



青年自学丛书

土壤知识

上海人民出版社

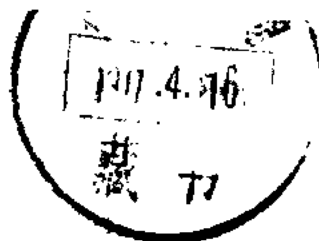
青年自学丛书

土壤知识

中国科学院南京土壤研究所《土壤知识》编写组



北林图 A00051729



216933

上海人民出版社

青年自学丛书

土壤知识

中国科学院南京土壤研究所《土壤知识》编与组

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张12.625 插页2 字数274,000

1970年11月第1版 1976年11月第1次印刷

统一书号: 161.1·137 定价: 0.73元

毛主席语录

农业学大寨。

愚公移山，改造中国。

农村是一个广阔的天地，在那里是可以大有作为的。

人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来，向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军，向生产的深度和广度进军，替自己创造日益增多的福利事业。

备战、备荒、为人民。

《青年自学丛书》编辑说明

毛主席教导我们：“知识青年到农村去，接受贫下中农的再教育，很有必要。”在毛主席的伟大号召下，一批又一批有共产主义觉悟的青年生气勃勃地奔赴农村，这是对缩小三大差别、限制资产阶级法权有深远意义的伟大事业。

在农村这个广阔的天地里，广大知识青年认真读马、列的书，读毛主席的书，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，朝气蓬勃地战斗在三大革命运动的第一线，坚定地走工农相结合的道路，对建设社会主义新农村作出了贡献，无产阶级英雄人物不断涌现，一代革命青年正在茁壮成长。这是毛主席革命路线的伟大胜利。

按照毛主席关于“要关怀青年一代的成长”的教导，为了适应广大上山下乡知识青年自学的需要，特编辑、出版这套《青年自学丛书》。丛书以马列主义、毛泽东思想为指导，内容包括哲学、社会科学、文学、自然科学的一些基本知识和实用农业技术知识等。我们希望，这套丛书的出版，能对上山下乡知识青年的学习起积极作用，有助于他们进一步提高阶级斗争、路线斗争和无产阶级专政下继续革命的觉悟，进一步提高政治理论水平和文化科学水平，在又红又专的道路上阔步前进，更好地适应建设社会主义新农村和各项事业发展的需要。

我们对大力支持这套丛书出版工作的有关单位和作者，表示衷心的感谢，并欢迎广大读者对这套丛书提出意见和批评，以便改进。

上海人民出版社

编者的话

土壤是农业的基础，是农业“八字宪法”的重要组成部分，一切农作物的生长都离不开土壤。我国农业生产已有几千年的历史，广大劳动人民在合理利用与改良土壤方面积累了十分丰富的经验。解放后，特别是在毛主席关于“农业学大寨”的伟大号召下，全国农村广大干部、贫下中农和社员群众，意气风发，斗志昂扬，自力更生，改造山河，创造了许多高产稳产农田。全国闻名的大寨田——海绵土，就是改造土壤的一个伟大创举。1975年9月党中央召开了全国农业学大寨会议，号召全党大办农业，为普及大寨县而奋斗。一个更为波澜壮阔的以改土治水为中心的农田基本建设的群众运动，正在全国农村蓬勃兴起。

为了适应形势发展的需要，为了反映农村劳动人民战天斗地、改良土壤的新经验、新创造，为了帮助知识青年掌握土壤科学知识，以便在改天换地的战斗中更好地认识土壤、利用土壤和改良土壤，我们编写了这本《土壤知识》。

本书共分十章，首先介绍了全国富饶的土壤资源，讲到土壤的来历和分布规律；从分析土壤本质，摸清土壤底细，讲到如何发挥人的主观能动性，培育肥沃土壤。本书以较大篇幅介绍了全国主要低产土壤类型的特性及其改良利用途径，还着重介绍了大寨海绵土的培育，概述了全国农业学大寨，大地绘新图的大好形势和前景。

在编写本书时，我们在党的领导下，力求以马克思列宁主

义、毛泽东思想为指导，批判修正主义，批判“天命论”，批判“土壤肥力递减论”，联系生产实际，讲述科学道理，反映广大劳动人民用土、改土发展社会主义大农业的经验。为了便于青年自学，文字力求通俗易懂，附有一定的插图。但是，由于我们的思想水平和业务水平有限，书中一定有不少缺点和错误，敬希读者批评指正。

在本书编写过程中，我们曾到一些农业学大寨的先进县、社、队和有关单位参观学习，并征求上山下乡知识青年和农林院校工农兵学员的意见，得到了有关单位以及广大贫下中农和知识青年的关心和大力支持，特别是大寨大队科研小组的同志给我们提供了宝贵的资料和意见，谨此表示感谢。

中国科学院南京土壤研究所《土壤知识》编写组

1976年8月

目 录

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章 辽阔的祖国大地，富饶的土壤资源····· | 1 |
| 一、东北平原的肥沃黑土····· | 1 |
| 二、华北平原的“冲积土”····· | 3 |
| 三、西北高原绵厚的黄土····· | 5 |
| 四、江南水乡的富庶稻田····· | 7 |
| 五、南方山丘地区的红壤····· | 8 |
| 六、四川盆地的紫色土····· | 10 |
| 七、内蒙古高原的千里草原····· | 12 |
| 八、干旱地区发展中的绿洲····· | 14 |
| 九、青藏高原的高山土壤····· | 16 |
| 十、纵横南北的山地森林土····· | 19 |
| 十一、南海诸岛的“鸟粪土”····· | 22 |
| 附：中国土壤分布概图说明表····· | 26 |
| 第二章 土壤千差万别话由来····· | 41 |
| 一、土壤的来历····· | 41 |
| (一)岩石经过风化作用变成母质····· | 41 |
| (二)母质经过生物作用才形成土壤····· | 43 |
| 二、土壤为什么多种多样····· | 44 |
| (一)为什么土壤有五颜六色····· | 44 |
| (二)为什么土壤有酸性、碱性之别····· | 45 |
| (三)为什么土壤会发生盐碱化····· | 46 |
| (四)为什么土壤有砂、有粘····· | 46 |
| (五)为什么土层厚薄不一····· | 47 |
| (六)为什么有些土壤中出现“结核”····· | 48 |
| 三、耕作土壤是劳动的产物····· | 49 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| (一)土壤在耕作影响下的变化 | 50 |
| (二)重视耕作土壤的研究 | 51 |
| 第三章 土壤分布的规律 | 55 |
| 一、土壤的水平地带性分布规律 | 55 |
| 二、土壤的相性分布规律 | 56 |
| 三、土壤的垂直地带性分布规律 | 57 |
| 四、土壤的地域性分布规律 | 59 |
| 五、耕作土壤分布的几种形式 | 61 |
| (一)同心圆式分布 | 61 |
| (二)阶梯式分布 | 62 |
| (三)框式分布 | 63 |
| (四)垛式分布 | 64 |
| (五)园田式分布 | 65 |
| 第四章 分析土壤本质, 掌握土壤特性 | 68 |
| 一、土壤肥力是土壤的本质 | 68 |
| 二、土壤是由哪些物质组成的 | 69 |
| (一)土壤矿物质 | 71 |
| (二)土壤有机质 | 72 |
| (三)土壤微生物 | 74 |
| (四)土壤水分和空气 | 82 |
| 三、影响土壤肥力的一些性质 | 84 |
| (一)土壤的砂粘性(土壤质地) | 84 |
| (二)土壤的结构性 | 88 |
| (三)土壤的耕作特性 | 94 |
| (四)土壤的保肥性 | 99 |
| (五)土壤的供肥性 | 102 |
| (六)土壤的酸碱性 | 104 |
| 四、土壤肥力因素的状况 | 109 |
| (一)土壤养分状况 | 110 |
| (二)土壤水分状况 | 114 |
| (三)土壤空气状况 | 120 |

| | |
|-------------------------------|------------|
| (四)土壤温度状况 | 123 |
| 第五章 作物土中生, 因土巧施肥 | 129 |
| 一、作物需要的养分 | 130 |
| (一)作物需要哪些养分 | 130 |
| (二)主要营养元素与作物生理的关系 | 131 |
| (三)作物怎样从土壤中吸收养分 | 135 |
| (四)作物对养分的需要量 | 136 |
| 二、土壤是作物生长的物质基础 | 138 |
| (一)土壤养分的含量和形态 | 138 |
| (二)土壤中养分的转化 | 144 |
| (三)土壤性质对土壤养分有效性的影响 | 146 |
| 三、肥是农家宝, 全靠施得巧 | 148 |
| (一)看土质肥瘦施肥 | 149 |
| (二)看土壤酸碱性施肥 | 150 |
| (三)看土壤水分施肥 | 152 |
| (四)看肥料性质施肥 | 152 |
| 第六章 土壤与作物营养诊断 | 158 |
| 一、土壤与作物营养诊断的内容 | 159 |
| (一)作物的形态诊断 | 159 |
| (二)土壤与作物的化学诊断 | 161 |
| (三)障碍因子诊断——环境诊断 | 162 |
| 二、土壤与作物营养诊断的应用 | 164 |
| (一)为肥料分配和制定施肥方案提供依据 | 164 |
| (二)为作物布局提供土壤资料 | 165 |
| (三)为肥料的合理利用提供参考 | 165 |
| (四)寻求均衡增产和高产再高产的途径 | 166 |
| (五)找出影响作物生长的障碍因子 | 166 |
| 三、土壤化学诊断方法 | 167 |
| (一)土壤样品的采集 | 167 |
| (二)土壤样品的处理 | 170 |
| (三)土壤化学诊断的测定方法 | 172 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| 四、作物化学诊断方法 | 172 |
| (一)作物样品的采集 | 172 |
| (二)作物样品的处理 | 175 |
| (三)作物化学诊断的判定方法 | 176 |
| 五、障碍因素诊断方法 | 176 |
| (一)水稻受亚铁为害的诊断 | 176 |
| (二)水稻受硫化物为害的诊断 | 177 |
| (三)土壤亚铁的诊断 | 177 |
| (四)灌溉水和土壤中氯离子含量的简易测定 | 178 |
| 第七章 开展土壤普查,摸清土壤底细 | 181 |
| 一、新形势下的土壤普查 | 181 |
| 二、土壤普查的一般方法 | 183 |
| 三、土壤普查材料的整理 | 192 |
| 四、搞好土壤普查的关键 | 194 |
| 第八章 发挥人的因素,培育肥沃土壤 | 196 |
| 一、肥沃土壤的特征 | 197 |
| (一)肥沃土壤的一般特征 | 197 |
| (二)肥沃土壤耕作层的特征 | 198 |
| (三)肥沃土壤底土层的特征 | 199 |
| 二、肥沃土壤的培育途径 | 200 |
| (一)合理排灌,调节水肥 | 200 |
| (二)精耕细作,熟化土壤 | 210 |
| (三)增施肥料,培养地力 | 215 |
| (四)合理轮作,用养结合 | 223 |
| 第九章 战天斗地,改良土壤 | 231 |
| 一、盐碱土的改良利用 | 233 |
| (一)盐碱土的类型 | 233 |
| (二)盐碱土的形成和变化 | 235 |
| (三)盐碱土的改良措施 | 237 |
| (四)盐碱土改良利用的典型经验 | 249 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 二、红壤的综合利用与改良 | 264 |
| (一)红壤的特点 | 265 |
| (二)红壤的综合利用 | 266 |
| (三)低产红壤的改良 | 271 |
| (四)红壤性低产水田的利用改良 | 282 |
| 三、冷浸田的改良利用 | 285 |
| (一)冷浸田的类型和特性 | 288 |
| (二)冷浸田的低产原因 | 290 |
| (三)冷浸田的改良措施 | 291 |
| 四、砂姜黑土上的改良利用 | 297 |
| (一)砂姜黑土的低产原因 | 299 |
| (二)砂姜黑土的改良利用 | 301 |
| 五、风沙土的改良利用 | 308 |
| (一)风沙土的由来 | 309 |
| (二)风沙土的特性 | 311 |
| (三)风沙土的改良利用 | 313 |
| (四)草原沙化的防治 | 323 |
| 六、白土的改良利用 | 323 |
| (一)白土的低产原因 | 323 |
| (二)白土的改良利用 | 324 |
| 七、反酸田的改良利用 | 328 |
| (一)什么叫反酸田 | 328 |
| (二)反酸田的形成和反酸的原因 | 328 |
| (三)反酸田的改良利用 | 330 |
| 第十章 农业学大寨，大地绘新图 | 334 |
| 一、大寨田的基本建设 | 335 |
| (一)整修梯田 | 336 |
| (二)闸沟筑坝 | 339 |
| (三)兴修水利 | 342 |
| (四)建造“人造小平原” | 342 |
| 二、海绵土的基本特征 | 344 |

| | |
|------------------------|-----|
| 三、海绵土的培肥 | 346 |
| (一)增施有机肥料 | 347 |
| (二)调剂土质, 因土施肥 | 349 |
| (三)实行“三深”耕种 | 349 |
| 四、学习大寨精神, 建设基本农田 | 351 |
| 附 录 | 359 |
| 一、土壤化学诊断的方法 | 359 |
| 二、作物化学诊断的方法 | 372 |
| 三、怎样进行田间肥料试验 | 384 |

第一章 辽阔的祖国大地， 富饶的土壤资源

我们伟大的祖国，位于欧亚大陆的东部，地域辽阔广大，全国总面积达 960 万平方公里。当北方千里冰封，万里雪飘的时候，南方的椰林仍是郁郁葱葱。最西的地方还是午夜，而最东的地方太阳已经升起。我国地形错综复杂，千变万化，高原、山地、丘陵、盆地、平原和湖泊广泛分布。西南部有号称“世界屋脊”的青藏高原，其中有许多海拔 7,000 米以上的雄伟高峰。万山之冠的珠穆朗玛峰，矗立于翻涌的云海之中，山上终年积雪，冰塔林立，冰川纵横，雪线以下草地宽广。东北、华北和长江中下游是一望无际的平原，沃野千里。西北部多宽广的盆地，南部为大面积的丘陵山地，有很大的生产潜力。整个地势西北高而东南低，从太平洋吹来的潮湿空气，可以长驱直入内地，因而我国东部地区和西南各省的雨量丰沛。长江、黄河、淮河、珠江等主要河流都自西而东横穿万里，滔滔江水灌溉着万顷良田，给我们以发展农林生产之利。全国山河壮丽，气象万千，土壤资源丰富。

一、东北平原的肥沃黑土

东北平原三面环山，西为大兴安岭，北为小兴安岭，东为长白山，南北长达 1,000 公里，东西最宽的地方也有 400 公

里，面积达 35 万平方公里，是我国第一大平原。平原由三部分组成，即位于东北部的三江平原，中部的松嫩平原和南部的辽河平原。

松嫩平原是东北平原的主要部分，面积达 20 万平方公里，是一望无际的黑土原野。这里，在严寒的冬天，地面白雪皑皑，地下冰冻三尺，植物处在沉睡之中；但春末夏初，冰融雪化，野花开遍了原野，争芳夺艳，拖拉机耕翻起沉甸甸的黑土，播下大豆、玉米、春小麦……。

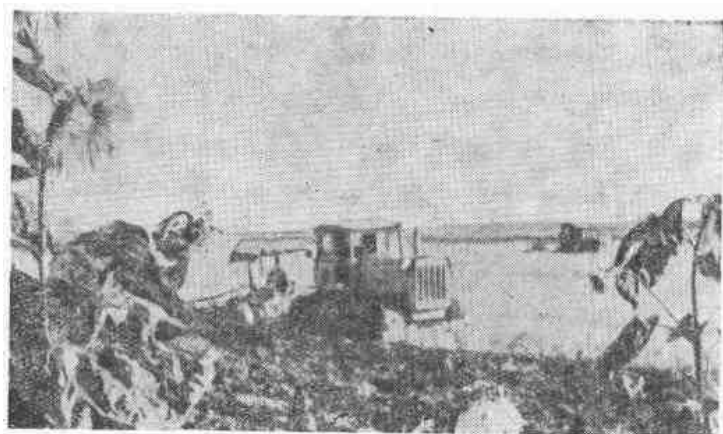


图 1 东北平原黑土上的丰收

黑土是我国东北最肥沃的土壤。它具有深厚而肥沃的黑土层，其厚度约 30~60 厘米，最厚的可达 100~130 厘米，呈微酸性至中性反应。有机质含量可达 5~10%。黑土的表土结构良好，通气透水，耕性好，适耕期长；底土粘性较大，托水保肥。当地群众称它“上有黑土帽，中有黄黑土腰，下有黄土底”的宝地。

黑土平原开阔，而且比较平坦，适宜于大面积机垦。但解

放前，只在交通方便的地方开辟了一些农田，离交通线远的地方，却人烟稀少，一片荒凉，被称为“光长野草不打粮，又有兔子又有狼”的“北大荒”（其中包括一部分沼泽土荒地）。解放后，大批知识青年和革命干部，响应党中央和毛主席的号召，怀着保卫边疆、建设边疆的豪情壮志奔赴“北大荒”，大力开发荒原，先后建立了许多大型国营农场。昔日人迹罕到的“北大荒”，如今已建设成为祖国的“北大仓”。

黑土荒地，草本繁茂，有机质和养分元素含量高。但在开垦初期，由于土性冷湿和草根盘结，因此供肥性能差，只能种植耐阴湿和吸肥能力强的作物，如马铃薯、小麦等。合理利用几年后，土壤不断熟化，越种越肥。熟化的黑土，适种性广，不仅能种马铃薯和小麦，还能种大豆、玉米、小米、甜菜等，只要精心管理，都能得到高产。

二、华北平原的“冲积土”

华北平原是由黄河、淮河和海河冲积物长期淤积而成的大平原，面积达30万平方公里，分布着大面积的“冲积土”，耕作历史悠久，是我国麦棉主要产区之一。

这里的土壤南北有所不同。平原北部，黄河和海河地区的冲积土，是由黄土高原冲来的，由于地下水位高，水分条件较好，容易回潮，统称潮土（又名黄潮土），其颜色较淡，含石灰多。由于黄河历史上多次改道，“紧沙漫淤”的沉积规律，使水流急速的决口附近沉积沙土，水流缓慢的远处沉积淤土，在两者之间沉积两合土，因而土壤质地变化很大，有的砂性重（如泡沙土、飞沙土），有的粘性重（如淤土或胶泥），有的上砂下粘，有的下砂上粘，或砂粘相间，水盐运动状况很不一样，在地

下水含盐量较多而水位高的地方，往往形成斑状分布的花碱土。平原南部，淮北地区的冲积土，颜色较黑，大部分比较粘重，表土一般都不含石灰，底土层多砂姜(石灰结核)，通称砂姜黑土或青黑土。

平原北部的潮土和南部的砂姜黑土，都具有地势平坦，土层深厚，养分丰富等优点，宜于发展农业。但解放前，由于帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山的残酷剥削和压迫，土壤资源严重破坏，旱涝、盐碱、风沙等自然灾害不断发生。解放后，广大群众响应毛主席关于“一定要把淮河修好”、“要把黄河的事情办好”、“一定要根治海河”等伟大号召，战天斗地，改造山河，与旱涝盐碱风沙作斗争，自然面貌已发生显著变化。过去的黄河，“三年两决口”，泛滥成灾；如今的黄河，一千多公里长的黄河大堤已加高培厚，防洪能力大大加强，并在此基础上，进一步引黄淤灌，极大地促进了黄河两岸农业生产的发展。过去的淮河流域，“大雨大灾，小雨小灾，无雨旱灾”，现在已开挖新沂河、新沭河、新汴河等十多条大型骨干河

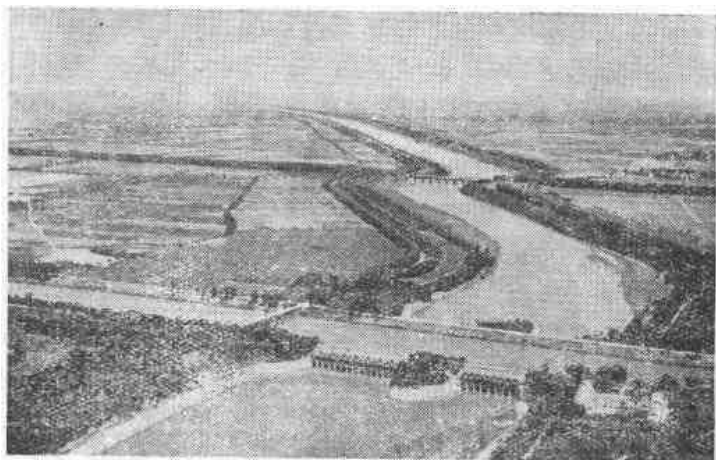


图 2 华北平原潮土地区新貌

道,总长达一千多公里,还兴建了佛子岭、梅山等三十多座大型水库,防洪排涝效果显著,此外,在排涝的基础上,进一步发展了灌溉,特别是近几年井灌迅速发展,许多社队粮棉双超《纲要》。长期影响河北省农业生产的海河,自1963年以来,经过十余年的艰苦奋战,成功地治理了海河水系的五条主要河流,基本上控制了海河流域的洪涝灾害。与此同时,还建成了数以万计的扬水站,几十万眼机井,扩大了灌溉面积,大力改土治碱,取得了显著的效果。整个华北平原正在发生翻天覆地的变化,到处呈现一派生气勃勃的景象。

三、西北高原绵厚的黄土

太行山之西、秦岭以北,是海拔1,000米以上的黄土高原,地跨陕、甘、晋、豫等省,黄土层厚达几十米,最深的达200米以上。黄土层绵而深厚,质地均一,垂直结构良好,自古以来,



图3 西北黄土高原的新梯田

当地群众挖窑洞而居。黄土矿质养分较为丰富，耕性良好，宜于作物生长。这里很早就经营农业，是我们伟大祖国的文化发源地。

陕西关中及晋南、豫西等地的黄河及其支流（泾、渭、汾、洛）两岸阶地上黄土母质发育的褐土，经过劳动人民的长期培育，已形成一层30~70厘米厚的熟土层，把原来古老的表土层埋藏在下面，两层过渡明显，象楼房一样，当地群众称之为“楼土”，著名的“八百里秦川”中的头道塬和二道塬就是以楼土为主。楼土含有有机质较多，较疏松，透水性好，保水能力强，盛产小麦、玉米、豆类、马铃薯、棉花、烤烟、大麻等，是黄土高原上的“棉粮川”。

黄土地区的雨量大多集中于7~9三个月，并常有暴雨，因黄土疏松，遇水易分散，所以容易遭受侵蚀。在旧社会，由于反动统治阶级的摧残，黄土高原水土流失严重，如陇东、陕北及晋西的广大黄土丘陵地区，出现了沟壑纵横的景象，这不仅影响了当地的农业生产，而且还使地处黄河下游的华北平原，造成河道淤塞，河水泛滥成灾。解放后，在党的领导下，人民群众积极与水土流失作斗争，积累了许多治理水土流失的宝贵经验，涌现了许多先进典型。1955年，毛主席为《看，大泉山变了样子》一文写了光辉的批示：“有了这样一个典型例子，整个华北、西北以及一切有水土流失问题的地方，都可以照样去解决自己的问题了。”二十年来，在毛主席这一光辉批示的鼓舞下，黄土高原的广大贫下中农，发扬自力更生、艰苦奋斗的精神，向荒山深沟进军，取得了很大成绩。目前不少地方已达到树木成林，青草遍野，泥不出沟，水不出田，水土流失得到了初步的控制，促进了农业生产的发展，并为全面治理黄河作出了贡献。

四、江南水乡的富庶稻田

江南大地，田连阡陌，气候温暖，雨量丰沛，河流纵横，湖泊众多，山塘水库星罗棋布，农业生产条件十分优越。无论是沃野千里的长江、珠江及韩江三角洲，或是水网密布的洞庭湖、鄱阳湖平原和杭嘉湖平原、成都平原，以及地势起伏的丘陵山区，都有富庶的稻田。

稻田土壤统称水稻土，种类繁多，这都是劳动人民在平原开河修渠，在山丘修筑梯田，逐步开拓，并通过灌溉、耕作、施肥精心培育的结果。肥沃水稻土一般具有“爽而不漏”、“深而不陷”、“软而不烂”、“肥而不膩”的特征。“爽而不漏”，是指水分渗漏适量，又有良好的保水能力；“深而不陷”，是指耕作层深厚，但又不陷脚；“软而不烂”，是指土质酥柔，干、湿都好耕，湿时也不粘犁；“肥而不膩”，是指土壤贮蓄有丰富的养分，能源源不断地供给水稻吸收，又不致引起水稻疯长倒伏。这种水稻土一般都能早涝保收，高产稳产。江苏太湖地区的鳝血黄泥土，浙江杭嘉湖地区的黄斑塆土，珠江三角洲的泥肉田，成都平原的大土油沙，都是这种类型。但是，有的水稻土目前还存在一些低产因素，如江苏、安徽的白土，南方丘陵地区的黄泥田（红壤性水稻土）和山区的冷浸田，广东、广西沿海地区的反酸田，这些土壤只要发挥人的主观能动性，针对其低产原因加以改造，也可以培育成肥沃的水稻土。

