



中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨
第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会

论文集

土壤科学与社会可持续发展

(上)

土壤科学与农业可持续发展

中国土壤学会



中国农业大学出版社

ZHONGGUO NONGYE DAXUE CHUBANSHE

中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨
第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会 论文集

土壤科学与社会可持续发展 (上)

土壤科学与农业可持续发展

中国土壤学会

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土壤科学与社会可持续发展(上)——土壤科学与农业可持续发展/中国土壤学会. —北京:中国农业大学出版社,2008.9

ISBN 978-7-81117-271-3

I. 土… II. 中… III. 土壤科学-关系-可持续发展-研究 IV. X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 137418 号

书 名 土壤科学与社会可持续发展(上)——土壤科学与农业可持续发展
作 者 中国土壤学会

策划编辑 孙 勇

责任编辑 晓 明

版式设计 郑 川

责任校对 李鸿洲

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

规 格 889×1194 16 开本 31.75 印张 954 千字

本册定价 80.00 元 (全套定价 240.00 元)

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编辑委员会

主 编 李保国 张福锁

副主编 周健民 沈其荣 武志杰

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 冲	王方浩	王敬国	任图生	刘 忠	刘宝存	吕贻忠
孙丹峰	朱永官	江荣风	何园球	张凤荣	张玉龙	张维理
张福锁	李保国	李彦明	李贵桐	沈其荣	苏德纯	陈 清
陈新平	周健民	林启美	武志杰	范明生	胡克林	赵小蓉
赵桂慎	贾小红					

序

土壤是最基本的和不可再生的重要自然资源,它的数量与质量直接影响人类的生存与发展,在粮食安全、环境保护和生态系统功能发挥等方面有着重要作用。

随着人们对土地持续高强度地利用,人地矛盾日趋尖锐。我国的问题尤其严重,一方面耕地资源数量匮乏,整体质量欠佳,土壤环境质量日趋恶化。另一方面耕地资源空间分布不均衡,水土资源匹配不协调;耕地后备资源不足,开发整理复垦难度大等危及资源、环境与粮食安全的严重问题。土壤科学作为解决上述问题的核心学科,既面临前所未有的挑战,同时也是难得的发展机遇。

土壤学在解决全球粮食问题和人类社会可持续发展中发挥了巨大作用。土壤资源保护与土壤肥力培育是现代土壤学的重要内容;土壤生态环境安全与农业可持续发展是现代土壤学的根本任务;土壤环境质量改善是我国农产品质量安全及人民健康的重要基础。这说明,土壤研究具有学科交叉性与综合性的特点,在解决国民经济的重大问题中,将更加注重土壤与环境、土壤质量和肥力、生态和健康之间的影响。从研究土壤本身转向研究土壤与人口、资源、生态、环境、社会经济发展相协调,在不断丰富和发展土壤学自身的研究内容的同时,使土壤学研究参与并服务于国家重大战略,保障我国人口—资源—环境—经济—社会这个大系统协调与可持续发展。

在这样的前提下,中国土壤学会决定在北京召开第十一次全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨大会,围绕土壤科学与农业可持续发展、土壤科学与资源可持续利用、土壤科学与生态安全和环境健康等三个方面进行研讨,并编辑出版《土壤科学与社会可持续发展》会议论文集。

该论文集的出版反映了我国土壤肥料科学的繁荣与进步,也体现了广大会员对学会的关心与支持!希望该文集能为全国广大土壤和肥料科学工作者提供借鉴,启迪创新思想,掌握新知识,促使土壤科学研究不断创新,为我国土壤科学与社会可持续发展贡献一份力量。

中国土壤学会理事长 周健民

2008年9月

前 言

2008 年是中国最不平凡的一年,从年初的南方冰雪灾害到 5 月 12 日的汶川大地震、从全民抗灾到北京奥运会,中国人民表现出了惊人的团结和坚强。与此同时,全球范围内暴发的粮食和能源危机影响世界各国的经济与社会发展,而中国却依然保持着经济的高速发展,为世人所瞩目。然而,中国做为人口与资源环境及经济发展矛盾最为突出的国家,只有通过全国人民的艰苦奋斗和共同努力,才能解决不断出现的比其他国家更为严峻的各种各样的问题,最终实现可持续发展。在这样一个对土壤科学工作者来说,既面临严峻挑战,又是大好机遇之际、在北京成功举办奥运会一个月之时,中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会将于 2008 年 9 月 24—27 日在北京召开。这是中国土壤学会成立 60 年来第一次在北京召开的盛会,将会极大地促进土壤和肥料科学工作者在新的形势下为国家粮食安全、环境保护、资源高效利用做出更大的贡献。

土壤是陆地生态系统的基础、农业生产的基本资料、人类社会可持续发展的必备支撑条件。从人类的吃、穿、住、行到生产、生活的方方面面,人类的一切活动都要依靠土壤功能的发挥。为此大会确定的主题是“土壤科学与社会可持续发展”,会议将围绕土壤科学与农业可持续发展、土壤科学与资源可持续利用和土壤科学与生态安全和环境健康等三个方面,对土壤资源现状、土壤性质与演变过程、土壤与环境退化、土壤资源利用与粮食安全、肥料高投入对土壤质量与生态环境的影响、工业化和城市化对土壤资源变化的影响、农业与环境平衡的土地资源利用策略、生态环境协调与粮食安全保障、土地资源的保护与合理利用、土壤在社会、环境和农业可持续发展中的作用、土壤资源合理利用和提高土壤质量的政策与建议、土地资源利用—生态环境友好—粮食安全保障和谐的政策、措施与建议等具体内容展开学术交流和讨论。

为了开好这次会议,在中国土壤学会的领导下,承办单位北京土壤学会、中国农业大学、中国科学院南京土壤研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、中国科学院生态环境研究中心、北京市农林科学院、农业部种植业司、全国农业技术推广服务中心、北京市农业局和土肥站、中国科学院沈阳应用生态研究所、南京农业大学等单位及有关人员做了一年多辛苦的筹备工作,通过中国土壤学会各省分会和各专业委员会在全国范围内进行了论文征集,广大会员积极性高,踊跃投稿;台湾中华土壤肥料学会也积极组织会员投稿;为加强中国土壤科学家与国际土壤科学家的联系,组委会还邀请了国际知名土壤学家到会做土壤科学最新进展的学术报告并提交相应的论文。

