

红壤特性与高效利用

徐明岗 文石林 李菊梅等 编著



中国农业科学技术出版社

红壤特性与高效利用

Characteristics and High Effective Utilization of Red Soil

徐明岗 文石林 李菊梅等 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

红壤特性与高效利用 / 徐明岗等编著. —北京：中国农业
科学技术出版社，2005.9

ISBN 7-80167-845-1

I. 红… II. 徐… III. 红壤-研究-中国 IV. S156.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 102979 号

责任编辑	李功伟
出版发行	中国农业科技出版社
	地址：北京海淀区中关村南大街 12 号 邮政编码：100081
	电话：（010）68975144（发行）； 传 真：68919698
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	北京长宁印刷有限公司
开 本	787×1092 1/16 印张：16.5
印 数	1—1100 字数：370 千字
版 次	2005 年 9 月第一版 2005 年 9 月第一次印刷
定 价	80.00 元

内 容 简 介

本书以我国南方中部丘陵区红壤为核心,系统介绍了该地区土壤特性与综合、高效利用技术。内容包括低产稻田的特性与改良利用技术;稻田综合培肥技术包括有机肥、氮、磷、钾化肥和微量元素的合理施用技术;冬闲田利用模式与技术;双季稻优质高产综合栽培技术;红壤旱地水分特性与季节性干旱防御技术,红壤旱地养分特性与大量元素、中量元素镁的合理施用技术;长期施肥红壤质量演变规律与复合调理技术;红壤地区特色经济作物茶、果、黄花与牧草的高产栽培技术,红壤丘陵区草畜综合发展配套技术等。本书对提高红壤特性的认识与综合利用,促进红壤地区农业持续发展具有重要意义。

本书可供从事土壤学、植物营养学、农学、果树学、畜牧学、生态学、环境科学等专业领域的科技工作者和大专院校师生参考。

前 言

我国南方红壤地区，位于热带、亚热带，土地总面积 218 万平方公里，占全国土地总面积的 22.7%。该区水、热及生物资源丰富，是我国重要的农业、林业、牧业生产基地。根据南方 16 省市区的统计，该区以占全国 26% 的耕地，生产了 58% 的粮食，69% 的肉类，87% 的淡水鱼类，养活了约 40% 的人口。然而，该区同时也是农业生产制约因素复杂、问题突出、潜力远没有得到发挥的地区之一，人多耕地少、中低产田面积比重大、土地酸、粘、瘦以及农业生产结构与布局不合理、水土流失、季节性干旱严重等问题，制约着农业发展。

由于红壤地区是我国农业生产地位最为重要的地区之一，具有巨大的农业生产潜力和明显的区位优势，在全国农业可持续发展中占有举足轻重的地位，因此，该区的农业持续发展，历来为各级部门所重视。

1960 年，中国农业科学院土壤肥料研究所的青年科研人员，响应党中央、国务院发出的改良低产田号召，赴湖南祁阳农村基点，会同湖南省农业厅、湖南农业科学院，衡阳地区农业局、农业科学研究所、农业学校和祁阳县农业局等单位的农业科技人员，在湖南省委农村工作部、衡阳地委和祁阳县委的关怀下，在祁阳县黎家坪区文富市公社官山坪大队建立了祁阳低产田改良联合工作组。1964 年改名为祁阳科学工作站，1980 年改为中国农业科学院祁阳红壤改良实验站，1983 年定名为中国农业科学院衡阳红壤实验站。

该站是我国农业系统南方红壤区唯一的综合试验站，在红壤地区土、水、肥、气候、生物等自然资源与生态环境方面发挥着不可替代的重要作用，成为中国农业科学院和农业系统在南方红壤区的综合研究平台和窗口，是土壤学、农学、环境科学等相关学科重要的试验示范和研究基地。

45 年来，该站始终坚持在农村生产第一线从事科学研究，农业资源与环境监测及农业技术示范推广工作。20 世纪 60 年代初，红壤实验站主要研究潜育性水稻土“鸭屎泥田”的改良，成功地采用施磷肥防治水稻的“坐秋”，并采用种植豆科绿肥改良土壤。不仅解决了“鸭屎泥田”的“坐秋”低产问题，而且推动了我国磷肥的普及应用和绿肥的发展。仅此一项，就使南方水稻亩产量由 200 千

