

全国中等农业学校试用教材

土壤肥料学

南方本 下册

四川省宜宾农业学校主编

农学、果林、茶叶、蚕桑等专业用

农业出版社

全国中等农业学校试用教材

土 壤 肥 料 学

(南方本) 下 册

四川省宜宾农业学校主编

主 编 四川省宜宾农业学校
副主编 广西壮族自治区钦州农业学校
编著者 四川省宜宾农业学校 皮德信
广西壮族自治区钦州农业学校 邹子通
湖南省长沙农业学校 彭怀泉
贵州省黔南农业学校 刘忠圻
广西壮族自治区柳州农业学校 黄光仓
审查者 吴赞育 彭紫登 曹绍霞 张益农
胡泽礼 姜梓华 邹祥珊 傅秀琴
王中林 熊学文 余长荣 雷泽周
范海平 刘嘉珍 肖建华

全国中等农业学校试用教材

土 壤 肥 料 学

(南方本) 下册

四川省宜宾农业学校主编

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行

农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 3.25 印张 196 千字
1979 年 10 月第 1 版 1982 年 12 月北京第 4 次印刷
印数 57201—79,200 册

统一书号 16144·2039 定价 0.87 元

目 录

第三篇 我国南方土壤的利用和改良

第八章	水稻土的利用和改良	362
第一节	水稻土的肥力特点	362
第二节	高产稳产水稻土的培育	391
第三节	低产水稻土的改良	410
第九章	旱地土壤的利用和改良	431
第一节	南方旱地土壤概述	431
第二节	红(黄)壤	437
第三节	紫色土	457
第四节	冲积土	462
第五节	石灰性土	469

第四篇 土壤普查、诊断与试验

第十章	土壤普查	473
第一节	土壤普查的概述	473
第二节	土壤普查的步骤和方法	476
第十一章	土壤与作物营养诊断	498
第一节	土壤和作物营养诊断的概述	498
第二节	土壤和作物营养诊断的基本知识	503
第三节	土壤诊断	517
第四节	作物营养诊断	586
第五节	土壤和作物营养诊断结果的分析和应用	606

第十二章 土壤肥料田间试验	611
第一节 土壤肥料田间试验的概述	611
第二节 田间试验的技术	615
第三节 几种主要田间试验	625
附录 实验实习内容	637
实验实习一 根瘤菌及固氮蓝藻的镜检	637
实验实习二 根瘤菌苗圃法的操作	638
实验实习三 绿肥的种植	639
实验实习四 红萍的放养	641
实验实习五 堆肥和沤肥的积制	648
实验实习六 “五四〇六” 抗生素肥的堆制	643
实验实习七 参观当地高产稳产农田	646

第三篇 我国南方土壤的 利用和改良

我国土地辽阔，人口众多，全国总面积达九百六十多万平方公里。自然条件划分以秦岭为界，分为北方和南方两大地区。南方地区包括沪、苏、浙、皖、粤、桂、闽、赣、湘、鄂、川、黔、滇、藏、台等十五个省、市(区)。本区气候温热，雨量充沛，无霜期长，植被茂密，土壤肥沃，复种指数高，精耕细作。著名的鱼米之乡的太湖流域，洞庭湖区，珠江三角洲及天府之国的四川盆地是我国主要的粮仓之地。

本区气候自南向北渐低，可分为北亚热带、中亚热带和南亚热带，山丘起伏，地形复杂，自西向东南倾斜，分布有大片的丘陵地形，也有闻名的云贵高原和西藏高原。湖泊、河流分散于各省区，有不少的河湖平原，成土母质种类较多，主要有第四纪红色粘土、第三纪红色砂岩、石灰岩、花岗岩、紫色砂页岩、变质岩（板页岩、千枚岩、玄武岩）等。分布着大量的水稻土、红壤、黄壤、紫色土、冲积土和石灰土。几千年来，我国劳动人民就在这里耕种生息，有着悠久的耕种历史，对利用改良土壤积累着丰富的经验。这里盛产稻米、棉花、麦类、麻类、茶、甘蔗、薯类等各种粮食作物和经济作物，是我国生产的重要基地。

