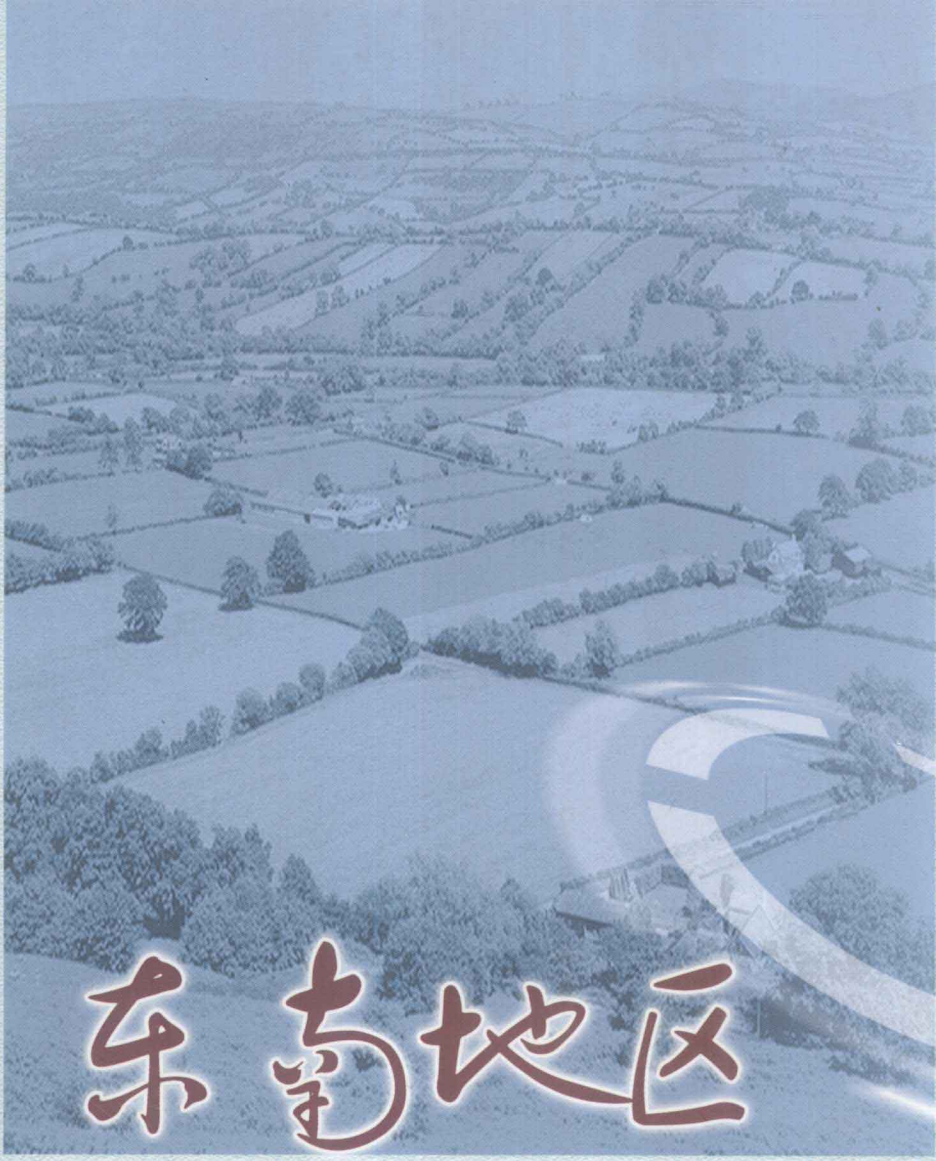




东南地区

农作系统的 养分管理与环境研究

Research on the Nutrient Management of Cropping System
and Environment in the Southeast China

陈 防 万开元◎主编

 中国农业出版社

东南地区农作系统的养分 管理与环境研究

Research on the Nutrient Management of Cropping System
and Environment in the Southeast China

陈 防 万开元 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

东南地区农作系统的养分管理与环境研究/陈防,
万开元主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-109-15014-0

I. ①东… II. ①陈… ②万… III. ①作物—栽培—
土壤有效养分—综合管理—中国—文集②作物—生态环境
—中国—文集 IV. ①S506.1-53②X322.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 192748 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 贺志清