克左右提高到 350~400 千克水平,极大地促进了农业生产的发展。为此,于 1964 年获国家重大成果奖和国家发明奖。

该站长期承担国家红壤中低产田综合治理和生态环境恢复重建研究任务以及国际合作项目。“六五”、“七五”期间承担农业部重点项目“南方红黄壤区域治理与农业发展”;“八五”、“九五”和“十五”期间承担国家科技攻关项目“南方红黄壤中低产综合治理与农业持续发展研究”。并采取多种方式,积极组织多学科攻关,开展对外合作与交流,曾来站开展合作研究的国内单位有中国农业科学院郑州果树研究所、麻类研究所、茶叶研究所、兰州畜牧研究所、水稻研究所、灌溉研究所、油料研究所、气象研究所、农业经济研究所、农业自然资源与区划研究所、作物科学研究所、土壤肥料研究所、研究生院以及中国农业大学、华南农业大学、华中农业大学、湖南农业大学、江西农业大学、湖南省农业科学院、湖北省农业科学院、广西农业科学院等。对外合作研究国家先后有澳大利亚、日本、韩国、美国、德国、挪威、芬兰、英国、菲律宾、泰国、斯洛伐克等。其研究内容涉及红壤地区农业资源利用与生态环境和平衡施肥的各个方面,如水田特性与双季稻的高产栽培技术,冬闲田的综合利用模式;旱坡地落叶果树油桃、奈李等引种与栽培技术;低产茶园改造与栽培技术;优良牧草引进与栽培以及草食动物的饲养技术等。该站先后获国家级科研成果奖 6 项,省部级成果奖 12 项;发表论文 180 余篇,出版专著 6 部,极大地促进了红壤地区农业的持续发展和生态环境的改善。

本书全面、系统地介绍了红壤特性与综合治理、红壤丘陵区农业可持续发展的技术,是中国农业科学院衡阳红壤实验站 45 年研究成果的集中展示。全书共 12 章,重点论述改良低产水稻田的理论和技術,消除土壤阻碍因子如鸭屎泥田冬干缺磷、双季稻绿肥田缺钾、潜育性紫色泥田缺锌、冬浸田缺氧不透气等低产原因和防治技术,促进红壤稻田持续高产稳产;并阐述水稻-绿肥、水稻-油菜、水稻-亚麻、水稻-席草、水稻-牧草等轮作方式和技术,提高了稻田经济效益和培肥作用。对于红壤丘陵区红壤旱地的改良利用,重点论述了红壤的水分特征和季节性干旱发生规律,提出红壤旱地粮、经作物高产套种,茶、果园深沟撩壕、增施有机肥、秸秆覆盖等抗干旱栽培高产技术;还论述了长期施肥红壤质量的演变规律及其调理技术。为了进一步治理荒丘荒山,保护水土资源,改善生态环境和发展畜牧业,研究不同类型牧草的建植和牧草加工利用技术、草食动物的饲养技术等。这些研究成果,有力地促进了红壤地区山、水、田、土综合治理与粮、

经、果、畜牧的全面发展，对农村经济发展，做出了重大贡献。

本书是以中国农业科学院红壤实验站为平台的研究成果，包括了在该站进行研究的国内外专家的成果。参加本书编写的人员有：刘更另，陈福兴，黄鸿翔，陈永安，张马祥，徐明岗，文石林，李菊梅，王伯仁，秦道珠，曾希柏，孙焕良，高菊生，常嵩华，黄平娜，朱更瑞，申华平，朱永兴，邹长明，李冬初，黄佳良，魏长欢等。全书由徐明岗、陈福兴、李菊梅、文石林统编，最后由徐明岗审核定稿。

本书在编写过程中，得到许多专家的指导和支持，尤其是对本书提供了许多材料的广大科技工作者，在此表示衷心感谢。同时感谢国家重点科技攻关课题（2001BA508B14，2004BA520A13）的支持。