解放后，在党和毛泽东同志的领导下，南方地区农业生

产迅速发展，生产水平不断提高。在生产实践中，广大农村自力更生，艰苦奋斗，改造山河，全面贯彻农业“八字宪法”，实行科学种田，农业生产发生了巨大变化。先后有浙江、江苏、广东、湖南和上海市跨《纲要》。各省、地、县、社涌现出一大批超过千斤的地区和县。跨《双纲》的公社，跨《三钢》的大队如雨后春笋，不断涌现。在科学种田，狠抓“土”字建设，改良利用土壤，建立高产稳产农田方面都创造了不少的先进经验。当前，在中共中央六中全会精神的鼓舞下，正以空前高涨的革命热情，为加速实现农业现代化而全面贯彻“八字宪法”，大搞科学种田，在南方广大农村，一个以改土治水为中心的变低产为高产，高产更高产的农田基本建设的群众运动，正在波澜壮阔地蓬勃发展，为完成新时期的总任务，而努力奋斗！

第八章 水稻土的利用和改良

水稻是我国南方地区的主要作物。因种植水稻相应而生的水稻土是一种特殊的土壤，它的成土条件和肥力特性都和一般的旱地土壤有着很大差别。水稻土是人类劳动的产物，它受人的耕种作用最广泛最深刻，研究水稻土的肥力特性及其生产性能，不仅关系到我国南方农业生产发展，而且对发展我国土壤科学事业都有着重大意义。

第一节 水稻土的肥力特点

水稻土是人工栽培水稻，经过长期耕作、施肥、灌排、

轮作等综合作用下形成的一种土壤。其中淹水耕作是水稻土形成的主要因素，土壤一经淹水耕作，便产生了一系列不同于旱土的化学的、物理的、生物的特性和土壤剖面形态特征。使水稻土不论地区、地形、母质、气候条件如何，都有着不同于旱土的共同发展方向。表现在淹水耕作下，水分的过量，氧的不足，二氧化碳的过量，铁锰的还原，酸性土pH值的升高和盐基饱和度的提高，有机质的嫌气性分解和转化，磷的有效性提高，硫酸盐的还原，硅的可溶性提高，低的氧化还原电位等。

水稻土肥沃的耕作层，多半是人工耕种形成的层次，水稻又是一种高产作物，在同等气候、母质、地形条件下，在大体相等的栽培管理下，水稻的产量往往比旱地作物高，据研究水稻一生中所吸收的养分有70%来自土壤，只有30%左右来自当季的施肥。可见水稻产量较高是与水稻土具有较高肥力水平是分不开的。

淹水种稻后的稻田，产生了许多有利于提高土壤肥力的变化，如有机质的积累增多了，磷的有效性提高了，酸度下降，pH值升高，土壤的盐基饱和度提高，而且养分浓度不大，有利于水稻的吸收利用。但是淹水耕作的水稻土，由于处于淹水嫌气条件下，缺氧和有机质嫌气转化，引起土壤中还原性物质的积累，在一定条件下它又影响水稻土肥力的发展，影响水稻作物的高产。因此，必须研究水稻土内部水、肥、气、热因素的动态，它的物质转化的特点，了解水稻肥力变化的规律，采取正确的农业措施，克服其不利因素的影响，为建设高产稳产农田提供科学依据。

一、水稻土中水、气、热状况特点

(一) 水稻土中温热状况的特点 水稻一生的大部分时间生活于淹水层的环境中，在淹水层下的水稻土，土壤的热容量加大，受大气温度升降的影响比之旱土小，它一年之内，一日之间最高泥温低于最高气温，最低泥温高于最低气温，变幅小使水稻生长处于一种比较稳定的温热状态之中，避免大气温度剧烈动荡的不良影响，有利于水稻生育和高产。

(二) 水稻土中水分状况的特点 一般旱地土壤中水分存在于小孔隙之中，多余的水进入大孔隙而成重力水向下渗透，同时引起养分的流失。水稻土处于饱和或过饱和的水分状态下，由于水稻田地面平坦，又有犁底层的存在，土壤有一定的蓄水能力。稻田中最大的有效水是重力水。重力水数量多，养分浓度不高，有利于水稻作物吸收利用。所以，稻田中养分的利用率较旱地高，成为水稻比旱地作物稳定高产的主要原因之一。