文字编辑 廖 宁

北京通州皇家印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

2011 年 1 月第 1 版

2011 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 32.5

字数: 747 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 80.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书收录了 51 篇近年来国际植物营养研究所中国项目部在完成我国东南地区农业合作研究项目中撰写的研究论文，论文涉及的内容包括主要农林作物的农田土壤肥力时空演变和养分管理、施肥与生态环境和地力培育的相互关系、区域性农业面源污染的评估和治理技术等，主要为从事相关研究和技术推广的科研人员、大专院校师生、农业技术人员等提供参考。

主 编：陈 防 万开元

副主编：张过师

编 者：陈 防 万开元 张过师 郭熙盛 符建荣

林咸永 郑圣先 熊桂云 姚 政 张永春

郭晓敏 章明清 周可金 陈小琴

前言

□□□□□□□□□□

当今世界农业生产面临的最大挑战，是在充分满足人类对健康食品需求的基础上保持良好的生态环境，使农业生产得以可持续地发展。这种挑战在一些人口众多的发展中国家，例如中国，尤为突出。而要达成农业生产与生态环境的协调发展，在农田土壤和农作物这个生态系统中进行科学的管理是必不可少的。这其中，土壤和作物的养分管理就起着举足轻重的作用，它对土地的生产力、作物的产量与品质、农田生态环境状况都有着深刻的影响，这也是当前的研究热点。

本书收集了近年来国际植物营养研究所 (International Plant Nutrition Institute) 与中国东南地区八省 (直辖市) 十多个科研院所和大学合作进行的相关研究项目的部分研究结果，以研究论文的形式从农田土壤肥力的时空演变、作物施肥的生态效益、施肥与地力培育、有机肥料施用与环境、区域性面源污染评估和面源污染的治理等几个方面对在土壤—作物系统中的养分管理与生态环境的相互作用关系进行了探讨，希望这些成果能为关注这方面研究进展的科学家、院校师生、农业技术人员、肥料企业技术人员和政府相关部门提供有价值的参考。

本书中涉及的所有科研项目都得到了国际植物营养研究所中国项目部 (IPNI China Program) 和加拿大钾肥公司 (Canpotex Limited) 的资助，在此深表谢意。同时还要特别感谢 IPNI 副总裁江司腾 (Adrian Johnston) 博士，中国项目部主任金继运博士，副主任何萍博士、李书田博士、涂仕华博士和加拿大钾肥公司总经理罗志江先生 (Andrew Law) 及各有关部门的领导对研究项目的大力支持、关心和指导。

由于编者水平有限，书中如有不妥和谬误之处请读者指正。

编 者

2010 年 4 月 8 日

目 录

□□□□□□□□□□

前言

第一篇 土壤肥力时空演变 (1)

- 南水北调工程丹江口库区土壤养分状况及其空间变异性研究——以丹江口市小茯苓村
小流域为例 张过师 汤雷雷 潘俊峰 陈防 (2)
- 奉新毛竹林土壤养分空间变异性研究
..... 郭晓敏 牛德奎 郭熙 陈防 张过师 张斌 胡冬南 (11)
- 湖北潮土区土壤属性和几种速效养分的变异特征
..... 刘冬碧 余延丰 张继铭 范先鹏 熊桂云 陈防 (21)
- 水网平原水稻土土壤养分空间变异特性研究 姜丽娜 符建荣 范浩定 (27)
- 江汉平原杨树林下土壤酶及微生物的年动态变化 陶勇 陈防 万开元 刘毅 税勤 (38)
- 淮北平原土壤养分空间变异特征研究 李录久 郭熙盛 张飞 王道中 吴萍萍 (49)
- 东南地区土壤中微量元素的变异特征与合理取样研究
..... 刘冬碧 陈防 熊桂云 鲁剑巍 张过师 (56)

第二篇 施肥与地力培育 (63)