会议共收到中英文论文全文、详细摘要、摘要共 245 篇,本着全面反映土壤和肥料科学近年来的研究进展,积极扩大此次会议学术交流成果的宗旨,经编辑委员会认真评审,选用了 225 篇论文和详细摘要,分上、中、下三册编辑出版。

上册“土壤科学与农业可持续发展”包括了土壤养分化学与土壤肥力、植物营养学、施肥科学与技术三方面内容;中册“土壤科学与资源可持续利用”包括了土壤物理与水分利用、土壤地理与土壤资源、水土保持、盐渍土资源利用、土壤计量学与信息技术应用、土地利用与耕地保护方面内容;下册“土壤科学与生态安全和环境健康”包括了土壤生物与生态、土壤环境化学、土壤科学与全球变化方面内容。每册当中文章的排序是按上述各方面内容顺序分类后,再按题目的汉语拼音为序进行排列。

由于时间紧、任务重,编辑水平有限,文集中不当之处,恳请广大会员和读者指正。

张福锁

2008 年 8 月

目 录

不合理施肥对红壤性水稻土供肥能力的影响.....	陈建国 张杨珠 曾希柏等(1)
不同数量氮素供给对黑土氨基糖动态的影响.....	何红波 张威 解宏图等(8)
不同条件下有机物料在黑土中分解规律的研究	迟凤琴 张久明 匡恩俊等(18)
长期不施磷肥我国典型土壤无机磷形态及速效磷的变化	李中阳 李菊梅 徐明岗(23)
长沙市边缘带主要蔬菜基地土壤的肥力特性	王丽慧 王翠红 邹玲(30)
带反号电荷的胶体颗粒表面双电层的相互作用及其与离子吸附和解吸	徐仁扣 李素珍 肖双成(37)
堆肥之可溶性有机质与土壤黏粒表面之酸解行为及其对铜、锌、镉之吸持反应	李家兴 陈尊贤(42)
粪肥腐解过程铜锌的形态分布及其竞争关系	王旭东 卢丽兰(49)
黑土的胡敏素组成和结构特征研究	李凯 窦森(56)
湖北省油菜-水稻轮作区土壤养分吸附特征研究	刘金山 鲁剑巍 胡承孝等(62)
基于悬液 Wien 效应我国主要土壤与阳离子间能量关系的研究	李成保 王玉军 周东美(68)
磷矿粉品位与化学组分对活化效果的影响	邱慧珍 杨翠红 陈博等(79)
禽畜粪堆肥品质及施用量对水稻产量及铜锌吸收量之影响	苏绍璋 陈尊贤(86)
苏南典型区土壤有效态铁、锰含量影响因素.....	万红友 周生路 赵其国等(92)
土壤 HA、FA 形成转化驱动因素初步研究	窦森 Yves Tardy 张晋京等(100)
土壤有机质化学研究进展.....	窦森 李凯(108)
亚热带地区土壤碳氮积累相关关系及稻作影响.....	刘守龙 苏以荣 黄道友等(121)
淹水培养条件下水稻土对化肥氮的固持及氮的残留形态.....	彭佩钦 仇少君 刘强等(129)
一个改进的土壤铵、磷和钾等温吸附新模型	章明清 颜明娟 陈防等(139)
Ca ²⁺ 信号参与铝诱导黑麦根系有机酸的分泌	唐新莲 黎晓峰 顾明华等(147)
Roles of mycorrhizal fungi in interplant nitrogen transfer in oak forests	Xinhua He, Caroline S. Bledsoe, Darlene Southworth et al. (154)
不同氮磷钾肥配施对两季麦田土壤养分分布的影响.....	彭正萍 薛世川 王雷等(155)
不同基因型棉花钾素吸收利用差异的研究.....	陈波浪 蒋平安 盛建东等(163)
不同剂型对油菜的促生和生防作用.....	胡小加 刘胜毅 江木兰等(169)
不同硼浓度对菠萝幼苗生长及酶活性的影响.....	祁寒 习金根 藏小平等(173)
不同品种油菜幼苗根系对氮胁迫的反应差异研究.....	陈历儒 廖成松 刘强等(179)
不同品种油菜植株氮素分配动态研究.....	董春华 荣湘民 刘强等(186)
不同水分与氮肥形态配比对苘蒿养分吸收及产量的影响.....	刘秀珍 郭丽娜 赵兴杰等(193)
不同玉米杂交种对铁素反应类型的初步研究	田秀平 郝建朝 王海凤等(199)
打顶对烤烟烟碱累积和烟碱合成关键酶基因表达调控研究.....	代晓燕 苏以荣 魏文学等(204)