淹水期间灌溉向下渗透，使地下水位升高。灌溉水下渗的快慢除受土壤质地、结构、地形影响外，还受地下水位高低的影响。当地下水位高或接近田面时，灌溉水几乎不下渗；若地下水位低时，灌溉水向下渗透，其下渗速度逐渐减慢，当接近地下水时停止下渗。由此可见，稻田土壤物质的淋溶、移动、转化和累积，受到灌溉水和地下水的影响。根据地表水（灌溉水）和地下水运动的状况，将水稻土分为三类（按水分上下垂直运动方式划分）：

1. 地下水型 地下水位高，排水不良的田，灌溉水层和地下水层相接相通。排水不良，渍水易涝，多分布在地势低洼的稻田，如冷浸田、烂泥田等。

2. 地表水型 地下水位低，灌溉水向下渗透不能达到地

下水层，灌溉水和地下水不相连，不相通。这类田多分布于山丘梯田，如地形较高的高岸田、天水田等。这等田排水好而不耐旱。

3. 良水型 地下水位在 60—80 厘米，灌溉水下渗虽与地下水层不相通，但借毛管水的引力。上下是相接的，这种田排水良好，又耐旱，分布在平原区和丘陵区，如潮沙泥田、潮泥田、黑泥田等，这类田是一种高产稳产的土壤。

灌溉水向下渗透过程中，如遇紧实致密的不透水层时，则停滞聚集而成地表渍水或叫临时积水层。这种积水可沿不透水层的层面或向排水沟的方向移动，如在地势高或冬干时，排水沟深，易于排除；常年渍水，或无排水沟，地势平缓时，就会在一定的深度形成一层积水层，久之形成潜育层（青泥层）。青泥层出现的厚度和位置，正是土壤渍水的位置和厚度。南方各地稻田，由于地表水引起危害的田较多，在缺乏排水设施和不科学用水的地方更易出现，地表渍水比下层地下水造成渍水易于排除。

水稻田除了上述水分垂直运动的方式外，如水稻田分布在缓坡的地形部位上，土壤水分就可沿着坡势或不透水层的层面流动，造成水分的侧向运动，侧向移动引起土层中出现漂洗层（白土层）。漂洗层质地较砂，颜色灰白，这是漂洗后二氧化硅粉砂粒残留的标志，这是一种养分贫乏的低产土层。

地势低洼的稻田，地下水位较高，易渍水，若这种地下水能沿一定的方向移动，渍而不滞，使土壤环境能进行更新，比又渍又滞的稻田要好些。这种渍而不滞的稻田，只要开深沟，也易于排渍的。

（三）水稻土的通气特点 水稻能进行有氧呼吸和无氧

呼吸的作用。水稻和其它作物一样，根系的吸收作用是吸收养料的能量源泉。按计算一克糖在呼吸作用中被消耗，有氧呼吸所获得的能量比无氧呼吸大 16 倍。因此，稻田中如有充足的氧气供应，对稻根生长发育和吸收养料都有好处。

处于淹水条件下的水稻土，水层的存在使土壤与大气交换受到阻隔，氧气的补给受到障碍。据研究，稻田土壤消耗氧比旱土多，这样，稻田中含氧少，而二氧化碳的积累却比旱土多，加之还有还原性气体存在，对水稻根系产生不良的影响。因此，水稻土中氧的补给十分重要，但水稻土中空气更新方式不同于旱土，比旱土复杂，氧的补给主要有下列途径：

灌溉水中溶解的氧气，随水下渗补给，淹水层隔绝大气与土壤空气的交换，大气中的氧要进入土中，必须经过水层，但是，氧在水中扩散，只靠水分的下渗移动来增加氧的补给，数量甚微，水中的氧只能在表层很薄的土层中存在，下层土层水基本是无氧气的。