- 施用白云石对酸性黄红壤作物产量及化学性质的影响 王文军 郭熙盛 武际 朱宏斌 (64)
- 白云石对皖南酸性红黄壤磷组分及磷有效性的影响 王文军 郭熙盛 武际 朱宏斌 (70)
- 控释氮肥对稻田土壤微生物的影响及其与土壤氮素肥力的关系
..... 罗兰芳 郑圣先 廖育林 谢坚 向艳文 聂军 (77)
- 长期施用化肥和稻草对红壤水稻土肥力和生产力持续性的影响
..... 廖育林 郑圣先 聂军 鲁艳红 谢坚 杨曾平 (87)
- 长期不同施肥制度对红壤性水稻土活性有机质及碳库管理指数的影响
..... 吴小丹 蔡立湘 鲁艳红 谢坚 廖育林 郑圣先 聂军 (101)
- 长期施肥对红壤水稻土水稳性团聚体有机碳、氮分布与储量的影响
..... 向艳文 郑圣先 廖育林 鲁艳红 谢坚 聂军 (110)

第三篇 施肥的生态效应 (125)

- Weed community composition after 26 years of fertilization on late rice
..... Nie Jun Yin Li C. Liao YuLin Zheng Shengxian Xie Jian (126)
- Cypermethrin persistence and soil properties as affected by long-term fertilizer management
..... Xie Wenjun Zhou Jianmin (136)
- 重金属 Cu^{2+} 、 Cd^{2+} 及氯氰菊酯对不同施肥模式土壤微生物功能多样性的影响

.....	谢文军 周健民 王火焰 陈小琴 (146)
硫和白云石配合对黄褐土铅形态分布与转化的影响	梁丽芹 章力干 周可金 马成泽 (155)
施肥对土壤中农药降解的影响	谢文军 周健民 王火焰 陈小琴 (162)
养分管理与农田杂草生物多样性和遗传进化的关系研究进展	汤雷雷 万开元 陈防 (170)

第四篇 有机肥料施用与环境 (179)

纤维素降解菌对农业有机废弃物发酵进行 CO ₂ 施肥的作用 .....	.....
.....	都韶婷 杜静 章永松 林咸永 于承艳 (180)
模拟酸雨对菜园土壤施用猪粪后重金属释放的影响	倪丹华 陈一定 林咸永 章永松 (189)
杭州市郊规模化养殖场猪粪的重金属含量及其形态研究 .....	.....
.....	董占荣 陈一定 林咸永 章永松 倪丹华 (198)
施用有机肥对蔬菜保护地土壤环境质量影响的研究进展	熊国华 林咸永 章永松 郑绍雄 (206)
施用猪粪和化肥对稻田土壤表面水氮磷动态的影响 .....	.....
.....	纪雄辉 郑圣先 刘强 廖育林 吴家梅 鲁艳红 (216)

第五篇 区域性面源污染评估 (227)

Floodwater N dynamic and regulation of runoff loss in paddy field with urea and controlled release N fertilizer	Ji Xionghui Zheng Shengxian Lu Yanhong Liao Yulin (228)
Study on regulation of K loss and its balance characteristics from typical paddy soils in Dongtinghu Lake area	Ji Xionghui Shao Ying Shi Lihong Liu Zhaobin (243)
杭州市郊典型菜园土壤磷素状况及磷素淋失风险研究	姜波 林咸永 章永松 (259)
黄浦江水源保护区不同作物养分管理及环境效应分析	金海洋 姚政 徐四新 李丰平 (269)
控释氮肥对洞庭湖区双季稻田表面水氮素动态及其径流损失的影响 .....	.....
.....	纪雄辉 郑圣先 鲁艳红 廖育林 (278)
洞庭湖区不同稻田土壤及施肥对养分淋溶损失的影响	纪雄辉 郑圣先 石丽红 廖育林 (291)
江汉平原一稻轮作制水稻季田面水磷素流失风险研究	周萍 范先鹏 何丙辉 刘宏斌 (303)
施用有机肥对长江中游地区双季稻田磷素径流损失及水稻产量的影响 .....	.....
.....	纪雄辉 郑圣先 刘强 鲁艳红 (311)
氮肥形态对污泥农用土壤中重金属活性及玉米对其吸收的影响	楼玉兰 章永松 林咸永 (319)
不同施氮方式棉田地表径流氮形态及流失量的变化 .....	.....
.....	卜群第 范先鹏 田应兵 余延丰 张富林 吴茂前 (329)
氮肥对菜园土壤硝态氮淋溶流失浓度的影响 .....	.....
.....	陈子聪 章明清 陈防 吴启堂 林琮 颜明娟 李娟 (338)
施用尿素和控释氮肥的双季稻田表面水氮素动态及其径流损失规律 .....	.....
.....	纪雄辉 郑圣先 鲁艳红 廖育林 (346)
菜园土壤无机氮解吸特性对硝态氮流失潜能的影响 .....	.....
.....	颜明娟 章明清 陈子聪 李娟 林琮 吴启堂 熊德忠 (359)
菜园土壤磷素解吸模型与淋溶流失预测研究 .....	.....
.....	陈子聪 章明清 吴启堂 颜明娟 李娟 林琮 (371)

