

农用化学品及废弃物对土壤环境与食物安全的影响^{*}

吕晓男 孟赐福 麻万诸 陈晓佳

(浙江省农业科学院环境资源与土壤肥料研究所 杭州 310021)

摘要 综述了农用化学品和废弃物(化肥、农药、酸沉降、污水污泥、畜禽粪便和“三废”等)利用现状及其对土壤环境污染与食物安全的影响。

关键词 农用化学品 废弃物 土壤环境污染 食物安全

Effects of agrochemicals and wastes on soil environment and food safety. LU Xiao-Nan ,MENG Ci-Fu ,MA Wan-Zhu , CHEN Xiao-Jia(Institute of Environmental Resources ,Soil and Fertilizers ,Zhejiang Academy of Agricultural Sciences , Hangzhou 310021 ,China) ,*CJEA* 2005 ,13(4) :150~153

Abstract The paper reviews the present application status of agrochemicals and wastes ,such as chemical fertilizers , pesticides , acid deposition , sewage sludge , livestock and poultry solid wastes , and the three-wastes , as well as their effects of pollution on soil and environment and on the food safety.

Key words Agrochemicals , Wastes , Soil environment pollution , Food safety

(Received Oct. 4 , 2004 ; revised Nov. 15 , 2004)

食物安全是当前世界农业和农村发展面临的重大课题,而土壤环境质量是农产品安全生产的前提和保障,只有在健康的土壤环境条件下才能生产出安全的农产品。过量使用农用化学品会污染农业生物赖以生存的水、土和大气环境,并通过生物自身的吸收与富集进一步污染农业生物和农副产品。影响食物安全的主要因素有化肥、农药和激素残留、重金属污染、农村面源污染及“三废”污染等。

1 使用化肥农药对土壤环境与食物安全的影响

20世纪中期以来全球合成N的消耗量成倍增加,由1960年的1000万t N增至1998年的8300万t N,且在未来的30年中N肥使用量将增至1.05亿t。2000年我国化肥总消耗量为4146.4万t,占世界化肥生产总量的27.5%,N肥(以N计)总消耗量达2161.5万t,居世界首位,P肥总消耗量达690.5万t^[1]。一些经济发达地区N肥用量已达350kg/hm²,特别是保护地蔬菜N肥使用量更高,如山东省寿光县N、P₂O₅、K₂O使用量分别高达1331kg/hm²、1278kg/hm²和480kg/hm²。每年P素的稳定投入使土壤中P含量继续增加,1992年我国土壤积累的P素(以P₂O₅计)达6000万t。欧盟等国平均每年土壤积累P素为10kg/hm²,美国则高达26kg/hm²。20世纪50年代以来,随着化肥农药等农用化学品使用量的逐渐增加,对农业生产群落结构和生态环境产生的负面影响也不断加剧,全世界每年施入土壤中的P有1/2以上随水土流入水体,从而导致江河湖泊富营养化。据联合国粮农组织1993年统计,我国农田P素进入水体的通量为19.5kg/hm²,比美国高8倍。我国131个主要湖泊中有67个出现富营养化,其中农业面源负荷所占比例较大。自1990年以来我国沿海海域发生赤潮34起,为1961~1980年间的30倍。我国每年有1800t化肥流入水体环境,过量施用化学肥料不仅造成肥料浪费、土壤酸化和次生盐渍化,且使蔬菜NO₃⁻含量提高,并引起地下水NO₃⁻的污染^[2]。非点源污染已成为水环境污染问题的主要来源,目前非点源污染占总污染量的2/3,而农业活动对非点源污染的贡献率高达75%^[3]。农业非点源污染物主要包括化肥、农药和畜禽粪便等,造成地表水富营养化和地下水NO₃⁻-N污染^[4]。据上海市和山东、云南省调查显示,通过农田径流输入湖泊的N占湖泊N总负荷的7.0%~25.2%^[5],农田径流进入地表水的N占人类活动排入水体N的51%,估计有68%的NO₃⁻残留在非根层土壤,土壤剖面中的NO₃⁻-N和20%残留在根层土壤剖面中的NO₃⁻-N进

