

农用化学物质

的 利用与污染控制



绿色科学文库·

资源环境与农业可持续发展

王敬国 主编

北京出版社

绿色科学文库·
资源环境与农业可持续发展

农用化学物质 的 利用与污染控制

王敬国 主编

北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

农用化学物质的利用与污染控制/王敬国主编. - 北京:北京出版社, 2000. 11

(绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展)

ISBN 7-200-04203-X

I. 农… II. 王… III. ①农业生产资料-化工产品-使用
②农业-化学污染-污染控制 IV. ①SI②X592

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 02263 号

绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展

农用化学物质的利用与污染控制

NONGYONG HUAXUE WUZHI DE LIYONG YU

WURAN KONGZHI

王敬国 主编

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路 6 号)

邮政编码:100011

网 址: www. bph. com. cn

北京出版社出版集团总发行

新 华 书 店 经 销

北京通县电子外文印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 13 印张 297 000 字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7-200-04203-X/S·174

定价:33.00 元

丛书编委会名单

主 编：杨雍哲 路明

副主编：段武德 陶信成

编 委：	于 丹	王兆骞	王敬国
	王德荣	李清霞	张凤荣
	张洪生	李 博	陈炳浩
	周 健	林而达	顾树华
	徐惠国	袁 海	

本书编委会名单

- 主 编：王敬国 中国农业大学资源与环境学院，教授
- 副主编：张福锁 中国农业大学资源与环境学院，教授
- 沈德中 中国农业大学环境影响评价中心，副教授
- 张 从 中国农业大学资源与环境学院生态与环境科学系，副教授
- 编 委：李国学 中国农业大学资源与环境学院，教授
- 王兴仁 中国农业大学资源与环境学院，教授
- 米国华 中国农业大学资源与环境学院，副教授
- 李花粉 中国农业大学资源与环境学院，副教授
- 秦玉川 中国农业大学植保学院，副教授
- 袁新民 华中农业大学，副教授
- 于海英 中国农业大学资源与环境学院

序

21 世纪,中国农业的发展任务极其艰巨。不仅要持续增产,确保食物安全,发展农村经济,确保农民收入稳定增长,而且还要为国民经济和社会发展提供能源和工业原料。与此同时,中国的农业发展目前面临着资源短缺、环境污染和生态破坏的严峻挑战。因此,中国农业不能再走破坏生态环境、掠夺自然资源、追求短期效益的老路,必须选择培育和保护资源、优化生态环境、提高综合生产能力的可持续发展道路。

农业生产是自然再生产和经济再生产相互交织的过程。良好的农业生态环境以及对自然资源实行合理的开发、利用和保护是实现农业可持续发展的基础和条件。依靠科技进步,挖掘农业资源潜力,提高农业资源利用效率,千方百计减少资源的占用和消耗,提高生态系统的自我恢复能力,增殖自然资源,改善生态环境,已成为实现农业可持续发展的重要途径,也是当今世界农业科技的发展趋势。正如 1996 年世界粮食安全首脑会议曾指出的,以科技为支柱的新的绿色革命必须建立在可持续发展基础之上,这对于我国农业科技工作者更是一项紧迫而长期的任务。

《中国 21 世纪议程》中指出,“科学技术是综合国力的重要体现,是可持续发展的主要基础之一”。我国有历史悠久的农业技术,其主要精华是生态农业。现代农业科学技术的开发、推广和应用,为我国农业发展作出了重大贡献。随着时代的进步,农业科技必须适应现代化的生产方式和生活方式。现代生态农业是 21 世纪农业可持续发展的战略方针和关键