土壤磷素流失潜能评价指标研究进展	周萍 何丙辉 刘宏斌 范先鹏 (382)
施肥对菜园土壤养分淋溶流失浓度的影响	章明清 陈防 林琼 李娟 颜明娟 陈子聪 吴启堂 (391)
不同工业废弃物对稻田土壤中镉、铅生物有效性及其形态的影响	黄凤球 纪雄辉 鲁艳红 任可爱 (404)
不同 pH 降雨淋溶对原状水稻土土壤酸化的影响	汪吉东 张永春 许仙菊 宁运旺 胡永红 (415)
施肥措施对丹江口坡耕地玉米—小麦轮作中产量和氮素平衡的影响	刘冬碧 巴瑞先 段小丽 熊桂云 范先鹏 张富林 (424)
第六篇 面源污染治理	(433)
饱和铵贮库施肥法对降低土壤氮素挥发和淋失的作用研究	邢承华 章永松 林咸永 都韶婷 于承燕 (434)
施用控释氮肥对减少稻田 N 素径流损失和提高水稻 N 素利用率的影响	鲁艳红 纪雄辉 郑圣先 廖育林 (443)
自然降雨条件下香根草生物篱对菜地土壤地表径流和氮流失的影响研究	聂军 廖育林 谢坚 鲁艳红 郑圣先 (453)
淹水稻田氮素淋溶损失及其控制	彭星辉 谢晓阳 纪雄辉 (463)
不同覆盖方式对丹江口库区坡耕地柑橘园地表径流氮磷流失的影响	刘毅 陶勇 万开元 张过师 陈树森 陈防 (469)
湖南省畜禽粪便污染及其综合防治策略	纪雄辉 鲁艳红 郑圣先 (477)
农化措施降低污染土壤中锌对作物毒害性的研究	姜丽娜 符建荣 尹一萌 竺陆春 (484)
污染稻田水分管理对水稻吸收积累镉的影响及其作用机理	纪雄辉 梁永超 鲁艳红 廖育林 聂军 郑圣先 李兆军 (492)

CONTENT

□□□□□□□□□□

Section I Temporal and Spatial Variation of Soil Fertility (1)

Study on status and spatial variability of soil nutrients in the reservoir region of the
South - to - North Water Transfer Project — a case study in a small watershed in
Danjiangkou city Zhang Guoshi Tang Leilei Pan Junfeng Chen Fang (2)

Study on spatial variability of soil nutrients for Moso Bamboo forest in Fengxin
..... Guo Xiaomin Niu Dekui Guo xi Chen Fang- Zhang Guoshi Zhang Bin Hu Dongnan (11)

Spatial variability of soil properties and nutrients in alluvial soil regions of Hubei
..... Liu Dongbi Yu Yanfeng Zhang Jiming Fan Xianpeng Xiong Guiyun ChengFang (21)

Study on spatial variance characteristic of paddy soil nutrients in alluvial plain
..... Jiang Lina Fu Jianrong Fan Haoding (27)

Annual dynamic change of soil fertility characters under poplars forests in Jiangnan plain
..... Tao Yong Chen Fang Wan Kaiyuan Liu Yi Shui Qin (38)

Study on spatial variability of soil nutrient in Huaibei plain
..... Li Lujia Guo Xisheng Zhang Fei Wang Daozhong Wu Pingping (49)

Spatial variability and sampling strategy of soil secondary and micro- elements in Southeast China
..... Liu Dongbi Chen Fang Xiong Guiyun Lu Jianwei Zhang Guoshi (56)

Section II Fertilization and Soil Fertility Cultivating (63)