随着“农业学大寨”群众运动的蓬勃开展，江南各地正在进一步大搞农田基本建设，因地制宜地改革耕作制度，增加复种指数，并通过推广优良品种，增施肥料，精耕细作，使低产稻田变高产，高产稻田更高产。江苏省苏州地区是我国江南著

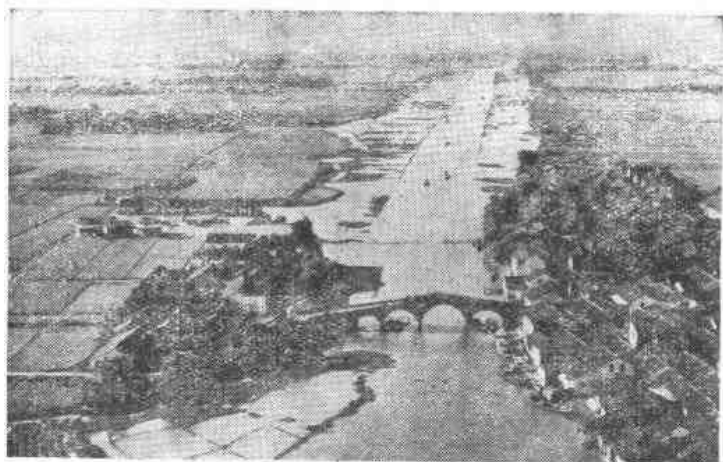


图 4 江南水乡的稻田 (江苏太湖地区)

名的鱼米之乡，经过无产阶级文化大革命，这里更加生气勃勃，1974年全区八个县粮食平均亩产达1,370斤，比解放初期增长了三倍多。这里的沙州县塘桥公社六大队，积极创造条件，推广稻麦三熟制，首先实现了1958年贫下中农提出的“三麦赶水稻，水稻翻一番”的豪迈口号，原来小麦单产150斤左右，1974年增加到703斤。这里的江阴县华西大队和吴县的龙桥大队，粮食平均亩产早已超过2,000斤，都是学大寨的典型。

目前，江南各地的高产典型象雨后春笋不断涌现，多种经营也在迅速发展，农业机械化步伐大大加快，早涝保收面积不断扩大，锦绣江南将更加绚丽。

五、南方山丘地区的红壤

我国南方的丘陵山地，广泛分布着一种红色的酸性土壤，

称为红壤；在特别湿润的山地，土壤呈黄色，称为黄壤。由于它们的性质比较近似，所以广义的红壤包括黄壤在内。远在我们的祖先从黄河流域大量迁移到南方以前，红壤上遍地是密茂的常绿阔叶林。目前这类原生或次生林地，仅在广东、云南、广西、湖南、福建以及南岭等地的深山地区才能见到。

红壤地区，气温高，雨量充沛，自然条件非常优越。特别是五岭以南的热带地区，几乎全年不见冰雪，年降水量1,000~2,000毫米，甚至在2,500毫米以上，十分有利于农、林生产。这里林木密茂，四季常青，农作物生长季节长，复种指数高。

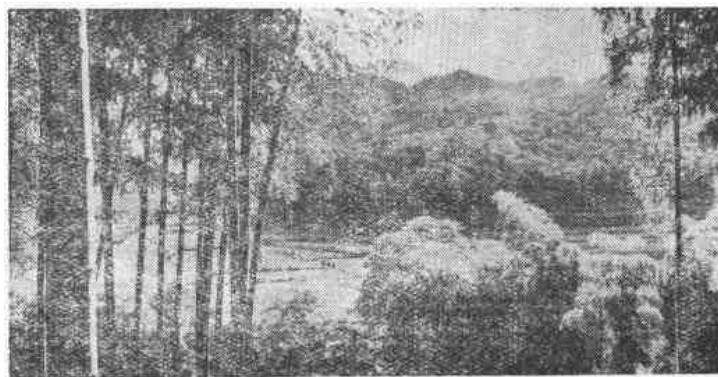


图 5 红壤上的毛竹林

红壤风化作用强烈，土层一般深厚而粘重，同时因受强烈淋洗作用的影响，因而土壤呈酸性至强酸性反应。在密茂的常绿阔叶林下的红壤，通常有30~40厘米厚的有机质表土层，土壤湿润疏松，十分肥沃。

红壤是我国的重要土壤资源，不仅出产粮、棉、油，而且还出产许多重要的林木和经济作物。例如，重要的建筑用

材——杉木、毛竹，重要的油料植物——油茶、油桐，以及著名的优质木材——柚木、楠木、樟木、花梨木等，都生长在红壤上。喜欢酸性土壤的茶树，在湿润、多云雾的黄壤山地，生长尤好，品质甚佳。五岭以南的红壤(砖红壤为主)，还盛产椰子、菠萝、龙眼、荔枝、香蕉、芒果、柠檬等热带水果，以及橡胶、金鸡纳、咖啡、剑麻、胡麻、胡椒、香茅、槟榔等重要热带特产。

在“农业学大寨”的群众运动中，广大贫下中农向大自然开战，向红壤荒地进军，积极改造红壤，开展综合利用，进行多种经营，红壤的生产潜力正在不断发挥出来。

六、四川盆地的紫色土

四川盆地位于长江上游四川省境内，西为青藏高原，南为云贵高原，北为秦岭、大巴山，东为巫山，是一个为山岭所环抱的盆地，为全国四大盆地之一。除盆地西部有将近一万平方公里的成都平原，盆地东部(华莹山以东)有几列东北——西南走向的山岭外，大部分为紫色或紫红色砂岩、页岩构成的丘陵，土壤也呈紫色或紫红色，因此人们常把四川盆地称为“紫色盆地”。这里有从青藏高原、云贵高原奔腾而来的长江，还有岷江、沱江和嘉陵江。江水滔滔终年不息，葱郁的山林，碧翠的田野，衬托着紫色的土壤，紫绿相映，分外妖娆。这里为我国的重要粮仓之一。

紫色和紫红色土壤，通称紫色土。四川盆地是全国紫色土分布最集中的地方。这种土壤是由紫色或紫红色砂岩、页岩变来的，大都富含钙质(碳酸钙)和磷、钾等营养元素，十分肥沃。不过由于雨量多和地形起伏，容易造成水土流失。紫色土流失快，风化也快(主要是物理崩解作用)。有人做过简

单的试验，把直径为 20~40 厘米大小的紫色页岩置于旷野中，经过两个多月(4 月中旬到 6 月下旬)的日晒雨淋后，按其重量计算，有 65~93% 崩解为小于 4 厘米的碎屑。长期以来，这个地区的劳动人民通过修梯田梯地，横坡耕作，多层间作套作，以及其他耕种、施肥、灌溉等措施，熟化紫色土(包括紫泥田)，使其肥力不断提高。



图 6 紫色土地区的高产稳产田

紫色土地区也有黄壤分布。同一地区从自然植被看，生长柏树(侧柏)的一般是紫色土，而生长松树(马尾松)的一般是黄壤。不过川中南有的紫色土偏酸性，也生长松树。有人把它归到红壤。黄壤一般由花岗岩、普通砂页岩、千枚岩的风化物发育而成。但紫色砂页岩在潮湿气候和密茂植被的影响下，经过长久的淋溶和水化过程，紫色也会减退，并变成黄壤。

四川盆地某些地方的紫色土，由于旧社会不合理的耕垦，使土壤遭受侵蚀。解放后，土壤侵蚀问题已逐步得到防治。目前，川中丘陵区正在大造梯田，开发水源，在积极发展粮食生

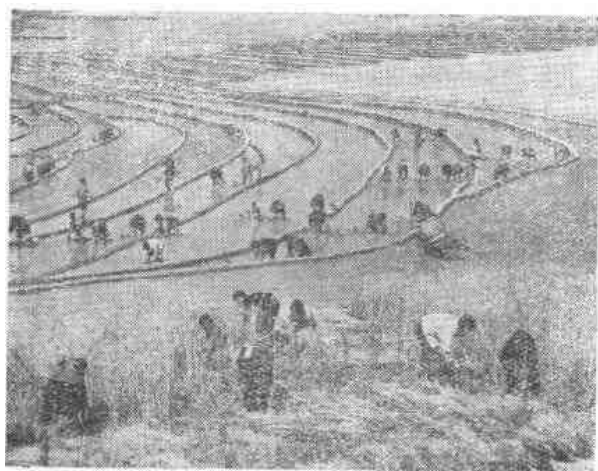


图 7 四川盆地春耕忙，割麦栽秧两不误

产(水稻、小麦等)的同时,结合发展棉花、烤烟、甘蔗、麻、桑、柑桔、板栗等经济作物和果木。川中南丘陵区,则以发展粮食生产为主,大力改造冬水田(紫泥田等)。冬水田的改造一般是在冬季先种两年紫云英,再种两年油菜,而后种冬小麦,可使水稻产量迅速提高。位于盆地偏北部的剑阁县化林大队,是高丘陵地形,坡度大,土层薄,水源又缺乏,然而这个大队的贫下中农,通过治山治水,改田改土,农林牧副渔全面发展,并大力抓了林业,近年来旱涝保收,年年高产,成了一个以林促农,以林促牧,以牧养林的学大寨先进大队。化林大队农区造林的经验,正在四川全省推广。

七、内蒙古高原的千里草原

从东北往西,便是内蒙古高原,这里海拔1,000余米,气候

比较干旱，大部分地区年降雨量只有150~350毫米。这里，分布着各种草原土，如黑钙土、栗钙土、棕钙土等。这些土壤的共同特点是含石灰，多呈碱性反应，有机质含量较东北平原的黑土低。

内蒙古地势平坦而微有起伏，盛夏雨季，草原土上生长着肥美的牧草，一望无际，是天然的好牧场。一般越往东，牧草越密茂，特别是呼伦贝尔湖畔，湖光草地，交相辉映，成群的牛羊放牧其间，别具特色。

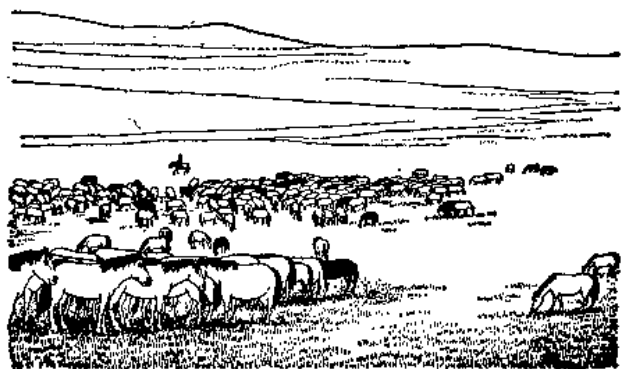


图 8 草原上的天然牧场

祖国大地红烂漫，千里草原气象新。近几年来，在辽阔的内蒙古草原，大寨之花遍地开放，广大贫下中牧艰苦奋斗，打井修渠，植树种草，防风固沙，修棚盖圈，建造房屋，逐渐改变逐水草而居、靠天放牧的状况，使千里草原的面貌发生了巨大的变化。

内蒙古中南部的河套平原，早在2,100年前的秦汉时代，劳动人民便在那里开始了农田基本建设，引黄河的水灌溉，把干旱的草原土变成了农田，素有“天下黄河富宁夏”之说。河套

平原面积约 12,000 平方公里，地势平坦，渠道长达 6,000 余公里，灌溉水源充足，有利于发展农业，盛产小麦、燕麦，是内蒙古的主要产粮区，有“塞上谷仓”之称。

河套平原过去存在着渠道淤塞、土壤盐碱化等问题。解放初期，在河套的西南部建造了解放闸，调节渠道水量，防止淤塞并减少了受淹面积。近几年来，水利事业有了更大的发展，建设了不少高产稳产农田，使这个“塞上谷仓”变得更为富饶。

八、干旱地区发展中的绿洲

新疆全境和甘肃的河西走廊及其北部，是干旱地区。这里雨量稀少，特别是塔里木盆地，年降水量在 50 毫米以下，不及长江流域的百分之五。但这里的高山上部长年积雪，举目远眺，银光闪闪，蜿蜒千里。每到夏天，山上冰雪融化，汇集成河，为干旱地区发展农业提供了灌溉水源。但因气候干旱，河流的水量有限，流程不远就消失于沙漠之中，或潜入地下，或注入低地湖泊，未能充分利用。

这个地区有天山、昆仑山、祁连山等高山，在山前地带，细土大多被风吹走，只剩下砾石，通常称为戈壁滩，离山远的地方则是沙漠。戈壁滩与沙漠之间，有质地较细的土壤，在地势较高、地下水位较低的地方，多为灰漠土、灰棕漠土和棕漠土，在地势较低、地下水位较高的地方，多为盐土。由于气候干旱，土壤水分强烈蒸发，盐土表层可形成 20~30 厘米厚的盐壳。盐分较轻的地方是大片的草甸土，有时还长有罗布麻和胡杨林。这里的土壤矿质养分丰富，有些还含有硝酸盐类，只要有水灌溉，进行冲洗，防止盐碱危害，便能生长好庄稼。

戈壁滩与沙漠之间的河流两岸，无盐碱或盐碱化程度轻，可以引水灌溉，历来是古老的农业区，素有“绿洲”之称，土壤有绿洲潮土和绿洲灰土。经过长期灌溉和施肥，土壤肥力不断提高，除种植春小麦、棉花、玉米、豌豆、青稞、甜菜外，并有闻名全国的特产，如哈密瓜，吐鲁番的葡萄，库尔勒的梨和伊犁的苹果。

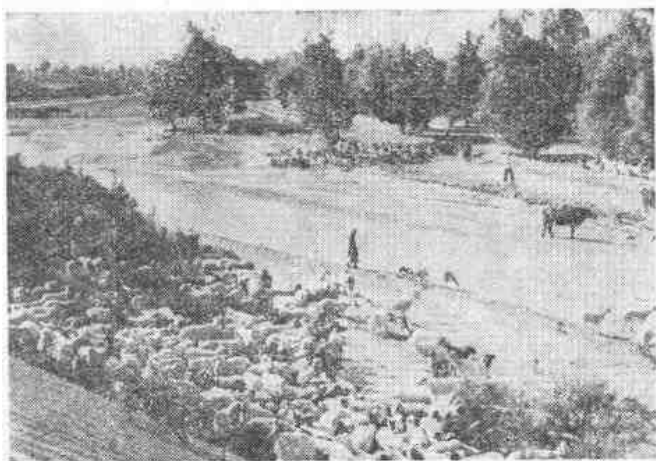


图 9 沙漠深处的绿洲（新疆安迪尔河畔）

解放后，新疆各族人民和军垦战士在党的领导下，向大自然开战，在灰漠土和盐土上建造了许多新绿洲。他们在被历代探险家视为畏途的万古荒漠中，与干旱、风沙、盐碱作斗争，建设了许多水库和渠道，发展灌溉事业，并注意排水，大力治服盐碱，使昔日的荒原变成了良田。如塔里木河两岸和玛纳斯河一带，昔日黄沙茫茫，如今已是绿树参天，条田连片，有的粮食亩产超千斤，皮棉亩产高达二百余斤；群众满怀豪情地歌唱：“黄沙变成黑油沙，田肥地沃好庄稼，风吹入林高歌唱，只闻树声不见沙”。气候干旱，滴水贵如油的吐鲁番盆地，向来

有“火洲”之称，解放后修复和建立了大批“坎儿井”，近年来又普遍采用机井灌溉，有力地促进了农业生产的发展。

甘肃境内的河西走廊，是从乌鞘岭经武威、张掖、酒泉而至敦煌，长达1,000公里而宽不到100公里的狭长地带，由冲积洪积倾斜平原组成，海拔在800~2,600米之间。年降水量不到200毫米，地面水流稀少，只有少数由祁连山雪水补给的河流。其土壤分布情况与新疆类似，在河流汇集处也有人工培育的绿洲潮土和绿洲灰土的分布。无产阶级文化大革命以来，这里的贫下中农大搞农田基本建设，许多社队已经条田连片，渠道纵横，林木成行，农业连年获得丰收，千里河西气象新。张掖县小满公社古浪八队，在1973年粮食亩产达到611斤以后，1974年继续把改革耕作制度当作农业增产的中心环节，推广带状种植，扩大高产作物面积，促进一年两熟，结果320亩粮食作物每亩净增401斤，亩产达到1,012斤，这是干旱地区第一个粮食作物平均亩产超千斤的先进队。甘肃省正在为把河西走廊建成商品粮基地而努力。

九、青藏高原的高山土壤

青藏高原包括青海的大部分和西藏的全部，是世界上最高的地方，素有“世界屋脊”之称。高原海拔大多在4,000米以上，隆起的山体高达6,000~8,000米，而珠穆朗玛峰以它8,848米的高度冠为世界最高峰，矗立在群峰之中。

山峦重迭的青藏高原，以地势高、地域大、气候冷而独具特色。这里，高原面上一般不长森林，多长草本植物，分布着各种高山土壤（高山草原土、高山草甸土、亚高山草原土、亚高山草甸土等）；高山上部则终年积雪。



图 10 雄伟壮丽的珠穆朗玛峰

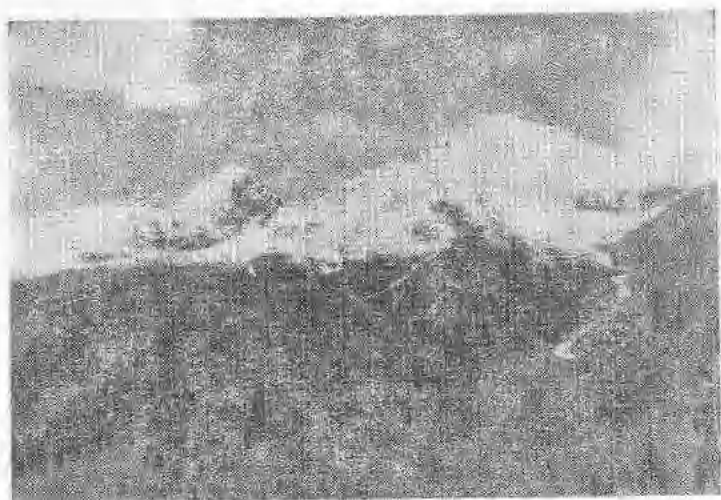


图 11 西藏高山土壤地区的自然景观

高山土壤一般土层较薄，土质较粗，有机质分解缓慢。在高原上平缓潮湿的地段，地表常有毡状草皮层。高山上的草地是天然的放牧场。但是，藏南、藏东以及青海海西盆地，气候相对比较温暖，在海拔较低的坡地上就能见到树冠挺拔的

冷杉林等。这里是发展农业的好地方，青稞（即裸大麦）、油菜、豌豆、马铃薯、小麦等都宜种植，此外，萝卜、白菜也生长良好。其中藏南河谷是一个东西向的狭长河谷平原，雅鲁藏布江流经其间，拉萨即位于其支流的河谷中。藏南河谷的气候同西藏高原其他地方相比，因海拔较低，故比较温暖，年降雨量约 250~500 毫米，是青藏地区的主要粮食基地。

西藏地区过去由于农奴制度的束缚，严重地阻碍了生产力的发展，耕作技术十分落后。经过民主改革和人民公社化，百万农奴翻身做主人，广大贫下中农和贫下中牧在伟大领袖毛主席的领导下，坚持走社会主义道路，他们立下了“修好千条渠，征服万重山，建设新西藏”的雄心壮志，向大自然开战。在广阔的高原草场上，牧业生产欣欣向荣，在海拔 4,500 米的高原上开始了稳定的农业生产，破天荒地把青稞种到了海拔 4,700 米以上的地区。他们还在藏南河谷引水灌溉，试种水稻、小麦、玉米、西瓜和各种蔬菜，都已获得成功。

西藏属于高寒地区。它之所以寒冷，是由于地势高，而不是由于纬度高。但地势高、气候寒冷而干燥的西藏高原，有许多“日光城”，例如拉萨、日喀则、噶尔、班戈湖、江孜、定日和隆子等地都是。为什么叫这些地方为“日光城”呢？因为这些地方每年的日照时数一般都在 3,000 小时以上，与其他同纬度的平原城镇相比要长得多。例如，宁波的日照时数为 2,087 小时，重庆仅 1,188 小时，而海拔 3,600 多米的拉萨，却大气干洁，相对湿度低，是一个全年无雾、无霾、能见度很好的城市，日照时数达 3,005 小时。这里常年晴朗，蔚蓝色的天空，不时浮游着几朵白云，远处的雪峰清晰可见。拉萨以北 80 公里的澎波农场，海拔 3,800 多米，土壤为山地灌丛草原土，无霜期仅 110~120 天，对于冬小麦来说热量条件略感不足，但是，澎波农

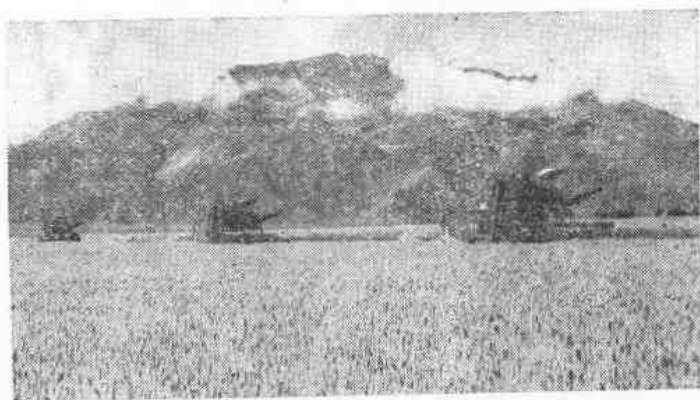


图 12 位于西藏高原 3,800 多米的澎波农场职工在收割小麦

场的广大职工敢于破除迷信,解放思想,充分利用日照充足的有利条件,把种植冬小麦的高度向上推到海拔 4,100 米的地方,1975 年 8,300 多克(1 克相当于 1 亩)小麦单产过了“黄河”,近 2,000 克跨过“长江”。昔日贫困落后的旧西藏,今日面貌大变,全区呈现出欣欣向荣的景象。

十、纵横南北的山地森林土

我国是一个多山的国家。从北到南,从西到东,都有连绵不断的起伏山岭。其中有东西走向的喜马拉雅山、阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山、秦岭,也有南北走向的大兴安岭、小兴安岭、太行山、吕梁山和横断山脉,还有长白山、阴山山脉、南岭山脉、海南岛的五指山和台湾省的台湾山等。这些山地纵横南北,构成我国主要山脉。山地分布着各种各样的土壤,其上大多生长着种类繁多的林木,所以统称为山地森林土。



图 13 长白山暗棕壤上的针阔叶混交林

山地土壤大多是岩石直接风化而来，土层一般比较浅薄，



图 14 五指山热带山地黄壤上的常绿阔叶林

并常混有岩石碎屑。在茂密的森林植被下，常年落到地表的枯枝落叶经腐解后，在表土中积累了较多的有机质，因此，山地土壤有机质含量较高，透水、保水性能以及养分状况也较好。但是，森林若遭破坏，却容易造成水土流失，必须引起注意。

山地森林土壤遍及全国各地，变化复杂，类型众多。由于我国南北生物气候条件的不同，因而南方和北方的山地森林土差异很大。北方山地的森林土壤，多在针叶

林或针阔叶混交林下形成,如大兴安岭、小兴安岭、长白山主要是暗棕壤,其表土暗灰或棕灰色,含有较多的有机质(表层可高达5~15%)和养分,结构也较好,全土层呈微酸性反应,土壤肥力较高,一般生长由红松、落叶松、柞树、杨树、桦树等树种组成的针阔叶混交林,以红松为主的林木,构成浩瀚的林海,木材蓄积极为丰富。南方山地的森林土壤,是在常绿阔叶林下形成的。海南岛五指山的热带山地黄壤,有机质含量并不亚于东北的暗棕壤,表土为暗棕色,以下多为黄色,呈强酸性反应,土质较粘重,植物生长繁茂,林木四季长青,林内多攀缘植物,还有板状根和老茎开花等特殊现象。

山地森林土壤不仅南北方不同,而且同一山地从下到上,土壤也有差异,这是因为在不同的高度,气温和湿度有所不同,影响着土壤的形成(这个问题后面还要详谈)。

由此可见,我国的山地森林土壤多种多样,森林资源十分丰富。东北的大、小兴安岭和长白山,西南的横断山脉,鄂西的神农架山,闽赣边境的武夷山等,都是著名的林区。但在解放前,由于国民党反动派对森林资源的破坏,不仅造成了严重的水土流失,而且有些山地已成了荒山秃岭。解放后,山区人民积极响应毛主席关于“绿化祖国”的伟大号召,大力开展植树造林的群众运动,治山治水,绿化荒山,注意森林更新,使山地森林土壤的潜力日益得到发挥。

台湾山地也是我国著名的林区之一,但是由于台湾仍被蒋帮盘踞,台湾的骨肉同胞处于水深火热之中,台湾山地的森林和土壤资源不断地遭受摧毁和破坏。解放台湾,统一祖国,是全国人民的共同愿望和神圣职责。我们一定要解放我国神圣的领土台湾省,台湾总有一天会回到祖国人民的怀抱,必将建设起一个美好的新台湾!