- 氮肥品种及施用时期对春小麦籽粒矿物质含量的影响..... 李焕春 高炳德 妥德宝等(213)
- 氮素调控剂对甘蓝硝酸盐和土壤硝态氮含量的影响..... 安志装 马茂亭 吴琼等(217)
- 钙营养对光皮树树体结构及结实量的影响..... 吴建平 吴天乐(223)
- HA(Humic acids)对灰漠土钾素的影响..... 许咏梅 马兴旺 杨涛等(227)
- 海南槟榔营养特性的研究..... 王汀忠 唐树梅 张永发等(233)
- 化肥施用方式对烤烟氮、磷、钾累积动态的影响..... 徐祥玉 袁家富 赵书军(241)
- 钾、镁、硫元素不同配比对花生营养吸收、累积及分配的影响 何春梅 王飞 李清华等(245)
- 钾对不同钾效率基因型棉花生长动态的影响..... 夏颖 陈防 姜存仓等(251)
- 接种菌根真菌和根瘤菌对大豆/玉米间作体系氮素吸收的影响 武帆 李淑敏 孟令波(258)
- 快速获取技术在营养诊断中的应用..... 郭建华 姚光强 王钟杨等(265)
- 矿质钾肥在盆栽油菜上的肥效试验研究..... 李吉进 樊晓翠 邹国元等(270)
- 磷矿粉的活化及其在石灰性土壤上的生物有效性研究..... 李亚娟 陈博 杨翠红等(278)
- 猕猴桃树钾素吸收累积动态规律与施肥管理..... 同延安 王建 马文娟等(285)
- 钼磷互作对甘蓝型油菜苗期磷和钼吸收累积的影响..... 刘红恩 胡承孝 孙学成等(293)
- 硼对不同油菜品种钼吸收分配的影响..... 牛静 曹燕红 耿明建(299)
- 设施土壤供 N 能力及西芹减量施 N 效果研究 王甲辰 左强 王美菊等(304)
- 施用不同钾肥对土壤钾的转化和植物钾有效性影响机理的研究进展 郑诗樟 胡红青 庄光泉(309)
- “大三围”强化栽培模式下施氮水平和移栽期对水稻氮素利用的影响..... 曾祥忠 肖楷 吕世华(317)
- 安徽省烟区土壤和烟叶镁含量状况与镁肥应用..... 王世济 崔权仁 刘小平等(324)
- 包膜缓/控释肥料的膜质材料研究进展 邹洪涛 张玉龙(328)
- 北京市平谷区番茄平衡施肥初探 郝红梅 张志刚 贾小红等(332)
- 不同施肥策略对吉林中部春玉米农学和环境效应的影响..... 杨俊刚 高强 陈新平等(336)
- 不同水肥条件对大豆产量的影响..... 马强 宇万太 周桦等(343)
- 长江流域冬油菜钾肥施用效果及土壤速效钾临界值研究..... 邹娟 鲁剑巍 陈防等(350)
- 长江流域土壤有效硫状况及油菜施硫效应..... 李录久 张福锁 孙礼胜等(359)
- 多种溶磷能力微生物肥料之开发与利用研究..... 杨秋忠 洪美华 谭镇中等(365)
- 肥球育苗移栽玉米肥害与施肥技术..... 陈仕高 田茂仁 蒲正国等(371)
- 赣南脐橙缺硼与硼营养状况及硼肥施用的效应..... 姜存仓 王运华 彭抒昂等(375)
- 高效土壤测试技术在江西省测土配方施肥中的应用..... 丁蕾 邵华 余左等(381)
- 硅肥对改善提高农作物品质的作用..... 贾建新(390)
- 旱地马铃薯施肥肥效及养分吸收变化规律的研究..... 段玉 妥德宝 赵沛义等(396)
- 基于“3414”肥效试验的土壤养分丰缺指标制定方法的研究 索全义 张连云 郑海春(402)
- 聚烯烃包衣控释肥料研究开发及应用 刘宝存 徐秋明 曹兵(409)
- 控释包膜尿素接触式施肥对春玉米的应用效果研究..... 谷佳林 曹兵 衣文平等(416)
- 控释肥的研制及新的发展方向..... 程磊 王志军 王敏等(421)
- 控释肥在粮食作物上的应用及前景..... 王志军 程磊 王敏等(425)
- 辽宁潮棕壤长期定位试验下肥料对作物产量的贡献..... 宇万太 张璐 马强(429)
- 平衡施肥油茶林土壤酶活性研究 郭晓敏 余林 牛德奎等(438)

上海地区冬作经济绿肥高产栽培技术研究·····	周德兴 杨捷(446)
生物有机—无机复混肥的研制及其在西瓜上的施用效果研究·····	万强 龙彬 周艳等(452)
水稻间作系统高氮投入对水稻产量、氮素利用及稻瘟病发生的影响 ·····	汤利 卢国理 楚轶欧等(456)
台湾肥料管理策略與展望·····	陳仁炫 翁震圻(464)
有机肥不同配施方式对土传病害的防治及土壤微生物多样性的调控·····	李胜华 谷丽萍 刘可星等(469)
有机无机复混肥对牛膝生长和产量的影响·····	龚光炎 黄小印 荆国斌(475)
有機質肥料之肥效與應用·····	莊作權(478)
种植不同冬绿肥品种对植烟土壤理化性质和烤烟产质量的影响·····	习向银 刘国顺 陈亚等(486)
竹篙薯施氮磷钾效应研究·····	杨庆根 郭晓敏 牛德奎等(491)

不合理施肥对红壤性水稻土供肥能力的影响*

陈建国¹ 张杨珠¹ 曾希柏² 周卫军¹ 周清¹

(1 湖南农业大学资环学院 长沙 410128 2 中国农业科学院
农业环境与可持续发展研究所 北京 100081)

摘要:为了揭示不合理施肥对南方红壤性水稻土供肥能力退化作用的机理,2005年初采取红黄泥属健康水稻土进行不合理施肥水稻盆栽试验,试验连续进行3年。试验结果表明,不合理施肥能降低水稻产量,弱化土壤供肥能力;而红壤性水稻土供肥能力的退化是通过水稻因不合理施肥非正常生长实现的:因不合理施肥水稻生物产量降低,加上一些不合理施肥因子的影响,土壤微生物生物量发生变化,引起微生物生物量碳氮比、碳磷比改变,致使土壤养分含量变异,从而导致土壤供肥能力退化。

关键词:红壤性水稻土;不合理施肥;肥力退化

不合理施肥是我国农村存在的普遍现象,由此导致的土壤退化为人们所熟知。为防止类似的土壤退化现象,对因此而引起的土壤退化原理进行研究非常必要。我国地域广大,不同区域耕地所在地理气候环境条件不同,不合理施肥所致的土壤退化原理存在差异。南方是我国水稻主产区,不合理施肥招致稻田土壤退化很常见,然而较系统的相关土壤退化原理研究报道却不多。本文针对南方红壤性水稻土,从土壤生产能力、土壤养分供给等方面土壤特征研究因不合理施肥导致的土壤肥力退化过程并试图揭示其退化机理。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤取自湖南省醴陵市浦口镇茅坪村,属红黄泥土属。红黄泥发育于第四纪红土母质,主要分布在海拔较低、地势低平、开阔的红壤丘陵岗地及排水条件良好的冲谷地带,养分状况良好。土壤全氮 2.79 g/kg,全磷 0.91 g/kg,全钾 22.05 g/kg,碱解氮 236.8 mg/kg,有效磷 16.7 mg/kg,速效钾 77.4 mg/kg,缓效钾 136.4 mg/kg,有效硅 96.3 mg/kg,有机质 46.95 g/kg,pH5.46,CEC11.24 cmol/kg。