Effects of applying dolomite on crop yield and chemical properties in acid yellow-red soils
..... Wang Wenjun Guo Xisheng Wu Ji Zhu Hongbin (64)

The effects of dolomite on chemical fractions and availability of inorganic phosphate in acid red and
yellow soil of south Anhui province Wang Wenjun Guo Xisheng Wu Ji Zhu Hongbin (70)

Effect of controlled release nitrogen fertilizer on soil microbe and its relation to soil nitrogen fertility
..... Luo Lanfang Zheng Shengxian Liao Yulin Xie Jian Xiang Yanwen Nie Jun (77)

Long-term effects of fertilizer and rice straw application on soil fertility and productivity sustainability of
a reddish paddy soil
..... Liao Yulin Zheng Shengxian Nie Jun Lu Yanhong Xie Jian Yang Zengping (88)

Effects of long-term fertilization systems on soil labile organic matter and carbon management
index of reddish paddy soil
..... Wu Xiaodan Cai Lixiang Lu Yanhong Xie Jian Liao Yulin Zheng Shengxian Nie Jun (102)

Effects of long-term fertilization on distribution and storage of organic carbon and nitrogen in water-stable aggregates of red paddy soil	Xiang Yanwen Zheng Shengxian Liao Yulin Lu Yanhong Xie Jian Nie Jun (111)
Section III Ecological Effects of Fertilization	(125)
Weed community composition after 26 years of fertilization on late rice	Nie Jun Yin Li C. Liao Yulin Zheng Shengxian Xie jian (126)
Cypermethrin persistence and soil properties as affected by long-term fertilizer management	Xie Wenjun Zhou Jianmin (136)
Influence of Cu^{2+} , Cd^{2+} and cypermethrin on microbial functional diversity in different fertilization soils	Xie Wenjun Zhou Jianmin Wang Huoyan Chen Xiaoqin (146)
Effect of sulphur and dolomite on fractional distribution and transformation of Pb forms in yellow-cinnamon soils	Liang Liqin Zhang Ligan Zhou Kejin Ma Chengze (155)
Effect of fertilization on the degradation of pesticide in soil	Xie Wenjun Zhou Jianmin Wang Huoyan Chen Xiaoqin (162)
Progress on the research of relationship between nutrient management and the biodiversity and genetic evolution of farmland weed	Tang Leilei Wan Kaiyuan Chen Fang (170)
Section IV Organic Fertilizer Application and the Environment	(179)
Effects of cellulose-degradation fungi on CO_2 enrichment by bio-fermentation of agricultural organic wastes	Du Shaoting Du Jing Zhang Yongsong Lin Xianyong Yu Chengyan (180)
Effect of simulated acid rain on release of heavy metals from vegetable soil amended with swine manure	Ni Danhua Chen Yiding Lin Xianyong Zhang Yongsong (189)
Investigation on contents and fractionation of heavy metals in swine manures from intensive livestock farms in the suburb of Hangzhou	Dong Zhanrong Chen Yiding Lin Xianyong Zhang Yongsong Ni Danhua (199)
Advances in the effects of organic manure on soil environmental quality in protected vegetable soil	Xiong Guohua Lin Xianyong Zhang Yongsong Zheng Shaoxiong (206)
Effect of pig manure and chemical fertilizer application on floodwater N and P dynamics in paddy soils	Ji Xionghui Zheng Shengxian Liu Qiang Liao Yulin Wu Jiamei Lu Yanhong (216)
Section V Regional Non-point Pollution Evaluation	(227)
Floodwater N dynamic and regulation of runoff loss in paddy field with urea and controlled release N fertilizer	Ji Xionghui Zheng Shengxian Lu Yanhong Liao Yulin (228)
Study on regulation of K loss and its balance characteristics from typical paddy soils in Dongtinghu Lake area	Ji Xionghui Shao Ying Shi Lihong Liu Zhaobin (243)
Phosphorus status and index for predicting environmental risk of phosphorus leaching in typical vegetable soils of Hangzhou	Jiang Bo Lin Xianyong Zhang Yongsong (260)
Study on nutrient balance of different crops and its environmental effects in the sanitary	