由于编著者业务水平所限，加上时间仓促，不妥之处，敬请批评指正。

编著者

2005年7月18日

目 录

前 言

第一章 南方低产稻田特性与改良利用技术	(1)
第一节 潜育型稻田的形成与低产原因	(1)
第二节 冬干鸭屎泥(潜育型)水稻“坐秋”的原因及改良技术	(2)
第三节 紫色泥田(潜育型)水稻僵苗及防治技术	(8)
第四节 深泥脚田(潜育型)水稻低产原因与起垄栽培增产技术	(14)
第二章 红壤丘陵区稻田培肥技术	(23)
第一节 长期施用有机肥对稻田的培肥与增产作用	(23)
第二节 不同轮作方式对稻田的培肥作用	(29)
第三节 绿肥对稻田的培肥作用及高产栽培技术	(32)
第三章 红壤丘陵区稻田磷钾养分状况与磷钾肥的合理施用技术	(37)
第一节 红壤丘陵区稻田磷素特性与磷肥施用技术	(37)
第二节 主要水稻土磷的吸附特征与磷肥施用技术	(40)
第三节 稻田钾肥效果与施用技术	(42)
第四节 双季稻绿肥轮作制稻田钾肥效应及土壤钾素变化	(47)
第四章 红壤丘陵区稻田肥料氮的转化与环境保护型氮肥施用技术	(51)
第一节 不同控释氮肥在稻田的转化动态	(51)
第二节 控释肥的氮素释放速率及其对水稻生长发育的作用	(55)
第三节 不同控释肥的水稻产量与环境效应	(58)
第四节 有机无机肥配合的肥料氮转化与合理施用技术	(63)
第五节 稻田区域氮素养分的动态与平衡	(72)
第六节 稻田土壤供氮能力与氮肥施用技术	(77)
第五章 红壤地区冬闲田利用技术	(83)
第一节 冬季作物油菜的高产种植技术	(83)
第二节 冬闲田亚麻引种与栽培技术	(85)
第三节 冬闲田席草种植技术	(94)
第四节 冬闲田冬季饲草种植技术	(97)
第六章 红壤地区双季稻优质高产栽培技术	(101)
第一节 筛选高产优质两系杂交稻品种	(101)

第二节	早稻早育稀播培育多蘖壮秧	(103)
第三节	杂交稻的营养特性与合理施肥	(105)
第四节	双季稻套种高产栽培技术	(108)
第五节	粳稻品种的引进与农艺性状表现	(112)
第七章	红壤旱地土壤水分特征与季节性干旱防御技术	(117)
第一节	红壤持水特征及周年水分动态	(117)
第二节	红壤地区主要土壤水分特征	(121)
第三节	红壤丘陵区季节性干旱及防御技术	(124)
第八章	红壤地区土壤镁素状况及镁肥施用技术	(129)
第一节	红壤地区主要类型土壤镁素形态及含量	(129)
第二节	红壤地区主要土壤对外源镁的固定与释放	(132)
第三节	镁对作物生长的作用机理	(135)
第四节	土壤施用钾镁肥对植株吸收养分的影响	(139)
第五节	主要作物施镁的产量与品质效应	(142)
第六节	镁肥有效的施用条件	(144)
第九章	红壤旱地特性与作物高产技术	(149)
第一节	红壤旱粮作物抗旱种植技术	(149)
第二节	红壤丘陵茶园高产及抗干旱栽培技术	(151)
第三节	红壤低产柑桔园的改良与高产栽培技术	(154)
第四节	红壤丘陵区适宜落叶果树及高产优质栽培技术	(158)
第五节	红壤旱地黄花菜需肥特性与高产栽培技术	(161)
第十章	长期施肥红壤质量演变规律与复合调理技术	(167)
第一节	长期施肥红壤有机质的演变规律	(167)
第二节	长期施肥红壤氮素转化与演变规律	(169)
第三节	长期施肥红壤磷素转化与演变规律	(175)
第四节	长期施肥红壤钾素演变规律	(178)
第五章	长期施肥红壤微量元素、pH 值、交换性钙镁的变化	(180)
第六节	长期施肥红壤微生物与酶活性的变化	(183)
第七节	长期施肥作物生长发育和产量品质的变化	(186)
第八节	长期施肥红壤退化及修复	(190)
第九节	红壤复合调理技术	(190)
第十一章	红壤丘陵区牧草栽培与综合利用技术	(195)
第一节	红壤丘陵区适宜牧草品种的筛选与评价	(195)

第二节	当家牧草的季节性产量和品质变化	(208)
第三节	红壤丘陵区牧草高产栽培技术	(210)
第四节	牧草的品种搭配与加工利用技术	(217)
第五节	红壤丘陵区草山草坡改良技术	(220)
第六节	种植牧草的生态环境效应	(222)
第十二章	红壤丘陵区草畜综合发展配套技术	(227)
第一节	红壤丘陵区草食动物饲草资源现状与分析	(227)
第二节	草食动物(肉牛)高效饲养技术	(232)
第三节	饲草周年供应模式	(235)
第四节	草食动物发展潜力预测	(238)
参考文献		(245)