技术。今后农业发展的主要潜力在于发展和应用现代化的生态农业科学技术。《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》正是针对这一客观要求,比较全面地从理论研究到技术实践,介绍了关于资源环境与农业可持续发展的国内外最新的理论与技术研究成果;比较系统地阐述了为实现农业可持续发展,对资源与环境保护的政策调控以及新的科学技术发展与应用;特别是结合中国国情对现代生态农业的新观点、新技术作了较深入和有益的探讨。尽管对许多问题的探讨还是初步的,但我深信这一丛书对于提高广大农业生产、科技和管理工作者的可持续发展意识,树立可持续发展的思想,加速农村科技进步和环境友善型的高新技术在农业上的应用与发展,促进我国农业在提高整体素质和效益的基础上持续、稳定发展,实现我国国民经济和社会发展第十个五年计划确定的目标,都将起到积极的作用。

《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》作为一套理论、技术专著,涉及了有关资源环境与农业可持续发展的各个学科领域,是我国第一套现代化农业可持续发展的大型综合性工具书。数十位来自各个学科领域的资深专家、学者为此付出了他们的辛勤劳动和智慧,北京出版社的同志也为此做了大量的组织工作,在丛书即将付梓之际,谨向他们致以诚挚的敬意和感谢。

实现农业可持续发展是我国发展的长期目标,也是摆在广大农业科技工作者面前的全新课题,对其理论与技术的研究与探讨还在不断深化,本丛书的出版仅仅是进一步深入研究的开端,如果能促进这一课题的更深层次研究,并指出其尚待完善之处,则本丛书将更有意义。是为序。

路 明

2000.12

第一章 化学物质的农业利用	(1)
第一节 农用化学物质的种类与性质.....	(1)
第二节 化学肥料在农业生产中的作用	(25)
第三节 农用化学药剂对农业发展的作用	(35)
第四节 农用塑料制品在农业生产中的作用	(45)
第二章 农用化学物质引起的主要环境问题	(51)
第一节 概述	(51)
第二节 农用化学物质对水体的污染	(53)
第三节 农用化学物质对土壤的污染	(68)
第四节 农用化学物质对植物生长的不良影响	(75)
第五节 农产品的污染与品质下降	(79)
第六节 农用化学物质与大气污染	(84)
第七节 农用化学物质污染产生的原因及对策	(88)
第三章 土壤中化学氮肥的损失与污染控制	(95)
第一节 土壤氮素的形态与肥料氮的转化	(95)
第二节 氨的挥发损失与污染控制.....	(106)
第三节 土壤硝酸盐的积累及对水体、蔬菜的污染	(111)
第四节 硝化—反硝化过程中氮的气态损失与污染控制.....	(124)
第五节 氮素的径流损失.....	(136)
第四章 化学磷肥的污染与控制	(140)
第一节 土壤中磷的含量、形态与转化.....	(140)

第二节	化学肥料磷与土壤磷的流失·····	(150)
第三节	化学磷肥副产品的污染·····	(157)
第五章	化学合成农药对生态系统和食物链的影响	
	·····	(175)
第一节	农药的生物浓缩作用·····	(175)
第二节	农药对生态系统的影响·····	(177)
第三节	农药污染与人体健康·····	(196)
第六章	农药的污染控制 ·····	(208)
第一节	农药的管理·····	(208)
第二节	化学合成农药的替代品——生物源农药	
	·····	(214)
第三节	高效、低毒、低残留农药的开发·····	(237)
第四节	农药剂型的改进与合理使用·····	(241)
第五节	有害生物的综合治理·····	(249)
第七章	农用塑料制品的污染与防治 ·····	(254)
第一节	农用塑料对环境的影响及原因分析·····	(254)
第二节	农用塑料环境污染的防治·····	(263)
第八章	农药的迁移和转化 ·····	(273)
第一节	农药对环境的污染·····	(274)
第二节	农药的非生物转化·····	(278)
第三节	农药在生物体中的分布·····	(281)
第四节	农药在生物体中的代谢转化·····	(285)
第九章	土壤中农用药剂的微生物净化作用 ·····	(292)
第一节	微生物的去毒作用·····	(293)
第二节	微生物的激活作用·····	(298)
第三节	共代谢·····	(307)
第四节	基因工程菌·····	(314)
第五节	根际微生态系统在生物净化方面的作用	