zone of Huangpu river	Jin Haiyang Yao Zheng Xu Sixin Li Fengping (269)
Effects of controlled release nitrogen fertilizer on floodwater N dynamics and its runoff losses in paddy field-based two cropping rice in Dongtinghu Lake area	Ji Xionghui Zheng Shengxian Lu Yanhong Liao Yulin (278)
Effect of soils and fertilizer sources on nutrients leaching loss in Dongtinghu Lake area	Ji Xionghui Zheng Shengxian Shi Lihong Liao Yulin (291)
Research on the loss risk of phosphorus in surface water of the paddy soil in the cole-rice system at Jiangnan Plain region	Zhou Ping Fan Xianpeng He Binghui Liu Hongbin (303)
Effect of organic manure application on runoff phosphorus loss from rice-rice field in the middle reach of Yangtze River	Ji Xionghui Zheng Shengxian Liu Qiang Lu Yanhong (311)
Effects of forms of nitrogen fertilizer on the bioavailability of heavy metals in the soils amended with biosolids and their uptake by corn plant	Lou Yulan Zhang Yongsong Lin Xianrong (319)
Studies on the Losing of N from the runoff of cotton field at various N fertilizing models	Bu Qundi Fan Xianpeng Tian Yingbing Yu Yanfeng Zhang Fulin Wu Maoqian (329)
Effect of N fertilizer to nitrate nitrogen loss concentration on garden Soils	Chen Zicong Zhang Mingqing Chen Fang Wu qitang Lin Qiong Yan Mingjuan Li Juan (338)
Dynamics of floodwater nitrogen and its runoff loss regulation in paddy field-based two cropping rice with urea and controlled release nitrogen fertilizer application	Ji Xionghui Zheng Shengxian Lu Yanhong Liao Yulin (347)
Effect of inorganic nitrogen desorption characteristics on soil nitrate-N loss potential in vegetable garden and its bi-curve cross point	Yan Mingjuan Zhang Mingqing Chen Zicong Li Juan Lin Qiong Wu Qi tang Xiong Dezhong (359)
Soil phosphorus desorption model and prediction of leaching loss for vegetable garden soils	Chen Zicong Zhang Mingqing Wu Qitang Yan Mingjuan Li Juan Lin Qiong (371)
Review of study on evaluation index on potential loss of soil phosphorus	Zhou Ping He Binghui Liu Hongbin Fan Xianpeng (382)
Effect of fertilization on nutrient loss concentration of garden soil	Zhang Mingqing Chen Fang Lin Qiong Li Juan Yan Mingjuan Chen Zicong Wu Qitang (392)
Effects of different industrial wastes on bio-availability of cadmium, lead and their formation in paddy soils	Huang Fengqiu Ji Xionghui Lu Yanhong Ren Keai (404)
Effect of leaching of simulated rain with different pH values on soil acidification of original paddy soil column	Wang Jidong Zhang Yongchun Xu Xianju Ning Yunwang Hu Yong hong (416)
Effect of fertilization on crop yield and nitrogen balance under cron-wheat rotation in sloping farmland of Danjiangkou	Liu Dongbi Ba Ruixian Duan Xiaoli Xiong Guiyun Fan Xianpeng Zhang Fulin (424)
Section VI Non-point Pollution Control	(433)
Study on decreasing ammonia volatilization and leaching rates by NDSA fertilization method	

- Xing Cheng hua Zhang Yongsong Lin Xianyong Du Shaoting Yu Chengyan Yu Chengyan (434)
 Effect of controlled release nitrogen fertilizer on reducing nitrogen runoff loss and
 increasing nitrogen recovery of rice-plant
 Lu Yanhong Ji Xionghui Zheng Shengxian Liao Yulin (444)
 Study on the impacts of biological hedgerow of vetiver on surface runoff and nitrogen
 loss in vegetable field under natural rainfall
 Nie Jun Liao Yulin Xie Jian Lu Yanhong Zheng Shengxian (454)
 Nitrogen leaching in paddy rice field and its countermeasure
 Peng xinghui Xie Xiaoyang Ji Xionghui (463)
 Nitrogen and phosphorus loss characteristics on sloping land runoff in citrus orchard with different
 mulching practices in the Danjiangkou Reservoir area
 Liu Yi Tao Yong Wan Kaiyuan Zhang Guoshi Chen Shusen Chen Fang (470)
 The pollution from dejecta of livestock and birds and strategies for its synthetically prevention and
 cure Ji Xionghui Lu Yanhong Zheng Shengxian (477)
 Study on decreasing of zinc toxicity to crop by using agro-chemistry measure in polluted soil
 Jiang Lina Fu Jianrong Yin Yimeng Zhu Luchun (484)
 The effect of water management on the mechanism and rate of uptake and accumulation
 of cadmium by rice growing in polluted paddy soil
 Ji Xionghui Liang Yongchao Lu Yanhong Liao Yulin Nie Jun Zheng Shengxian Li Zhaojun (493)