田面水中藻类光合作用产生的氧气，溶于水下移补充。

水稻具有输氧组织，将大气中的氧气输入至根，再由根向根外分泌，使根系周围 1—2 毫米处呈氧化态，防止还原层中各种还原物质如硫化氢、低价铁、低价锰等过量的毒害，使水稻能在还原条件下生长发育。可见，水稻根的呼吸主要不是由耕作层土壤供应分子态的氧，而是从地上部茎叶将大气中的氧下移至根，或成为氧化物，由叶向根移动放出，从而使水稻根能进行呼吸作用，放出能量作为吸收养料的动力。水稻体中的氧，一方面供根细胞呼吸，另一方面它能从根的末端放出，使根圈土壤的周围呈氧化区。

从上可知，稻田土壤的通气，主要靠水稻本身的输氧组

织，水稻根呼吸作用所需要的氧源，受自然因素的影响比旱土小。但适当的通气，增加大气中氧的补给，对水稻根的呼吸、养料的吸收和消除还原物的毒害作用都有良好的作用，在生产中采取晒田、中耕、冬干冬种、实行干干湿湿的水浆管理，都有利于改良水稻土的特性，提高水稻土的肥力。

二、水稻土中有机质的转化特点

(一) 有机质转化的特点 淹水耕作下的水稻土，有机质的转化与旱土有很大的不同，其特点是：转化速度慢，分解产物不彻底，生成许多的中间产物，同时使土壤还原过程加强。

在旱土中由于通气性好，好气性微生物使有机质矿质化的速度加快，放出能量多，最终产物是二氧化碳、水及其他无机盐类如 NH_4^+ 、 H_2PO_4^- 等。在嫌气性微生物活动为主的稻田中，嫌气发酵的速度慢。据研究，玉米茎秆在 $25-28^\circ\text{C}$ 下，四周后，嫌气条件下只损失 20%，而好气性损失达 38%，其中木素是难分解物，在好气分解下经过 60 天消失达 20.6%，在嫌气分解下经过 135 天仅消失 7.7%，甚至一年后也只有 1/3 木素损失。黑麦秆在好气下经过 60 天有 17% 的被分解，而在嫌气下经过 84 天只分解 7%。

在分解产物方面，水稻田淹水后，有机质分解不彻底，产生许多中间产物，如各种有机酸。其中最常见的有甲酸、乙酸、丙酸、丁酸、乳酸、琥珀酸等。它们对水稻生长和养分的吸收都有不同程度的抑制作用。据研究，绿肥在分解过程中，产生的有机酸以醋酸为主，其次是丁酸、丙酸，也有蚁酸，各种有机酸的危害浓度，据国际水稻研究所资料(表 8—1)。

从表可知，上述有机酸危害以丁酸(酪酸)的毒害最

表 8—1 抑制水稻生长的几种有机物质

有 机 酸	抑制水稻生长50%时的克分子浓度	有 机 酸	抑制水稻生长50%时的克分子浓度
甲 酸	5.5×10^{-3}	乳 酸	4.0×10^{-3}
乙 酸	3.3×10^{-3}	草 酸	2.7×10^{-3}
丙 酸	3.3×10^{-3}	丙 酮 酸	2.2×10^{-3}
丁酸(酪酸)	1.5×10^{-3}	柠 檬 酸	6.8×10^{-3}

大，据试验，酪酸在水培试验中，当浓度为 0.005—0.05 M 时，就使水稻体中钾和硅含量下降，土培试验在 0.001 M 的酪酸时，使磷、钾、锰、硅吸收受阻，水稻体内可溶性氮增大。产生毒害的原因，表现在这些还原物质夺去根系周围的氧，使水稻根的呼吸、生长和吸收养分都减弱，而且还可以直接对根危害。

稻田渗透出来的水中，尚含有一定量的有机酸，如将这些渗透水进行灌田，将对水稻生长产生危害。所以，高坎的锈水田和有冷浸水侵入的田，水稻生长不良，也就是其原因之一。有机酸在低温的条件下，不易转化，易于积累，所以，在早稻绿肥田遇低温久雨，或久冷忽而高温之时，容易发生有机酸危害，尤以绿肥翻压迟了的田，情况更为突出，据研究，水田有机酸的主要组成及其含量的比值（表 8—2）。