.....	(324)
第十章 肥料养分资源的综合管理	(335)
第一节 养分资源综合管理理论.....	(335)
第二节 养分资源综合管理的施肥技术.....	(351)
第三节 养分资源管理的农业措施.....	(365)
第四节 养分资源的宏观管理	(367)
第十一章 提高肥料养分资源利用效率的生物学途径	(378)
第一节 养分资源利用效率的植物基因型差异.....	(379)
第二节 植物养分吸收利用的遗传潜力.....	(384)
第三节 植物养分吸收利用效率的遗传 改良途径.....	(396)

第一章

化学物质的农业利用

从 19 世纪中期至今，通过化学合成或加工工艺制造的化学物质，在农业生产中已经应用了 160 多年。1940 年德国化学家李比希提出了矿质营养学说和归还学说，大大地推动了化肥工业的发展和化肥的使用。同期，用于防治病、虫害的杀虫植物的提取物（如除虫菊、鱼藤和烟草）以及砷酸盐类和硫酸烟碱开始工业化生产和使用，从 20 世纪 40 年代开始，有机合成农药的生产和使用得到迅速发展。农用塑料制品的使用也比较早，其中农膜的生产开始于 20 世纪 60 年代初期，后来发展极为迅速，农膜也得到广泛使用。农用化学物质的使用，显著增加了农产品产量，减少了损失，在发展农业生产中起到了重要的不可取代的作用。

第一节 农用化学物质的种类与性质

本书涉及到的农用化学物质是指农业生产中广泛使用的、经化学合成或加工等工艺制造的化学物质，包括化学肥料、农用化学药剂和农用塑料制品，但不包括在农业中使用的其他天然物质，如有机肥料等。经化学合成的农用化学物质还有土壤调理剂，如保水剂等，由于使用量较少，使用范

围较小，将不在本书中讨论。在农用化学物质中，使用量最大的是化学肥料。

一、化学肥料

肥料是指人们用以调节植物营养与培肥土壤的一类化学物质，包括有机肥料和化学肥料（又称无机肥料，简称化肥）两大类。化学肥料是一类按照农作物生长发育所必需或有益的元素，经过化学合成、加工等工艺制造的肥料。

根据氮、磷、钾三大营养元素的含量，化学肥料可分为单质肥料和复合肥料。单质肥料是指只含有氮、磷、钾三大营养元素中的一种养分的肥料，包括尿素、碳酸氢铵、氯化钾、硫酸钾等。复合肥料是指同时含有氮、磷、钾三大营养元素中两种或两种以上的肥料。按所含营养元素的成分，化学肥料又分为氮肥、磷肥、钾肥、镁肥、钙肥、硫肥和微量元素肥料（微肥）。按状态，化学肥料分为固体肥料、液体肥料。

化学肥料的基本性质是：①成分较单纯，含有一种或一种以上作物必需的营养元素，相对含量较高；②多属水溶性或弱酸溶性的化合物，是对作物速效的营养物质，能直接被作物根系或叶面吸收；③施入后能够显著改善土壤中某一种或数种营养元素的浓度和供应状况，同时也会影响到土壤的某些理化性质，如 pH 等。化学肥料中养分的形态在土壤中也将会发生转化，从而导致养分有效性的下降。

我国使用的肥料以氮肥为主，其次是磷肥和钾肥，较少单独使用钙肥、镁肥、硫肥，钙、镁、硫等营养元素一般依赖氮肥、磷肥、钾肥等肥料中的副产品来提供。微量元素肥料的使用量和范围呈增加趋势。