^{*} 国家重点基础研究(973)发展规划项目(19990118)资助

入地下水。欧洲有22%耕地地下水 NO_3^- 浓度 $>50\text{mg/L}$ 。调查表明我国北方地区69个采样点有1/2以上超过欧洲饮用水 NO_3^- 卫生标准(50mg/L) ,其中最高的达 300mg/L ^[6]。通常 NO_3^- 的过量淋失只有在N的有效性超过作物对N的需要量时才会发生,而过量使用有机肥料也给土壤带入大量N素,从而导致2m以下深层土壤中 NO_3^- 的大量累积,因此有机肥对 NO_3^- 累积的影响和对地下水的潜在威胁同样不容忽视^[7]。土壤耕作时间和方法以及作物残茬处理是农业生态系统中减少N素损失的最有效方法,而提高施肥正确性、根据作物需要施肥和保持合理的土壤养分有效度均可减少 NO_3^- 的损失,最大限度地减少土壤或活性根系裸露的时间也可减少 NO_3^- 损失。水体P的富营养化和地下水 NO_3^- 的污染都可对人类健康产生负面影响,近20年来我国地下水 NO_3^- 正以每年 $1\sim 3\text{mg/L}$ 的速度递增,北方部分地区地下水 NO_3^- 含量超标5~10倍,基本不能饮用。人畜食用含 NO_3^- 植物后极易引起高铁血红素白血症,婴儿尤为明显,主要表现为行为反应障碍、工作能力下降、头晕目眩和意识丧失等,严重者危及生命,同时 NO_3^- 也是致癌物质,人体摄入的 NO_3^- 有80%以上来自食用蔬菜^[8]。原苏联科学家发现,施N过多的蔬菜中 NO_3^- 含量为正常施N蔬菜的20~40倍,过量施用化学N肥致使蔬菜中 NO_3^- 含量超标现象在我国大中城市十分普遍,广州、上海和北京等大城市普查结果表明,蔬菜中 NO_3^- 含量超标2~8倍,且北京市蔬菜 NO_3^- 超标率达40%。杭州市城郊蔬菜中 NO_3^- 和亚硝酸盐部分叶菜类含量为 2349mg/kg ,根菜类为 1656mg/kg ,均已高于 1200mg/kg 安全指标^[9],因此控制蔬菜中 NO_3^- 含量是保证人类健康必须解决的迫切问题。据研究N肥使用量与芹菜植株体内 NO_3^- 积累呈正相关,而与P、K施用量呈负相关。氯化铵和硫酸铵具有明显降低空心菜 NO_3^- 积累的作用,增施Mo肥可减少 NO_3^- 在叶菜中的积累^[8]。在S不足时, NO_3^- 等非蛋白质态N会在植物体内积累,植物体内 NO_3^- 含量随含S量的增加而急剧减少,适量施用S肥可降低蔬菜中 NO_3^- 含量。因此实施减少N肥用量和N肥早施,增加P、K肥用量,施用S、Mo、Mn肥,有机肥与化肥配施,施用硝化抑制剂,合理灌溉和调节蔬菜采收期等措施,可有效降低蔬菜中 NO_3^- 含量。