第一章 南方低产稻田特性与改良利用技术

土壤是作物生长的基本条件，土壤的好坏，直接影响作物的正常生长和产量的高低。为了使作物高产、优质，必须对低产土壤进行改良和培肥，这是加速农业生产发展，大幅度提高作物产量的有效途径，也是建设高产稳产农田，实现农业现代化的一项重要措施。改良和培肥土壤，要通过人类积极的生产活动，根据土壤特性，因地制宜，采取有效措施，改善土壤环境，排除土壤障碍因素，挖掘土壤增产潜力。

第一节 潜育型稻田的形成与低产原因

一、潜育型稻田的形成与类型

潜育型低产田在南方分布较为广泛。由于土壤排水不良，长期渍水，还原作用强，形成了较厚的青泥层。这类土壤土质粘重，底土较为紧实，主要分布于地势较低、水滞渍的地方。根据青泥层出现的部位、厚度等差异，大致可划分为如下4种类型。

（一）表层潜育

多为地势平坦的滩田、湖田、丘陵区低排田或者部分垌田及大部分冬水田，一般地下水位低，但质地较粘，青泥层多出现在犁底层附近，厚度10~30cm。因在土体上部隔了一层青泥层，或表层为青泥田（如冬泡田），其下部仍为氧化层，主要受地表水的影响，如稻田犁耙次数过多，使土壤微团粒破坏，粘粒及粉粒被分散后下沉，由于犁耙重压，使犁底层增厚，透水性差而滞水，或因稻田长期沥水不干，或长期泡水的冬泡田等，均易形成表层潜育。

（二）中位潜育

青泥层出现在犁底层以下的位置，厚度在30cm以上，一般分布位置较低，而且长期排水不良，底层质地较粘，土体中形成不易下渗的滞水层，产生较厚的青泥层。

（三）低位潜育

主要受地下水影响，青泥层出现在地面60cm以下，犁底层以下仍为氧化层。这类田对水稻生长影响不大，但是，当排水条件较差时，易使地下水上升，青泥层出现部位抬高，逐步发展成为全层潜育。

（四）全层潜育

整个土体全为青泥层，多分布于山丘冲口汇集处，湖区内湖边缘的尾子田，水库下面的

低田。由于地势低，地下水位连接地表，有的形成滂眼，冷泉水从滂眼上冒，这类田土粒高度分散，难于耕种，水稻生长较差，产量低。

二、潜育型稻田低产的原因

（一）土壤渍水，还原性强

潜育型低产田长期滞水受渍，土壤通透性差，有机物在嫌气条件下分解产生大量的还原物质。据测定，双季稻绿肥田的耕作层和青泥层还原性物质总量高达 $30\sim 40\text{cmol}(+)/\text{kg}$ ，双季稻冬泡田或中稻冬泡田还原性物质总量达 $10\sim 15\text{cmol}(+)/\text{kg}$ ；活性还原物质分别为 $5\sim 9\text{cmol}(+)/\text{kg}$ 和 $3\sim 6\text{cmol}(+)/\text{kg}$ 。

（二）水温、泥温低

由于土壤常被水分饱和，水的热容量大，水温、泥温不易升高，加之部分田有冷浸水浸入田中，致使水温更低。据 1980 年 5 月中旬测定，滂泥田的水温比一般田要低 3.1°C ；而泥温在 5cm 深处要低 3.2°C ，10cm 深处要低 4.7°C ，15cm 深处要低 4.6°C 。由于水温、泥温低，直接抑制了水稻生长发育，故禾苗生长差，产量较低。

（三）泥烂、泥脚深

由于土壤终年渍水，土粒高度分散，土壤结构破坏，不仅空气少，通透差，土壤空气难更新，有毒物质得不到排除，而且形成“稀、烂、深”的烂泥层，泥脚深 $0.5\sim 1\text{m}$ ，耕作管理困难，群众形容为“人下田陷腿子，牛耕田拖肚子，挖田要搭板子”。因此耕作粗放，仅插秧前用锄、耙挖一次，插秧后很少管理，秧根难扎稳，禾苗生长差，易倒伏。

（四）速效养分缺乏

一般潜育型低产田有机质含量比较高，可达 $3\sim 5\%$ 以上，腐殖质形态以紧结态为主，品质差，加之在低温和渍水条件下，微生物活动减弱，矿化度低。有的潜育型低产田的真菌、放线菌、好气固氮菌和好气纤维分解菌的含量只相当于一般田的十分之一，因而土壤矿化强度较一般田低 $60\sim 80\%$ 。故养分释放少，速效养分缺乏。