第一篇



土壤肥力时空演变

Section I Temporal and Spatial Variation of Soil Fertility

南水北调工程丹江口库区土壤养分状况 及其空间变异性研究

——以丹江口市小茯苓村小流域为例

张过师 汤雷雷 潘俊峰 陈防*

(中国科学院武汉植物园 中国科学院水生植物与流域生态重点实验室, 武汉 430074)

摘要: 采用传统统计和地统计相结合的方法, 对南水北调工程丹江口库区丹江口市小茯苓村面积约 6km² 的小流域耕层土壤养分状况进行了分析和空间变异特性的研究。结果表明, 土壤 N、P、Zn 普遍缺乏, 是目前土壤培肥的重点。不同土壤养分含量的变异情况存在较大差异, 其中土壤有机质、速效 P、Cu、Mn、Fe 测试值变异较大, 而 pH 的测试值变异较小。不同土壤养分的空间变异结构存在较大差异, 土壤全 K、缓效 K、速效 N、速效 P、速效 K、Zn 含量空间变异结构性差, 有机质、全 N、全 P、Cu、Mn、Fe、pH 等的空间变异结构明显, 呈较明显的渐变性分布规律, 其最大相关距离在 596m 以上。

关键词: 土壤养分含量; 空间变异; 半方差; Kriging 插值

Study on status and spatial variability of soil nutrients in the reservoir region of the South-to-North Water Transfer Project—a case study in a small watershed in Danjiangkou city

Zhang Guoshi Tang Leilei Pan Junfeng Chen Fang*

(Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences Key Laboratory of Aquatic Botany and Watershed Ecology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074)

Abstract: The status and spatial variability of soil nutrients in a small watershed cov-

基金项目: 本研究得到了国家科技支撑计划项目“沿丹江口库区种植业污染物生态防控技术研究与示范”(项目编号: 2007BAD87B09) 和国际植物营养研究所 (IPNI) 中国项目 (项目编号: Hubei-33) 的资助。

作者简介: 张过师 (1979—), 男, 山西闻喜人, 硕士, 电话: 027-87510433, 13476111795, E-mail: zgszxs@163.com。

* 通讯作者: 陈防, 研究员, 博导, E-mail: fchen@ipni.ac.cn。

ering approximately an area of 6 km² in Danjiangkou city was studied using traditional statistics and the geostatistics analysis. Results showed N, P and Zn were widely deficient in the soils and they should be the focus in soil fertility improvement at present. The variation of soil nutrient content differed greatly among different nutrients, in which the variation of OM, available P, Cu, Mn and Fe were big, while the variation of pH was small. There were big differences in the spatial variance structure among different soil nutrients. The spatial variance structure of total K, available K, available N, available P, available K and Zn were inconspicuous, while the spatial variance structure of OM, total N, total P, Cu, Mn, Fe and pH were obviously existed and they were obviously gradually distributed within the shortest range of 596 m.

Key words: soil nutrient content; spatial variability; semi-variance; Kriging interpolation

南水北调中线工程已经实施,其水源地的水环境保护状况直接影响着调水水质甚至决定着工程的效益。工程要求水源地丹江口水库的水质要达到国家地表水Ⅱ类以上的水质标准(GB 3838—2002),即总氮不能超过 0.5mg/L,总磷不能超过 0.025mg/L 等,而根据近年的检测结果,库区水质总氮指标在 1.2~1.6mg/L 之间,总磷在 0.01~0.03mg/L 之间,超过或接近Ⅱ类水质标准,这与近年来库区经济发展所带来的农业面源污染有很大关系。据测算,化肥和农药对库区总磷和总氮的超标率贡献达 70%以上^[1]。为此,库区施行精准农业的需求更显迫切。

