细的统计资料。2000 年我国利用世界银行贷款在北京、沈阳、青岛、河北 4 省市发展节水灌溉,其中农药对地下水环境的影响是世界银行和国家相关部门关注的重点问题。

本文充分借鉴美国和欧盟的理论研究成果,结合利用世界银行贷款发展节水灌溉项目,对农药在环境中的行为及其影响作出宏观评价,并从控制地下水污染的角度提出使用农药的措施。

1 农药在土壤中的行为及其迁移性

影响农药在土壤中的迁移与转化的因素很多,这既与农药本身的物理化学性质有关,也与土壤的性质有关。一般而言,土壤含水量低,农药的吸附能力加强,移动性减少;温度升高,吸附减少,移动性增强;土壤黏土含量和有机质含量高,吸附量增加;pH 值的变化对农药的移动性也有较大的影响,特别是有机磷类农药,在 pH 值高的土壤中移动性明显增强。土壤中有有机质含量高还有助于农药的降解。这些特征影响了农药在土壤中的降解速率及降解产

物,影响了农药在水土系统的行为,如淋滤、挥发和生物的利用等^[2,3]。

评价农药在土壤中的潜在迁移性的一个关键因素就是评价其在土壤溶液中固液相间的分配,其中的一个特征参数就是吸附系数 K_d (吸附在土壤中农药浓度与土壤溶液中农药浓度之比)。大量研究表明, K_d 与土壤中的有机物含量有很好的相关性,因此, K_d 值用单位有机物含量 (K_{om}) 或单位有机碳含量 (K_{oc}) 来表示, $K_{om} = 100K_d / \text{有机物含量}$, $K_{oc} = 100K_d / \text{有机碳含量}$, 单位均为 cm^3/go 。

一般的文献中多以 K_{oc} 值来表示,称为有机碳吸附系数。研究表明,如果农药的 $K_{oc} < 50$, 被认为具有强迁移特性, K_{oc} 为 150 ~ 500 具中等迁移特性, $K_{oc} > 2000$ 具微迁移特性。

另一个表征农药在土壤中降解的参数为田间半衰期 ($T_{0.5}$), 这是一个综合性指标, 包含了所有的降解过程, 如生物和非生物的降解、挥发、淋溶、植物吸收等, 而且是与具体地点的土壤、气候、土壤微生物的活动等有关的参数。

Michael^[1] 研究了 22 种农药, 基于农药田间半衰期和 K_{oc} 提出了 GUS (Ground Ubiquity Score) 迁移指数, 即:

$$GUS = \lg(T_{0.5}) (4 - \lg K_{oc}) \quad (1)$$

式(1)可用以划分农药淋溶的可能性。当 $GUS > 2.8$ 时, 表示这种农药是易淋溶农药; 当 $1.8 \leq GUS \leq 2.8$ 时为中等程度淋溶的农药, $GUS < 1.8$ 时为不易淋溶的农药。

2 农药对地下水污染潜在影响评价

2.1 项目区农药的施用

本项目涉及北京、沈阳、青岛、河北 4 省市, 农药

使用的原则为高效、低毒、低残留,同时严格执行 GB 4245—89《农药安全使用标准》。由于地域不同,不同的项目区施用的农药种类有很大差异,同时不同的作物所使用的农药也有很大不同,在各项目区拟使用的主要农药种类见表 1。

表 1 项目区不同作物施用的主要农药

作物名称	河北	沈阳	青岛	北京
水稻	丁草胺			
小麦	氧化乐果、三酮、甲胺磷、乐果、菊酯类	敌百虫	拌种剂或种衣剂、粉锈宁、吡虫啉、三氯杀螨醇	氧化乐果、DDV、辛拌硫磷
玉米	甲基 1605、甲胺磷、菊酯类	杀螟灵 1 号 BT 乳剂	拌种剂或种衣剂、吡虫啉、辛拌磷	
大豆	甲基 1605		三氯杀螨醇、快杀灵、保得	
棉花	甲胺磷、1065		久效磷、BT、高氯、吡虫啉	
蔬菜	多菌灵(井)氧化乐果、来福灵、快杀灵	灭杀丁	虫螨克、康福多、代森锰锌、多菌灵、百菌清、万霉灵、霜克、虫螨克、高氯、保丰	菊酯类
果类		甲霜灵	多菌灵、代森锰锌、安泰生、波尔多液	