1.2 供试肥料

氮肥用含 N46% 的市售尿素;钾肥用含 K₂O 60% 的市售氯化钾;磷肥用含有效磷 12% 的市售钙镁磷肥;有机肥早稻用紫云英,晚稻用鲜稻草。

1.3 试验设计

采取盆栽试验方法进行本研究。试验用盆钵为 $\varnothing 18.5\text{ cm} \times h 20\text{ cm}$ 的白瓷钵,每盆装风干土 5.5 kg。为反映农业生产中的实际情况,试验选择农业生产实际中的 6 种不合理施肥情况,设置 6 个处理:①不施肥(No);②高氮(hN);③高氮低钾(hN1K);④高氮磷(hNP);⑤高氮磷钾(hNPK);⑥高有机肥(hOM),按与高氮(hN)处理相同施 N 量计算有机肥用量。将土壤和肥料充分混匀后,装入盆中,淹水一天后移栽水稻,每盆定苗 3 蔸。早、晚稻连续进行。每处理重复 6 次,随机区组排列。早稻每年 4 月底移栽,7 月底收获;晚稻

* 基金项目:国家科技部“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD05B01)的部分内容。

7 月底移栽,10 月底收获。

试验从 2005 年 4 月到 2007 年 11 月连续进行 3 年。

表 1 不同施肥处理施肥量(g/kg 土)

Table 1 The quantity of fertilizer applied in different fertilization treatments

处理 treatments	No	hN	hOM	hNPK	hNP	hNIK
N	0	0.4	0	0.4	0.4	0.4
P ₂ O ₅	0	0	0	0.2	0.2	0
K ₂ O	0	0	0	0.4	0	0.1
紫芸英/鲜稻草 astragalus/green straw	0	0	121.1/232.7	0	0	0

注:在“/”前者为早稻施肥用量;在“/”后者为晚稻施肥量。Note: the number before “/” is quantity fertilizer applied in early rice, and the one after “/” is that applied in late rice.

1.4 分析测定方法

水稻收获时测量水稻的生物产量、经济产量,用取样器采集盆土约 250 g,新鲜土壤立即带回实验室,于 4℃ 冰箱保存备用,测定微生物生物量后,风干,过 10 目筛,测定土壤有效氮、磷、钾。

1.4.1 土壤有效养分的测定^[1]

土壤碱解氮:碱解扩散法;土壤有效磷定:0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法;土壤速效钾:乙酸铵提取—火焰光度法。

1.4.2 土壤微生物生物量

土壤微生物生物量 C(MBC)的测定采用氯仿熏蒸- K₂SO₄ 提取方法。称取相当于 25 g 烘干土重的新鲜土样于直径 12 cm 的培养皿中,加入无乙醇氯仿,与土壤拌和均匀,移入真空干燥器中用氯仿蒸汽熏蒸 24 h,用反复抽真空方法除去残存氯仿后,再用 100 mL 0.5 mol · L⁻¹ K₂SO₄ 溶液振荡提取 30 min,过滤;取 5 mL 提取液于 50 mL 消化管中,用重铬酸钾—硫酸亚铁容量法测定有机 C。以熏蒸土样与不熏蒸土样提取的有机 C 的差值除以转换系数 K_C(0.38) 计算土壤 MBC。

土壤微生物生物量 N(MBN)的测定。提取液的制备与上述相同。取 15 mL 提取液,加 CuSO₄ 和浓硫酸消化,然后用凯氏定氮法测定氮。以熏蒸土样与不熏蒸土样提取的有机 N 的差值除以转换系数 K_N(0.45) 计算土壤 MBN。

土壤微生物生物量 P(MBP) 的测定。称取 6 份土样(5.0 g 烘干基),其中 3 份按上述方法熏蒸,另 3 份不熏蒸;用 100 mL 0.5 mol · L⁻¹ NaHCO₃ (pH8.5) 提取(振荡 30 min),过滤;钼锑抗法显色,分光光度计法(VIS-723G 型可见光分光光度计)测定无机磷。同时用外加无机磷酸盐(KH₂PO₄)的方法测定磷的提取回收率。以熏蒸土样与不熏蒸土样提取磷的差值并校正提取回收率后,除以转换系数 K_P(0.4) 计算土壤 MB-P。

1.4.3 数据处理与统计分析

试验数据采用统计软件 SPSS 12 及 Microsoft Excel 2003 处理。

2 结果与分析

2.1 不合理施肥对水稻生物产量的影响

从表 2 可见,从 2005 年到 2008 年,同时期各处理水稻生物产量都有降低的趋势。早稻生物量降幅最大的是 hNPK 处理,达 43.36 g,其次为 No 处理(38.18 g),以下依次是 hNP、hN、hNIK,最低是 hOM 处理。而晚稻生物产量降幅最大的则是高有机肥(hOM)处理,其次是 hNPK 处理,最低是 hNIK 处理。

表 2 不同施肥处理水稻生物产量(g/pot)
Table 2 The biomass production of rice under unreasonable fertilization treatments

处理 treatment	hNP	hNIK	hNPK	hN	hOM	No
P _{05早}	63.55 b	62.89 b	71.28 a	56.78 b	68.24 a	62.55 b
P _{06早}	87.78 b	73.7 c	21.67 e	68.25 d	96.5 a	64.8 d
P _{07早}	43.61 c	54.95 b	27.92 d	39.1 c	76.21 a	24.37 d
P _{07早} -P _{05早}	-19.94	-7.94	-43.36	-17.68	7.97	-38.18
P _{07早} -P _{06早}	-44.17	-18.75	6.25	-29.15	-20.29	-40.43
P _{05晚}	73.3 c	85.02 b	90.51 b	71.52 c	141.3 a	45.63 d
P _{06晚}	53.27 d	88.69 b	91.2 b	57.61 c	114.67 a	51.59 d
P _{07晚}	46.28 bc	67.96 a	52.36 b	37.69 c	27.15 d	22.73 d
P _{07晚} -P _{05晚}	-27.02	-17.06	-38.15	-33.83	-114.15	-22.9
P _{07晚} -P _{06晚}	-6.99	-20.73	-38.84	-19.92	-87.52	-28.86

注: P_{05早}为 20** 年本试验早稻生物产量; P_{05晚}为 20** 年本试验晚稻生物产量。Note: “P_{05早}” is indicated the biomass production of early rice in this experiment in 20** ; “P_{05晚}” is indicated that of late rice in 20** .