第二节 冬干鸭屎泥（潜育型）水稻“坐秋”的原因及改良技术

水稻“坐秋”是指稻苗移栽后，长期不返青，黑根、黄尖、叶片出现黄褐色斑点，稻苗萎缩，生长停滞 $20\sim 40$ 天之久，待复更生长时，季节已过，因而产量低，而且不能复种。

水稻“坐秋”是我国南方低产地区农业生产中的一个突出问题，四川、贵州、广西、湖南均有分布。水稻“坐秋”的类型很多，鸭屎泥田冬干后发生的水稻“坐秋”是其中一种。鸭屎泥田是分布面积较大的一种低产田，长江以南各省均有分布。鸭屎泥田土质差，肥力低，农民历来采取蓄水过冬，来年种植一季中稻或晚稻，单产不高，复种指数也低，正常年亩产

150~200kg。鸭屎泥田最怕秋冬干旱，脱水干田，冬干后的鸭屎泥田，第二年水稻插秧后，秧苗发生“坐秋”因而产量锐减，一般亩产 100kg 左右，严重的仅有几十斤。

为了避免稻田冬干所带来的不利影响，农民采用蓄水冬浸的办法，但有相当部分的冬浸田，受水源条件的限制，很难保证年年冬浸，以雨水丰歉为转移，有水冬浸稳产，无水冬干减产。据湖南衡阳地区近五十年来气象记载，大约每隔 2~3 年，就要发生一次冬干，水稻产量极不稳定，因此群众说“一年干冬，三年落空。”防治鸭屎泥水稻“坐秋”是提高水稻产量的重要技术措施。

一、冬干鸭屎泥田水稻“坐秋”的原因

为了查清鸭屎泥田冬干“坐秋”的原因，于 1960 年先后走访了 50 多个生产队，召开了 140 多次调查会，终于从群众用牛骨粉沾秧根的经验中得到启示，进一步探索磷素和“坐秋”的关系。对“坐秋”的鸭屎泥和不“坐秋”的黄夹泥土壤中磷素的含量、供应情况等进行了研究。鸭屎泥全磷含量 0.075%，速效磷 11mg/kg，黄夹泥全磷含量 0.101%，速效磷 26mg/kg（表 1-1），鸭屎泥的全磷和速效磷含量均比黄夹泥低。水稻生育期测定，黄夹泥速效磷含量高，水稻生育正常，没有“坐秋”；冬浸鸭屎泥速效磷含量比黄夹泥低，水稻生长虽然差，但没有“坐秋”，鸭屎泥经冬干以后，速效磷显著减低，水稻发生“坐秋”（图 1-1）。显然，水稻“坐秋”与土壤在脱水干田过程中磷素发生变化有密切的关系。

表 1-1 试验和比较的 2 种土壤基本性质

土壤	耕层 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	速效磷 (mg/kg)
鸭屎泥	0~15	3.33	0.177	0.075	1.69	11
黄夹泥	0~15	1.83	0.144	0.161	1.76	26

注：测定方法全氮用凯氏法、全磷用钼酸铵法、全钾用氢氟酸法、速效磷用 1%碳酸铵法。

为了进一步验证这两种土壤对水稻供应磷素的能力，用同位素磷（ $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ ）标记磷肥，盆栽水稻，施磷处理每盆标记 ^{32}P 200 μCi ，水稻品种银坊稻，6 月 15 日插秧。水稻生育调查表明，黄夹泥有效磷含量较高，不施磷素化肥，水稻生育正常，没有发生“坐秋”，每盆水稻总干物重 165.3g，施磷的为 164.4g。鸭屎泥有效磷含量低，施用过磷酸钙，显著提高产量，每盆水稻总干物重 160.2g，而对照仅为 108.0g。鸭屎泥的水稻在拔节期（7 月 25 日）和孕穗期（8 月 15 日），从水溶性磷肥中吸收磷酸占总磷量的 30.8%和 27.2%，黄夹泥为 11.1%与 15.4%，鸭屎泥的水稻从肥料中吸收的磷素多；鸭屎泥的水稻从土壤中吸收磷素占总磷量分别为 69.2%与 72.8%，黄夹泥为 88.9%和 84.6%，鸭屎泥的水稻从土壤中吸收磷酸比黄夹泥少，尤其在水稻生育前期（表 1-2）。土壤中有效磷含量显然与水稻“坐秋”有明显而密切的关系。