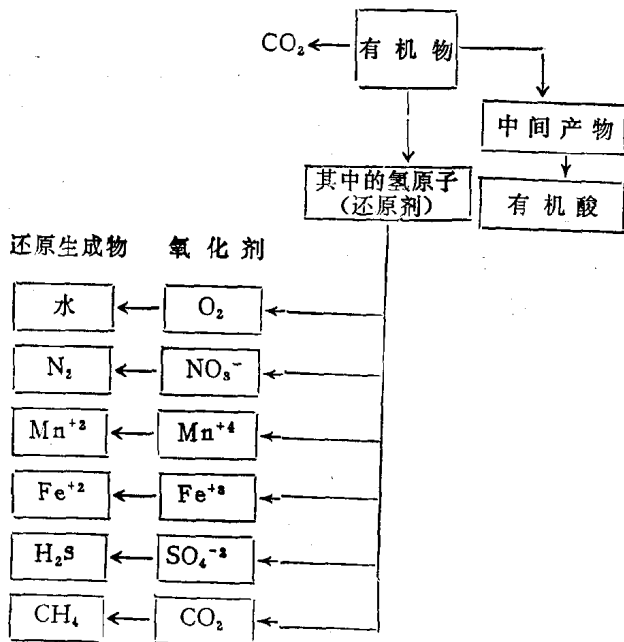
有机酸在有机质分解的初期阶段，易于大量积累，若此时低温或绿肥翻压迟，插秧时正遇上这个阶段，对早稻产生毒害。可采取露田措施，使土壤通气，追施少量速效氮肥，促进根系活力增强，并施用石灰中和酸性，生成有机酸钙盐，使其活性消失，都是行之有效的办法。

表 8—2 水稻土的几种有机酸含量测定 (比值)

日 数	温 度 (°C)	甲 酸	乙 酸	丙 酸	丁 酸
15	16	4.0	259	40.0	45.5
	35	0.6	1.7	0.9	2.8
30	16	0.9	1.4	14.4	1.4
	35	0.6	1.0	0.3	0.6

水稻田中, 有机质转化时, 将会使土壤的还原化过程增强。有机质本身是还原剂, 在转化时由于土中缺氧, 将引起其它物质的还原, 从而使还原性增强 (表 8—3)。

表 8—3 水田的还原过程



注: 氧化剂自上向下按顺序对H原子的使用渐困难。

由表 8—3 看出：在有机还原剂的参与下，淹水时期的水稻土的还原过程是逐渐加强的。据研究，在 30℃ 时，稻田淹水后，经 1—2 天土壤中的氧 (O_2) 几乎全部消失，随着淹水时期的延长，硝酸盐、高价锰、高价铁、硫酸盐直至二氧化碳依次分别被还原生成氮 (N_2)，低价锰、亚铁、硫化氢和甲烷；有机质由好气分解转为嫌气分解，有机酸先是累积而增加，后因分解而又减少。在有机物质分解最旺盛的时候，二氧化碳大量积累。在生产上为了防止还原过程的持续进行，防止硫化氢的毒害，采取湿润管水和在缺铁田中施用氧化铁丰富的红土、黄土，即可解除硫化氢的毒害，又可防止水田中进一步还原，还可以防止因缺铁使秧苗发僵、坐蔸现象的发生。

此外，土壤淹水期间，由于有机质的分解，土壤中产生二氧化碳特别多，可达土壤气体的 5—50%，一般二氧化碳的浓度 $>15\%$ 时，就对水稻根系生长不利了。高浓度二氧化碳会使稻根缺氧，呼吸作用受阻，对养分吸收不利。可见，早、中稻本田初期，土壤温低，还原性不很强，阻害物主要是有机酸及高浓度二氧化碳，至于 Fe^{+2} 及硫化氢的毒，多在天气渐热的后期发生。而甲烷、氢气对水稻本身则是无害的。

(二) 腐殖质的特点 水稻处于淹水嫌气的条件下，有机质的矿质化和腐殖质化的消涨规律与旱地土壤有很大的不同。一般言之，淹水条件下的水田，有利于腐殖质的形成和累积，相比之下，其矿质化强度不如旱土，所以，稻田中一般腐殖质含量较高，这对于调节和维持水稻土肥力具有重要的意义。稻田腐殖质应进行不断的更新，在微生物作用下不断地矿质化，又不断的形成新的腐殖质。腐殖质的矿质化因