2.2 不合理施肥对土壤养分供给能力的影响

2.2.1 不合理施肥对土壤微生物生物量的影响

土壤微生物生物量能够表征土壤的供肥能力。

微生物生物量碳(MBC)。从表 3 可知, 2007 年晚稻收获后 hNP、hNPK、No 处理土壤 MBC 在 2006 年基础上显著增加, 其他处理则略有下降。各处理间 MBC 仍以 hOM、hNIK 最高, 其次为 No 处理, 说明矿质养分和碳源的均衡供给是保持高 MBC 的关键因素^[2]。有研究表明, MBC 与植物生物量呈正相关^[3]。本试验各处理 MBC 的变化与水稻生物产量的变化呈显著正相关(相关系数为 0.69), 与该结论一致。

表 3 2006、2007 年晚稻收获期试验土壤不同施肥处理下的微生物 C、N、P
Table 3 The value of MBC, MBN, and MBP under different unreasonable fertilization treatments in the experimental soil from 2006 to 2007

处理 treatments	hNP	hNIK	hNPK	hN	hOM	No
MBC06	205.9 e	1 065.08 b	157.95 e	847.11 c	1367.18 a	570.74 d
MBC07	687.72 c	986.82 a	384.34 d	731.87 bc	998.49 a	817.70 b
ΔWC	481.82	-78.26	226.39	-115.24	-368.69	246.96
MBN06	59.94	147.35	46	96.72	162.46	91.45
MBN07	75.20 c	128.29 b	154.52 a	101.03 bc	161.54 a	81.33 c
ΔWN	15.26	-19.06	108.52	4.31	-0.92	-10.12
MBP06	13.23b	10.37b	13.38b	11.92b	32.94a	11.05b
MBP07	25.56b	13.29 c	19.26 bc	16.14 c	56.23 a	3.12 d
ΔWP	12.33	2.92	5.88	4.22	23.29	-7.93

注: MBC06、MBC07 分别为 2006 年、2007 年晚稻收获时微生物生物量碳; MBN06、MBN07 分别为 2006 年、2007 年晚稻收获时微生物生物量氮; MBP06、MBP07 分别为 2006 年、2007 年晚稻收获时微生物生物量磷; ΔWC = MBC07 - MBC06; ΔWN = MBN07 - MBN06; ΔWP = MBP07 - MBP06。

Note: MBC06, MBC07, MBN06, MBN07, MBP06, and MBP07 are MBCs, MBNs, and MBPs after late rice harvested in 2006 and 2007. ΔWC = MBC07 - MBC06; ΔWN = MBN07 - MBN06; ΔWP = MBP07 - MBP06.

微生物生物量氮(MBN)。见表 3, 2007 年与 2006 年相比, hNIK、hOM、No 处理 MBN 下降, 其他处理 MBN 皆显著上升。各处理中 2006 年到 2007 年晚稻收获期土壤 MBN 的变化量与同期土壤有效 N 的变化

量呈显著正相关(相关系数为 0.833),如果不考虑不施肥(No)处理,则呈极显著正相关(相关系数为 0.999 8),这与庞欣的研究结果一致^[4];2007 年晚稻收获时 MBN 与同期水稻生物产量的变化呈显著负相关(相关系数为-0.756)。显然,稻田土壤 MBN 的大小取决于土壤中可利用的有效 N 含量的多少。

微生物生物量磷(MBP)。见表 3,2007 年与 2006 年同期相比,No 处理 MBP 显著降低,hNIK、hN 处理 MBP 略有增加,而 hNP、hNPK、hOM 处理 MBP 增加幅度大。这与各处理土壤中微生物可利用的有效 P 含量有关^[6]:无外源 P 处理(hNIK、hN、No)土壤可利用的有效 P 较少,故 MBP 较小;相反,高外源 P 处理(hNP、hNPK、hOM)土壤可利用的有效 P 较多,MBP 较高。事实上,本试验各处理 2006 年到 2007 年晚稻收获期土壤 MBP 的变化量与同期土壤有效 P 的变化量呈显著正相关(相关系数 0.89),如果不考虑 hNIK、hN 两个不施磷肥处理,则呈极显著正相关(相关系数 0.99),因为在 hNIK、hN 处理下水稻与根际微生物争磷,故与其他处理差别较大。

2.2.2 不合理施肥对土壤有效养分的影响

从表 4 可知,hNPK 处理土壤有效 N 逐年增加,No 处理 2007 年较 2006 年增加,其他处理都大幅度降低,降幅最大的是 hNIK 处理,其次是 hN 处理,hOM 降幅最低。以上说明养分平衡供给能促使土壤有效 N 提高,而偏施 N 肥则会使水稻土有效 N 降低。原因可能是水稻对 N 有奢侈吸收的偏好,施 N 越多,土壤有效 N 留存越少。各处理土壤有效 P 的变化与有效 N 相反,与试前相比,都呈增加趋势,但增加程度却不尽相同。hNP、hNPK、hOM 处理有效 P 含量大幅度增加,而 hNIK、hN、No 处理则增加幅度较小。各处理土壤有效 P 的来源,在有高量外源 P 输入的情况下主要是外源 P 的留存,故 hNP、hNPK、hOM 处理土壤含量较高;在无外源 P 的情况下则出自微生物对土壤固化 P 的矿化^[6],故 hNIK、hN、No 处理土壤含量较小。各处理土壤有效钾的变化另有特点。在无钾肥输入的 hNP、hN、No 处理土壤有效钾呈降低趋势,而有钾肥输入的 hNIK、hNPK、hOM 处理土壤有效钾则呈上升趋势,且输入越多,上升幅度越大。