表 1 中所列许多农药为叶面施用,对地下水环境影响小,因此本文只对非叶面使用的农药进行讨论。

2.2 农药对地下水影响评价

目前我国所使用的农药包括除草剂和杀虫剂等,杀虫剂基本上可以分为有机氯、有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯类等 4 类。由于一些有机氯农药在土壤中降解速率非常慢,多数已被禁止使用,如 DDT 等。河北项目区所使用的农药最多的是有机磷类,如甲胺磷、乐果、甲基 1065、1065 等,这类农药在土壤中的半衰期较短,易降解,一般认为滞留在土壤中的时间较短,对地下水污染的可能性较小。表 2 反映了一些农药的化学性质及其在土壤中的迁移特性。

表 2 一些农药的化学性质及其在土壤中的迁移特性

农药	溶解度 /(g·L ⁻¹)	蒸汽压 /Pa	亨利 常数	T _{0.5} /d	K _{oc} /(cm ³ · g ⁻¹)	GUS 指数
甲胺磷	790	2.3 × 10 ⁻⁴	5.2 × 10 ⁻⁸	3	2	1.80
乐果	0.023	1.1 × 10 ⁻³	1.1 × 10 ⁻⁴	7	20	0.83
敌百虫	120	2.1 × 10 ⁻⁴	1.7 × 10 ⁻⁶	29	29	3.71
多菌灵	0.008	9 × 10 ⁻⁵		5.2	129	3.24
久效磷	可溶	2.9 × 10 ⁻⁴		30	1	5.90

从表 2 可见,甲胺磷和乐果的 GUS ≤ 1.8,均属

于不易向地下水中淋溶的农药。敌百虫 GUS = 3.71,久效磷 GUS = 5.9 > 2.8,都属于易发生淋溶的农药,具有潜在淋溶特性,表明敌百虫等农药在土壤中具有强淋溶性,易于迁移,加之敌百虫、久效磷具有较高的溶解度,在土壤中易被淋溶,增大了地下水被污染的风险。但相对于种植周期,敌百虫、久效磷的半衰期还是较短的,在严格掌握国家农药施用安全标准和灌水量的基础上,有可能通过自身的衰减避免或尽量减低对地下水的污染。

对于甲基 1065 和 1065 农药,尽管由于缺乏资料,难以得出其 GUS 指数,但一些研究表明,1065 农药在中性偏碱的溶液中水解半衰期为 7.8 d,在土壤中分解较快,在一个种植周期内完全能分解,不会在土壤中积累,甲基 1065 在土壤中的含量和滞留时间取决于 pH 值,在酸性土壤中,该农药可滞留 5 个多月,而在碱性土壤中,甲基 1065 较为不稳定,在微生物作用下,在一般土壤中 7 d 内即可降解 95%。我国北方地区土壤基本上偏碱性,因此从土壤性质看,上述农药的使用预期对土壤和地下水环境污染的影响较小。但是,一些研究也表明,在种植棉花的灌溉土壤中发现农药残留量较高,因此,农药在土壤中的残留受许多因素影响,目前的研究尚难以得出明确结论。

项目区中有一些地区还使用菊酯类农药,从理论上讲,与有机磷类农药相比,菊酯类农药更具高效、低毒、低残留的特征,其对环境的危害小于有机磷类。项目区所使用的神农丹等农药尚无可参考的资料,难以对其作出评价。本项目对农药的使用本着高效、低毒、低残留的原则,将有力地减少农药对土壤和地下水污染的威胁。

节水灌溉无疑减少了灌溉水量,同时灌溉回归水对地下水的补给也明显减少,特别是滴灌和微喷的条件下,水分向下迁移的量很少,基本上不会对地下水造成影响。水流是农药迁移的动力,在喷灌和地面灌溉条件下,农药向地下水迁移的可能性尽管比传统灌溉条件下减小,但这种可能性依然存在,特别是在砂性土壤中影响的可能性更大。

同时项目中所采取的秸秆还田等农业措施也有利于农药的降解,秸秆还田对农田的一个重要影响就是增加了土壤的有机质含量,如上所述,有机质含量较高将有利于农药的吸附和降解。

3 减少农药对水环境污染的措施

尽管项目从节水灌溉、农业措施等几方面实施了防污措施,亦比传统农作条件下在(下转第 30 页)