十一、南海诸岛的“鸟粪土”

在我们祖国大陆的南方，在广阔的南海上，散布着大量由珊瑚礁构成的露出水面或隐没水中的岛屿、沙洲、暗礁和暗滩。这些岛礁沙滩象一颗颗闪闪发光的宝石，镶嵌在绿波如茵的南海中。从遥远的古代，我国人民就在南海的长期航行和生产实践中，最早发现了这些岛屿，持续不断地进行了辛勤的开发和经营，并最早进行管辖和行使主权。我国古籍上记载的所谓“千里长沙，百里石塘”，就是指这闻名中外的南海诸岛。

南海诸岛包括东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛，共有 200 多个岛礁沙滩。这些岛屿的面积不大，海拔不高，西沙群岛中的永兴岛较大，也不过 1.85 平方公里，永兴岛较高，真高也不过 16 米。

珊瑚岛礁为热带海洋所特有，其形成往往与地壳运动有关。从西沙群岛岛面以下 1,251 米的珊瑚灰岩下部保留有一层 20 余米厚的红土层(红色风化壳)推断，大概在 30~70 万年以前，南中国海原是一块陆地，以后，随着地壳的逐渐下沉，形成了今天我们所看到的海洋。在这种缓慢的陆沉和海浸过程中，珊瑚水螅体就开始在浅海底部生长繁殖，遗留下来的坚固的珊瑚骨架，又成为新的珊瑚虫生长的基础。这样陆地不断沉降，珊瑚不断往上生长，形成了一群群埋藏在水中的珊瑚礁，经过一个地质时期以后，局部地壳又开始抬升，把珊瑚礁抬出了水面。在海浪和潮汐的既冲刷又堆积的作用下，形成了珊瑚岛和沙洲。以西沙群岛中的石岛而言，其形成也只是最近一万年左右的事情。

南海诸岛，地处热带，全年皆夏，无四季可分，气候条件十分有利于各种生物的繁殖、生长。岛上植被茂盛，终年常绿，远远望去，犹如一艘艘翠绿色的军舰停泊在碧波万顷的大海中，守卫着祖国辽阔的海疆。

这里的土壤，并不是我国台湾省和海南岛习见的粘重而酸性强的砖红壤，而是一种富磷的沙质碱性土壤。它在成土过程中受着两个比较特殊的因子的影响，一是鸟类活动，二是珊瑚砂母质。鸟类在南海诸岛活动极其频繁，其中又以白腹鹲鸟为主，它们成千上万地生活在海岛上，把麻疯桐（白避霜花）林、羊角树（草海桐）林、海岸桐林等点缀得犹如一片片棉田。它们食鱼为生，白天扑向大海，追逐鱼群，夜晚又飞回海岛。由于这些鸟类的长期活动，林下积聚了一层厚厚的鸟粪，对于土壤形成及其性质有很大影响，因此，当地军民称之为“鸟粪土”。由于鸟粪中含有丰富的有机态磷，日积月累，又经风化淋溶，使土壤富含磷素。五氧化二磷的含量，以西沙群岛为例，地表下 20~30 厘米含磷量最高，可达 30% 左右，向下逐渐减少。但即使在一米以下的母质中，仍含有 0.5% 左右的五氧化二磷。这比热带地区的一般土壤含磷量高出几十倍乃至几百倍。此外，由于鸟粪土有机质丰富，土壤表层颜色较暗，因此，以前也有人把这种土壤叫做“磷黑土”。

鸟粪土主要发育在珊瑚砂母质上。珊瑚、贝壳残体在海浪作用下（主要是机械作用）磨成细砂，堆积在岛上，其后在当地生物气候条件下，逐渐发育成土壤，因此，土壤质地轻松，粘粒极少。珊瑚砂的主要成分是碳酸钙，其含量在 95% 以上，海南岛群众多以珊瑚残体作为原料来烧制石灰。鸟粪土的表层由于有机质和腐殖酸的作用，部分碳酸钙受到淋溶，但碳酸钙的含量仍在 20~50% 之间；土壤呈碱性反应。根据以上两

个特点,近来有人把这种土壤命名为“磷质石灰土”。

鸟粪土是一种很好的磷矿资源。解放前,这种宝贵的鸟粪磷矿遭到法、日等帝国主义的掠夺和破坏。解放后,国家有计划地开采了一些鸟粪磷矿,用以改良南方红壤,起了一定的作用。

早在 2,000 多年以前的汉代,我国劳动人民就为合理开发利用南海诸岛作出了贡献。解放后,在党的领导下,有计划地积极开发海岛。现在在西沙群岛的永兴岛、五岛、石岛等岛屿上,可以见到大片人工栽培的椰林。在椰林中,栽培了各种蔬菜,真是瓜豆琳琅,菜花飘香,一片春意盎然的景象,据不完全统计,在西沙群岛上,人工栽培的作物和瓜果就有椰子、甘蔗、菠萝、香蕉、蓖麻、木瓜、蔬菜、豆类等,多达 50 余种。



图 15 西沙群岛磷质石灰土上的菜园

由于珊瑚砂母质的影响,南海诸岛的土壤养分元素比较单纯,植物生长所必需的铁、锰、锌、铜等元素十分缺乏,因此,天然植被和农作物常有叶片失绿的现象。当地军民正在

采用客土法进行改良，即自海南岛北部运来砖红壤改良蔬菜基地，或者穴施栽培果木，因为这种砖红壤粘粒含量多，呈酸性反应，富含铁、锰、锌、铜等元素，对改良鸟粪土的不利特性有良好效果。

今天，西沙军民，在毛主席的革命路线指引下，艰苦奋斗，战天斗地，誓把南海诸岛建设得更加美丽、壮观。让一切胆敢来犯的侵略者们在我们的宝岛面前发抖吧！

我们伟大的祖国，有如此众多的土壤资源，自北向南，自东而西，从平原到山地，有规律地分布着各种土壤，它为发展社会主义农、林、牧业生产提供了十分有利的条件。

附：中国土壤分

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|-------------|---|---|
| 1 | 棕色针叶林土 | 集中在大兴安岭中北部和温带北部部分山地。在阿尔泰山地也有小片分布。 | 寒温带湿润山地。植被为原始针叶林，如落叶松、樟子松等 |
| 2 | 暗棕色森林土(暗棕壤) | 大小兴安岭和东北东部山地(长白山脉)。在青藏高原的某些边缘山地上也有一定面积。 | 温带湿润地区。植被类型为针阔叶落叶混交林。 |
| 3 | 棕壤 | 辽东、胶东、冀东等低山丘陵。在褐土地区及亚热带内，则出现在山地垂直带上。 | 暖温带湿润地区，受东南季风影响明显。植被以栎类为主，系夏绿阔叶次生林，也有部分针叶树。 |
| 4 | 褐土 | 燕山、太行山、吕梁山、秦晋等山地，以及关中、南、豫西等丘陵低山。 | 暖温带半湿润半干旱地区，受季风影响明显。植被类型，山区以中生夏绿阔叶林为主，丘陵区常为半旱生灌木。 |
| | 瘠土 | 陕西关中、晋西南和豫西平缓阶地或山麓台地。 | 系褐土或黄土母质经过人为长期施肥耕种的土壤。 |

布概图说明表

| 土 壤 特 征 | 利 用 与 改 良 | 附 注 |
|---|---|---------------------|
| <p>所处环境寒冷湿润，地面冻结时间长达7个月，冻层深约3米，上部有岛状永冻层。土壤无明显的淋溶淀积层次。土层发育薄，下层多含砾石。剖面为暗灰棕色，表层腐殖质含量高(可达10%)，并有白色菌丝体，土壤为酸性。</p> | <p>为盛产木材的原始林区。</p> | <p>过去曾称棕色太加林土。</p> |
| <p>冬冷时间长，土壤有深到1~2.5米的季节冻层。地表有枯枝落叶、草皮等组成的弹性凋落物层。表土暗棕灰色，腐殖质含量高，根系密集。心土层暗棕一棕色，粘质。底土为棕色半风化碎屑体，时有明显的铁锰胶膜。剖面厚度不超过1米。土壤呈微酸性反应。</p> | <p>为我国东北重要的天然林业基地，面积大，木材蓄积量高，能生长多种优质针阔叶树种。在腐殖质层深厚而水分适中的地段，还可栽培贵重药材——人参。</p> | <p>过去曾称灰棕壤。</p> |
| <p>剖面层次色调较一致，除表层外，均以棕色或浅褐色为主。质地上层轻，下层重，心土层有明显的粘粒淀积。全剖面水分状况良好，无游离石灰，土壤早中性至微酸性反应。土层深厚，自然肥力较高，生产潜力大。</p> | <p>山前平原和岗地，目前已大面积垦为农地或果园，是暖温带湿润地区发展农林业生产的重要土壤资源。</p> | <p>又称棕色森林土。</p> |
| <p>剖面层段由腐殖质层(表层)、粘化层(心土层)和钙积层(底土)组成。心土常有暗棕色铁锰胶膜淀积，质地稍重。全剖面呈褐色或暗棕色，有石灰性反应(淋溶褐土除外)，土层中常见白色假菌丝体。土壤呈微碱至碱性。</p> | <p>适于北方农林果木发展。有名的苹果、梨、杏、柿、枣等多产于此。但须加强水土保持措施，增施磷肥，发挥土壤生产潜力。</p> | <p>又称褐色土、褐色森林土。</p> |
| <p>由于长期大量施用土粪堆积覆盖，在不断耕作培肥影响下，形成了一层深厚的熟化土层。有机质含量高，土质疏松，透水性好，保水肥能力强。剖面下部有埋藏的古耕层。底土基本特征与褐土相近似。有石灰反应，土壤呈微碱性。</p> | <p>为黄土高原地区的一种肥沃旱作土壤。盛产小麦、玉米、豆类、棉花等。在增施土粪的同时，补充磷肥很重要。还应加强水土保持及水利灌溉措施。</p> | |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|--------|---|--|
| 6 | 黄棕壤 | 江淮、宁镇丘陵低山地区。湖北汉水两岸和河南南阳、陕西汉中盆地丘陵。在亚热带山地,则出现在垂直带上。 | 北亚热带季风湿润气候,植被为常绿阔叶林。 |
| | 黄刚土 | 主要在下蜀黄土丘陵缓岗上。 | 系黄棕壤经过人为耕垦熟化而成的旱作土壤。 |
| 6 | 黄壤 | 以云贵高原、湘西山地为多。川、桂、浙、赣和台湾等省山地也有分布。 | 与红壤同属一纬度带。云雾多,日照少,冬无严寒,夏无酷热,干湿季不明显。植被为常绿阔叶林。 |
| 7 | 红壤 | 分布范围广,南方12个省(区)均有。东部约自长江以南至南岭山地和台湾北部,西部包括云、贵中北部及四川盆地南缘丘陵低山。 | 中亚热带湿润气候。植被为常绿阔叶林。 |
| 8 | 砖红壤化红壤 | 广东和云南中部、广西和福建南部、台湾北部丘陵低山。 | 南亚热带,以季雨林为主,自然景观具有热带向亚热带过渡的特点。 |
| 9 | 砖红壤 | 海南、雷州半岛南部、云南南部、台湾省南部丘陵台地。 | 高温湿润,以热带雨林和季雨林为主,具有“长夏无冬”的特色。在郁闭的森林里,藤本植物攀缘稠密。 |

续上表

| 土壤特征 | 利用与改良 | 附注 |
|---|---|--|
| <p>表土层约10~15厘米,灰棕色,轻壤至中壤土。心土层黄棕色,有明显的粘粒淀积,棱块状结构,有暗棕色胶膜及锥形铁锰结核。底土系棕色紧实粘土层。下蜀母质发育者,在深部还有砂姜层出现。全剖面微酸至酸性。</p> | <p>大部已垦为农地,部分为茶园、桑园或果园。应加强水土保持措施,防止表层被蚀后,粘实的心土出露地表而明显降低肥力。</p> | <p>属棕壤与黄壤的过渡类型。</p> |
| <p>耕层暗灰棕色,腐殖质增高,结构良好。犁底层厚5~10厘米。心土层多孔隙,保水肥力增强;底土仍为棕色母质层。经耕层熟化后,养分和物理性状均有改善,土壤由酸性逐渐变为中性。</p> | <p>适种作物有稻、麦、棉、油菜、甘薯等。应注意等高种植,逐年加深耕层,增加有机肥料,改善土壤水分物理性状。</p> | <p>低肥者也有叫白土、黄白土等。</p> |
| <p>常年所处环境湿润、水热条件较稳定,土壤黄化作用非常明显。即土壤矿物成分中的氧化铁水化而引起剖面呈现黄色或暗黄色,尤以心土层黄色更为鲜明。表土层厚,腐殖质含量多,自然肥力高。</p> | <p>宜林,宜牧,宜农,而且一年可两熟。缓坡谷地宜种水稻、玉米、麦类等。山地还可因地制宜辟为茶园或其他亚热带经济林木。</p> | |
| <p>有较深厚的红色风化粘土层,多含铁铝成分,质地粘重,有大量铁锰胶膜淀积于心土和底土,下部土层有杂色交织的网状斑纹。土壤酸性强,水土流失比较严重。</p> | <p>红壤地区辽阔,是我国南方发展多种经营的重要土壤资源。盛产茶叶、油茶、油桐、柑桔等亚热带经济林果。农作物复种指数高。参阅第九章第二节。</p> | <p>本地区盛产水稻。许多丘陵地区大面积“早改水”已获显著增产效果。</p> |
| <p>土壤风化作用很强烈,红色风化壳较深厚,全剖面呈棕红色,土壤质地粘重,结构面上有大量暗棕色胶膜。但很少见到铁盘和结核,土壤呈酸性或强酸性。</p> | <p>热带经济植物有广泛发展。如香蕉、木瓜、杨桃、剑麻、菠萝等。也可因地制宜发展热带特有经济植物(如橡胶),是我国热带特种经济作物北移驯化的良好场地。</p> | <p>属砖红壤向红壤的过渡类型。</p> |
| <p>剖面发育明显。红色风化土层极为深厚,除表土层为灰棕色,全剖面均为棕红或暗棕红色,土质相当粘重,心土有大量暗棕色胶膜,并有较多铁锰结核。侵蚀严重地段,尚有铁盘或杂色网状斑纹层出露地表。土壤呈强酸性。</p> | <p>自然条件优越,肥力尚高,是我国发展热带资源的重要基地,普遍适种热带特有经济植物,如橡胶、咖啡、可可、剑麻、香蕉等。农业生产潜力也很大。参阅第九章第二节。</p> | |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|-------|---|---|
| 10 | 灰色森林土 | 大兴安岭中部和南部山地、在新疆阿尔泰山和准噶尔盆地以西山地也有小面积存在。 | 温带森林草原半湿润地区，有季节冻层。主要木本植被类型为落叶阔叶林（如杨桦林）。 |
| 11 | 黑土 | 黑龙江和吉林中部及大小兴安岭和长白山的山前台地。 | 温带湿润季风气候。植被主要为草原化草甸类型（五花草甸）。 |
| | 白浆土 | 东北三江平原下游河谷阶地、山间谷地和松辽平原东缘山前台地。 | 温带湿润季风气候，有季节冻层。植被既有森林，也有草甸或沼泽化类型，一般以喜湿性植物为主，覆盖度大。 |
| 12 | 黑钙土 | 东北大兴安岭东西两侧丘陵山麓以及松嫩平原地区。 | 温带半湿润季风气候。多属草原或草甸草原植被，尤以旱生菊科蒿类及禾本科草类为主。 |
| 13 | 栗钙土 | 内蒙古高原东部、南部、呼伦贝尔西部、大兴安岭南丘陵平原，我国西北干旱境内的一些山间盆地或山地垂直带中也有广泛分布。 | 温带半干旱草原植被类型，处于草原与半荒漠草原过渡带之间。 |
| 14 | 棕钙土 | 内蒙古高原中西部、北疆准噶尔北部剥蚀丘陵和洪积—冲积平原。祁连山、天山、昆仑山等垂直带上也有分布。 | 温带较干旱的大陆气候。植被为旱生或超旱生的荒漠草原和草原化荒漠类型。 |

续上表

| 土壤特征 | 利用与改良 | 附注 |
|--|---|--------------------|
| 腐殖质层厚约 30~50 厘米, 色灰暗, 草根多, 下部土层棕灰棕色, 结构面上或岩片下常见二氧化硅粉末和红棕色胶膜。剖面土层薄, 多含岩屑碎片, 盐基饱和, 土壤呈微酸性反应。 | 主要发展林业。为提高林木的经济价值, 可对目前杨桦林进行改造, 变阔叶林为针阔叶混交林。落叶松和樟子松是比较适合的更新树种。 | |
| 暗灰色, 腐殖质层深厚(30~70 厘米以上), 结构良好, 土层疏松多孔, 亚表层以下有黑色铁锰结核、二氧化硅白色粉末和锈斑。土壤质地适中, 下层较紧实粘重, 无钙积层和石灰性反应, 微酸性, 自然肥力高。 | 绝大部分已垦为农地。盛产大豆、麦类、高粱、马铃薯。合理耕作管理与施肥, 是保持和提高黑土肥力的重要环节。 | 过去的一些文献中曾把黑土统称黑钙土。 |
| 土壤质地粘重, 雨季易形成上层滞水。周期性干湿交替以及氧化还原过程多次往复, 使土壤中, 铁、锰不断被漂洗而脱色形成灰白色的亚表层—白浆层, 这是白浆土最主要的特征。表土腐殖质含量甚高, 全剖面呈微酸性。 | 大部已垦为农地, 适种作物有大豆、玉米、小麦和谷子等。局部地区能生长很好的森林植被。应注意改造白浆层, 同时防止山水侵入农田。 | 常与黑土呈复区存在。 |
| 黑色, 腐殖质层厚约 30~40 厘米, 心土层浅灰棕或黄棕色, 有舌状腐殖质延伸物, 碳酸盐呈斑块或结核状积聚, 母质层多由火成岩风化物或淤积物组成。土壤质地轻壤—中壤土, 呈微碱至碱性反应。 | 大部垦为农地, 土质较肥沃, 适种作物广。也有不少天然草场, 适于发展畜牧业。垦殖后应注意发展灌溉, 以防春旱秋涝危害。 | |
| 剖面发生层由栗色或灰棕色腐殖质层和灰白色碳酸钙淀积层组成。有强烈石灰性反应, 土壤呈碱性。局部地区下部土层尚有石膏积聚。 | 多为天然牧场, 是我国主要畜牧业基地。也有农区和半农半牧区。发展灌溉, 防止风蚀, 是发挥生产潜力的重要措施。 | |
| 土层浅薄, 灰棕色, 全剖面有石灰反应, 钙积层多在褐色亚表层以下, 质地沙壤—轻壤土, 并含砾石, 土壤呈碱性。在北疆地区, 剖面的中下部尚有石膏、盐盘积聚。 | 主要发展牧业, 局部地区有灌溉农业。防止风沙危害, 挖掘水源, 是保障农牧业发展必不可少的条件。 | |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|--------------|---|--|
| 14 | 灰钙土 | 黄土高原最西部、河西走廊东段丘陵戈壁地，银川平原，北疆伊犁谷地山前平原或老阶地上。 | 温带半干旱—干旱大陆气候。植被为荒漠草原类型，以旱生多年生禾本科草类、灌木、半灌木组成。 |
| 15 | 灰棕漠土 | 宁夏西北部和甘肃北部高原、河西走廊中西段、新疆西部山前平原和东部戈壁、青海柴达木以西的砾质戈壁等地区。 | 温带极端干旱大陆气候。植被以丛生耐旱、深根和肉汁的灌木、半灌木为主，覆盖度小。 |
| | 棕漠土 | 甘肃河西走廊的最西段、新疆东部哈密、吐鲁番盆地和塔里木、塔里木大戈壁地区。 | 夏季极端干旱而炎热，冬季暖和缺乏雪被。植被为稀疏而简单的半灌木—灌木荒漠类型，覆盖度极低。 |
| 16 | 草甸土 | 广泛存在于河流冲积平原及其他河湖泛滥地和低阶地。 | 各地区气候差异很大。系在以禾本科为主的草甸植被覆盖下受地下水影响发育而成。 |
| 17 | 盐碱土 (盐渍土) | 西北、华北、东北平原以及湖缘地和山麓扇形地下部、渤海湾和苏北滨海狭长地带。 | 地势相对低平，气候较干旱，由矿化度较高的地下水沿土壤毛细管上升到地表积盐而成；或因海水浸渍而成；或因残留、洪积盐分而成。 |

续上表

| 土 壤 特 征 | 利 用 与 改 良 | 附 注 |
|---|---|----------------------|
| 剖面分化弱，腐殖质层和钙积层在形态上均不明显。土层松散，有机质和水分含量少，心土和底土层中有白色假菌丝体积聚，全剖面有石灰性反应，土壤呈碱性。在北疆地区，剖面下部普遍含有石膏。 | 多为天然牧场，属半农半牧区。发展灌溉，防止水蚀和风蚀，合理轮作，是发展农牧业生产的重要措施。 | |
| 地表有黑色砾幕，表土层为浅灰色多孔状的漠境结皮(2~3厘米)，其下为褐棕色的砾质土层，片状结构，含少量石膏结晶。剖面极为浅薄，质地砂性强，均含砾石，有石灰性反应，土壤呈强碱性。 | 主要作牧地利用。如打井灌溉、营造防风沙林带等措施跟上，局部地区发展灌溉农业还是有条件的。 | 又叫灰棕色荒漠土。 |
| 地表有黑色砾幕，剖面粗骨性极强，表土有发育弱的孔状结皮(浅灰或乳黄色)，心土为红棕色铁质染色层(3~8厘米)，下部含不等量石膏，部分地区在石膏层下还有盐盘。全剖面砂砾质，厚度<50厘米，有石灰反应，土壤呈强碱性。 | 目前农牧用地很少。在有条件的地区，可采用客土或引洪灌的办法发展农牧业。 | |
| 土层深厚，沉积层次明显，各层质地均一(时有砂、粘土层)。表土色暗(灰棕或棕灰色)，结构良好，以下为浅棕色土层，较紧实，有明显的锈色斑纹和铁锰结核。全剖面水分状况良好。土壤的石灰性和酸碱度视地区和母质来源的差异而不一致。 | 土壤肥力较高，适种性广，多已辟为农地。应注意灌排设施，防止旱涝和盐碱危害。 | 南方此类土壤多已植稻，不属于本土类范围。 |
| 土壤含多种可溶性盐类(表层最突出)，包括氯化物、硫酸盐、碳酸钠、重碳酸钠以及钙、镁等。春旱季节，地表常呈现一片白色盐霜，严重抑制作物苗期生长。土壤呈碱性或强碱性，盐土中以含氯化物或硫酸盐类为主，碱土中含碳酸钠为主。 | 可分别因地制宜采取以水利土壤改良为前提的生物(包括农业)、物理、化学等综合改良措施。参阅第九章第一节。 | 包括盐土和碱土两个类型。 |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|-------|----------------------------------|---|
| 18 | 紫色土 | 四川盆地丘陵最集中,云、贵、湘、赣、浙、闽等省也占一定面积。 | 亚热带湿润气候。以散生草灌植被为主。 |
| | 紫泥土 | 同紫色土。 | 紫色土经耕种熟化而成的旱作土壤。一般在丘陵缓坡地段。 |
| 19 | 磷质石灰土 | 南海诸岛,主要是西沙群岛和南沙群岛之珊瑚岛上。 | 热带海洋性气候,在麻疯桐林内长期栖息了白腹鹱鸟类,其粪便、尸体和枯枝落叶一起肥沃着土壤,并给土壤带来大量磷素。 |
| 20 | 黑垆土 | 陕北、晋西北、陇东和陇中黄土高原上。内蒙、宁夏南部也有少量存在。 | 暖温带半干旱大陆性气候。植被以稀疏草类为主。 |