在精准农业技术体系中,了解土壤养分空间变异状况是土壤养分精准管理和实施变量施肥技术的基础^[2]。本文试图以位于工程水源地的湖北省丹江口市习家店镇小茯苓村所处小流域为研究区域,在对农田土壤多点随机取样的基础上,应用地统计学方法,研究大比例尺度范围的以小流域为单元的土壤养分之空间分布特征,为开发适合当地条件的农田土壤养分信息化精确管理系统和施肥技术提供基础。

1 材料与方法

1.1 流域基本情况

选择湖北省丹江口市习家店镇小茯苓村所处小流域为研究区域。该流域位于东经 111°8′35.59″到 111°10′22.96″,北纬 32°45′26.41″到 32°47′14.01″之间,属亚热带季风气候,四季分明,年平均降水量 833.6mm,年平均气温 15.9℃,年平均无霜期 255d 左右。地势北高南低,主要土壤类型为黄棕壤,主产柑橘、小麦、油菜、水稻和甘薯等。

1.2 取样方法

使用亚米级移动测图系统图宝(GPS Mobile Mapper)于 2008 年 11 月 12~15 日在小流域内不同利用类型(柑橘园、旱地、水田)上定点取得耕层(0~20cm)混合土样 131 个,具体如图 1 所示。

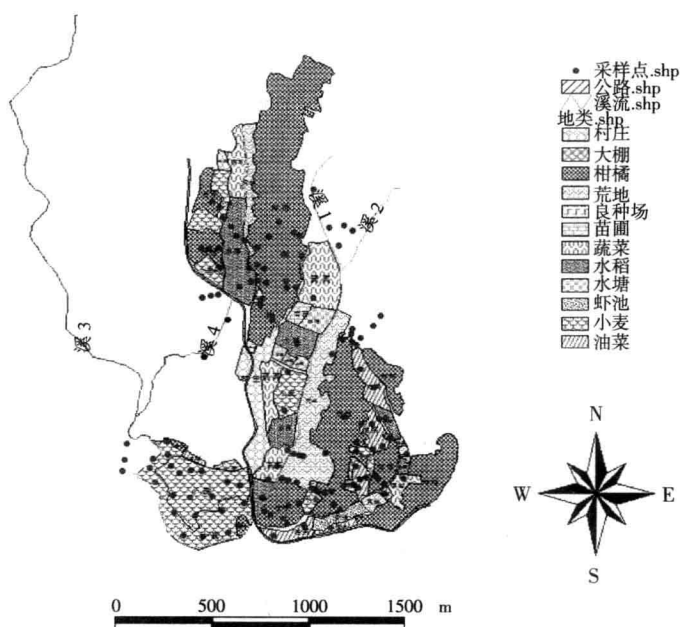


图1 小流域采样图

Figure 1 Sampling point distribution in the small watershed

1.3 样品分析与数据处理

1.3.1 样品分析

土样中养分含量分别以如下方法进行测定：土壤有机质用重铬酸钾容量法，全 N 用开氏消煮法，全 P 用碱熔—钼锑抗比色法，全 K 用碱熔—火焰光度计测定法，速效 N 用碱解扩散—半微量滴定法，速效 P 用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法，速效 K 用乙酸铵提取—火焰光度计测定法，缓效 K 用硝酸煮沸—火焰光度计测定法，有效 Zn、Cu、Mn、Fe 用 DTPA 混合提取剂提取—原子吸收分光光度计测定法。pH 以水土比 2.5 : 1，复合电极测定^[3]。

1.3.2 数据处理

数据统计包括最大值、最小值、平均值、中值、标准差、方差和变异系数等的计算。

空间图形属性数据处理的软件平台是 ArcView3.2，地统计学中的半方差函数及其模型计算的软件平台是 GS+ (Gamma Design Software) 3.1。

1.3.2.1 半方差函数及其模型

半方差函数是描述土壤性质空间变异的一个函数，反映了不同距离的观测值之间的变化，所谓半方差函数就是两点间差值方差的一半，即：

$$r(h) = \frac{1}{2} \sigma^2 [Z(x+h) - Z(x)]$$

式中： $r(h)$ 是间距为 h 的半方差，在一定范围内该值随 h 的增加而增加。

半方差理论几种重要模型的数学表达式如下：