表 4 不合理施肥处理下 2006 年、2007 年晚稻收获期土壤速效养分含量(mg/kg)

Table 4 The concentrations of available nutrition under unreasonable fertilization treatments from 2006 to 2007

	处理 treatment	hNP	hNIK	hNPK	hN	hOM	No
有效 N	N2004	236.8	236.8	236.8	236.8	236.8	236.8
Available N	N2006	194.68 c	203.07 b	205.48 b	200.78 b	263.62 a	190.90 c
	N2007	169.23 c	146.19 d	273.80 c	166.60 c	223.94 a	207.28 b
	$\Delta N'$	-67.57	-90.61	37	-70.2	-12.86	-29.52
	ΔN	-25.45	-56.88	68.33	-34.18	-39.68	16.38
有效 P	P2004	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7
Available P	P2006	60.13 a	16.14 c	67.19 a	17.33	40.47 b	19.63 c
	P2007	129.35 a	32.41 b	119.92 a	34.16 b	126.51 a	34.43 b
	$\Delta P'$	112.65	15.71	103.22	17.46	109.81	17.73
	ΔP	69.22	16.27	52.73	16.83	86.04	14.80
速效 K	K2004	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4	77.4
Available K	K2006	32.86 d	66.86 c	331.35 b	35.31 d	1157.88 a	40.17 d
	K2007	31.99 d	119.87 c	586.46 b	45.87 d	1630.00 a	31.99 d
	$\Delta K'$	-45.41	42.47	509.06	-31.53	1552.60	-45.41
	ΔK	-0.87	53.01	255.11	10.56	1473.36	-8.18

注:N2004、P2004、K2004 分别指试验前土壤中的有效 N、P、K 含量; $\Delta N' = N2007 - N2004$; $\Delta N = N2007 - N2006$; $\Delta P' = P2007 - P2004$; $\Delta P = P2007 - P2006$; $\Delta K' = K2007 - K2004$; $\Delta K = K2007 - K2006$ 。

Note: N2004, P2004, and K2004 are the concentrations of available N, P, and K in the paddy soil before experiment; $\Delta N' = N2007 -$

N_{2007} ; $\Delta N = N_{2007} - N_{2006}$; $\Delta P' = P_{2007} - P_{2004}$; $\Delta P = P_{2007} - P_{2006}$; $\Delta K' = K_{2007} - K_{2004}$; $\Delta K = K_{2007} - K_{2006}$ 。

2.2.3 不同处理土壤的微生物生物量碳氮比(MBC/MBN)、碳磷比(MBC/MBP)的变化

土壤微生物生物量碳氮比(MBC/MBN)、碳磷比(MBC/MBP)能够反映微生物对土壤氮、磷有效性的调节作用^[7]。MBC/MBN、MBC/MBP 较大,说明微生物对土壤有效氮、有效磷具有同化趋势;相反,MBC/MBN、MBC/MBP 较小,土壤微生物具有较大的释放有效氮、有效磷的潜力。由表 5 可知,2007 年晚稻收获时 hNP、hNIK、No 处理 MBC/MBN 较上年度大,说明该三处理微生物对有效 N 同化的趋势增强,与作物争 N,对作物供氮能力减弱,其中 No 处理 MBC/MBN 最大,其供氮能力最小;而 hNPK、hN、hOM 处理 MBC/MBN 较上年度减小,土壤供氮能力增强,而 hNPK 处理 MBC/MBN 最小,其供氮能力最大。在本试验中,2007 年晚稻收获时 MBC/MBN 与有效 N 相关系数为-0.69,呈显著负相关。

诸处理中,hNP、hNPK、No2007 年晚稻收获时 MBC/MBP 较上年度大,表明三处理土壤有效 P 供给能力趋弱,相反,hNIK、hN、hOM 处理供给有效 P 能力有增强趋势。各处理中,No 处理 MBC/MBP 最大,说明随着不施肥年限延长,土壤供 P 能力急剧降低;而 hOM 处理 MBC/MBP 最小,说明高量施用有机肥后土壤供 P 能力迅速增强。本试验中,2006 年晚稻收获时 MBC/MBP 与有效 P 的相关系数是-0.90,呈显著负相关。

表 5 2006 年、2007 年晚稻不同处理 MBC/MBN、MBC/MBP、MBC/TC、MBN/TN、MBP/TP
Table 5 The value of MBC/MBN and MBC/MBP in the soils under unreasonable fertilization
treatments after late rice harvested from 2006 to 2007

处理 treatments	MBC/MBN ₀₆	MBC/MBN ₀₇	MBC/MBP ₀₆	MBC/MBP ₀₇	$\Delta\text{MBC/MBN}$	$\Delta\text{MBC/MBP}$
hNP	3.4	9.1	15.56	29.2	5.7	13.64
hNIK	7.2	7.7	102.71	74.2	0.5	-28.51
hNPK	3.4	2.5	11.8	20	-0.9	8.2
hN	8.8	7.2	71.07	45.4	-1.6	-25.67
hOM	8.4	6.2	41.51	17.8	-2.2	-23.71
No	6.2	10.1	51.65	262.3	3.9	210.65

注: $\Delta\text{MBC/MBN} = \text{MBC/MBN}_{07} - \text{MBC/MBN}_{06}$; $\Delta\text{MBC/MBP} = \text{MBC/MBP}_{07} - \text{MBC/MBP}_{06}$ 。

Note: $\Delta\text{MBC/MBN} = \text{MBC/MBN}_{07} - \text{MBC/MBN}_{06}$; $\Delta\text{MBC/MBP} = \text{MBC/MBP}_{07} - \text{MBC/MBP}_{06}$ 。