稻田排水，通气和温度增高而加强，水旱轮作的稻田，干于湿湿的水浆管理，落水晒田都加速了腐殖质的更新和运动，矿质化作用加强了。常年冬浸和长期淹水的田，其矿质化很弱，腐殖质的形成积累加强，虽然腐殖质消耗小累积增多，但这种累积是不正常的累积，尤以在一些冷浸田、烂泥田中表现最为突出，它标明这类腐殖质的运动和更新受到障碍，必须进行改良。同时应指出，水旱轮作如一年三熟制，腐殖质消耗加快，若不增施有机肥料，老的腐殖质矿质化了，新形成的腐殖质跟不上，必然破坏腐殖质更新和运动的动态平衡，造成肥力衰退。高产稳产田要求腐殖质不断地更新和运动，矿质化和腐殖化都能正常而又强烈的进行，以腐殖化略大于矿质化为宜。这有利于累积养分，有利于提高水稻土肥力。

淹水条件对形成腐殖质的缩合作用不利，在旱土条件下，有利于缩合作用进行，因此，一般旱土中的腐殖质结构比水田复杂，凝聚性能大，稻田中的腐殖质分子结构简单。此外，稻田胡敏酸和富里酸的含量和比值也与旱土不同(表 8—4)。

表 8—4 水稻土和旱地的腐殖质组成 (占全碳%)

土壤	地点	苯醇 提取物	脱钙 时提取物	酸碱交替 时提取物	胡敏酸 总 量	富里酸 总 量	胡敏酸	残 渣
							富里酸	
水田	江苏	8.0	1.6	0.6	31.6	18.8	1.68	39.4
旱地	江苏	4.9	3.9	1.0	20.4	33.0	0.62	36.8
水田	江西	4.1	5.5	1.2	16.0	24.0	0.67	49.2
旱地	江西	6.7	6.6	2.4	4.3	28.2	0.15	51.8
水田	广东	5.6	1.9	0.7	16.7	17.7	0.94	57.8
旱地	广东	2.7	4.9	1.1	8.5	27.1	0.31	55.7

由上表可见，水稻土和其前身旱土相比，腐殖质组成中

胡敏酸含量比旱土高，而富里酸则少，所以，其胡敏酸/富里酸的比值高于旱土。但是胡敏酸的分子小，结构简单，为改善腐殖质的品质，提高其凝聚力和改土效力，促进腐殖质的运动和更新，可采用落水晒田，改冬浸田为冬种田，实行水旱轮作是完全必要的。

三、营养物质转化的特点 淹水嫌气条件下的水稻土，作物营养物质的转化与旱地土壤有许多不同之处，它直接影响到水稻的生育和产量，也影响到水稻土肥力的发展。

(一) 氮的转化特点 水稻土中氮的转化特点是，以氨化作用为主，有机氮化物分解转化成氨，水稻的氮素给源，主要是铵态氮，在淹水嫌气下，土中硝态氮由于植物的吸收、淋失、反硝化作用而迅速的消失，其中以淋失和反硝化作用为多。硝态氮只存在有氧气的氧化层中，当排水落干时，稻田中硝化作用增强，硝态氮含量也随之增加，在整个水稻生长期间则铵态氮仍是可给性氮的主要形态。

稻田中的氮素，以有机态氮为主，它的转化与旱地土壤有所不同，每年能分解的有效氮少，如果采取措施，亦可促进土中有机态氮矿质化，下列几种情况有利于氮的有效化。

1. 干土效果 水稻土在淹水状况下，有机态氮经嫌气微生物转化成铵态氮，这个过程进行缓慢。如果将土壤脱水处理，然后淹水，则比经常淹水者铵态氮生成量显著增加，这种现象称为干土效果。干土效果常以 100 克干土所生成的铵态氮的毫克数表示之。一般常年淹水的低湿田最高，有机质含量丰富的稻田其干土效果也高。干土效果过高过低都反映土壤氮素的供应状况不良，过高表明土中有障碍土壤有机质矿化分解的因素存在，过低表明土中氮素少（即缺乏有机质），