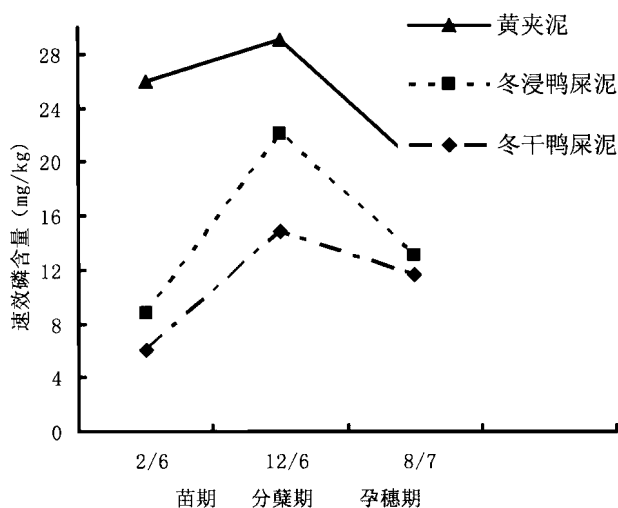


图 1-1 水稻不同生育期不同土壤的速效磷含量

表 1-2 鸭屎泥和黄夹泥田中水稻单株从土壤和肥料吸收磷的数量 (mg)

土 壤	7 月 25 日 (拔节期) 测定 P_2O_5				8 月 15 日 (孕穗期) 测定 P_2O_5			
	总 P_2O_5	从肥料中吸收	从土壤中吸收	土壤有效磷 “A” 值 (mg/kg)	总 P_2O_5	从肥料中吸收	从土壤中吸收	土壤有效磷 “A” 值 (mg/kg)
干燥鸭屎泥	7.3	2.27	5.09	106	51.17	13.92	37.25	125
干燥黄夹泥	37.4	4.15	33.3	381	75.95	11.70	64.25	258
冬浸鸭屎泥	100	30.8	69.2	—	100	27.2	72.8	—
冬干鸭屎泥	100	11.1	88.9	100	15.4	81.6	—	—

在研究土壤中磷素的同时,根据群众鉴别冬干鸭屎泥土壤性质的经验,进一步探索“坐秋”田低产的原因。农民认为,冬浸田脱水开裂以后,土壤收缩,泥变紧实,“土质不化食,犁田土成坨”,产生泥团泥块,形成水肥不融和的“冷饭泥”,犁田耙田时不起泥浆,土粒下沉快,“犁田水不浊,上田不洗脚”。根据群众经验和田间实际调查,冬浸田因干田后,土壤强烈收缩产生龟裂,浅足鸭屎泥最宽裂缝可达 9cm,裂缝深 41cm,深足鸭屎泥宽到 14.4cm,深达 56cm,漏水漏肥严重。泡水犁耙,耕作层多泥团泥块,仅 8L 土体中便有不同粒级的团块 318 个(表 1-3)。泥团土粒排列紧实,容重为 $1.23\text{g}/\text{cm}^3$ (稀泥 $0.90\text{g}/\text{cm}^3$),外湿内干,不易耙烂泡散,经泡水 2~3 年之久,耕作层内仍有泥团。

泥团对水稻生长有两方面的坏处,一方面是泥团性硬紧实,幼小稻根不易伸入泥团内部吸收养分,影响稻根的生长和分布。测定证明,禾茺下有直径 5cm 的泥团,伸入泥团内部的稻根只占总稻根的 23.5%,而 76.5% 的稻根短小、弯曲的分布在泥团间的稀泥内。更重要的一方面是,泥团使冬浸状态下充分分散的土粒,聚结成块,可溶性的养分固结在泥团内,减

少了稻根吸收养分的面积。用 1% (NH₄)₂CO₃ 浸提不同粒级的鸭屎泥土壤，浸出有效磷含量：

表 1-3 冬干田泥团数量与大小

土壤	耕作层 8L 土体中泥团数量 (个)				
	直径 0.5~1cm	直径 1~2cm	直径 2~3cm	直径 3~4cm	直径>4cm
冬干鸭屎泥	260	42	8	6	2
冬干黄夹泥	68	55	4	2	0

1mm 与 2 mm 的细土分别为 27.2 和 27.1 mg/kg, 5mm 土块为 5.3mg/kg, 10mm 土块降低到 5mg/kg, 40mm 的土壤仅为 3.2mg/kg。鸭屎泥的有效磷含量低，加以泥团固结，含量更少，不能满足水稻苗期之需要，稻根生长微弱。插秧后 10 天观测，有泥团冬干鸭屎泥幼苗全部黑根，无泥团冬浸田单株根重 0.082g，每株幼苗有新生白根 1.2 条；插秧后 20 天观测，冬干田和冬浸田单株重分别为 0.023g 与 0.49g，新生白根分别为 5 与 32 根。冬干田的水稻“下不走根，上不出身”，地上部植株矮小枯萎，发生“坐秋”。