续上表

| 土 壤 特 征 | 利 用 与 改 良 | 附 注 |
|--|--|-------------------|
| <p>成土年龄短,受母岩影响深,土壤地带性特征不明显,剖面发育不完善,表土层以下即母质层或基岩(平缓坡脚地段发育完好些)。土层一般<100厘米,紫色或紫红色,大部含石灰(与岩性有关),微碱性反应。磷、钾含量较高。坡顶往往受侵蚀,粗骨性强。</p> | <p>自然肥力高,多已垦为农地。荒坡地侵蚀严重,应加强水土保持措施,因地制宜发展亚热带水果、薪炭和水土保持林木。</p> | |
| <p>基本性状与紫色土相同。唯表土层肥力状况有很大的改善,结构良好,含磷、钾养分丰富,耐肥力强,土层中大部分有石灰反应,中性—微碱性。</p> | <p>适种亚热带各类旱作,产量甚高。注意等高种植,保蓄水源,发展水浇地,增施有机肥料,加速土壤熟化。</p> | |
| <p>含磷量(P_2O_5)可高达30%以上,比一般热带土壤要高几十倍到几百倍。剖面可分为有机质层、磷素积聚层、淀积层和母质层。由于发育在珊瑚灰岩和贝壳骨骸碎屑上,全剖面质地砂性强,有石灰性反应,土壤呈碱性。</p> | <p>因岛屿面积较小,不宜大规模开垦。在客土改良后,可种植防护林,发展林木生产或小面积垦植蔬菜等。</p> | <p>过去曾叫热带磷黑土。</p> |
| <p>属古老耕种土壤,有明显的犁底层。耕种熟化层约60厘米,以下为暗灰褐色的腐殖质层(30~80厘米),底部为棕色钙积层和黄土母质。土壤质地轻壤—中壤土,心土层稍重,全剖面有石灰反应,碱性。</p> | <p>以小麦、玉米、糜、谷子、高粱等旱作为主。搞好水土保持,发展灌溉,提高土壤质量,发展绿肥生产,是提高肥力的重要措施。</p> | |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|-----------|--|---|
| 20 | 黄绵土 | 黄土高原水土流失强烈地区,常与黑垆土交错存在。 | 与黑垆土同一生物气候地带。 |
| 21 | 潮土(黄潮土) | 华北平原、辽河平原等地,是我区主要耕作土壤之一,为旱粮和棉花重要产区。 | 地势平坦,但大平小不平,系黄土性母质沉积后即行耕种熟化的一类旱作土壤。地下水位多在1~2米间,有的有夜潮现象。 |
| 22 | 青黑土(砂姜黑土) | 淮北平原地区以及苏北东陇海线一带的平缓高地,是淮河流域的古老耕作土壤。 | 地势低平,排水不良,最早生长过耐湿性草本植物,后来开垦为农地,雨季地下水位常在1米之内。无夜潮现象。 |
| 23 | 水稻土 | 全国各地均有,但主要在秦岭—淮河一线以南各省区的山丘谷地、河湖平原地区,其中尤以长江中下游平原、珠江三角洲、四川盆地和台湾西部平原最为集中。 | 可发育在各种自然土壤上。冲积水稻以后,在淹水灌溉条件下,土壤剖面发生氧化还原的分异,形成还原淋溶与氧化淀积的物质移动特点。在灌溉耕作同时,大量有机肥料施入田间,并且从土壤中带走了收获物,有时甚至包括作物的全部茎秆。长期周而复始,使水稻上形成了独特的形态特征。 |

续上表

| 土壤特征 | 利用与改良 | 附注 |
|--|---|--|
| <p>剖面基本上由表土(大部为耕作层)和底层两个层段组成(犁底层不明显)。全剖面颜色以浅棕或浅黄棕为主,上下层无明显过渡。土壤质地适中(细粉粒为主),疏松易耕,并有一定养分含量,有石灰反应,呈微碱—碱性。</p> | <p>种植情况同黑垆土。当前主要增产措施是搞好水土保持,兴修水利,扩大水浇地。</p> | <p>又叫绵黄土、黄土等。</p> |
| <p>土层质地受沉积层次的影响很大,表层颜色以灰棕为主,以下色调较一致(浅棕为主),中下层有明显的锈纹斑点。土壤水分条件良好,中性至微碱性,质地变化大,肥力尚高,根据地形的差异,常有砂粘夹层沉积特点。全剖面有强石灰性。</p> | <p>种植小麦、棉花、玉米、高粱、烟草等旱作。土壤中有有效养分含量较高,产粮比较稳定。应结合农田基本建设,排除旱、涝、盐碱危害。</p> | <p>过去曾叫浅色草甸土,包括淤土、两合土、沙土、飞沙土和花碱土等。</p> |
| <p>剖面上部为腐泥状黑土层,下部为潜育性砂姜层。在旱耕熟化后,黑土层发育成耕作层、犁底层及埋藏黑土层。质地比较均一,多为重壤土,沉积层次不明显,一般无石灰性,呈中性至微碱性反应。部分土壤有碱化现象。</p> | <p>种植小麦、大豆、甘薯、高粱等旱作。内排水不良,易发生明涝、暗涝。合理设置灌排系统,发展灌溉,实行旱地改水田,增产显著。应大力提倡农家肥可作或轮作。参阅第九章第四节。</p> | <p>过去曾叫潜育褐土,包括黑土、黄土、白潮土、砂姜土、白碱土等,显著不同于潮土。</p> |
| <p>氧化还原交替是主要特点。在淹水条件下,氧化铁还原呈亚铁,提高了磷的有效性;同时由于亚铁离子的增加,一部分代换性阳离子被置换,从而增加了土壤中钾、钙、镁、钠的元素供应,尤其是钾被置换的数量最多,对土壤肥力产生很大的影响。水稻土的腐殖化程度较低,C/N比相应的旱作土壤高。剖面特征为:耕作层、犁底层、斑纹层和潜育层。土壤质地和酸碱度因地区性和耕垦时间长短不同而各有差异。</p> | <p>改良各种低产田,使之具有高产水稻土的性状。合理轮作倒茬、深耕结合大量使用有机肥料,不断提高土壤肥力。增加复种指数,提高土地利用。参阅第九章第三、六、七节。</p> | <p>太湖平原的鱗血黄泥土,珠江三角洲的泥肉田,成都平原的油泥水沙,属高产水稻土。南方山丘地区的冷浸田和黄泥田,石灰岩地区的石灰板结田,滨海地区的反酸田,属低产水稻土。</p> |

| 图例号 | 土壤名称 | 分布地区或地形部位 | 形成条件 |
|-----|-------|---|---|
| 24 | 高山漠土 | 西藏羌塘高原、冈底斯山山地，帕米尔高原及昆仑山山原面上。 | 气候非常干燥，以生长期极短的稀疏荒漠草本植物为主。成土母质多为冰碛物或残积物。 |
| 25 | 高山草原土 | 西藏羌塘高原东南部，喜马拉雅山北坡定日县以西起伏丘陵。帕米尔、昆仑山、阿尔金山、祁连山等高山。 | 高山大陆性气候，干旱期长，年蒸发量大于降雨量7~8倍。植被以稀疏禾本科草类为主。成土母质多为残积物，平地为冰水沉积物。 |
| 26 | 高山草甸土 | 青藏高原及阿尔泰山东南部，准噶尔盆地以西山地和天山高山地带。 | 常年低温潮湿，夜冻昼融明显。植被为高山矮草草甸群落，地表有垫状植物。成土母质多系冰碛物。 |
| 27 | 高山寒漠土 | 西藏高原高山顶峰地段，一般靠近雪线以下。 | 常年低温潮湿，植物生长不盛，仅有极稀少生长期很短而耐寒类型存在，如地衣、苔藓和高寒垫状植物。 |
| 28 | 风沙土 | 东起黑龙江，西至新疆，在十一个省(区)有分布，但西部多于东部。地形多为盆地中心。 | 干旱或半干旱的气候条件，雨水少，风力大。 |

续上表

| 土 壤 特 征 | 利 用 与 改 良 | 附 注 |
|--|---------------|-----------------|
| 剖面发育原始,土层极薄,多为粗骨土。地表有灰白色结皮,具多角形裂缝,以下为浅棕色片状砾质土层,厚约4~10厘米,在砾石背面有碳酸钙薄膜,石灰性强,土壤呈碱性。 | 目前尚无条件利用。 | |
| 剖面发育较差, A层仅见于丛生禾本科植物的草丛下,不形成草根网结的草皮层,钙积层的形态特征不明显,只在剖面中下部表现出颜色较浅的特征。质地以砂砾含量高,水分状况差,养分贮量也不高,土壤呈碱性反应。 | 均为牧场或游牧场。 | 亚高山草原土也包括在本类土壤。 |
| 草皮层3~5厘米,腐殖质层10~20厘米,色深暗,以下即为母质层,过渡迅速、明显。剖面土层<50厘米,均含砾石和草根,很潮湿,偶见锈色斑纹,土壤呈中性或微碱性。 | 地处高寒,历来经营畜牧业。 | 亚高山草甸土包括在内。 |
| 土层浅薄(20~30厘米),发育很差,通体为粗骨石质土,少量土粒仅见于岩隙,剖面潮湿而冷凉,时可见到锈纹斑点,土壤为中性至微碱性。 | 目前尚无利用价值。 | |
| 土壤含细沙多,松而不粘,容易被风吹动,含水量低。 | 参阅第九章第五节。 | |

注：其它各类旱作土壤包括海绵土、绿洲土、灌淤土、黄堰土、黄垆土等。这些土壤主要分布在西北各省(区)，由于面积较小，且较分散，故在土壤图上只用符号表示。

第二章 土壤千差万别话由来

在辽阔的祖国大地上，分布着多样而富饶的土壤资源，出产非常丰富的物产，为我们提供了各种生活资料和工业原料。土壤为什么有这样大的生产潜力？我国的土壤又为什么这样丰富多采？要了解这个问题，首先要研究一下土壤的来历，了解它的生成和变化。

一、土壤的来历

坚硬的岩石可以变为土壤，疏松土粒也可以固结为岩石。大地上的一切正是在这种矛盾斗争中，不断地发生、发展和变化。地球上所有的土壤，都是由岩石变来的。其中有的土壤是就地形成的，有的是经过水流或风力的搬运再堆积起来的。就地形成的土壤，只有在山区才易看到，土层一般都较薄；而广大河流冲积平原和黄土高原的土壤，却是再堆积起来的，土层都很深厚。我们知道，土壤所以能长庄稼，是因为它有肥力，岩石却是坚硬的固体，不透水，不透气，也不能积累和供给植物所需要的水分和养分，就是说它没有肥力。那么，没有肥力的岩石，又是怎样变为具有肥力的土壤呢？

(一) 岩石经过风化作用变成母质

自然界里，岩石变成土壤，需要经过很长的年代和复杂的

变化,变化的第一步是岩石的风化。

岩石风化,是坚硬的岩石由大块变成细小颗粒的过程,也是岩石的成分和性质发生变化的过程。岩石的风化,一般要经过物理的破碎和化学的变化,而且生物也在其中起了促进作用。

长年累月暴露在地表的岩石,经历着昼夜之间和四季之间的温度变化。白天岩石被太阳晒着,外层热得快,胀得大,内层和晒不着的部分热得慢,胀得小。到夜晚,外层冷得快,收缩大,而内层则冷得慢,收缩小。一冷一热,一缩一胀,岩石就产生了许多裂缝。同时,岩石中各种矿物成分,因热胀冷缩的快慢不同,在昼暖夜凉、寒来暑往的过程中,产生互相挤压和拉扯的力量,也会使岩石造成裂缝。当岩石出现了裂缝后,便能容纳雨水和空气,水遇冷结冰时体积增大,长期如此就会把岩缝胀得更大,甚至把岩石胀为碎片。当生物出现以后,可加速岩石的风化,如植物根伸进裂缝,能加速岩石的破碎,使岩石变为碎屑。这种破碎作用,就叫做物理风化。

水还可以和某些矿物化合,把无水矿物变成水化物,造成体积增大,使岩石更易风化。而溶化在水里的氧气和二氧化碳,随水流入岩石裂缝后,便与岩石里面的矿物发生复杂的变化。例如,二氧化碳溶于水后生成的碳酸,能够增大矿物的溶解度,使溶解度很小的矿物也能溶解于水。碳酸还能促进复杂的盐类变成简单的化合物,使岩石矿物的成分和性质发生改变。这种作用叫做

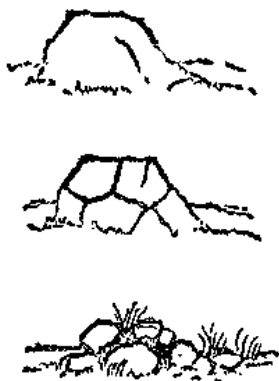


图 16 岩石破碎的过程

化学风化。

岩石就是这样经过各种风化作用，获得了一些新的特性，有了一定的透水性和透气性，把原来包含在岩石中的矿质养分部分地释放出来，形成可溶性的物质，如钙、镁、钾、钠的碳酸盐、硫酸盐、硝酸盐等，还产生了一些颗粒细小的次生矿物，并开始有了一些保持水分和养分的能力。但是，它还不具备土壤的基本特性——肥力，所以它还不是土壤，只能叫做成土母质。

(二)母质经过生物作用才形成土壤

岩石变成母质，仅仅是土壤形成过程的第一步，只有在生物的积极作用下，成土母质才能变成具有肥力的土壤。成土母质中的营养元素是分散的，而且容易随水流失，汇入江河湖海，同时，植物最需要的氮素却一点也没有。只有当母质中出现了微生物和植物时，土壤的形成才真正开始。最初在母质上出现的生物，是一种不需要有机物质作养料，只要有了水分、空气和矿质养分便能生活的自生细菌，随后生长的是地衣、苔藓等低等植物，最后又被高等植物所更替。这样，生物的积累作用就愈来愈大，并导致以下的结果：首先，植物能够通过强大的根系，选择吸收它所需要的各种矿物质，把分散的可溶性养分集中起来，组成自己的“身体”，使养分以有机质的形态保存在土壤中；其次，植物很需要而母质中又没有的氮素养分，经过固氮微生物固定空气中游离氮素的作用，使母质中逐渐有了氮素；第三，等到这些生物死亡以后，它们的残体经过微生物的分解作用，一部分成为后来植物所需要的养分，一部分重新合成一种特殊的物质——腐殖质。腐殖质在形成肥力方面有很大的作用，一方面它能把养分保蓄起来，另一方面

可以改变母质的物理性质,使母质变得有结构。因此,在生物的积极作用下,成土母质的性质就得到不断的改善,以致具备了肥力的特性,发展成为土壤。

但是,风化作用和生物作用并不是截然分开的,而往往是同时进行的,只有两者共同作用,土壤肥力才能形成和发展。

二、土壤为什么多种多样

在自然界里,除了母质和生物因素外,气候、地形、成土时间等因素,也影响土壤的形成。由于岩石的种类多种多样,植物的类型丰富多采,加之各地气候不同,地形复杂,成土时间有长有短,因此在这些因素的综合影响下,就形成了种类繁多、性质不一的土壤。例如,土壤颜色有红、黄、黑、白等;土壤反应有酸性、碱性和中性;有些地区容易发生盐碱化,而另一些地区却很少盐碱,等等。下面举例说明在各种因素综合影响下土壤的一些差别。

(一)为什么土壤有五颜六色

土壤的颜色在不同地区常有很大差异,就是在同一个地区也不尽相同,例如,东北平原的黑土颜色发黑,华南地区的红壤却呈红色。此外,还有的土壤呈黄色、灰蓝色、白色等各种各样的颜色。

土壤的五颜六色是怎样产生的呢?原来土壤颜色的变化和土壤里有机质含量及矿物质的组成有关。有机质一般呈暗棕色,其含量高时土壤就呈黑色。我国东北湿润寒冷地区的黑土,由于植物生长繁茂,微生物活动较弱,土壤中有有机质分解慢,积累比较多,有机质含量可高达5~10%,所以土色比

较黑。土壤里各种矿物的颜色不同,某种矿物含量高,也会使土壤颜色受到影响。例如,在高温多雨的南方,土壤矿物的风化作用强烈,形成了较多的红色氧化铁,所以土壤就显红色。在排水不良或长期淹水的情况下,土壤中红色的氧化铁常常还原成浅蓝色的氧化亚铁,因此这种土壤常显灰蓝色。此外,由于镁、钠等盐类及其他盐类呈白色,所以在表层积聚这些盐类较多的盐土,就出现白色的盐霜或盐结皮。

当然,一种土壤的颜色不完全决定于一、二种成分,而是各种有色物质的综合表现,因此土壤颜色很复杂。在生产实践中,常把土壤颜色作为鉴定土壤肥瘦的一种指标。

(二)为什么土壤有酸性、碱性之别

我国西北和北方干旱地区土壤多为碱性;而南方土壤多为酸性或中性,这是什么原因?这是由于土壤溶液中氢离子和氢氧离子的比例变化而产生的,那末,这个变化又受那些因素的影响呢?一般都受到母岩性质和气候条件的影响。

那些盐基成分含量高的岩石,如石灰岩、玄武岩、辉长岩及钙质砂页岩等,风化后产生氢氧离子,就使土壤偏碱性或中性;又如含有酸性成分(硅酸盐)的花岗岩、片麻岩或石英砂岩发育的土壤,多呈酸性。同一岩石其风化产生的盐类,在北方干旱地区不容易淋失而积累在土壤中,使土壤产生碱性,甚至成为含盐碱很高的盐土、碱土, pH 可达 8.5 以上;而在东北森林地带以及湿润多雨的南方,一、二价离子组成的盐类大量被淋失,剩下三价的铁、铝等化合物,尤其铝的氧化物在水中水解产生氢离子,致使土壤变酸,所以南方大面积的土壤酸性很强, pH 低至 4.5~5.5。

岩石风化后产生的大小颗粒中,那些极细的土壤胶体吸

附有氢、钠、钾、钙、镁、铝等离子，它们和土壤溶液中的离子处于动态平衡状态，它们彼此代换会影响土壤酸碱性。北方石灰性土壤(含游离的碳酸钙)中的空气和溶液所含二氧化碳会影响碳酸钙的溶解，也影响到土壤酸碱度的变化，这种土壤 pH 约为 7.5~8.5。

此外，土壤有机质的分解，各种化学肥料的施用，根系和微生物呼吸，都会引起土壤酸碱度的变化。

(三)为什么土壤会发生盐碱化

我国西北地区成片分布着盐土，华北平原的盐土以斑状出现，而在南方除受海水浸渍的滨海一带有盐碱土外，其余的土壤一般都没有盐碱化现象。

土壤盐碱化为什么会有这样的规律呢？这是由于西北和华北地区，属于干旱和半干旱区，蒸发量大于降雨量（如华北平原蒸发量大于降雨量 3~4 倍，新疆大部分地区蒸发量大于降雨量十多倍到几十倍），同时土壤和地下水中含有较多的氯化钠、硫酸钠、碳酸钠等易溶性盐类，随着强烈的蒸发，这些盐分便随着毛管水上升积累于地表，产生盐碱化。而在南方地区，则降雨量较大，降雨季节能将土壤中所含的盐分淋洗出土层，通过地下水排掉，所以一般没有盐碱化发生。

土壤中如果含盐碱过多，就会抑制作物的生长发育，甚至引起作物死亡。因此，要在盐碱土上种好庄稼，就必须加以改良。

(四)为什么土壤有砂、有粘

有的地方土壤质地砂，摸起来糙手，有的地方质地粘，有润滑粘手的感觉。同一个平原的土壤质地可以各种各样，同

一个山头的上、下部土壤也有差别。这是怎样造成的呢？

土壤质地的粗细，与岩石的种类和岩石的风化程度有关。各种岩石是由不同的矿物组成的，有的矿物易风化，而有的矿物难风化。石英是矿物中最难风化的，常以比较粗的颗粒残留在土壤中，所以含石英较多的砂岩，生成的土壤质地就比较粗，而含石英较少的石灰岩，形成的土壤质地比较细。在同一地区，因地形部位不同，土壤质地也有差别，在山地或丘陵的上部，细的颗粒被雨水带到坡下或河谷中，所以山丘的上部质地粗，下部质地细。在冲积平原地区，则因受河流泛滥的影响，河流的上游地段水流急，沉积的砂粒多，下游水流缓，沉积的细粒多。在同一地段内，离河愈近，质地愈粗，离河愈远，质地愈细。此外，还由于河流的改道和流速的经常变化，土壤往往从上到下出现了许多砂粘不同的层次。

土壤过砂过粘，作物生长都不好，换土改土（砂掺粘，粘掺砂）及增施有机肥料，都是改良土壤质地的有效措施。

（五）为什么土层厚薄不一

在山地陡坡，侵蚀较剧烈的地方，往往土层浅薄，厚度常不及1米；而山地、丘陵的坡脚及河谷中，土层就比较深厚，这是由于水流冲刷和崩塌等作用，将山地上部的泥土带到下部的结果。在广阔的平原地区，如华北平原以及长江中、下游平原，土层都很深厚，达数十米至数百米，这是因为河流将上游的泥土带到这里长期淤积而成的。此外，西北黄土高原的深厚黄土层，据说是经过风力的搬运而在那里堆积起来的。

土层深厚的肥沃土壤，是作物获得稳产高产的重要保证。在土层瘠薄的山区，只要充分发挥人的因素，发扬大寨人自力更生、艰苦奋斗的精神，也能通过垫土和培肥，迅速地创

造土层深厚的肥沃土壤。

(六)为什么有些土壤中出现“结核”

在淮北平原砂姜黑土的底土层,含有许多石灰结核(人们称为砂姜),在南方的红壤中却含有很多铁锰结核,这又是怎样形成的呢?