3 讨论

3.1 不合理施肥与水稻生物产量的关系

施肥能直接供给水稻有效养分,但不合理施肥却会因此影响水稻的正常生长。不施肥(No)处理因缺少外源有效养分的输入,水稻能吸收的养分仅限于有限的土壤养分库,因而影响水稻干物质的积累,表现为产量逐年降低。高有机肥(hOM)处理因施入过量有机肥,前期在淹水条件下土壤厌氧细菌大量繁殖,一方面土壤氧化还原电位(Eh)急剧降低,使刚移栽的秧苗根系受损,吸收养分能力下降;另一方面,由于有机肥(绿肥)碳氮比高,厌氧细菌与秧苗争氮,从而水稻前期发育不良,影响后期生殖生长,使水稻产量降低。hN、hNPK、hNIK、hNP 处理由于施入高量尿素,前期耕层土壤 NH_4^+ 浓度高(接近正常施肥处理的 2 倍),水稻根系大量吸收 NH_4^+ 而遭受铵毒,水稻前期发育受阻。hN 处理水稻不但前期受铵毒,由于没有外源 P、K 素的输入,植株缺 P 缺 K,直接影响后期营养、生殖生长,使生物产量降低。hNP 处理水稻除前期生长受阻外,因为缺钾,影响后期生长。hNIK 处理与 hNP 情形类似。hNPK 处理随着处理年限增加,水稻受伤害程度比 hN、hNIK、hNP 处理高,具体原因尚待研究。

3.2 不合理施肥与土壤供肥能力的关系

不合理施肥通过影响水稻生长间接影响土壤微生物生物量。

对微生物生物量碳的影响。一般认为,土壤微生物生物量碳(MBC)质量分数与输入的碳源有直接关系^[7],因此,由于作物根茬的积累 hNP、hNPK、No 处理 2007 年土壤 MBC 较 2006 年高;但是 hN1K、hN 处理中,由于偏施氮肥,植物生理活动减弱,根系分泌物减少,微生物数量下降,使 2007 年的 MBC 较上年度低;hOM 处理因施入高量绿肥,淹水条件下嫌气性细菌大量繁殖,土壤 Eh 降低,原来占优势的好气性细菌大量消亡,造成 MBC 大幅度降低。

土壤微生物生物量 N(MBN)与土壤中的有效 N 呈正相关^[4]。hNP、hN1K、hNPK、hN 处理 2007 年晚稻生物产量较上年降低,土壤中留存的 N 素增多,土壤微生物可吸收的 N 较上年度高,因而 MBN 比上年高。No 处理土壤中有效 N 含量极低,故其 MBN 也比上年低;hOM 处理土壤中虽然 N 素增多,但因好气性细菌数量减少,MBN 与上年比变化不大(见表 3)。

微生物生物量磷(MBP)的变化与 MBN 变化原因相似,即植株生物量的大小决定了微生物可以利用的有效磷量,从而影响不同处理土壤中 MBP 质量分数。

土壤养分状况是施肥措施、作物与微生物共同作用的结果。

施肥通过影响作物生长,进而影响土壤 MBC、MBN、MBP,而 MBC/MBN、MBC/MBP 值的大小调节土壤有效 N、P 的含量。一般情况下,MBC/MBN、MBC/MBP 较大,微生物固持土壤有效 N、P 的潜力大,土壤中有有效态 N、P 的含量就会减少;相反,MBC/MBN、MBC/MBP 较小,土壤中有有效态 N、P 的含量就会升高^[8]。但在 hN、hOM 处理的特殊情况下,虽然 MBC/MBN 较上年小,但因为存在植株对 N 的奢侈吸收,土壤中有有效 N 仍然较上年降低。在具有高外源磷的 hNP、hNPK 处理中有有效 P 的情况也如此,因为外源 P 的留存,虽然 MBC/MBP 较高,土壤中有有效 P 仍较上年高。在 No 处理中,土壤有效 N、P 含量不能满足作物需求,虽然 MBC/MBN、MBC/MBP 都很大,微生物只能矿化固定态 N、P 供植物和自身需要;因为 MBC/MBN、MC/MBP 较上年高,故微生物对固定态 N、P 的矿化程度较深,有效态 N、P 含量增大。

土壤中速效钾的含量则主要是施肥与作物生长调节的。在无钾肥输入的 hNP、hN、No 处理,因作物大量吸收钾素土壤有效钾呈降低趋势,而有钾肥输入的 hN1K、hNPK、hOM 处理土壤有效钾则呈上升趋势,且输入越多,上升幅度越大。

4 结论

4.1 不合理施肥能降低水稻产量,弱化土壤供肥能力,使稻田生态系统质量下降。

4.2 不合理施肥导致红壤性水稻土供肥退化主要通过阻碍水稻生长途径实现:水稻生物产量的降低,加上一些不合理施肥因素的作用,促使土壤微生物量发生变化,引起微生物生物量碳氮比、碳磷比改变,导致土壤有效养分含量改变,从而使土壤供肥能力退化。

参考文献

- [1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2004: 12, 150
- [2] 潘根兴, 周萍, 张旭辉, 等. 不同施肥对水稻土作物碳同化与土壤碳固定的影响以太湖地区黄泥土肥料长期试验为例[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3704-3710
- [3] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 不同施肥制度土壤微生物量碳氮变化及细菌群落 16SrDNA V3 片段 PCR 产物的 DGGE 分析[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1079-1085
- [4] 庞欣, 张福锁, 王敬国. 不同供氮水平对根际微生物量氮及微生物活度的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 476-480
- [5] Kouno K, Wu J, Brookes P C. Turnover of biomass C and P in soil following incorporation of glucose or ryegrass [J]. Soil Biol Biochem, 2002, 34: 617-622
- [6] Louw H A, Webley D M. The bacteriology of the root region of the oat plant grown under-controlled

- pot culture conditions [J], J Appl Bact, 1959, 22(2): 216-226
- [7] He Z L, Wu J, O'Donnel A G, et al. Seasonal responses in microbial biomass carbon, phosphorus and sulphur in soils under pasture [J]. Biol Fertil Soil, 1997, 24: 421
- [8] Dick R P. A review: Long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters[J]. Agric. E-cosyst. Environ., 1992, 40: 25-36