冬干“坐秋”田除有泥块外，而泥浆部分也和冬浸田不同，长期泡水的泥浆，经干涸后，水稻根系不易与之接触吸收养分，不走根。鸭屎泥干燥或长期浸水，土壤微团聚体含量及其对磷酸盐的吸附能力显著不同（表 1-4、表 1-5）。鸭屎泥长期浸水，0 组微团聚体多；经过干燥的土壤 0 组含量减少，II 组含量显著增加。三组微团聚体中以 II 组吸附磷酸盐能力最小，即磷的保存和供应能力差，II 组的数量干燥后又增加，不利于水稻根系的发育和生长。

表 1-4 鸭屎泥浸水或干燥后土壤微团聚体的组成

土 壤	各组微团聚体含量 (%)				残 渣 (%)
	0 组	I 组	II 组	三组总和	
干燥后的土壤	4.0	8.0	26.0	38.0	62.0
长期浸水的土壤	28.0	4.0	9.0	41.0	59.0

表 1-5 鸭屎泥浸水或干燥后各组微团聚体和残渣吸附磷酸盐的能力
(0.1g 微团聚体每分钟脉冲数)

土壤	0 组	I 组	II 组	残渣
干燥后的土壤	1776	1385	1310	546
长期浸水的土壤	1973	1154	1081	787

综合上述研究结果，认为“坐秋”田土壤有效磷素低，冬干后又显著减少，供应能力变差，是水稻“坐秋”的重要原因，冬干后土壤结构变坏除直接影响水稻生育外，对减低磷素的活化能力有重要的作用。水稻苗期磷素不足，不利新根的生长，地上部植株因而发生“坐秋”的病征。

施用磷肥正好补充因冬干后磷素的不足，促进根系生长，防治水稻“坐秋”。但是如何

使固结在土壤结构中的磷素释放出来，供水稻利用呢？农民除通过精耕细作，多犁多耙等措施消灭和减少泥团泥块增加泥浆外，还有用猪粪、石灰等来泡泥的经验。把大小和个数大体一致的鸭屎泥团 2500g，放入以下五个处理中：①清水对照；②石灰 150g；③湿猪粪 500g；④过磷酸钙 150g；⑤猪粪 500g 加过磷酸钙 150g，每隔一周将泥团取出，去掉重力水后，称重计算其溶化百分率，结果，以猪粪化泥的效果最好，沤泡一周泥团溶化 40~50%，三周溶化 80~90%，石灰的效果最差，过磷酸钙的效果居于二者之间(图 1-2)。由于猪粪化泥效果最好，很可能它对防止磷素固结，活化土壤中磷酸盐有特殊的作用，与农民大量使用猪粪，防治水稻“坐秋”的经验是一致的。另一方面，使用过磷酸钙对防治水稻“坐秋”虽有突出的效果，但在沤化泥块方面没有显著的作用，它主要是供给水稻生育所需的磷素。

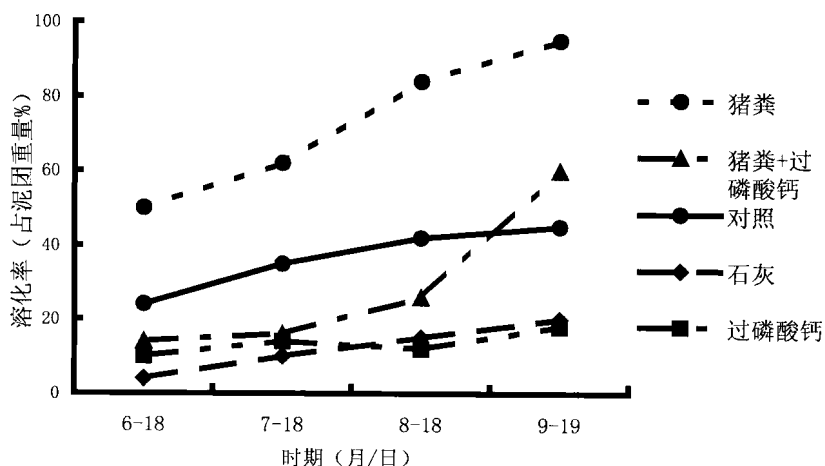


图 1-2 有机肥、磷肥和石灰不同处理后鸭屎泥团溶化速度

因此，除了施用磷肥以外，同时必须增施有机肥料，以改良土壤结构，活化磷素。据浅足鸭屎泥上的试验，每亩施 1500kg 猪粪，收水稻 265kg，比对照 245kg 增产 17%，防治水稻“坐秋”有良好效果。但是在冬干田大面积发生时，受有机肥源限制，为了争取时间加速改良“坐秋”田，提高土地肥力和复种指数，可以采用引种紫云英绿肥的措施。