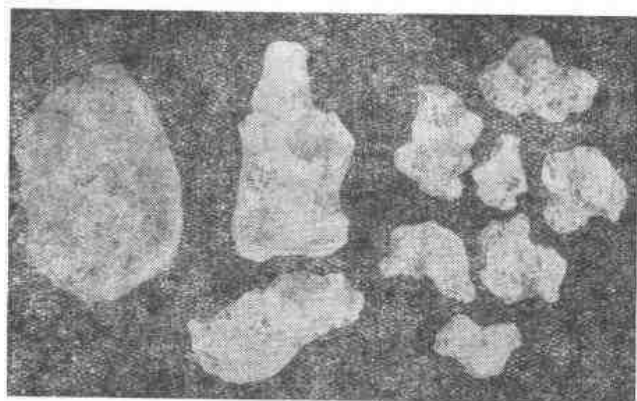


图 17 土壤中的石灰结核——砂姜

石灰结核的形成与母质、气候有关,只要成土母质中含有大量的碳酸钙,同时有明显的干湿交替条件,而且淋洗作用又不强烈,就容易生成石灰结核。此外,地下水位和水质对于结核的形成也有一定的影响。砂姜黑土就是因为原来的成土母质中含有大量的碳酸钙,又曾一度水分较多,生长过喜湿植物,这种植物残体分解时产生了较多的二氧化碳,使碳酸钙溶解度增大,每年雨季随水渗到底土层,旱季则又脱水,就逐步淀积起来,日积月累,便形成了大小不同、形状不一的石灰结核。

铁锰结核是母质或土壤在脱钙之后,其中的铁、锰等氧化

物在干湿交替的条件下长期聚积而成的。南方的红壤，由于气温高、湿度大，化学风化强烈，土壤矿物分解彻底，其中不仅易活动的钾、钠、钙、镁等元素因大量释放而随水淋失，而且连不易活动的铁、锰等元素也呈水化氧化物而移动。但这类水化氧化物一遇到干旱便容易脱水，结成氧化铁、锰在土层中稳定地聚积起来，所以风化程度愈深，铁、锰的聚积也越多，年长日久形成了铁锰结核，有时甚至还形成铁盘。

土壤中如果有大量的石灰结核或铁锰结核存在，都会影响植物根系的发育，应设法除去。

综上所述，自然界的土壤虽然千差万别，但仍有规律可寻，只要我们深入实践，认真调查研究，就能掌握这些规律，更好地改造和利用土壤。

三、耕作土壤是劳动的产物

上面所讲的，主要是自然土壤的形成。但是，土壤是农业生产资料，它一旦被人类开垦利用，就不仅受自然因素的影响，而且主要受人类生产活动所支配。所以，耕作土壤不只是自然形成物，而且是人类劳动的产物。人类为了开垦利用土壤，就有意识地采用各种措施改造土壤，培育土壤，把生土变成熟土，熟土变成肥土。这样，自然土壤就不断发生变化，发展为耕作土壤。

培育土壤，首先要通过农田基本建设，如围海造田、建造梯田、筑堤建闸、开沟挖河、改田换土等，以稳定水土和消除土壤的低产因素，继而在生产过程中通过灌溉、施肥、耕作、轮作等措施，进一步提高土壤的肥力，逐步创造高度熟化的土壤。

(一)土壤在耕作影响下的变化

耕作土壤既然是劳动的产物，它的形成过程、发展方向和变化速度，就和垦殖以前的自然土壤有质的差别，土壤的特性也发生了明显的变化。例如，在自然界里，原来没有水稻土，但在人类精心培育下，不同的土壤经过灌水种稻，都可以改变它原来的成土过程，而发育成水稻土。因此，水稻土遍布我国南北各地，并且成为我国耕作土壤中的主要类型。盐碱土经过改良和培育，也能改变积盐过程，使土壤不断地朝着脱盐的方向发展，逐渐变为轻盐土或脱盐土，继续培育还可成为高度熟化的土壤。

人类的劳动，大大加快了土壤形成的速度，在自然条件下需要几十年，几百年，甚至几千年才能完成的过程，在优越的社会主义制度下，通过人们的努力，通常在短时间内就可实现。浙江、福建沿海一带的海涂，改造前是潮水淹没的荒滩，围海造田后，当年种稻每亩可收 300~500 斤，短时间内荒滩可以迅速变成良田。

人为活动还引起土壤剖面形态的深刻变化。例如，华中丘陵地区的红壤，种植水稻后，在灌溉、施肥等措施的影响下，就形成了特殊的剖面层次。原来颜色均一的荒地红壤剖面，由于大量施肥，表土就变成了颜色深暗、结构良好、疏松的耕作层；耕作层下由于长期受到农具的压力，就形成了坚实的犁底层；其下由于特殊的水分状况的影响，就形成了斑纹层。同时，原来表土的强酸性也变为中性或微酸性，原来相当缺乏的钙、镁等养分也显著增加。

由上可知，土壤肥力是靠人工培育的，劳动人民的生产活动，对土壤形成作用是巨大的，影响是深刻的。劳动人民的

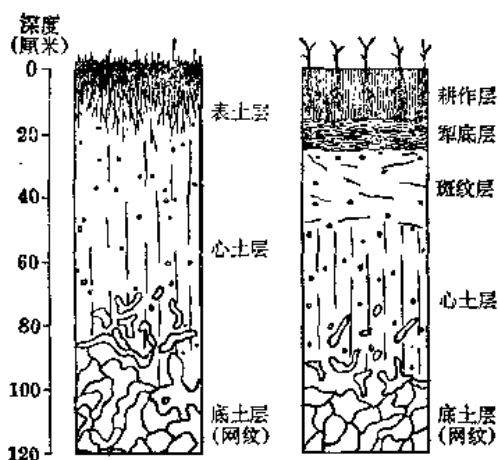


图 18 红壤荒地和红壤性水稻土剖面示意图

耕作实践,可以使荒地变良田,旱地变水田,瘦土变肥土,盐碱滩变米粮仓。也就是说,人们可以定向培育出高度熟化、高产稳产的肥沃土壤。

(二) 重视耕作土壤的研究

土壤及其肥力是怎样发生发展的?它与自然因素和人的生产劳动的关系如何?人们对这个问题有不同的看法,对于耕作土壤的研究,其重视程度也有不同。以俄国道库恰也夫为代表的土壤发生学派认为,土壤是独立的历史自然体,有它自己的发生和发展过程,土壤及其肥力的形成发展是母质、气候、生物、地形和时间等五个自然因素相互作用的结果,土壤随着自然因素的变化而呈有规律的地带性分布。他们揭示了自然土壤形成、演变和地理分布的规律性,为农业提供了一些基本资料,可以作为制订生产措施的依据之一。但是,这个学

派研究的重点是自然土壤，认为自然因素是土壤肥力发生发展的决定因素。他们忽略了耕作土壤的研究，特别是忽略了人类生产劳动对耕作土壤的巨大作用，因而就不能正确地认识人和自然的关系，不能引导人们能动地改造自然。

列宁、斯大林时代的苏联土壤学家威廉斯吸取了劳动人民的实践经验，总结了当代土壤学研究的成果，正确地指出，生物是自然成土因素中的主导因素，植物群落和微生物的不断更替，决定着土壤种类的更替和土壤肥力的发展。风化了的岩石是土壤的母质，在母质上，最初是一些自养型微生物，它能吸收空气中的氮素固定于土壤母质之中。在没有植物的情况下，土壤中的矿物质养料，会在淋溶过程中流失。只有植物根系才能“捉”住这些养料，把它变成自身的组成部分而储蓄起来。植物死亡分解之后，营养物质留在土壤里，通过生物的累积作用，土壤中的养料不断增加，土壤肥力不断提高。在一定意义上说，没有植物就没有土壤肥力，就没有土壤本身。威廉斯根据这个理论，阐明了农林牧之间的密切关系，把农业、林业、牧业摆在同等重要的地位上，制定了恢复土壤肥力的草田轮作制，对于发展当时的苏联社会主义农业起了一定作用。可是，赫鲁晓夫、勃列日涅夫叛徒集团在苏联复辟资本主义的过程中，推行资本主义掠夺式的农业经营方式，把根据威廉斯的理论取得的一些成就，已经几乎搞光了。结果使土壤肥力严重破坏，风沙水蚀受害面积不断扩大，粮食播种面积日益减少，产量下降。在勃列日涅夫当权的十年间（1965～1974）就有六年减产，一个历史上粮食出口的国家，竟不得不经常靠大批进口粮食过日子。

解放以后，我国土壤工作者大规模地开展了土壤调查研究工作，1958～1960年在全国进行了土壤普查，总结群众识

土、用土、改土的丰富经验，加强了耕作土壤的研究。但是，在修正主义路线的影响下，有些土壤工作者对土壤发生学派的观点，没有批判地吸收其有用的东西，抛弃其不正确的部分，而是生搬硬套，忽视我国劳动人民几千年来生产活动对土壤的影响，特别是忽视解放以来广大贫下中农重新安排山河的生产实践对耕作土壤肥力发展所起的积极作用，使土壤研究工作脱离了我国农业生产的实际。

波澜壮阔的无产阶级文化大革命，批判了修正主义路线，提高了广大土壤工作者阶级斗争、路线斗争的觉悟，他们以马克思列宁主义和毛泽东思想为武器，大批资本主义，大批修正主义，深入农业生产第一线，学习、总结贫下中农改土治水，建设早涝保收高产稳产农田的丰富经验。西南农学院年近七十的土壤学家侯光炯同志，就是土壤工作者的突出代表。他经过无产阶级文化大革命的锻炼和教育，精神焕发，朝气蓬勃地沿着毛主席指引的道路，坚持在农业第一线，同贫下中农和基层干部结合在一起，从事科学研究，取得可喜的成绩，深受广大干部和群众的欢迎。

群众性改土运动促进了我国土壤科学的发展。“大寨田”的出现，把我国的土壤研究提高到一个新的阶段。大寨大队继承和发扬了我国劳动人民“多粪肥田”、“地力常新”的优良传统，十分重视有机肥料的作用，坚持以农家肥料为主、经济有效地施用化肥的施肥制度，把用地和养地辩证地统一起来。他们还从自己长期改土丰产的实践中体会到，不仅要注意研究土壤的团粒结构，更应该联系农作物生长的要求，研究土壤的整体结构。大寨大队改土实践是对资产阶级反动的“土壤肥力递减论”的有力批判，证明了人的生产劳动是耕作土壤肥力发展的决定因素。

贫下中农改天换地的实践证明,只要发扬大寨精神,充分发挥人的主观能动性,就能定向培育肥沃土壤,不断提高土壤肥力,低产变高产,高产更高产。让我们以大寨贫下中农为榜样,以阶级斗争为纲,坚持党的基本路线,自力更生,艰苦奋斗,战天斗地,改变山河面貌,使我国富饶土壤资源的潜力得到充分发挥,更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

第三章 土壤分布的规律

前面已经说过,我国土壤资源十分丰富,自北而南,自东而西,从平原到山地,有规律地分布着各种土壤。那么,土壤分布到底有哪些规律性呢?我们首先可从“中国土壤分布概图”上看出,自北而南,自东而西,土壤分布的地带性规律;北方的土壤也能在南方的垂直带上出现;同一个地区的土壤不是单一的,而是有其组合规律;在人为因素影响下的耕作土壤,也有其分布的特点。

一、土壤的水平地带性分布规律

从“中国土壤分布概图”上可以看出,我国东北的大、小兴安岭和长白山广泛分布着暗棕壤,辽东半岛和山东半岛分布着棕壤,长江中下游一带的丘陵分布着黄棕壤,江南丘陵分布着红壤和黄壤,南岭一带分布着砖红壤化红壤,雷州半岛、海南岛和台湾省一部分分布着砖红壤。这种南北不同的土壤分布规律,是随着纬度而变化的,通常叫土壤的水平地带性分布规律。因为不同的纬度,其气候特点和生长的生物都不相同,所以发育的土壤也不同。暗棕壤分布于温带,棕壤分布于暖温带,黄棕壤分布于北亚热带,红壤和黄壤分布于中亚热带,砖红壤化红壤分布于南亚热带,砖红壤分布于热带。这是在东部湿润地区表现的水平分布规律。

不同的土壤地带，在土壤利用改良方向上有显著差别。例如，仅从林业生产来说，暗棕壤地带盛产红松和落叶松，棕壤地带盛产落叶水果（如苹果和梨）和柞树，红壤和黄壤地带盛产杉木、毛竹、樟木、茶叶和柑桔，而砖红壤地带盛产橡胶和各种热带水果如椰子、香蕉、菠萝等。因此，应大力发展本地带最适宜生长的林木和果木。不过，这并不是绝对的，通过植物驯化，目前，红壤和黄壤地带最适宜生长的茶树，已北引到棕壤地带（山东半岛），最适宜于棕壤地带生长的苹果，已南移到黄棕壤地带。

二、土壤的相性分布规律

现在再从“中国土壤分布概图”上看看土壤自东向西的变化。从东北经内蒙古、宁夏北部、甘肃北部而至新疆，依次分布着黑土、黑钙土、栗钙土、棕钙土和棕漠土。这种东、西不同的土壤分布规律，是随着经度不同而变化的，通常叫做土壤的相性分布规律。这种变化主要与距离海洋的远近有关。距离海洋愈远，受潮湿季风的影响愈小，气候愈干旱；距离海洋愈近，受潮湿季风的影响愈大，气候愈湿润。气候条件不同，生物的特点也不相同，必然带来对土壤的形成和分布的重大影响。

黑土地带属于温带湿润气候地区，是我国重要的农业基地之一。黑钙土地带属于温带半湿润气候地区，既是重要的农业基地，也是良好的牧业基地。栗钙土地带属于温带半干旱地区，既是农业基地，也是牧业基地。棕钙土地带属于温带干旱地区，现以牧业为主。棕漠土（戈壁）地带属于干旱地区。棕钙土和棕漠土，没有灌溉便没有农业。气候对土壤及其利用有如此重大的影响，我们固然要适应它，更重要的还是要

改造它。在干旱的棕漠土地带，劳动人民战天斗地，发展灌溉，改造戈壁，已建造了千百个绿洲，在粮、棉生产方面都创造了不少高产典型。

三、土壤的垂直地带性分布规律

我国北方和南方分布着不同类型的土壤，但北方的土壤往往会在南方的山地出现，这是由于随着海拔高度的增加，山地气温却不断降低，一般每升高100米，气温约降低 0.6°C ；自然植被也随着海拔高度的增加而变化，因而土壤分布也发生相应的变化。土壤随山地海拔高度增加而变化的规律，叫土壤的垂直地带性分布规律。它与土壤水平地带分布规律的关系，可参阅图19。

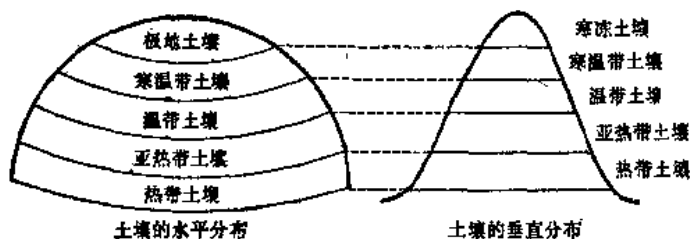


图19 土壤垂直分布与水平分布的关系

下面列举一个在南方出现北方土壤的具体例子。大家知道，江西庐山的所在地是红壤地区。但在那里，你只能在山麓见到红壤，沿山而上却渐次见到黄壤，海拔800米以上出现黄棕壤，1200米以上出现棕壤。这是土壤的水平地带分布规律在垂直带上的反映。但应指出，垂直带上出现的黄棕壤和棕壤，并不完全等于水平地带的黄棕壤和棕壤，因此通常加上

“山地”两个字，如“山地黄棕壤”、“山地棕壤”。

为什么要研究土壤垂直地带分布规律？因为它与农林业生产的发展有密切关系。例如，云南省水稻分布的海拔高度为100~2,600米，棉花为400~1,900米，甘蔗为100~1,150米，油菜为500~2,700米，马铃薯为700~3,500米（见下表）。由此可以看出，南方作物（如甘蔗）分布的海拔较低，而北方作物（如马铃薯）分布的海拔较高。果木分布也有此特点。它们的分布既受气候的影响，也受土壤的影响。因此，在山区要调查研究土壤垂直分布状况及其与农林生产的关系，因地制宜发展“立体农业”。

表 1 云南省主要作物和林木的垂直分布

| 作物或林木种类 | 海 拔 高 度 (米) | |
|----------|-------------|-------------|
| | 分 布 界 限 | 主 要 分 布 区 |
| 水 稻 | 100~2,600 | 300~2,100 |
| 玉 米 | 100~2,700 | 300~2,500 |
| 小 麦 | 400~2,700 | 1,000~2,500 |
| 大 豆 | 400~2,500 | 900~2,400 |
| 甘 薯 | 1,000~2,100 | 400~1,700 |
| 棉 花 | 400~1,900 | 700~1,700 |
| 烟 草 | 100~2,900 | 1,000~2,100 |
| 油 菜 | 500~2,700 | 1,000~2,500 |
| 马 铃 薯 | 700~3,500 | 1,200~3,200 |
| 芒果、菠萝、香蕉 | 100~1,200 | 1,000 以下 |
| 茶 | 1,000~2,400 | 1,200~1,900 |
| 柑 桔 | 600~1,700 | 1,600 以下 |
| 梨 | 1,500~2,500 | 1,800~2,200 |
| 苹 果 | 1,700~2,400 | 1,800~2,200 |
| 白 杨 | 1,700~3,600 | — |
| 冷 杉 | 2,500~4,000 | — |

四、土壤的地域性分布规律

上面谈的全国自北而南、自东向西、自上而下的土壤分布规律都是大范围的。那末，为什么在同一土壤地带的一个较小的区域内，土壤情况还很复杂呢？！简单地说，主要是受地形、水文条件、成土母质的影响，这叫做土壤的地域性分布规律。

假如一个地区既有山地和丘陵，又有平原，那末这三种不同地形部位所分布的土壤一定不同。我们以南京附近的山地、丘陵和平原为例，来说明这一问题。南京东郊的紫金山，海拔 400 余米，成土母质是酸性岩石（如石英砂岩等）的风化物，地下水位很低，不参与土壤形成过程，土壤属于黄棕壤类，呈酸性反应。山坡上部由于坡度陡，容易遭受侵蚀，土层浅薄多砾；山麓则因上面冲刷下来的物质堆积之故，土层较厚。山麓土层厚的地方垦为农地，种植旱作或水稻，还种有茶树和各种树木；山坡上则以种树为主，其中以黑松为多。而丘陵的土壤情况与山地就大不相同。南京附近丘陵地的土壤，其成土母质为深厚的“下蜀黄土”，地下水位也很深，不参与土壤形成过程。土壤虽然也属黄棕壤类，但它只有表土呈酸性或微酸性反应，底土一般呈中性至微碱性反应。土层深厚，而且相当粘重，在正常情况下不含粗砂和砾石。这种土壤有的已耕垦成为旱地或水稻土。下蜀黄土丘陵，可进一步细分为“岗地”、“塍田”和“冲田”。“岗地”是指丘陵顶部，分布黄土和死黄土（属于黄棕壤类）；“塍田”位于丘陵斜坡上，分布板浆白土（或叫小粉土，属于水稻土类）；“冲田”位于丘陵谷地，分布青泥土和马肝土（属于水稻土类）。至于冲积平原的土壤，又不同于黄土岗地。

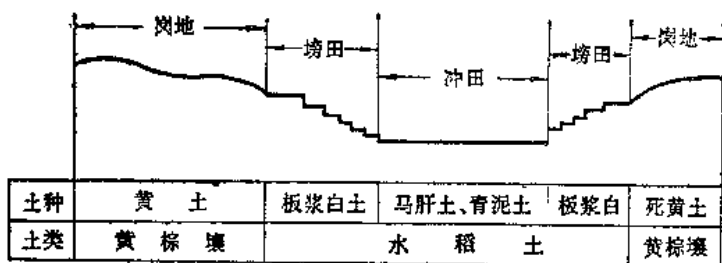


图 20 南京附近黄土岗地土壤分布断面图

这里属于长江中下游平原，成土母质为长江冲积物，大部分为水稻土。土壤呈中性至微碱性反应，含有少量碳酸钙，矿质养分含量丰富，颇为肥沃，多种稻、麦两熟或双季稻、小麦三熟。这里是我国重要的农业基地之一。

即使在平原范围内，土壤也是有规律地分布着，例如，苏皖境内的黄泛平原，由于多次受黄河泛滥沉积的影响，土壤类型就比较复杂。黄河故道上，主要分布着飞沙土和沙土，河堤与平原的交接处一般分布着“死碱土”（重盐碱土）。随着与黄河故道距离的增加，依次分布着“花碱土”（轻盐碱土）、沙土、两合土、淤土、漏风土等。

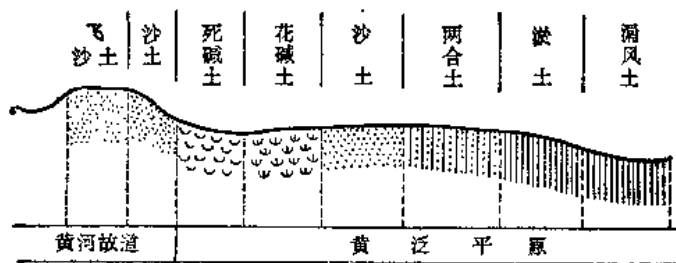


图 21 黄泛平原土壤分布断面图

五、耕作土壤分布的几种形式

耕作土壤受人为因素的影响最深刻，反映在土壤分布上有下列几种情况：

(一)同心圆式分布

耕作土壤的分布与距村庄和城镇的远近有关系，一般以村庄或城镇为中心，距离中心越近越肥，越远越瘦，形状好象同心圆。这种分布形式叫做同心圆式分布。同心圆的大小与村庄、城镇的大小成正相关，其村前的半圆略大于村后的半圆。耕作土壤同心圆式分布特点的形成，主要是近田施肥较多，耕作比较精细，故熟化程度较高，因此多高肥类型土壤；而远田则相反。

目前有些农业学大寨的先进社队，为了均衡增产，正在改变远田少施肥的状况，例如在远田地区建立田头猪圈和采用牛栏进冲、马厩土山等办法，就地积肥和施肥，从而在一定程度上改变了这种同心圆的分布特点。随着农业学大寨运动的深入开展，农业机械化水平的不断提高，耕作土壤的同心圆分布特点定将进一步改变。

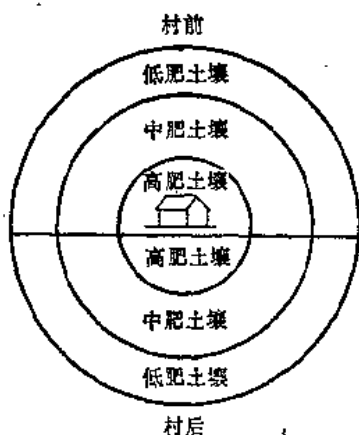


图 22 耕作土壤的同心圆式分布

(二) 阶梯式分布

山岭和丘陵有一定坡度，水土易于流失，垦殖时一般都要修筑梯田。梯田是阶梯式耕地的统称，可分为水平梯田（简称梯田）和非水平梯田（简称梯地）。修筑水平梯田较修筑梯地费工，但保持水土的作用更大。我国劳动人民修筑梯田已有几千年历史。南方红壤和黄壤山区，到处可以见到层层梯田，有的梯田宽仅数米，而长达数百米，也有的梯田小到几十块田才有一亩。西北黄土高原也是很早就有梯田和梯地，解放后，特别是1964年开展农业学大寨群众运动以来，山区人民不仅造了许多新梯田，并结合耕作和施肥使土壤迅速熟化，成为高产稳产农田，大寨大队就是一个突出的先进典型。



图 23 耕作土壤的阶梯式分布——梯田

耕作土壤的阶梯式分布，表现在土壤肥力上一般是低处的田比高处的田肥沃，这是由于在串灌情况下，灌溉水和雨水

从高处流往低处，将高田的一部分粘粒和养分带到低田的缘故。为此，必须采取改串灌为沟灌，高田适当多施肥料等措施。

(三) 框式分布

上述阶梯式是坡地耕作土壤的分布特点，而框式却是湖荡地区耕作土壤的分布特点。湖荡地区疏干垦殖时，四周的排水条件较中心部位好，因此围绕着湖荡中心而有规律地分布不同的土壤。江苏里下河地区兴化县的群众把它区分为下框田、中框田和上框田，故称框式分布。当地的耕作土壤，自下而上为塘心田、下框田、中框田和上框田。塘心田海拔1.8米左右，为老涸田，土壤为鸭屎土。下框田海拔1.8~2.0米，为二熟或一熟田，土壤为黑粘土。中框田海拔2.0~2.2米，为新麦田（稻麦两熟），土壤为黄粘土。上框田海拔2.2~2.4米，为老麦田（稻麦两熟），土壤为红沙土。塘心田与上框田高差不过0.6米上下，但其耕作制度和生产水平相差很大。

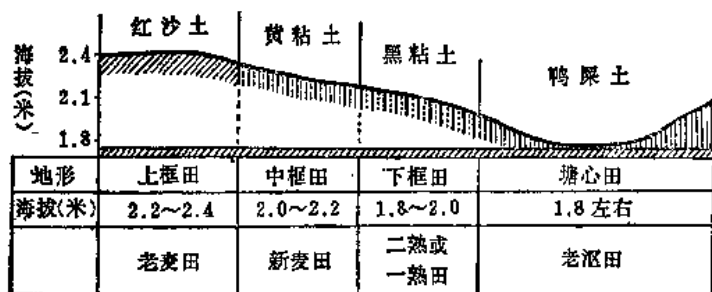


图 24 耕作土壤的框式分布

耕作土壤的框式分布表现在肥力上是高处的田比低处的田肥沃，这与阶梯式分布恰好相反。其利用改良的首要措施是排涝和降低地下水位。江苏里下河地区的群众，二十多年来，

修宽加固了西部的里运河大堤和东部的海堤，开挖疏浚了斗龙港、新洋港、射阳港、黄沙港等四条入海河流，建立了上千个大小排灌站，基本上消除了洪涝灾害，有效地降低了地下水位，从而扩大了稻、麦两熟制和双季稻、麦三熟制面积，上述土壤分布特点也发生明显的变化，土壤向着红沙土的方向发展。

(四) 垛式分布

有些湖荡地区水较深，连开辟水稻田也有困难，劳动人民与水争地，从水里挖土，堆积成高出水面的土垛，种植早粮和蔬菜，群众称此为“垛田”。耕作土壤的这一分布特点，称为“垛式”分布。江苏里下河地区耕作土壤的垛式分布比较常见，尤以兴化县东部的垛田公社较为集中。当地原来的海拔高程只有 1.6~1.8 米，修垛后的海拔可达 4~5 米。