(一) 氮肥

氮肥是我国使用量最大的一类化学肥料，这是因为目前我国多数作物上肥料的效应，仍然以氮肥为最高。按肥料中氮素的形态，氮肥可分为铵态氮肥、硝态氮肥、酰胺态氮肥等几种。按肥料中氮的供应速率，氮肥可分为速效氮肥、缓效氮肥。常用的氮肥基本上都是速效肥料（表 1-1）。其中，碳酸氢铵和尿素是两种主要肥料，占国产氮肥的 90% 以上。其次是氯化铵和硝酸铵，合计占 5% 左右。其他氮肥的使用量均不足氮肥总使用量的 1%。

缓效氮肥，又称缓释氮肥、长效氮肥，是水溶性氮肥经过缓溶处理，改善了常用氮肥速溶、速效特性的一类氮素肥料。目前常见的缓效氮肥主要类型有以下几种。

1. 微溶化合物：微溶化合物包括金属磷酸铵 ($\text{MeNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 和微溶性有机氮化合物。金属磷酸铵的通式中 Me 代表两价金属离子，如磷酸铵镁 ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。这类化合物显示微水溶性，但氮素的含量较低，磷酸铵镁中氮含量只有 8%。

微溶性有机氮化合物有尿醛缩合物、亚异丁二脲、亚丁烯二脲和草酰胺等。脲醛缩合物包括甲醛缩脲、乙醛缩脲，由尿素加甲醛或乙醛缩合而成，氮含量为 29% ~ 40%，施入土壤后，在微生物作用下，氮素逐渐分解释放。微溶性的有机氮化合物含氮量较高，施用后氮素的利用率较普通氮肥高，但由于成本高，实际上很少用于大田生产。

2. 包膜肥料：包膜肥料又称控释肥料，即在氮肥或氮磷钾复合肥外包一层膜，以减缓或控制养分释放的一种肥料。用于包膜的材料主要有半透性、多孔不透性和固态物质，如沥青、树脂、石蜡、有机大分子聚合物和硫磺。我国采用包膜材料的肥料有钙肥、镁肥、磷肥等。这类肥料中氮含量主

要取决于被包裹的肥料成分。常见的肥料品种有硫衣尿素、长效碳氨、涂层氮肥等。

此外，还有添加硝化抑制剂的氮素肥料，通过减缓硝化作用来减少肥料中的氮素损失，并非缓释肥料。

表 1-1 我国常用的氮肥品种

肥料名称	化学式	含氮量 /(%)	氮素 形态	性质与施用特点
液氨	NH_3	82	铵态	液体肥料，氮含量高，极易挥发，用专用机具深施入土，宜作基肥，不宜在质地轻的土壤上施用
氨水	$\text{NH}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	12~16	铵态	液体肥料，碱性并具有很强的腐蚀性，易挥发，深施
碳酸氢铵	NH_4HCO_3	17	铵态	吸湿性强，水溶液呈弱碱性，易分解并引起氨挥发，可作基肥和追肥，不宜作种肥，深施
硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	12~16	铵态	吸湿性小，水溶液呈弱酸性，生理酸性肥料，可作基肥、追肥和种肥，石灰性土壤应深施
氯化铵	NH_4Cl	12~16	铵态	有一定吸湿性，水溶液呈弱酸性，生理酸性肥料，可作基肥、追肥，不宜作种肥，忌氯作物不宜施用

续表

肥料名称	化学式	含氮量 /(%)	氮素 形态	性质与施用特点
硝酸铵	NH_4NO_3	12~16	硝态	吸湿性强、易结块，易发生热分解，生理中性肥料，宜作追肥，适用于旱地作物
硝酸钠	NaNO_3	15	铵态、 硝态	极易吸湿结块，水溶液呈碱性，宜作旱地追肥，不宜用于盐碱土
硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	13	硝态	极易吸湿结块，易燃，水溶液呈碱性，宜作旱地追肥，适用于酸性土壤、盐碱土
尿素	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	42~46	酰胺态	吸湿性小，水溶液中性，适用于各种土壤和作物，可作基肥和追肥，不宜作种肥
石灰氮	CaCN	20~22	酰胺态	碱性肥料，吸湿性较好，适用于酸性和中性土壤，宜作基肥