二、施用磷肥防治水稻“坐秋”

在进行试验研究以前，着重总结了农民对付“坐秋”田的传统经验，1960 年后在湖南省祁阳、祁东等县的 52 个生产队进行了调查。经过 4 年在农村基点和室外内反复试验，以及大面积推广应用所获得的结果，说明以过磷酸钙防治水稻“坐秋”的效果最好，促进早生新根。据水稻分蘖期调查，施磷的单株根重为 0.82g，不施磷的只有 0.1g。施磷的水稻地上部秧苗青葱浓绿，返青期提早 15~20 天，成熟期提早一周左右，空壳率减低，千粒重增加，

产量大大提高(表 1-6)。

每亩用 7.5kg 过磷酸钙沾秧根,增产稻谷 52.5kg,增幅 33%;撒施做基肥,增产稻谷 83kg,增幅 71%;30kg 撒施做基肥,增产稻谷 127.3kg,增幅 110%;60kg 撒施做基肥,增产稻谷 132.5kg,增幅 115%。其中,以 5~7.5kg 过磷酸钙沾秧根 15~20kg 撒施做基肥,增产效果最好。用量过多,每千克磷肥增产稻谷数减少。

室内盆栽试验(表 1-7),不施磷肥的对照产量最低,仅为 27.2g/盆,追施过磷酸钙产量最高,每盆平均稻谷 85.4g,少量氮肥和磷肥基施每盆平均收稻谷 72.9~75.8g。猪粪虽

表 1-6 冬干鸭屎泥施用过磷酸钙对防治水稻“坐秋”的作用

施肥用量及施用方式	返青 天数	成熟期 日/月	空壳率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/亩)	增产率 (%)	每 kg 磷肥 增产(kg)
对 照	31	31/7	32	25.5	158.7	—	—
磷肥 7.5kg/亩沾秧根	16	28/7	18	26.4	211.5	33	7.3
对 照	—	31/7	40.6	20.6	116.3	—	—
磷肥 15kg/亩撒施基肥	—	25/7	27.0	24.4	199.5	71	5.6
磷肥 30kg/亩撒施基肥	—	22/7	25.0	24.3	243.5	110	4.2
磷肥 60kg/亩撒施基肥	—	20/7	22.5	24.4	249.0	115	2.2

然有良好的增产作用,但效果比过磷酸钙差,进一步证明了磷肥能有效的防治水稻“坐秋”,增加产量。

表 1-7 不同肥料及施用方法对防治早稻“坐秋”的效果

施肥用量及施用方式	株高 (cm)	穗重 (g/盆)	总重 (g/盆)	籽粒重 (g/盆)	增产 (g/盆)	千粒重 (g)
1、对照(追施 N1.4g)	92.3	10.0	87.2	27.2	—	25.2
2、追施过磷酸钙(P_2O_5 1g)	108.8	30.0	178.2	85.4	58.2	25.3
3、基施过磷酸钙(P_2O_5 1g)	115.5	29.0	198.0	72.9	45.7	26.5
4、基施过磷酸钙(P_2O_5 1g+N1.4g)	108.8	27.2	195.8	75.8	48.6	26.1
5、25g 猪粪沾秧根	111.3	19.2	156.8	57.2	30.0	24.8
6、猪粪 100g 基施	105.3	20.2	139.8	36.7	9.5	24.2

注:对照氮素用硫酸铵折算 0.2g 作基肥,其余 1.2g 作追肥。湿猪粪养分含量全 N 0.19%,全 P_2O_5 0.16%,全 K_2O 0.06%。

经过农村基点成百丘大田对比和室外内盆栽反复试验,确证磷肥能防治冬干鸭屎泥水稻“坐秋”以后,1963 年采取试验、示范、推广三结合的办法在祁阳县大面积推广应用,于 7 万亩冬干“坐秋”鸭屎泥等土壤上施用 346.9×10^4 kg 磷肥,使用面积比 1960 年的 6450 亩