图 25 耕作土壤的垛式分布——垛田

广东珠江三角洲的桑基(包括蔗基)，江苏太湖地区的桑基都属于垛式分布。桑基即“桑基鱼塘”中栽桑的高地。珠江

三角洲的桑基面积达十余万亩，大部分集中在顺德县，其次是中山、南海、番禺、新会等县。

珠江三角洲是新冲积地区，土壤肥沃，水源丰富，但地势低洼，常受洪水侵袭。为了保证水稻收成，群众挖土作圩，以防洪水，这样圩内种水稻，圩外成了坑，自此年年挖土垫圩，坑逐渐扩大加深成塘，圩基面相应的加厚加阔，为了充分利用土地和水面，基上栽桑，塘内养鱼，这样便成了“桑基鱼塘”。桑基鱼塘和养蚕业三者关系密切，相互促进，所以有“蚕好鱼肥桑茂盛，塘肥基旺茧结实”的说法。

由上可见，江苏里下河地区的垛田，广东珠江三角洲和江苏太湖地区的桑基，都是当地农民与水害作斗争，因地制宜利用土壤资源的好方式。垛田和桑基过低或过高都不适宜，因为过低（高出水面小于1.5米）仍受最大洪水的威胁，过高（高于水面大于3米）则易旱，且水土流失严重。因此，低垛田和低桑基，应继续加高，高垛田和高桑基，应平整土地、保持水土和进行耕作改良。

（五）园田式分布

平原地区的耕作土壤在小农经济时期分布比较零乱，但在公社化后，特别是农业学大寨群众运动开展以来，通过统一规划和土地平整，出现了园田式分布（或称棋盘式分布）的新特点。

耕作土壤的园田式分布的特点是：河流道路和排灌沟渠统一规划，沟、渠、路、林配套，耕地成方，地面平整。沟洼填平后，提高了土地的利用率。例如，上海市松江县新五公社，位于长江三角洲，地势低平，大部分是柳荡田，原来这里的河沟耕地杂乱分布，曾经是个十年九灾的“穷水窝”。解放后，新五公社

的贫下中农开大河，筑圩堤，建水闸，造机房，大兴水利，解决了旱涝灾害的威胁。在无产阶级文化大革命中，新五公社的贫下中农凭着一颗红心两只手，战天斗地，改造自然，在平地新开了12~16米宽的河道23条，还开挖了干渠、支渠和排水深沟，同时把布局不合理的老河沟统统填平，有效地降低了地下水位。他们还把原来的小圩区并成大圩区，每个圩区内的耕地，3亩一块，30亩一方，在15,000亩范围内实行了耕地园田化。耕地园田化之后，面积不但没有减少，反而有所增加。如今的新五公社，大小河道纵横交错，排灌沟渠四通八达，块块田地大小一样，农、林、牧、副、渔五业兴旺，呈现一派社会主义新农村欣欣向荣的景象。

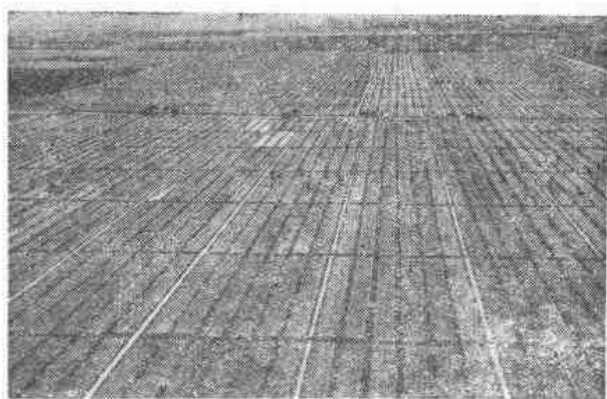


图 26 耕作土壤的园田式分布

上面是一个水稻土地区的例子。下面再举一个旱作土壤地区的例子。位于淮北平原的安徽省利辛县柳西大队，共有8,800亩耕地，东有柳沟，西有何沟，南有西淝河，大部分土壤属于砂姜黑土类中的黄土。由于地势低，每逢大雨季节，不但内水排不出，而且外水倒灌，十年九淹，加上黄土不耐旱和比较

瘠薄，因此过去粮食亩产不过百把斤。1964年以来，柳西大队在大寨精神的鼓舞下，大搞农田基本建设，实行耕地园田化，现已耕地成方，沟渠纵横，旱涝保丰收，1970~1973年粮食亩产超千斤，皮棉亩产过百斤，充分显示了耕地园田化的优越性。

上述耕作土壤分布的五种形式，是在不同的耕作影响下形成的。随着社会主义大农业的迅速发展，耕作土壤的分布形式也在不断变化和发展。例如同心圆式分布正在逐渐得到改变，阶梯式和园田式分布正在迅速发展，山丘坡地大搞农田基本建设需要修筑水平梯田，而平原地区进行农田基本建设却要大搞园田化。

第四章 分析土壤本质， 掌握土壤特性

一、土壤肥力是土壤的本质

作物的生长发育，需要光、热、空气、水分和养分。每个因素都很重要，一个也不可少。这五个因素中，水分和养分主要由土壤供给，而土壤的通气状况和土壤温度的变化也直接影响作物的生长发育。在作物的生长过程中，这些因素能够适时适量的供应时，才能获得高产。土壤肥力就是土壤供给作物生长所需要的水分、养分、空气和热量的能力。这四个因素常简称为水、肥、气、热。

土壤肥力是土壤本身所特有的性质。土壤之所以能够生长作物，主要就是因为土壤具有肥力。光秃秃的石头，没有肥力，不能生长作物，所以不能叫土壤。

土壤是千差万别的，土壤肥力有高有低。肥沃的土壤能够充分满足作物所需要的水、肥、气、热因素，并具有良好的性质来调节这四个因素的关系。

土壤肥力四个因素综合影响于作物，不可互相代替。例如植物体内含有大量的水分，一般约占其体重的70~90%，而铁的含量却很少，只占植物干物质重的百万分之四，但决不因植物对铁的需要量少，而可用旁的东西代替。

土壤肥力四个因素是对立统一的。如以水分和养分为例，

它们之间就存在着复杂的关系。有机质的分解需要水分，植物吸收养分也需有水分作媒介，但是当水分过多时，有机质分解缓慢，有效养分少，而且养分容易随水渗漏损失；另一方面，当土壤养分充足时，作物长得好，根系伸展范围大，能利用深层内的土壤水分，“肥多墒足”就是这个道理。

在土壤肥力的提高和发展中，有很多矛盾存在，如土壤的过砂或过粘，水分的过多或不足，养分的贫乏，以及酸、碱、盐分的为害等。要提高土壤肥力，就要找出影响土壤肥力的主要矛盾，加以解决。例如，江苏里下河地区的溇田，在改造前，水分过多是主要矛盾，通过排涝，降低地下水位，就能使土壤水分与其它肥力因素之间的关系朝着有利于作物生长的方向发展，产量不断提高。

在作物从种到收的过程中，不同的生育阶段对土壤肥力的要求是不同的。我们要充分发挥人的主观能动作用，不断地运用各种农业技术措施，满足作物不同生育阶段对土壤肥力的要求，从而使农作物高产稳产。上海市南汇县泥城公社广大贫下中农，根据棉花生育规律，在不同阶段灵活运用耕作、施肥等措施，控制水、肥、气、热状况，创造了棉花“三促三控争三桃”的先进经验，夺得了棉花高产稳产。

二、土壤是由哪些物质组成的

土壤肥力是反映土壤能生长作物的一种能力，而土壤之所以有这种能力是与土壤的组成物质分不开的，也和这些物质结合起来时反映出的土壤性质分不开。那末，土壤又是由哪些物质组成的呢？

表面上看来，土壤组成很简单，不过是些大小不同的土块

和土粒。事实却不然，土壤是一种相当复杂的物质。我们做几个简单实验便可明了。

挖取一小块土壤，先称一下重量，然后放在火炉旁或灶头上烘一些时候，再称量，便可发现重量比烘以前轻了；同时，土



图 27 土壤里有砂粒和粘粒的实验

壤颜色也变浅，这说明土壤里的水分经过烘烤蒸发掉了，可见土壤中有水分存在。另取一小块土壤，放在盛有水的玻璃杯里，立刻可以看到有气泡从土块里跑出来，这说明土壤中有空气。再把玻璃杯里的水搅混，沉淀后，可以看到沉在杯底的一层是比较粗的砂粒，上面沉淀一层细的粘粒，可见土壤里有砂粒和粘粒。

再从玻璃杯里取几滴澄清水，放在玻璃片上烤干，玻璃片上会留下一些白色的东西，这是溶解在水中的盐分。不过，这只有盐碱土才明显。

另外，再挖取一小块灰色、黑色或褐色的土壤，搁在火上烧，不多一会，土壤里冒出一股青烟来，并发出烧焦的气味。土壤的颜色也随之变为砖红色、黄色或灰白色，这是由于土壤中有机质被烧去的缘故。

我们从上面实验可以看出，组成土壤物质是复杂的。概括起来分为三部分：固体、液体和气体。固体部分中有粗细不同的矿物质颗粒和分解程度不等的有机质，还有我们只能用显微镜才能看得见的千千万万微生物。微生物参与土壤有机质分解和合成作用。矿物质与有机质紧密结合，好象人身上的骨和肉紧密相连一样。固体颗粒之间有大小不同的孔隙，充满着水分和空气，孔隙中的水可以上下左右运行，好象人的

血液。孔隙中的空气经常与大气交换，好似人的呼吸一样。

由此可见，组成土壤的物质，无论是固体、液体、气体之间，有机物质和无机物质之间，有生命物质和无生命物质之间，都不是孤立地、简单地、机械地混合在一起，而是相互联系，相互制约的有机整体。它们在这个有机整体中不是静止不变的，而是在自然条件和人类活动的影响下不断发展变化。所以，我们必须充分了解土壤中各组成成分的质和量及其演变规律，才能根据肥沃土壤的要求和可能的条件，发挥人的主观能动性，调整土壤的组成部分，定向改造土壤。

(一)土壤矿物质

前面讲过，土壤是由岩石风化形成的，而岩石又是由一种或数种矿物组成的（如花岗岩是由石英、长石与云母等矿物组成），因此，土壤中含有多种的矿物质，土壤中许多粗细不同的土粒大都是矿物质颗粒。矿物质一般占土壤固体部分重量的95%，它犹如土壤的“骨架”，支撑着生长在土壤上的植物。矿物质既直接影响土壤的物理、化学性质，并且又是植物养分的重要来源，因此它同土壤肥力有密切的关系。

土壤中的矿物质可分为两大类。一类是原生矿物，它是岩石中原来就含有的，在风化过程中，这种矿物没有改变成分和结构，只遭到破碎。土壤中的原生矿物以石英、长石、云母最多，其中石英最不容易分解。土壤中的砂粒主要是石英。另一类是次生矿物，它是岩石风化过程中形成的新矿物。土壤中颗粒最细的粘粒大都是次生矿物。

各种岩石矿物的组成和风化难易不同，因而岩石通过风化作用之后形成了大小不等的矿物质颗粒，有小到悬浮在水中使水变得混浊的粘粒，有大到一颗颗的石英砂粒和岩石碎

片。不同的土壤,各种大小颗粒的含量和排列不同,因而土壤的疏松程度和保水保肥能力等性质也不一样。

土壤中主要矿物的化学组成为磷、钾、钙、镁、铁等元素,故矿物质可提供除氮素以外的各种养分。由于各种岩石矿物的化学成分不同,故提供的养分种类和含量也有差异,土壤中的云母是含钾丰富的矿物,土壤中其他的原生矿物如磷灰石、橄榄石等是磷、硫、镁等的来源。岩石中含有这些矿物较多时,则土壤中的养分也较多,如页岩所形成的土壤养分多,而砂岩所形成的土壤则养分少。在不同地区由于风化和淋溶的强弱不同,也影响养分的含量,我国北方地区气温较低,降雨较少,风化和淋溶作用较弱,因而土壤中贮藏养分较丰富,一般钾、钙、镁等养分不感缺乏,硫、磷的含量也较多。相反,南方地区气温高,降雨量大,风化和淋溶作用较强,因此土壤养分含量一般较少。但人们的耕作、施肥可以改变土壤养分缺乏的状况,不断地培养和提高土壤肥力。

(二)土壤有机质

土壤有机质是土壤肥力的主要物质基础之一。各地群众对含有机质较多的肥沃土壤,以“乌”、“黑”、“油”来命名,可见土壤有机质在提高土壤肥力方面起着重要的作用。

1. 什么叫土壤有机质

土壤有机质包括动植物死亡以后遗留在土壤里的残体,施入的有机肥料,以及经过微生物作用所形成的腐殖质。其中腐殖质是黑色胶体物质,它已经完全没有生物残体的迹象了,并常与土壤矿物质部分结合在一起。腐殖质一般约占有机质的70~90%。我国大多数土壤的有机质(以腐殖质为主)含量在1~2%,高的可达5~10%以上,和矿物质比较起来,

土壤中有有机质含量虽然不多，但对土壤肥力的影响却很大。

土壤有机质尽管来源不同，形态多样，但它们的基本成分是纤维素、木质素、淀粉、醣类、油脂、蛋白质等。在这些成分里，包含有大量的碳、氢、氧，还有氮、硫、磷和少量的铁、镁等元素。

2. 有机质的分解

动植物残体和施入土中的各种有机肥料，在微生物的作用下，就会慢慢地腐烂。这些物质的腐烂分解是一个很复杂的变化过程，但一般不外是两种情形：一种是把这些复杂的东西分解成为能够溶解于水的无机盐类，并放出二氧化碳，这种从复杂的有机物分解为简单的无机物的过程，叫做有机质的矿质化过程。矿质化的结果，释放了养分，供作物吸收利用。另一种是这些动植物残体和有机肥料，先进行分解，然后再重新合成新的物质，称为腐殖质，这个过程叫做有机质的腐殖质化过程。腐殖质化的结果，使土壤中累积了腐殖质，在一定条件下，腐殖质又会缓慢分解释放出养分。有机质矿质化和腐殖质化两个过程是相互矛盾的，某一个过程强烈，另一个过程必定微弱。当土壤温度高，水分适当，通气良好时，则好气性微生物活动旺盛，就以矿质化过程为主；相反，当土壤渍水，温度低，通气不良时，则嫌气性微生物活动旺盛，就以腐殖质化过程为主。

3. 有机质对提高土壤肥力的作用

有机质的作用可以概括为以下几个方面：

(1)作物养分的重要来源：有机质分解时，释放出氮、磷等养分，供作物生长发育的需要，分解时产生的二氧化碳，可以供作物光合作用的需要。

(2)改善土壤物理性质：腐殖质含量多的土壤，则结构性好，土壤中水分与空气的矛盾容易解决，土壤不僵不板，易于

耕作。此外，土壤中腐殖质含量高时，则土壤颜色较深暗，可以增加土壤的吸热保暖能力。

(3)提高土壤保水保肥能力：腐殖质为有机胶体，保水能力强，同时它能吸住可溶性养分，避免养分流失，以后释放出来供作物吸收，因此腐殖质好比养分的“仓库”。

(4)有机质是微生物的食物：当土壤有机质丰富，其他条件又适宜时，就能促进有益微生物的旺盛活动，提高土壤肥力。

4. 怎样增加土壤有机质

既然有机质对提高土壤肥力有许多重要的作用，我们就应积极采用各种办法，增加土壤有机质的含量。大量施用厩肥、堆肥、泥肥，种植绿肥和豆科作物，都是增加土壤有机质从而提高肥力的有效措施。

除了抓住增施有机肥料这一关键措施外，还要注意控制与调节有机质的积累与分解，做到既能保证当季作物养分的需要，又能使有机质有所积累，不断提高土壤肥力。灌排和耕作等措施，可以有效的控制有机质的积累与分解，例如，同旱地相比，灌水种稻有利于有机质的积累，而水田通过落干烤田，耕翻晒垡，又可促进有机质的分解，释放养分。

(三)土壤微生物

1. 土壤微生物是作物的“炊事员”

有机肥料为什么会腐烂？豆科绿肥为什么能肥田？原来土壤中有很多我们肉眼看不见的微生物在起作用。微生物好比作物的“炊事员”，经过它的“烹调加工”，把作物不能吸收甚至于还会引起“中毒”的东西，变成了“可口”的食物。

微生物是一种非常微小的生物，要用显微镜才能看得见。

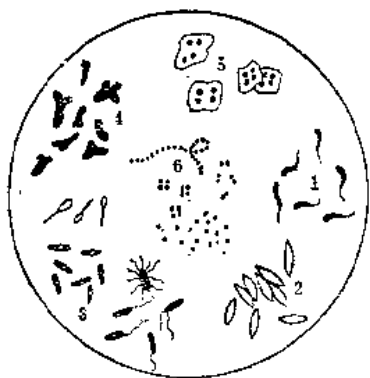
土壤中的微生物很多，一两土壤就有几十亿到上千亿个。每亩一犁深的土层中，微生物的重量有几百斤到上千斤。土壤越肥，土中的微生物越多。虽然这样多的微生物要消耗一部分土壤有机质，但它们死亡以后，大部分仍以有机质形态留在土中。

2. 种类繁多的土壤微生物

土壤微生物的种类很多，有细菌、真菌、放线菌，还有藻类和原生动物。

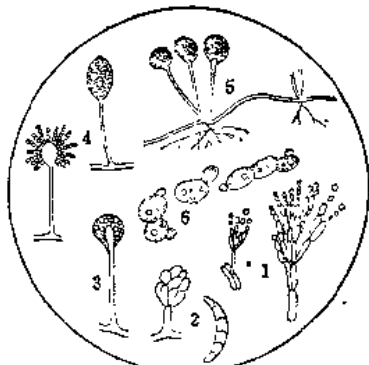
细菌 包括有弧菌、梭菌、杆菌(有芽孢及无芽孢的)、球菌以及根瘤菌、固氮菌等。它们的主要特点是单细胞，个体小，繁殖快，分布广。细菌的个体仅有几个微米(1微米等于千分之一毫米)，以一分二、二分四的简单分裂法繁殖，条件合适时在20~30分钟内就可繁殖一代；有的菌体还可以形成芽孢，芽孢的膜既厚含水量又少，能在沸水或结冰的条件下保持休眠状态。因此，细菌广泛分布于地球上的所有土壤中，从炎热的南方到严寒的北极，从海底到高山，都有它们的存在。土壤细菌大部分都是异营性的，也就是靠分解各种不同的有机物获得能量及养分以进行生活和繁殖，因此，除水分、空气、温度和酸碱度等以外，土壤有机物质的组成和数量对于细菌在土壤中的分布有重要的影响，它不但影响细菌的数量，也影响细菌群的组成和生理特性。自然界中几乎所有有机质都可以被细菌分解。

真菌 真菌大都是多细胞的，菌体呈丝状分枝，叫菌丝体。它的无性繁殖为形成特殊的孢子(内生孢子和外生孢子)，有性繁殖时两个细胞结合后形成接合孢子或子囊孢子。真菌在土壤中分布最多的有曲霉、青霉、毛霉、根霉、酵母菌、镰刀菌等。它们在土壤中，特别在通气良好的酸性土



A. 细菌

1. 孤菌 2. 枝菌 3. 杆菌
4. 根瘤菌(类菌体) 5. 圆菌 6. 球菌



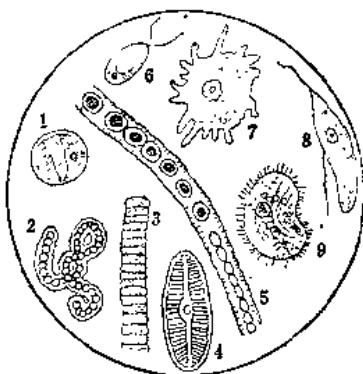
B. 真菌

1. 蘑菇 2. 镰刀菌 3. 毛霉
4. 曲霉 5. 根霉 6. 酵母菌



C. 放线菌的气生菌丝

1. 直丝放线菌 2. 轮生放线菌
3. 直丝放线菌 4. 卷曲放线菌 5. 卷曲放线菌



D. 藻类和原生动物

1. 小球藻 2. 念珠藻 3. 大囊藻
4. 硅藻 5. 链球藻 6. 衣藻
7. 变形虫 8. 草履虫 9. 纤毛虫

图 28 土壤里的各种微生物

壤中,是有机质转化的主力,且能利用或分解木素、几丁质、单宁等复杂的有机物质。真菌一般是需氧性的,以腐生或寄生方式生活,在表土最为活跃。有些土壤真菌能使植物遭受病

害,影响农业生产,如棉花枯萎病就是土壤中某些镰刀菌所引起的。

放线菌 介于细菌和真菌之间,其主要特征是单细胞的菌丝体。放线菌的菌丝相当长,但是很细,一般宽度为0.5~1.5微米,多以分生孢子繁殖或者以菌丝体碎裂成杆状或球状小段的简单方式繁殖。放线菌在固体培养基表面生长时,一部分菌丝浸于表面以下形成基质菌丝,一部分菌丝向空中伸展成为气生菌丝。放线菌的菌苔很坚硬,不易破碎,并可产生各种色素和特殊的气味。放线菌一般在酸性土壤中较少,多存在于干燥的秸秆和土壤中,抗旱能力较细菌大。放线菌对分解纤维素和含氮有机化合物以及转化各种盐类的能力也很大,并且大多还产生一些抗菌素和激素物质,有利于植物抵抗病虫害,并有促进植物生长的作用,例如目前农业生产上应用的“5406”抗菌菌肥就是属于放线菌一类。

藻类和原生动物 土壤藻类主要有蓝藻中的念珠藻、颤藻,绿藻中的衣藻、小球藻,以及裸藻、硅藻等。它们的主要特点是具有叶绿素,可进行光合作用,能自营生活和积累有机质。它们多栖于多水的表土,往往使表土呈绿色。在蓝藻中,有一些种类能够固定空气中游离的氮素,这种蓝藻叫固氮蓝藻。土壤中藻类繁殖后能增加碳水化合物,有利于非共生需氧性固氮菌一类的细菌发育,从而可以增加土壤中的氮素。土壤中原生动物最多的是鞭毛虫,它有一根或二根鞭毛能运动,以纵裂法繁殖,多发育于含有大量有机质的水中;此外,还有变形虫和纤毛虫等。它们有的可以吞食一部分细菌,但大多是利用有机物质并吸取土壤中的无机盐参与有机质的分解。

自然界中不断产生的动植物残体,只有经过微生物分解

后，才能使其中的营养元素重新被植物利用（也就是养分的生物循环）。否则有机物将堆满大地，养分滞留，生命也就停息。因此，土壤微生物在地球上生命的延续中有着重要的作用。

微生物对空气的喜爱不同，有的要在空气流通的环境下才能生活，称之为好气性微生物，真菌、放线菌及大部分细菌是属于这类微生物。有的微生物不喜欢或不能在空气流通的条件下生活，称之为嫌气性微生物。还有一些对空气要求并不严格，有无空气均能生活，称之为兼气性微生物。

3. 土壤中有益的微生物

土壤中的微生物一般以细菌数量最多。有益的细菌有下面几种：

第一种是某些腐生细菌。这种细菌靠腐烂别的有机质而生存。由于这种细菌的作用，枯枝落叶和施入土壤里的有机肥料才能腐烂分解，增加土壤养分。土壤中绝大部分细菌属于这一类，它们在有机质的转化过程中起了很大的作用。

第二种是固氮菌。空气里的各种气体中，氮占了五分之四。可是这些取之不尽的氮气，植物却不能直接利用，而固氮菌却能把空气中的氮气作食物，形成自身的蛋白质。当这些细菌死亡和分解后，这些氮素就能为植物吸收利用了。固氮菌又分二种，有一种是生长在豆科植物根瘤内的，叫根瘤菌（又叫共生固氮菌），根瘤以红润而粗大的较好，里面根瘤菌多。根瘤菌能固定空气中的游离氮气，供给豆科植物，而豆科植物则把自己所制造的食物（碳水化合物和其他养分）供给根瘤菌。豆科植物之所以肥田，就是因为根瘤菌的固氮作用增加了土壤中的氮素。另一类固氮菌不需要和其他植物共生，单独生活在土壤里就能固定氮气，叫做自生固氮菌。它也能把空气中的