(二) 磷肥

按肥料中磷的溶解性，磷肥分为水溶性磷肥、弱酸溶性磷肥和难溶性磷肥（表 1-2）。我国生产的磷肥主要是低浓度的过磷酸钙（占总量的 63%）、钙镁磷肥（占总量的 20%）和磷矿粉，高浓度的磷肥如磷酸铵、重过磷酸钙和硝酸磷肥，不足磷肥生产总量的 12%。

表 1-2 我国常用的磷肥品种

肥料名称	主要化学成分	P ₂ O ₅ 含量/(%)	溶解性	性质与施用特点
磷矿粉	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ F ₂ 或 Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	14~25	难溶	迟效磷肥, 用于酸性土壤及对磷吸收能力强的作物, 宜作基肥
钙镁磷肥	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂	14~25	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性和中性土壤, 作基肥最好, 也可作种肥
沉淀磷酸钙	CaHPO ₄ ·2H ₂ O	30~40	弱酸溶性	适用于酸性和中性土壤, 作基肥, 也可作种肥
脱氟磷肥	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂ + Ca ₃ P ₂ O ₆	14~30	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性土壤, 宜作基肥
钢渣磷肥	Ca ₄ P ₂ O ₆ ·CaSiO ₃	14~18	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性土壤, 宜作基肥
普通过磷酸钙	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	12~20	水溶性	酸性, 速效, 适于各种土壤, 宜作基肥和追肥, 也可作种肥和根外追肥
重过磷酸钙	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	40~50	水溶性	同普通过磷酸钙

(三) 钾肥

钾肥虽然品种较多, 但常用的主要是氯化钾、硫酸钾、碳酸钾以及一些含钾的复合肥, 其中氯化钾使用量最大, 占全部钾肥消费量的 90% 以上。

氯化钾 (KCl) 肥料中 K_2O 的含量为 50% ~ 60%。氯化钾有一定的吸湿性和很好的溶解性, 属于化学中性和生理酸性肥料, 长期大量使用会导致土壤酸化。由于该肥料中含有大量氯, 长期使用对一些经济作物产品的质量有影响。可作基肥和追肥使用, 一般不宜作种肥和根外施肥。

硫酸钾 (K_2SO_4) 肥料中 K_2O 的含量为 50% ~ 54%, 化学中性, 易溶。作为生理酸性肥料, 长期使用可导致土壤酸化。使用作物的范围较广, 可作基肥、追肥, 也可作根外施肥。

(四) 微量元素肥料

植物营养学所说的微量元素是指微量营养元素, 即植物正常生长和发育所必需、在植物体内含量较低的营养元素。微量元素肥料简称微肥, 是指为了纠正土壤中硼、铁、锰、铜、锌、钼等微量元素养分供应的不足, 维持作物正常生长发育所需要的养分整体平衡而施用的含有上述微量元素的肥料。有人也将含有某些对作物生长有益的元素肥料归为微量元素肥料。常用的微量元素肥料有硼肥、钼肥、锰肥、锌肥、铜肥和铁肥 (表 1-3)。

微量元素肥料应根据土壤中微量元素的有效含量和作物对微量元素的需要而施用。一般采用土壤施肥、种子处理、沾根、喷施等方法施用。值得注意的是, 如使用量超过一定的范围, 易导致作物中毒。

(五) 复合肥料

习惯上将复合肥料分成化成复合肥料和混成复合肥料 (又称混合肥料)。化成复合肥料是指经化学合成工艺制造的肥料, 而混成复合肥料则是由单质或者复合肥料混合配制而成的肥料。常见的化成复合肥料列在表 1-4。其中, 磷酸铵类肥料, 包括磷酸一铵和磷酸二铵, 是国内外发展最快的