使用农药可挽回30%的粮食和其他农产品的损失,故农药使用量呈渐增趋势。目前世界上已生产使用的农药达1300多种,其中大量使用的农药有250多种,每年化学农药产量约220万t^[10]。2000年我国农药总使用量为128万t^[3],一些高毒农药如甲胺磷、氧化乐果现被广泛应用,农药使用量已达 7.76kg/hm^2 ,比发达国家高1倍,且施用农药后土壤残留率为50%~60%,除草剂销量占农药总量的13%左右,DDT、六六六等有机氯农药虽于1983年被宣布禁止使用,但现在土壤中仍可检出。目前我国耕地农药严重污染面积已超过1600万 hm^2 ^[11]。大量施用农药导致农田生态系统生物种类减少以及土壤动物新陈代谢和孵化能力降低,如土壤中90%以上的蚯蚓死亡,并导致土壤中农药残留量及衍生物的增加,土壤中DDT、六六六总贮量分别为8万t和5.9万t^[12],且残留农药的影响将长期持续。农药的施用抑制了土壤微生物活动,影响了土壤养分正常循环和作物对养分的吸收,并引起土壤物理和化学性质的恶化,最终导致作物减产。而残留在土壤中的农药及其降解衍生物,经渗透及雨水冲刷造成环境中有机污染物的不断增加,进入地表水和地下水系统后,极易造成水体和土壤污染,这些有机污染物通过食物链进入动植物体内,进而危害人体健康,农药残留已成为严重威胁人类健康的一大隐患。如浙江省菜地农药用量高达 $0.202\sim 0.287\text{kg/hm}^2$,大大高于全国平均水平($0.040\sim 0.063\text{kg/hm}^2$),浙江省绍兴市蔬菜基地蔬菜中甲胺磷检出率为35%,其残留量为 $0.04\sim 2.03\text{mg/kg}$,氧化乐果检出率为5%,其残留量为 $0.12\sim 1.58\text{mg/kg}$,且有14.7%的蔬菜检测出2种以上有机磷农药^[9]。国家质量监督检验检疫总局公布的2001年第3季度抽查结果显示,我国23个大中城市大型蔬菜批发市场中有47.5%的蔬菜农药残留超标。浙江省慈溪市1992~2000年1221例农药中毒事件中,因食用被农药污染的蔬菜和水果中毒事件占26%^[13]。

2 酸沉降物、烟道气脱硫石膏对土壤环境与食品安全的影响

烟道气脱硫石膏(FGDG)是火力发电厂的副产品,其纯度比开采的石膏更高,但它往往含有较高浓度的毒害元素(如As)。用烟道气脱硫石膏改良土壤能提高土壤质量,但其程度取决于煤的来源和生产流程,烟道气脱硫石膏中存在的大量B也可对作物产生植物性毒害,由于B的溶解度很高,通常在施入土壤几周后对作物产生不良影响,B淋溶入底土可对地下水质量构成威胁。用烟道气脱硫石膏作土壤改良剂可降低底土酸度,且能使作物(苜蓿、玉米、大豆、苹果、甘蔗)显著增产(10%~100%)。由于烟道气脱硫石膏纯度很高,因此用它改良土壤对环境的影响较少,并能显著提高土壤质量。酸沉降在大气污染物中面积最广且危险最大,由现代工业两大副产物 SO_2 和 NO_x 形成,主要来自矿物燃料和石油的燃烧,煤和石油含S量为

5%~8%,全世界每年 SO_2 总排放量为0.75~1.00亿t。近期研究发现,北美西北部、中国、俄罗斯和南美均发现严重的酸雨^[20]。我国是继欧洲和北美之后世界第三大酸雨区,迄今我国受酸雨侵袭的面积约80.6万 km^2 ,占国土面积的8.4%^[14]。酸沉降有益方面是为作物生长带来S素,而不利方面是给农田生态系统带来不良影响,在酸雨淋溶下盐基饱和度降低,铝离子释放增加,土壤Al毒是酸沉降造成土壤酸化的严重问题之一。酸沉降下土壤中盐基离子易被 H^+ 交换而淋失,导致土壤养分耗竭。低pH增加了土壤中金属离子溶解度和植物的有效性,因此酸性土壤种植的植物可增加Cd和Zn的吸收,影响食品安全。酸雨还会直接伤害树叶,造成植物营养器官功能的衰退,从而破坏森林生态系统,酸沉降导致的地表水酸化可使水生生物死亡。我国年受酸雨危害的播种面积约为1288.7万 hm^2 ,其经济损失达42.6亿元^[15]。