施来协调。因此,北京市用水户应当承担起每年 14 896 万元的密云、怀柔水库水源林受益补偿额,这部分补偿费用应成为供水的成本费用。每年密云、怀柔水库向北京市供水 112 000 m³ 用于工业及城镇生活,则用户水价中应包含 0.133 元/m³ 的水源林建设保护补偿成本。即用水户补偿水源林经济效益以用水量的多少来衡量,补偿标准为 0.133 元/m³。

表 1 密云、怀柔水库水源林效益补偿成本

补偿形式	补偿标准/(元·m ⁻³)
政策补偿成本	0.280
经济补偿成本	0.133
总补偿成本	0.413

中央及北京市政府政策性投资对水源区效益补偿以及受益区用水户向水源区实施的经济补偿是保障水源林建设持续进行的资金来源。根据上述结果,即每年水库供水能获得 0.413 元/m³ 的补偿费用。

水源保护林建设属于对水资源实施的保护措施之一,其投入成本应计入资源成本,补偿费则随水费的征收一起收取。征收的补偿费建立专户储存,专款专用,主要用于水源林的再建设、保护与管理。并

(上接第 14 页)一定程度上会减轻地下水污染的潜在可能性,但由于农药在环境中的影响行为在许多方面仍然是未知领域,各国在农药污染的控制方面仍然着重于预防。

在农药的使用上,除了切实执行使用高效、低毒、低残留农药的方针,严格执行 GB 4245—89《农药安全使用标准》中的规定外,还要对使用量、施用方式、环境中的残留等进行全过程监测,并且要在植保专家的指导下进行。根据欧盟的研究成果,对农药对地下水的污染更多的是立足于预防,而不是治理,因此,农药的使用需考虑其物理化学性质。表 3 中列举了农药污染物在地下水中的一般特性的限制值。本文建议在农药的选用上应充分了解其物理化学性质,使用各种指标都在限制值内的农药。

表 3 农药在地下水中的主要物理化学性质^[4]

特 征	指标限制值
水中溶解度	> 300 mg/L
亨利常数	< 10 Pa m ³ /mol
水解半衰期	> 25 周
光解半衰期	> 1 周
土壤吸附系数 K_d	< 1~5 (通常 < 1~2)
有机碳吸附系数 K_{oc}	< 300~500 cm ³ /g
土壤有氧同化半衰期	> 2~3 周
田间分解半衰期	> 2~3 周
淋溶深度	> 75~90 cm

组织强有力的监督管理体系,加强水源林的保护和保护。

4 结 语

在水资源日益短缺的今天,开源与节流成为解决水资源短缺问题最有效的,而且是首选的手段之一。重视水源林保护,加大林地建设投入,同时合理偿付水源林产生的效益,是保障持续水源的客观要求。对此,目前尚缺乏合理有效的效益补偿方式与标准,建议有关部门出台有关水源林效益合理补偿的相关制度,以保障水源林可持续发挥效益。

参考文献：

[1] 马中. 环境与资源经济学概论[M]. 北京: 高等教育出版社,1999.
[2] 丛兴武,张雪峰,陈伟民. 浅析丰宁县公益林补偿机制及所发挥的重要作用[J]. 河北林业科技,2001(1): 46~49.
[3] 密云、怀柔水库水源保护林建设[OL]. <http://www.bjfb.gov.cn/PAGING.ASP>,2002-05-22.
[4] 廖浪涛,丁胜,吴水荣. 密云水库水源涵养林生态效益的评价与补偿[J]. 林业建设,2000(6): 19~22.

(收稿日期 2002-07-03 编辑 高渭文)

4 结 语

针对我国目前农药在环境中行为的研究相对欠缺、现场资料较少的状况,本文试图作出农药对地下水影响的宏观评价,以期对类似建设项目农药对地下水影响评价起到借鉴作用。

由于目前农药种类多,而其在土壤中的行为研究较少,一些研究成果很难用于指导生产实践,因此建议加强这方面的研究。

参考文献：

[1] Michael R B. The environmental impact of pesticide degrades in groundwater[A]. Herbicide Metabolites in Surface Water and Groundwater[C]. ACE symposium 630,1995.
[2] 林玉锁,龚瑞忠,朱钟林. 农药与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社,2000. 171~180.
[3] 莫汉洪. 农药环境化学行为论文集[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1994. 1~23.
[4] Barcelo D. Trace determination of pesticides and their degradation product in water[M]. New York: Elsevier Science,1997. 15~61.

(收稿日期 2002-10-22 编辑 高渭文)