The Effect on Potential Accommodation of Nutritions in the Paddy Soil From red Earth Based on Unreasonable Fertilization Treatments, Southern of China

Chen Jianguo¹ Zhang Yangzhu^{1**} Zeng Xibai^{2**}

⁽¹⁾ College of Resources and Environment Hunan Agricultural University Changsha 410128

⁽²⁾ Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development Chinese Academy
of Agricultural sciences Beijing 100081)

Abstract: To explore the degradation mechanism of paddy soil from red earth based on unreasonable fertilization in China southern, a pot experiment that rice was cultivated under unreasonable fertilization treatments in healthy paddy soil from red earth had been done from 2005 to 2007. The result showed that the rice biomass production and accommodation of nutrition in the paddy soil decreased because of the unreasonable fertilization treatments, further more, the degradation of accommodation of nutrition in the paddy soil is carried out through rice growth being disturbed based on unreasonable fertilization. With decrease of rice biomass production and other causes of unreasonable fertilization, microbial biomass including MBC, MBN, and MBP altered, that make the value of MBC/MBN and MBC/MBP change. Altering of those ratios leads to degeneration of the soil fertility.

Key words: paddy soil from red earth; unreasonable fertilization; fertility degradation

不同数量氮素供给对黑土氨基糖动态的影响^{*}

何红波¹ 张威¹ 解宏图¹ 刘宁¹ 张旭东^{1, 2}

(1 中国科学院沈阳应用生态研究所陆地生态过程重点实验室 沈阳 11006

2 辽宁沈阳农田生态系统国家野外科学观测研究站 沈阳 110016)

摘要:土壤有机质库的动态变化受到能源和养分供给的强烈影响,而微生物作用是变化过程的重要驱动力。随着新陈代谢作用的进行,以氨基糖为代表的微生物细胞壁残留物不断在土壤中积累,并进一步参与土壤碳、氮循环。本文以葡萄糖为碳源,通过室内培养实验探讨了不同数量的 NH_4^+ 施入对土壤中三种氨基糖(氨基葡萄糖、氨基半乳糖和胞壁酸)动态的影响,同时利用氨基葡萄糖和胞壁酸的比值探讨了微生物在养分固持过程中的相对贡献。研究结果表明,土壤氨基糖数量受到外加碳源和养分的显著影响,且其变化各有特征。胞壁酸受养分影响最为显著,具有平衡碳氮供给的调节能力;氨基葡萄糖稳定性高于胞壁酸,充足的碳源供给有利于氨基葡萄糖的合成,但在碳源极度缺乏时也可分解;养分状况对氨基半乳糖的影响并不显著。可利用碳源存在是微生物进行氮素固持的关键,相对丰富的氮素供给有利于细菌的快速生长,碳源相对丰富则有利于真菌的快速增殖。

关键词:氨基糖;葡萄糖;铵态氮;黑土;微生物活性

陆地生态系统中土壤微生物通常处于养分受限状态,其活性受到能源和养分的强烈影响^[1, 2]。因此,外源物质加入土壤后,会或多或少地改变原有的物质和能量循环特征和微生物活性^[3]。随着新陈代谢作用的进行,以真菌几丁质和细菌肽聚糖为代表的微生物细胞壁残留物在土壤中的积累-分解动态不断发生着改变^[4, 5]。在这些微生物残留物中,氨基葡萄糖(GluN)是几丁质的单体,同时和胞壁酸(MurN)及部分 D-氨基酸形成细菌细胞壁的肽聚糖,因而土壤中氨基葡萄糖主要来源于真菌,胞壁酸唯一来源于细菌。氨基半乳糖(GalN)来源并不明确,一般被认为主要来自细菌的贡献^[6~8]。由于真菌和细菌细胞壁物质残留和转化特性有所不同,因而不同来源的氨基糖可作为微生物标识物来研究来源于真菌和细菌的残留碳、氮的去向^[9, 10]以及不同微生物群落在土壤有机质循环中的相对贡献^[10~12]。

除土地利用方式^[7, 13]、气候变化^[14]等影响氨基糖的相对分布和数量特征外,氨基糖的动态与农田养分循环也密切相关。肥料的施用对土壤-植物系统中物质和能量的输入-输出平衡产生扰动,从而影响了微生物的活性和数量及有机质的生物降解过程^[15~17]。氨基糖一方面作为微生物新陈代谢的副产物在土壤中积累^[18],另一方面又可进一步参与土壤碳氮循环^[5],所以,施肥对土壤氨基糖库动态有着显著的影响,但影响程度因土壤类型、施肥种类和作物类型而有所差异。长期施用氮肥可显著增加黑垆土(20年)和太湖地区黄泥土(24年)中氨基糖 N 的数量和比例^[19, 20],但 5 年砂姜潮土长期培肥定位试验则表明,单施氮肥显著降低了氨基糖 N 的含量^[21];有机肥施用及玉米秸秆和根茬还田增加了黑土氨基糖 N 含量^[22, 23],但可能会降低黄泥土中氨基糖 N 的含量^[20]。在有机氮组分矿化特性研究中,可矿化 N 和酸解 NH_4^+ -N、氨基糖态 N、氨基酸态 N 均呈显著正相关关系^[24],但氨基糖态 N 对矿化 N 没有直接贡献,而在于氨基酸态氮和铵态氮通过氨基糖态氮周转的间接贡献^[25]。由于土壤中无机氮素的微生物同化固定受到土壤有效碳源的控制^[26],因此,长期定位试验中氨基糖的数量变化特征应体现了土壤有机质循环的碳氮调控机制,然而土壤氨基糖库的动态变化与外源有机质输入的关系尚不清楚。因而,本文以 NH_4^+ 为氮源,以葡萄糖为碳源进行了黑土样品培

^{*} 国家自然科学基金重点项目(40535028)和国家重点基础研究发展计划(973)项目(2005CB121104)及沈阳应用生态研究所创新领域前沿项目(SLYQY0602)资助。