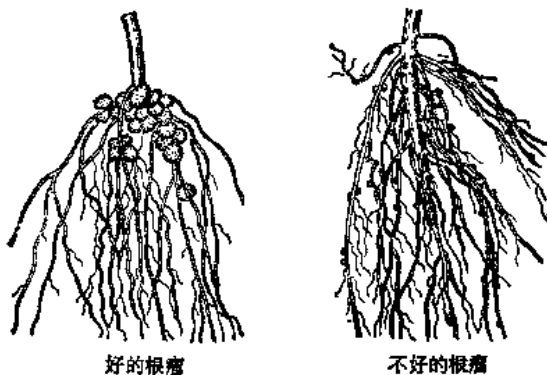


图 29 豆科作物的根瘤

氮气变成植物可利用的养分。由于有了固氮菌，土壤里才能聚积很多氮素。当然，光靠这些固氮菌，还是不能满足作物对氮素的需要，所以还要施用有机肥料和化学氮肥。

第三种是硝化细菌。这类细菌虽不能固定空气里的氮气，但它却有另一种本领。有机肥料分解时产生的氨容易跑掉，硝化细菌能把氨变成对作物有效的硝酸盐类。

除上面讲的一些有益细菌以外，还有一些细菌有“啃石头”的本领。磷细菌能分解磷矿石和骨粉中的磷，钾细菌能分解钾矿石中的钾。经过这些细菌的分解，就把作物不能利用的磷、钾养分转化成有效养分。土壤中还有一些微生物对农作物的生长和防治病虫害也有良好的作用。

土壤中除有很多有益的微生物外，也有很多有害的微生物。例如反硝化细菌，它能把硝酸盐还原成氮气，跑到空气里去。此外，还有一些微生物能使作物感染病害。

4. 怎样增加土壤有益微生物

为了提高土壤肥力，就应设法增加土壤中有益的微生物。

由于微生物的生活需要一定的条件,如食物、空气、温度、湿度、酸碱度等,因此满足有益微生物活动所需要的条件,就可促进有益微生物的繁殖。有机肥料是它们的食物,故应多施有机肥料;好气性细菌需要通气条件,故应通过耕作、排水等措施来创造良好的环境;有的细菌只能在中性或弱酸、弱碱性土壤中才能正常生长,因此过酸的土壤要施用石灰,等等。人们掌握了有益微生物的活动规律,有意识地人工大量培养有益细菌,制成细菌肥料,在农业生产上推广应用,这已成为农业增产的重要途径之一。目前细菌肥料种类很多,有根瘤菌、固氮菌、磷细菌、钾细菌、抗生素和混合细菌肥料等。无产阶级文化大革命以来,各地大搞群众性科学实验活动,微生物广泛应用于农业生产,“920”和“5406”抗生素肥等已在各地推广应用,并在农业生产中发挥一定的作用。农用微生物的发展,有着十分广阔的前途。

附：在显微镜下怎样观察土壤微生物

土壤中有千千万万我们肉眼看不见的微生物,这些极微小的生物只有在放大几百至几千倍的显微镜下才能看到。那么,在显微镜下怎样观察土壤微生物呢?首先要取一些土壤样品,直接或经过一定的处理后(如稀释、分离培养、纯化和染色),将微生物固定在载玻片上,才能在显微镜下看得清楚。

1. 取样和制片

一般说来,真菌、放线菌、酵母菌等菌体较大,不必进行分离培养和染色等手续,可直接取样进行观察。方法:取一片载玻片,在上面加一滴干净水,用金属针挑取霉烂的食物、谷物中的霉菌体或土壤中的霉点,放在载玻片上的水滴中,轻轻涂一下,然后加上盖玻片,在低倍镜下观察,即能看到真菌菌丝体和孢子的形态。

细菌一类的微生物,因菌体极微小,而且大都透明,因此除采集标本

要合适,并要作适当处理外,还要进行染色。例如,要观察土里的细菌,就要选取肥沃湿润的菜园土,因它的含菌量比较多;或者在取来的土里加入一些食糖,并保持土壤的湿润,在 28°C 温度下放置 1~2 天,进行加富培养,以利土里的各种微生物繁殖,使菌量增大,然后就可制片。制片的具体方法如下:取一试管,内装 5 毫升干净水,并在试管内再加入上述菜园土或加富培养的土壤标本 1 克,用手振荡数分钟,使土粒分散呈悬液,静置 15 分钟左右,让土粒下沉并用玻璃棒蘸取土壤悬液 1 滴,放置在载玻片上,在室温下风干,并在酒精灯火焰上微微烤一下,以利固定,然后在固定的标本上滴数滴结晶紫染色溶液,染色半分钟,继而用流水冲洗,至流下的水中无色素为止,再风干,即制成染色片子,在高倍镜或油浸镜下就能看到几种类型的细菌和其他的微生物。

在观察根瘤内的根瘤菌时,要选取豆科植物根上的新鲜大根瘤 2~3 个,用干净水把根瘤先洗干净,在室温下晾干,然后把根瘤放在载玻片中心位置,用干净镊子把根瘤压碎,使根瘤内汁液流出(其中含有根瘤菌和类菌体),并把根瘤残物拣掉,待汁液风干并在酒精灯火焰上固定后,再进行格兰氏染色法染色(具体操作见后)。先在低倍镜下观察,并转换高倍镜或油浸镜观察,就可以看到短杆状的根瘤菌和各种形状的类菌体。

观察污泥、菌肥、土杂肥等不同标本中的各种微生物个体形态和特征,其制片方法与上述大致类似。

如果对采集的标本要研究其中某一种细菌或真菌、放线菌,或者要证明其中是否有某种细菌时,则对标本要采取严格处理。例如,根瘤标本洗净后,还要作消毒处理,并用灭菌水冲洗。土壤标本必须用灭菌水稀释后涂片,还要采用不同培养基进行分离培养、纯化,并用不同的染色方法染色等手续制片后,才能观察。有关这方面的技术操作,可参看相应的专业资料。

2. 细菌染色法

细菌染色方法有格兰氏染色法,芽孢染色法,荚膜染色法,鞭毛染色法等,一般主要用格兰氏染色法,它可以把细菌分为格兰氏阳性和格

兰氏阴性两大类，也是鉴别细菌和粗略检查菌肥种菌是否混有杂菌最常用的方法。现将格兰氏染色法叙述如下：

染色溶液有初染液、固染液、脱色剂和复染液四种。

结晶紫溶液：在结晶紫饱和酒精溶液 20 毫升内（即 2 克结晶紫溶于 20 毫升的 95% 酒精液），加 1% 草酸铵水溶液 80 毫升，即成初染液。

路哥儿氏碘溶液：称取碘 1 克，碘化钾 2 克，加 300 毫升蒸馏水，稍加热溶解，即成固染液。

脱色剂：纯酒精或 95% 的酒精，用作脱色用的。

沙黄溶液：以 2.5% 沙黄酒精溶液 10 毫升，加入 100 毫升蒸馏水中，即成复染液。

染色法按下列次序进行：

- (1) 取一载玻片，按常法固定标本；
- (2) 滴加结晶紫染色液于载玻片的固定标本上，染色半分钟；
- (3) 以普通水冲洗，至冲下之水中无色素流下为止，而后风干；
- (4) 滴加路哥儿氏碘溶液作用 1 分钟；
- (5) 再以普通流水冲洗，至水中无色素流下为止，风干；
- (6) 用纯酒精（或 95% 酒精）脱色半分钟或 1 分钟；
- (7) 再以普通水冲洗，风干；
- (8) 最后用沙黄复染液复染 10 秒钟，再水洗；晾干后即在显微镜下观察，呈深紫色者为格兰氏阳性菌，呈红色者为格兰氏阴性菌。

(四) 土壤水分和空气

在土壤颗粒的孔隙之间，存在着土壤水分和空气，它们都是土壤的重要组成物质。

土壤水分的主要来源是降雨、降雪与灌溉水。在地下水位接近于地面（2~3 米）的情况下，地下水也是土层土壤水分的重要来源。此外，空气中的水蒸汽遇冷也会凝结而变为土壤水。

水分进入土壤以后，由于土粒表面的吸附力和微细孔隙

的毛管力，而把水保存住，但不同土壤保持水分的能力不同。砂质土，土质很疏松，孔隙大，存不住水；粘质土壤，土粒细小紧密，孔隙小，能保住水。土壤中水分状况时刻都在变化着，或为植物吸收，或运行到地表蒸发掉，或向下渗漏。北方群众把田间土壤水分的情况称为土壤的墒情。

土壤水分能够影响土壤中的许多物理和化学的作用。矿物的风化，有机质的分解，土壤中一切物质的转化作用，都必须要有水分存在的情况下才能进行。土壤的膨胀、粘结以及与耕作性能有关的一些物理特性，也都受土壤水分含量的影响。

土壤中的水分并不纯净，当水分进入土壤后，即和土壤其他组成物质发生作用，土壤中的一些可溶性物质（如盐类和空气）都溶解在水里。这种溶解有盐类、空气的土壤水，称为土壤溶液。土壤溶液中含有钙、镁、钾、钠、铵的盐类，植物从土壤溶液中吸收这些养分。盐碱土中的氯化钠等可溶性盐类和渍水土壤中的亚铁等，对作物是有害的。

土壤空气基本上来自于大气，也有一部分空气是土壤中进行着的生物化学过程产生的。土壤里氧的含量比大气少，而二氧化碳比大气多，这是因为植物根系和微生物的呼吸，以及有机质的分解，都消耗了大量的氧，而产生了大量的二氧化碳的缘故。在通气不良的潮湿土壤和有机质含量高的土壤中，二氧化碳可以大量积聚，而氧减至很低，以致危害作物。通气不好的稻田，还可产生硫化氢、沼气等，这些气体对水稻有毒害。在通气良好的土壤中，所产生的二氧化碳可以排去，而氧气不断从大气进入土壤。

关于土壤水分和空气的状况将在后面介绍。

三、影响土壤肥力的一些性质

土壤肥力除了同土壤组成密切相关以外，还同土壤的一些性质有关。如当土壤有良好的砂粘性和结构性时，土壤的耕作性能就好，水、肥、气、热状况容易协调。土壤有良好的保肥性和供肥性时，则土壤里的养分既能保蓄，又能适时供应作物需要。适宜的酸碱度可以避免一些有毒物质的危害以及提高养分的有效性。

为此，我们必须采取各种农业措施，改善土壤的性质，创造一个作物生长的良好环境条件。

土壤的物理性质(如质地、结构、孔隙度等)、化学性质(如酸碱性)、物理化学性质(如吸收性、代换性等)以及生物学特性，在一定程度上可以作为鉴定土壤肥力高低的指标。广大劳动人民在长期的生产实践中，所掌握的各种土壤生产特性(如耕性、保肥性、供肥性、保水性、宜种性、发棵性、板结性、反碱性等)，是土壤理化生物性质在农业生产上的综合表现，它能结合耕作栽培和作物生长直接反映出土壤的生产力。所以在认识土壤时，通过分析土壤的理化生物性，从而达到本质上掌握土壤的生产特性，为改造土壤和粮棉高产服务，具有十分重要的意义。下面分别谈谈影响土壤肥力较大的几种土壤特性。

(一)土壤的砂粘性(土壤质地)

土壤的砂粘性是人们最常遇到的土壤特性。随手抓一把土，掺一些水，搓揉一下，就会产生爽手或粘手的感觉，这就是土壤砂粘性的反映。它密切影响到土壤的耕性、保肥性、供肥

性、通气透水性等生产特性。人们在耕作、灌水、施肥的时候，必须考虑土壤的砂粘性，才能取得良好的效果。

1. 土壤中为什么有大小颗粒

前面我们已经谈到，土壤由固体、液体和气体三部分组成。土壤的固体部分包含有许多大小不同的颗粒，这些颗粒除了小部分是有机质以外，95%以上都是矿物质，因此可以说，矿物质颗粒是土壤的基本部分。它们有的分散，有的聚合在一起，组成土壤的骨架。这些分散或聚合的颗粒之间是大大小小的孔隙，水分和空气便在这些孔隙中活动，植物的根也在这些孔隙中伸长。

土壤的矿物质颗粒(以下简称颗粒)，都是由岩石风化而来，它们的性质和原来的岩石成分有很密切的关系。因为有的岩石成分容易风化，有的较难风化，所以分解出来的颗粒便有大有小，有粗有细。例如，组成花岗岩的三种矿物：石英、长石和云母，其中石英较难风化，长石较易风化，所以，在土壤中常常可以见到比较粗的石英砂粒，也可以见到由长石风化成的较细的高岭土。

表 2 土壤颗粒分級

| 颗粒名称 | | 颗粒直径 (毫米) |
|--------|-----|--------------|
| 粗分 | 细分 | |
| 砂粒 | 粗砂粒 | 1~0.25 |
| | 细砂粒 | 0.25~0.05 |
| 粉粒 | 粗粉粒 | 0.05~0.01 |
| | 细粉粒 | 0.01~0.005 |
| 泥粒 | 泥粒 | 0.005~0.001 |
| 粘粒(胶粒) | 胶粒 | <0.001 |

土壤颗粒的大小,除了残留在土壤中的小石块外,最大的直径为1毫米左右,最小的则比千分之一毫米还要小,这样,土壤颗粒的大小,相差便在一千倍以上。为了便于分类,常把一定大小范围的颗粒集合在一起,加上各种名称,大的称为砂粒,小的称为粘粒,中等大小的称粉粒、泥粒等等。

2. 土粒的性质

土壤颗粒大小不同,性质上有很显著的差别,也就影响到土壤许多属性上的差别,例如好耕与难耕,起浆与淀浆,保水与漏水,保肥与漏肥,通气与闭塞,等等。

土壤颗粒大小不同,性质上有什么差别呢?首先让我们分析一下下面的情况:假设一颗土粒是一个立方体,它的边长是1毫米,那么,这个立方体的体积是1立方毫米,它的表面积就一共是6平方毫米;如果将这个立方体再切成许多细小的立方体,使每个立方体的边长为 $1/10$ 毫米,这时它们的表面积一共是60平方毫米,比原来大了10倍。如果把这些立方体再细分下去的话,它们的表面积便会继续增加,当细分到边长为 $1/1000$ 毫米的立方体时,它们的表面积便一共有6000平方毫米,比原来的增加了一千倍。因此可以得出这样的结论:在单位体积内,颗粒愈细小,它的表面积便愈大,这样的一种特性称为“比表面”。由此可见,在相同的重量或体积下,粘粒的“比表面”比砂粒要大得多。

“比表面”的大小不同,颗粒性质又有什么不同呢?可以再举一个例子来说明。在我们淘米的时候,米粒经淘洗后表面吸附了一层水;调米粉蒸糕,米粉也要吸水。但经验表明,米粉吸收的水分要比米粒多得多,这是因为米粉的“比表面”比米粒大得多的缘故。上面的例子使我们得到这样的印象:当两种物质靠得很近,相互之间能够产生吸附作用的时

候，物质的“比表面”愈大，能吸附另一种物质的数量便愈多。粘粒有很大的“比表面”，所以它的吸附性很强，因此含粘粒多的土壤就能够保水保肥。但粘粒也易互相粘结成坷垃（大土块），不容易打碎。在含有一定水分的时候，又会沾住农具，造成耕耙困难。

3. 什么是土壤质地

在自然界中，没有一种土壤是由单纯一种颗粒组成的。有的土壤含砂粒多一些，有的含粘粒多一些，有的则含粉粒多一些。土壤各种颗粒含量不同，表现出来的砂粘性也不同。土壤中各种大小颗粒搭配的比例，通常称为土壤质地。

土壤质地一般分为三大类：砂土、壤土（两合土）和粘土（胶泥）。砂土的成分以砂粒为主，壤土（两合土）以粉粒为主，粘土（胶泥）以粘粒为主。此外，还可以根据土壤中次要颗粒的含量来进一步区分土壤的质地，例如，某种土壤以粘粒为主，砂粒为副，便称为砂质粘土；另一种土壤以粘粒为主，粉粒为副，便称为壤质粘土。不过，这样进一步的分法，常因地区不同，所用的分级标准不同，分法也各异，我们在这里就不一一介绍了。

要判断一种土壤的质地，首先要知道这种土壤各种颗粒的含量，这就要进行颗粒分析（又叫“机械分析”）。颗粒分析是根据各种大小颗粒在水中沉降速度不同的原理来进行的，需要有专门的设备。在田间，则可以根据手摸、眼看、耳听的感觉，来区分土壤的质地。

区分土壤质地，也就是识别土壤的砂粘性，在生产上，就可以根据不同的质地来因“土”种植。一般来说，由于砂土松散，粘结力小，便于根、茎入土和地下果实膨胀发育，因此，砂性土壤比较适宜于种植块根块茎类作物，如甘薯、马铃薯、甜

菜、胡萝卜等,也比较适宜种花生。

表 3 田间鉴别土壤质地的器具

| 土壤质地名称 | 用手捻时,泥土捻碎的感觉 | 用手捻时,泥土捻碎的声音 | 用手捏成土团(直径约 1.5 厘米)时的状态 | 用手捏成薄片时的状态 | 取放大至 10 厘米时肉眼观察形状 | 土壤干燥时的状态 | 土壤潮湿时的状态 |
|-------------|--------------|--------------|------------------------|------------|-------------------|----------|----------|
| 砂土 | 有含砂粒感觉 | 有沙沙声 | 不能捏成土团 | 不能捏成薄片 | 主要为砂粒 | 成散粒 | 形成“流砂” |
| 壤土 (两合土) | 有细滑均质的感觉 | | 土团松而不散 | 薄片短,不光滑 | 主要为粉粒 | 土块较散 | 形成泥浆 |
| 粘土 (胶泥) | 有细而粘的感觉 | | 土团紧而光滑 | 薄片长,光滑 | 主要为胶粒 | 成坚硬土块 | 形成泥浆 |

根据土壤质地,还可以因“土”施肥,例如,砂质土壤吸附力小,容易漏肥,施化肥时应该“少吃多餐”,分次施入,以减少肥料的流失。再则,根据土壤质地可以因“土”灌溉,一般来说,砂性土壤保水性弱,容易漏水,灌溉时应注意适量,避免造成淋洗土壤养分和抬高地下水位等不良后果。此外,根据土壤质地还可因“土”耕作,通常粘质土壤耕作困难,湿时容易粘着农机具,干时坚实,不易切开,而且容易造成大坷垃,所以粘质土壤要特别注意土壤的适耕期。总之,土壤质地对土壤的各种性质有深刻的影响。在利用、改良和培肥土壤的时候,应该掌握土壤的质地特性及其变化。

(二)土壤的结构性

不论是未开垦的土地还是久经耕作的农田,土壤颗粒很少单独分散存在,而多数是互相胶结在一起,构成土壤的骨架。这种胶结在一起的土团,不大容易分开,它们的性质和分散的土粒不一样,一般称之为团聚体。

团聚体有大有小。直径小于 0.25 毫米的团聚体,称为微团聚体。大的团聚体直径可在 50 毫米以上,北方称为“土坷垃”。土壤中单粒、微团聚体和大小不同团聚体的组成排列,就称为土壤结构。

1. 土壤的结构孔隙

由于土粒和团聚体大小不同,组成的土壤孔隙便不一样。由单粒或微团聚体排列组成的孔隙很小,称为毛管孔隙。毛管孔隙吸力大,保持水分和养分的能力强。由团聚体排列的孔隙,称为结构孔隙,其中可以分为两种:一种为较小的团聚体排列组成的孔隙,其大小中等,多数属于毛管孔隙,能起到促进水分上下运行的作用,有利于水分和溶解在水中的养分的运输;一种是由较大的团聚体排列组成的大孔隙,称为非毛管孔隙,这种孔隙有利于水的入渗,水流走后又有利于空气的流通。所以,有这三种孔隙且其比例分配适宜的土壤,可以说是结构良好的土壤。

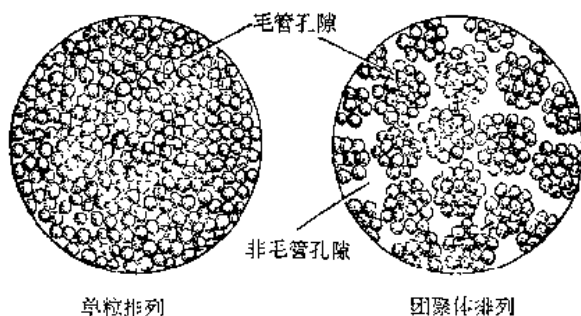


图 30 土壤的孔隙状况

缺乏结构孔隙的土壤,尤其是缺乏大孔隙的土壤,多半排列紧实,渗水困难,在下雨时容易产生地面径流,不仅不能接收较多的雨水,而且常常造成土壤冲刷,养分流失。如果降雨

强度较大,还会发生渍水现象,以致孔隙封闭,造成土壤通气不良;雨过天晴,又可产生强烈向上运行的毛管水流,使土壤水分蒸发加剧:

而结构良好、大小孔隙配合适当的土壤,其中大孔隙可以通气透水,中小孔隙可以保水输水,克服了土壤中水气存在的矛盾,为作物生长创造良好的环境条件。此外结构良好的土壤,其团聚体之间的接触面比单粒之间的接触面要小得多,因此它比结构不良的板结、僵硬的土壤疏松,这就便于作物根系穿插,也较易于耕作,而且耕作之后能保持较长时间的疏松状态。

2. 土壤结构的形成与改良

良好的土壤团聚体的形成,是一个比较长期而复杂的过程,在这个过程中一般有两种作用,一种是粘结作用,即分散的土粒被粘结成块;另一种是切割作用,也就是成块的土团被切割成适当大小的团聚体。

要使土粒胶结成团,需要有一定的胶结物质。在土壤中,腐殖质、钙、镁盐类,铁、铝氧化物,粘粒,都有一定的胶结作用。其中最好的胶结剂是新鲜的腐殖质,这种物质胶结成的土团,疏松多孔,也不容易再分散。所以要创造良好的土壤结构,就要多施有机肥料,特别是秸秆还田及种植绿肥作物。此外,土壤中的粘粒经过水化之后,也有很强的胶结力,所以砂土中掺入适量粘土,也是促进其形成团聚体结构的好办法。

胶结成团的土块在植物根系的穿插下,能碎裂成一定大小的团聚体。未开垦的草地土壤表层,常有许多疏散的团聚体,就是草根分割所形成的。在农业生产的轮作中,适当安排禾本科和豆科牧草或作物,如小麦、豌豆、玉米、大豆等混播或间作,对促进土壤结构的形成有一定的效果。土壤中的小动物也能穿插松土,特别是蚯蚓,它还能排出绿豆般大小的粪

便,其中含有大量泥土,因此它也能促进土粒成团,蚯蚓称得上是天然的松土机。

耕作,是人们松土、碎土最常用的方法。成片的紧实土壤在犁铧的作用下,被分割成块状的土堡,再经过耙(圆盘耙、钉齿耙等)进一步割切,土堡碎裂成粒。秋耕的土堡,经过冬春雨雪的交替冻融,也会散碎成粒,形成一定大小的团聚体。但是胶结物质质量差且含量少的土壤,由耕作割切形成的团聚体,往往是暂时性的,不稳定的,一经日晒雨淋,就容易再分散、沉实,或重新粘结成大块。此外,过多的耙地,在一定的程度上能破坏已经形成的团聚体结构,这在生产实践中也应注意。

3. 评价土壤结构性的方法

土壤的结构性一般从两方面来加以评价,一是团聚体的大小和它们的稳定性,一是土壤的孔隙状况。

(1) 团聚体的大小与稳定性:要知道土壤中各种大小的团聚体有多少,可以用一套筛子,将一定量的土样进行筛分,再算出各种大小的团聚体的百分含量。用这种方法分析团聚体的含量,取样要注意干湿适当,过干和过湿的土样,团聚体分散的程度大不相同,以致分析结果会有很大的差异。

要评价团聚体的稳定性,可以将这些团聚体放在筛子里,在水中上下晃动一定时间,然后再看看被水破坏的有多少。留下来的,就称为水稳性团聚体。很明显,上述两种方法,只有相对准确性,因为许多条件都是人为加以规定的,所以它只能作比较之用。

在田间用眼看手摸的方法,也可在一定程度上评价团聚体的大小与好坏。例如结构良好的土壤,其团聚体一般为绿豆样大小,表面润滑、多孔、裂痕多,有根毛透入,用手压碎时仍分散为小团聚体而不分散成单粒。相反,团聚体过大或过

小，表面致密有角，根毛不见透入，用手压不碎或一压就散成单粒，其土壤结构就不大好。当然，分辨团聚体的大小和好坏，还应根据各地的气候条件和耕作栽培的要求，才能得出符合实际的评价。

(2) 土壤的孔隙状况：评价土壤的孔隙状况也可以分为两个方面，一是在一个单位体积的土壤中全部孔隙所占百分比，称为总孔隙度；一是各类大小孔隙在总孔隙度中各占的百分比，称为当量孔隙度。总孔隙度的测定比较简单易行，而且在评价土壤的松紧度上有实用的意义。下面就介绍土壤总孔隙度的测定方法。