3 污水污泥、畜禽粪便及“三废”对土壤环境与食品安全的影响

目前我国每年污水排放量已超过400亿t,污灌面积约426万 hm^2 。污水污泥和畜禽粪便作为土壤改良剂时要考虑它们对环境的影响,一方面有些污泥可作为作物生产中N、P、K和微量元素来源,另一方面污水污泥聚集了城市环境中排出的大部分重金属,用于农地生产可食作物时其富含的重金属可对食物链构成环境威胁。调节重金属元素最高浓度和施入土壤中的数量并将土壤pH维持在较高水平可有效控制它们向生物链的转移,但对污水污泥和用污泥改良的土壤中重金属允许含量至今尚无公认标准。研究显示用污泥和稻草或木屑堆制堆肥不仅增加土壤有机质和各种养分含量,且可明显提高萝卜和菜心产量,但土壤中重金属含量也不同程度有所提高^[16]。美国明尼苏达19年田间试验结果^[21]表明污水污泥对土壤质量影响的复杂性,此间每公顷土地共施用224t污水污泥,其结果使玉米籽粒产量由对照的7.7t/ hm^2 增至8.4t/ hm^2 ,而土壤中所含金属含量分别为Zn 175kg/ hm^2 、Cu 135kg/ hm^2 、Cd 1.2kg/ hm^2 、Ni 4.9kg/ hm^2 、Pb 49 kg/ hm^2 和Cr 1045kg/ hm^2 ,且这些金属元素含量均未超过USEPA503法规规定的允许范围,但却超过加拿大安大略省规定的允许阈值范围,从该地出口的玉米籽粒中Cu和Cd含量也在允许范围内。但试验进行的后8年间将玉米品种改成杂交品种时,导致污泥处理玉米籽粒中Cd含量成倍增加。杂交品种对玉米籽粒Cd吸收和转移的影响值得进一步研究,因为它影响到食物链,且该长期施用污水污泥对土壤质量试验结果的另一影响是使土壤可提取的P增至最佳作物生产水平。因此任何土壤侵蚀或施用污泥地区所流出的地表径流都会对地表水和地下水构成潜在威胁,故根据作物N需要量计算的污泥施用量应控制在USEPA503法规规定的允许范围内则对土壤质量的威胁很小,实际上从校正微量元素缺乏和提高土壤有机质的角度来看,施用污泥可提高土壤质量,另一方面施用污泥在提高表土生物有效磷水平的同时导致土壤质量下降,因为从该地区所流出的地表径流可对临近地区地表水和地下水质量产生不良影响。此外若污泥施用量超过作物N需要量, NO_3^- 淋溶到地下水也降低土壤质量,故污水污泥的应用要权衡利弊。养殖业所产生的粪便废弃物已成为我国环境污染的主要因素之一,2000年我国畜禽粪便废弃物量已达17.3亿t,为工业废弃物量的2.7倍,这些畜禽粪便废弃物中的养分量分别为N 1597万t和P 363万t,进入水体养分占其总量的25%~30%,一些大中城市养殖场所排放的畜禽粪便废弃物量已超过1000万t,大大超过城市生活污水、工业废水和固体废弃物的总排放量^[17~19]。从环境视角来看,定期施用禽粪的土壤重金属含量(As、Cu、Zn)与施用污水污泥相当,而其所含养分则超过污水污泥,不仅提高了土壤有机质和养分含量,且降低了土壤酸度。牧场连续每年施用禽粪20t/ hm^2 所流出的 NO_3^- 对地下水质量构成威胁,而由此流出的地表径流则对地表水质量构成威胁^[22]。施用禽粪增加土壤Cu和Zn含量,但不至于达到毒害浓度。由于禽粪K含量很高,因此常发生牲畜因吃牧草而得破伤风。有关研究认为若按目前禽粪施用量长期使用也会对环境产生不良影响,因此必须制定既最大限度地提高作物生产力又能维持环境质量的禽粪施用标准。随着工业的发展和城市化的进程,“三废”(废水、废气和废渣)排放量急剧增加,目前我国工业固体废弃物产出量约7.2亿t,而综合利用率仅为30%,工业废渣和城市垃圾堆放量已达86亿t,全国遭受工业“三废”污染的农田面积已达1000万 hm^2 ,每年约减收粮食60亿kg,被废水和污水污染的粮食约25亿kg。由于大多数废弃物被用作土壤改良剂,虽可提高土壤养分水平,改善物理条件,降低土壤酸度等,但从环境视角来看土壤中重金属、过量N及P通过淋溶、侵蚀和径流方式,进入地表水和地下水对土壤环境质量的危害最大,因此废弃物的施用及利用也应权衡利弊。

综上所述,土壤污染及其导致的环境恶化是农产品质量问题的重要源头因素,但却最易被人们所忽视,当前土壤环境污染尚未得到有效的控制和修复,且土壤污染不同于大气和水污染,具有隐蔽性、潜伏性和长

期性,其后果通常对水质、农产品质量甚至通过食物链对人类健康产生严重危害,因此随着我国农业由数量型向质量型的转变,农用化学品及废弃物的应用必须综合考虑农业生产-生态环境之间关系,科学施用化肥农药,并提高其利用效率,合理利用污水污泥、畜禽粪便^[19]和工业“三废”等废弃物,尽量减少对土壤环境和食品安全的影响。

参 考 文 献

- 1 国家统计局农村社会经济调查队.中国农村统计年鉴.北京:中国统计出版社,2001.45~49
- 2 李俊良,崔德杰,孟详霞等.山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究.土壤通报,2002,33(2):126~128
- 3 贺缠生,傅伯杰.非点源污染的管理与控制.环境科学,1998,19(5):88~91
- 4 张乃明.我国农业非点源污染研究概况与展望.土壤与环境,2002,11(1):101~103
- 5 鲁如坤,谢建昌,蔡贵信等.土壤-植物营养学.北京:化工工业出版社,1998.139~140
- 6 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.植物营养和肥料学报,1995,1(2):80~87
- 7 袁新民,同延安,杨学云等.有机肥对土壤 NO_3^- -N累积的影响.土壤与环境,2000,9(3):197~200
- 8 沈明珠,翟宝杰,东惠茹等.蔬菜硝酸盐积累的研究.园艺学报,1982,9(4):41~48
- 9 徐良平.浙江省农产品安全性问题与对策研究.环境污染与防治,2002,24(2):112~114
- 10 常影,宁大同,郝芳华.20世纪末期我国农地退化的经济损失估值.中国人口·资源与环境,2003,13(3):20~24
- 11 华小梅,单正军.我国农药的生产、使用状况及其污染环境因子分析.环境科学进展,1996,4(2):33~45
- 12 张中一,施正香,周清清.农业用化学品对生态环境和人类健康的影响及其对策.中国农业大学学报,2003,8(2):73~77
- 13 吴燕君,吴善钰.慈溪市1992~2000年农药中毒情况分析.职业与健康,2002,18(2):32~33
- 14 丁国安,徐晓斌等.中国酸雨现状及发展趋势.科学通报,1997,42(2):169~173
- 15 邢廷铄.酸雨对农业生产的影响及其对策.土壤与环境,2002,11(1):98~100
- 16 张桥,吴启堂,黄唤忠等.施用污泥堆肥对作物和土壤的影响.土壤与环境,2000,9(4):277~280
- 17 廖新.动物废弃物管理与畜牧业清洁生产技术.中国生态农业学报,2001,9(1):101~102
- 18 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.中国农业大学学报,2002,7(6):92~96
- 19 李远,单正军,徐德徽.我国畜禽养殖业的环境影响与管理政策初探.中国生态农业学报,2002,10(2):136~138
- 20 Galloway J. N. Acid deposition: perspectives in time and space. Water, Air and Soil Pollution, 1995, 85: 15~24
- 21 Clapp C. E., Dowty R. H., Linden D. R. Crop yields, nutrient uptake, soil and water quality during 20 years on the Rotemount sewage sludge watershed. Sewage Sludge. Land Utilization and the Environment. ASA. Midson, WI. 1994. 137~140
- 22 Jingery W. L., Wood C. W., Deleny D. P., et al. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally rated soil properties. J. Environ. Qual., 1994, 23: 139~147

欢迎订阅 2006 年《作物杂志》

《作物杂志》是由中国作物学会和中国农业科学院作物育种栽培研究所主办的农作物综合性科学技术期刊,融技术性、学术性、信息性和知识性于一体,旨在传播作物科学知识,报道最新科研成果、研究进展、科技动态、新品种、实用新技术及丰产经验等,设有专家建议、专题综述、品种与种子生产、栽培技术、种植制度、果蔬园艺、植物保护、土壤肥料、研究简报、国外农业及品种信息等栏目。本刊为双月刊,大16开本,彩色四封,每期定价4.00元,全年24.00元,邮发代号:82-220,全国各地邮局(所)均可订阅。本刊编辑部亦可随时订阅,并存有部分过刊,欢迎邮购,地址:(100081)北京市中关村南大街12号《作物杂志》编辑部。