图 31 是一套圆筒形的金属环刀，它的容积通常是 100 立方厘米。使用的时候，将环刀托扣进环刀的上部，然后将刀口向下压入要测定的土层里，把环刀周围的土刨开，取出装满土的环刀。除去环刀托，并用小刀小心削去环刀周围多余的土壤后，加上上下的盖子，便能取得一个一定容积 (100 立方厘米) 包括有土壤孔隙在内的土样。

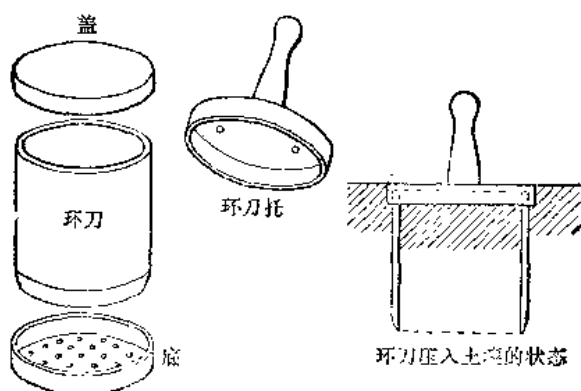


图 31 测土壤容重用的工具——环刀和环刀托

將裝有土樣的環刀去蓋后放在溫度 105°C 左右的烘箱中烘乾，然後稱重，減去環刀本身的重量，就是一定體積環刀中土壤的干重(克)。單位體積內干土的重量，稱為土壤的容重，其計算公式為：

$$V_w = \frac{W}{V}$$

式中 V_w 表示土壤的容重，單位是克/立方厘米；

W 表示環刀中干土的重量，單位是克；

V 表示環刀的體積，通常為 100 立方厘米。

要求得土壤的總孔隙度，除容重外，還要知道土壤的比重。土壤比重的大小受礦物種類的影响。各種土壤的比重多變化在 2.3~2.9 之間，而更多的是 2.6~2.7，通常多採用 2.65。總孔隙度的計算公式如下：

$$P = \left(1 - \frac{V_w}{r}\right) \%$$

式中 P 表示總孔隙度，單位為百分率；

V_w 表示容重，單位為克/立方厘米；

r 表示土壤的比重，多取 2.65 為代表。

表 4 土壤松緊度的評價

| 容重 (克/立方厘米) | 總孔隙度 (%) (按比重為 2.65 計算出來的結果) | 松 緊 度 |
|-------------|---------------------------------|-------|
| < 1.00 | > 62.3 | 很 松 |
| 1.00~1.25 | 52.8~62.3 | 适 宜 |
| 1.25~1.35 | 49.1~52.8 | 偏 緊 |
| 1.35~1.45 | 45.3~49.1 | 緊 實 |
| 1.45~1.55 | 41.5~45.3 | 過 緊 實 |
| > 1.55 | < 41.5 | 堅 實 |

土壤的总孔隙度和土壤的容重能反映出土壤的疏松性，也是反映土壤结构好坏的一个指标。对不收缩的土壤来说，可以参照表4的范围来评价土壤的松紧度。

(三)土壤的耕作特性

耕作，在我国已有三千多年的历史。远在商朝时代，劳动人民就已经开始用木犁来耕种土地。人们懂得土壤通过耕作可以更好的栽培作物，是一个很大的进步，它把当时的生产力大大地向前推进了一步。从那时直到现在，人们还一直沿用着这个方法的原理，只不过把耕作的工具和曳引力不断地加以改进罢了，可见耕作是农业生产离不开的一种必要的手段。

劳动人民在长期的耕作实践中，积累了丰富的经验。例如北方常用“口松”、“口紧”来反映土壤的易耕与难耕，南方常以“起浆”、“淀浆”来表示水稻田经耕作后表现出来的特性。这种影响土壤耕作的土壤属性，称为土壤的耕性；而土壤在各种农具耕耙过程中表现出来的性质，则称为土壤的耕作特性。在耕作的时候，只有根据土壤的耕作特性来进行耕作，才能收到良好的效果。

1. 土壤的粘结力与粘着力

在耕作的时候，人们总是要看看土壤的湿度如何，然后才套犁耕地。为什么要根据土壤的湿度来进行耕作呢？要了解这个问题，先要弄清楚土壤的一些物理特性。

一片稀薄的泥浆，当它的含水量减少到一定程度时，就不再流动，这时，土壤颗粒互相粘结在一起，形成结持状态，同时也能够粘附在别的物体上。土粒互相粘结的能力，称为土壤的粘结力。土粒粘附在别的物体上的能力，称为土壤的粘着力。前面介绍过，土壤中的粘粒，有很强大的吸附力，它的粘

结力要比粗粉粒大 350 倍。很明显,土壤中粘粒含量的多少,决定着土壤粘结力和粘着力的大小。粘土粘粒含量多,所以粘结力和粘着力大;砂土粘粒含量少,所以粘结力和粘着力小。但是,影响土壤粘结力和粘着力大小的,还有一个很重要的因素,就是土壤的含水量。

干燥的土坷垃,十分坚硬,不易破碎,就是因为其土粒之间的粘结力很大,这样的结持状态,称为硬固结持。待土壤吸收了一些水分之后,靠得很近的土粒便被一层层的水膜分离开了,土块也不那么坚硬了,这时土壤的结持状态,称为酥软结持。土壤吸水继续增加,土粒周围的水膜逐渐加厚,其粘结力也逐渐减弱,这时我们用手反复搓捏土壤,可以塑造出各种形状,这种土壤的结持状态,称为塑性结持。水分再增加到使土壤变成烂泥时的结持状态,称为粘韧结持。直到土壤水分达到饱和时,其粘结力便几乎消失。土壤粘结力随水分增加而变化的情况,可以用下图中的 A 线表示。

但是,土壤粘着力的变化却不同,它的变化可以用图中的

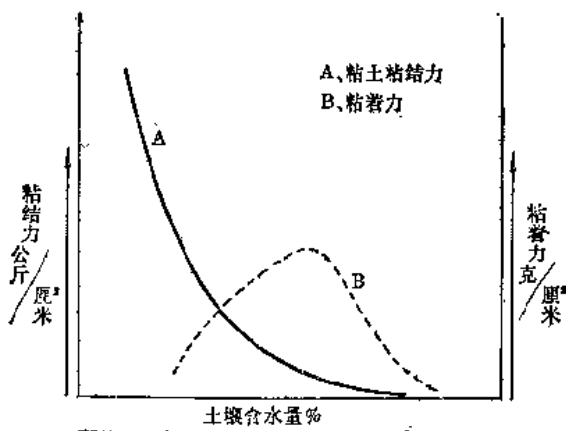


图 32 土壤的粘结力、粘着力与含水量的关系

B 线表示。为什么粘着力会有这样的变化呢？原来土壤的粘着力和水膜与外物的接触面积以及土壤的吸力有密切的关系。当土壤含水量极小时，很难产生水膜与外物的接触面，所以不会发生粘着力。等到含水量渐渐增加时，水膜与外物的接触面积由小到大，粘着力也随之而增加。但是，当粘着力达到最高点后，水膜与外物的接触面积不再增加了，粘着力便主要由土壤的吸力来决定。随着含水量继续增加，土壤吸力不断减弱，粘着力也逐渐减小。

了解到土壤的粘结力和粘着力的变化情况之后，我们便不难理解为什么有的土壤易耕，有的土壤难耕，也不难理解为什么人们要根据土壤的水分进行耕作。从实质上说，耕作就是用力（通过犁、耙、锄、铲的作用）打破土块的粘结力，使大土块分裂成碎块。在含水量适宜的时候进行耕作，就能够以较小的力来达到碎土的目的。

2. 土壤的适耕性

耕作的时候，犁、耙、锄、铲在土中推、拉、剪、切，将原来坚实的土壤切割，使之碎裂成疏松的土层，为作物的种子发芽和幼苗的扎根入土创造适宜的条件。这是耕作的主要目的。农具入土，不论是由拖拉机牵引，还是靠人畜的力量，都会引起土壤各种力量的反应。例如，用拖拉机带犁耕地，犁头楔入土中，剪切土壤，土壤就会产生抗剪力（抗剪力是土壤粘结力和内摩擦力的总和，对于粘重的土壤来说主要是粘结力，对于砂质土壤来说主要是内摩擦力）、粘着力和摩擦力的反应，拖拉机和犁的重量会对土壤造成压力，犁壁对土垡也产生压力，等等。这些力量综合起来，便反映在拖拉机的曳引力上。所以耕地的时候，拖拉机要有一定的马力，消耗一定的燃料。因为曳引力主要是消耗在土壤的阻力上，所以对被耕作的土壤来

说, 曳引力便称为曳引阻力。

试验证明, 曳引阻力与含水量的关系有如图 33 的情况, 其变化表现为“S”形。这种情况主要是由土壤的粘结力和粘着力变化所造成的。参考前面的图 32 来看, 便会清楚。在土壤含水量很少的硬固结持阶段, 土壤的粘结力很大, 所以曳引阻力也大。到了水分稍多的酥软结持阶段, 土壤的粘结力减少了, 而粘着力尚未产生, 所以曳引阻力较小。但到了塑性结持和粘韧结持阶段, 土壤的粘结力虽然变得更小, 但因粘着力增加了, 所以曳引阻力又复增大。到水分达到饱和, 土壤成泥浆状态时, 粘结力和粘着力都小, 所以曳引阻力也最小。

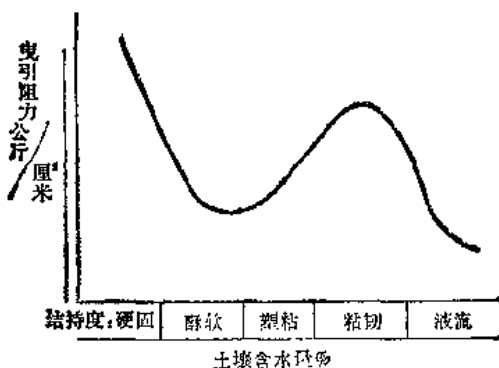


图 33 土壤曳引阻力与含水量的关系

从省力的角度出发, 耕作无疑应当选择在曳引阻力较小的时候进行。从图 33 中可以看到, 在水分饱和阶段, 以及在酥软结持阶段和塑粘结持阶段开始的时候, 曳引阻力均较小。但是, 一般旱作土壤以及排水良好的稻田, 均不在土壤水分饱和时进行耕作, 虽然这时曳引阻力最小。这是因为土壤水分饱和时耕出来的土堡, 即使不是一片糊涂, 也粘在一起, 犁壁

不能将它压碎，水分蒸发之后会重新结成大土块，如果是粘重的土壤更是难以耙碎，所以，有耕作经验的人都不选择在土壤含水量多的时候耕作。

同时，耕作的时候还有一个土壤压板的问题。这个问题与土壤的水分状况也有很密切的关系。大家知道，拖拉机在田地里行走，由于它的重量，会把土壤压板。但是，土壤含水量不同时，同样重的拖拉机，对土壤压板的程度是不同的。含水量较少的时候，土壤比较难压板，含水量到塑粘结持阶段时，土壤最容易压板，等到含水量达到饱和状态时，土壤又不容易压板了。还有，土壤压板的情况，也不仅仅发生在表土层，深层的土壤也会被压板。一般含水量愈多，影响压板的土层愈深。土壤经过压板，结构破坏，大孔隙闭塞，造成对作物根部生长不利的土壤条件。因此，耕作的时候，也应根据适宜的土壤含水量来进行，避免土壤压板的情况发生。

在土壤水分处于酥软结持阶段或塑粘结持阶段开始的时候进行耕作，不仅省力，而且耕作质量好。因为这时土壤的粘着力已经减弱，粘着力还没有发生，曳引阻力较小，耕出来的土堡容易弄碎，而且土壤也不容易压板。所以这时的土壤含水量称为适耕含水量，而土壤处在适耕含水量时便称为土壤的适耕期。

粘质的土壤酥软结持阶段很窄，适耕期短，耕作时应特别注意掌握土壤的湿度。壤质土壤的酥软结持阶段较宽，适耕期长。砂质的土壤，几乎没有塑粘结持状态和粘韧结持状态，可以在一个比较宽的含水量范围内耕作。

在田间，判断土壤的湿度是否处于酥软结持阶段，可从耕层中心取一些土，用拇指和食指把土夹住，用力搓动，土块能压碎而又不形成土条时，其含水量大致在酥软结持阶段结束和

塑粘結持階段開始的範圍，是宜於耕作的土壤濕度。當然，適耕的土壤含水量只是一方面的情況，耕作時還應根據具體的情況來處理，如干旱的年份為了保墒，就不應過份強調依據土壤的適耕期來耕作。

(四) 土壤的保肥性

土壤保肥性和供肥性是指土壤保蓄和供應作物所需要養分的能力，它是土壤肥力的一個很重要的特性。我國農民在生產實踐中，十分重視土壤保肥性和供肥性，並把它作為鑒別土壤好壞的一個重要指標。因此，了解土壤怎樣保肥和供肥，以及保肥和供肥之間的相互關係，對於深刻認識土壤，改造土壤，定向培育肥沃土壤，具有十分重要的意義。

1. 什麼是土壤保肥性

糞水通過土壤，流下來的液體基本上是透明無色的，而且沒有臭氣；鹽水通過土壤，水中的咸味減輕或消失了。這兩種現象說明土壤具有吸收鹽類和有機物質的性能。正因為土壤有這種吸收能力，土壤里的肥分和施入土中的肥料才不致流失。通常，人們把土壤吸收肥分的能力叫做土壤保肥性，也稱為土壤吸收性能。

土壤保肥性的原理在農業生產實踐中應用得很廣泛。例如，農村中用土墊圈，用土蓋糞，以防止臭氣散發，既改善衛生條件，又減少肥分損失。污水通過土壤，土壤把懸浮在水中及溶解在水中的物質濾掉和吸收掉，污水變成清水。

2. 土壤是怎樣保持肥分的

“積肥如積糧，糧在田中藏”，“春天肥滿坑，秋後糧滿倉”，這些農諺都說明作物高產與肥料的关系。但是，作物生長在土壤中，肥料必須通過土壤來貯藏和供應，因此，要把肥料提

供给作物吸收利用必须通过“土”。要充分发挥肥料的效率，使作物高产，就必须了解土壤是怎样把肥分保蓄起来的，根据人们的观察和研究，土壤保持肥分的方式大致有如下五种。

第一种方式是土粒孔隙的截留作用。有机肥料、河泥、石灰和石膏等肥料施入土中后，为什么不会随水下渗而流失呢？这是由于土壤有大小不同的孔隙，当水分向下渗漏时，比土壤孔隙大的粒子被截留在土壤中，这好比用筛子筛米，比筛孔大的米粒留在筛子上面一样。这种保肥作用只能保住不溶性物质，而不能保住可溶性养分。土壤颗粒越小，排列越紧密，则土壤孔隙越细，截留不溶性物质的能力越大。新改稻田，一般会漏水漏肥，但耕种久了，土壤保肥性能和蓄水性能都改善了，这就是因为细小土粒逐渐阻塞了下层孔隙的缘故。

第二种方式是土粒表面的吸附作用。我们知道，厩肥很臭，但施入田里与土壤相混之后就闻不到臭味了；我们也常看到，社员在厩肥的上面盖上一层细土和用细土垫猪圈。这主要是由于土粒表面吸附了带有臭味的氨分子，厩肥的臭味不致散发出来，这样就能防止氨气的迅速散失，保持了肥分。

第三种方式是代换吸收作用。由于土壤具有这种吸收作用，能吸住和保住离子态的肥料。例如，硫酸铵肥料施入土壤后，就象食盐遇水一样立即溶解于土壤水中，并解离成铵离子和硫酸根离子。土壤溶液中的铵离子除当即被根系吸收外，一部分铵离子还与土壤胶体上吸收的其他阳离子互相代换，而被土壤胶体吸收保存下来，土壤胶体吸收的铵离子以后又会被其他离子代换，再回到土壤溶液中，供作物吸收。土壤的代换吸收作用，对养分的保蓄和供应有很大意义。

第四种方式是化学沉淀作用。施入土壤的肥料与土壤中

的某些物质发生化学变化而保存下来。例如，在我国的北方石灰性土壤中，磷肥与土壤中的石灰发生化学变化，生成磷酸钙沉淀；在南方的酸性土壤中，磷肥与土壤中的铁、铝相反应，产生难溶性的磷酸铁、磷酸铝。这种保肥作用有利也有弊，虽然保蓄了养分，免遭淋失，但降低了养分的利用率。

第五种方式是生物吸收作用。植物和微生物有选择、集中、积累和保蓄养分的能力，一些深根作物可以把土壤下层的养分吸收积聚到表土层；有些微生物和绿肥作物还能利用难溶性养分组成其身体，随着它们残体的腐解再释放出来；豆科植物和固氮微生物还有固定空气中氮素的作用。生物吸收作用，在提高土壤肥力方面也有很大的意义。

上述五种保肥方式不是孤立的，而是互相联系、互相影响的，对土壤肥力的提高都同样具有重要的意义。

3. 为什么土壤会有不同的保肥性

群众常说，这种土“吃壮”，多施些肥料也不怕；那种土“不吃壮”，多施些肥料，作物就会疯长、倒伏。这就是土壤保肥性不同而引起的。“吃壮”的土壤保肥性好，好象一个人胃口好，多吃点饭也消化得了；“不吃壮”的土壤保肥性差，象一个人胃口差，多吃点饭就消化不了。

土壤保肥性的大小取决于土壤胶体的数量、组成和性质。直径在 $1\sim 100$ 毫微米（ 1 毫微米 $\approx 10^{-7}$ 厘米）之间的土壤微细颗粒称为土壤胶体。它可分为有机胶体、无机胶体和有机无机复合胶体三种。有机胶体是有机物质腐殖质化的产物，包括各种不溶性腐殖质；无机胶体是岩石风化所产生的微细胶粒，如高岭石、蒙脱石、伊利石及铁铝氧化物等；有机无机复合胶体是有机胶体和无机胶体相互作用的产物，成分复杂，吸收性强，又叫做土壤吸收性复合体。

土壤胶体有许多独特的性质，首先是土壤胶体颗粒很小，因此表面积大，如 20 厘米深的土层内有 10% 胶粒，则一亩田里土壤胶粒的总表面积就有一百万亩，这样大的表面积能够吸收和保持大量的养分；其次，土壤胶体带有电荷，可以产生交换吸收作用，把养分离子吸收在胶体上。因此，土壤胶体含量愈多，土壤保肥性就愈强；相反，土壤胶体含量愈少，保肥性就愈差。例如，苏南地区的淀浆白土和小粉土，粗粉砂含量高，腐殖质和胶粒含量低，保肥性差，漏水漏肥，群众反映这种土壤“不吃壮”，“肥料少了稻象草，多施肥料稻易倒”，对于这种土壤施肥要“少吃多餐”，采用分期施肥的办法。反之，腐殖质和胶粒含量都较多的鳞血土、黄泥土、黑沙土等土壤，保肥性能好，肥水不易流失，群众反映这种土“吃壮”，施肥多一点不会引起作物疯长，少施点肥也不会脱力。

(五)土壤的供肥性

保肥差的土壤一般不是好土，保肥好的土壤是否都是好土呢？我们看问题要从各方面去看，不能只从单方面看，只有保肥好、供肥也好的土壤，才是好的土壤。

1. 什么是土壤供肥性

土壤供肥性是指土壤在作物整个生长过程中能及时供应作物所需养分的能力。我国农民在生产实践中，从作物生长状况来看土壤供肥性，并把供肥性能分为若干种，如“肥劲长而稳”、“肥劲平缓”以及“有前劲而后劲不足”或“有后劲而前劲不足”，等等。“有前劲而后劲不足”，就是作物生长前期养分供应还好，后期则易脱力，群众称这种田为“早发田”；“有后劲而前劲不足”的是“晚发田”。

2. 土壤供肥性能与土壤中养分转化的关系

根据土壤供肥性，土壤中的养分可分为潜在养分和有效养分两种。潜在养分主要是有机质和不溶于水的矿物质养分，不能直接供给作物利用；有效养分多属代换性和水溶性养分，以及一部分短期内能分解的有机态养分，可以直接供给作物利用。因此，土壤中有效态养分的多寡，在一定程度上可以反映土壤供肥性的好坏。但是，潜在养分和有效养分不是绝对不变的，在一定条件下常常在互相转化之中。影响土壤供肥性的因素是多方面的，土壤质地、结构状况、耕层深浅，土壤胶体含量和所吸收的离子种类、数量，以及微生物的活动，都与土壤供肥性能密切相关。气候条件也影响土壤供肥性，在气温较高，土壤水分适当的条件下，土壤中矿物质风化作用较快，微生物活动旺盛，潜在养分释放也快；反之，气温较低，土壤中水分不足或过多，不仅风化作用慢，微生物活动也弱，土壤中无机或有机态养料都不易释放，因而，土壤供肥性较差。

3. 保肥好，供肥也好，才是好土

肥沃土壤既能多量保肥，又能及时供肥。但是，土壤的保肥性和供肥性往往不相一致，有的土壤保肥性和供肥性都好，既能保持养分，又能供作物及时吸收；有的土壤保肥性好而供肥性不好，虽能保持养分，但作物难以吸收利用；有的土壤保肥力弱，供肥力也弱，这是不好的土壤。例如，苏南地区的黑粘土、乌泥筋、青泥白土等，土质粘重，保肥性好；但由于地势低洼，地下水位高或长期积水，土性冷而闭气，好气性微生物活动受到抑制，土壤养分转化迟缓，因而供肥性差，往往引起水稻早期不发棵，群众称之为“僵苗”。而小粉土、淀浆白土有机质含量低，有效养分缺乏，粗粉砂含量高，容易淀浆板结，保肥和供肥性都不好，往往引起水稻前期“僵苗”，后期“老来穷”。鱗血土、黑沙土，不但保肥性好，而且供肥力足而长，既

发小苗又发老苗。由此可见，土壤的保肥性和供肥性可用来鉴别土壤生产力的高低。但是土壤的这两种特性是可以改变的，通过多施有机肥料，增加有机胶体，或者砂掺粘，粘掺砂，以及适时耕作、排水等措施，是可以有效地调节和改善土壤保肥和供肥性能的。

(六)土壤的酸碱性

土壤酸碱性是土壤肥力的另一个重要因素。它一方面影响土壤的物理和化学性质，另一方面又直接影响植物的生长。一般植物在中性、弱酸性、弱碱性土壤中生长和活动最适宜，过酸过碱都会影响植物的生长。因此，了解土壤酸碱性及土壤过酸过碱的原因，采取适当的改良措施，就可以调节土壤酸碱度，为培育肥沃土壤打下基础。

1. 什么是土壤酸碱性

土壤中的水分是不纯洁的，溶解有各种物质，其中有的能放出氢离子，有的能放出氢氧根离子。当氢离子多于氢氧根离子时，则土壤呈酸性；但是，当氢氧根离子不断增加至超过氢离子时，则土壤呈碱性；氢离子和氢氧根离子相等，则为中性。

土壤酸碱性的强弱，通常用酸碱度来衡量。由于氢离子在水溶液中含量很少，1升中性水溶液在22°C时，氢离子浓度是 10^{-7} 克离子数，如氢离子浓度大于 10^{-7} 是酸性，而小于 10^{-7} 是碱性，这样表示很不方便。为简便起见，一般用氢离子浓度的负对数来表示，并以pH为符号。例如， $\text{pH}=10$ ，它的含意是指1升水溶液中氢离子浓度是 10^{-10} 克离子数。

土壤的酸碱性一般可以分为以下几级：

| pH 值 | 土壤酸碱度 |
|------|-------|
| <4.5 | 极强酸性 |

五

| | |
|---------|------|
| 4.5~5.5 | 强酸性 |
| 5.5~6.5 | 酸性 |
| 6.5~7.5 | 中性 |
| 7.5~8.5 | 碱性 |
| 8.5~9.5 | 强碱性 |
| >9.5 | 极强碱性 |

2. 为什么要知道土壤酸碱度

土壤酸碱度对土壤肥力及植物生长影响很大，现从几方面加以说明如下：

第一、各种植物对土壤酸碱度适应能力不同。有的植物喜酸，有的喜碱，有的耐酸，有的耐碱。如茶叶喜欢酸性土壤，而棉花、苜蓿等则抗碱能力较强。但一般作物要在弱酸至弱碱的土壤里才能生长良好，过酸过碱对作物生长都是不利的。

第二、土壤酸碱度影响养分的有效性。例如，土壤 pH 值超过 7.5 或低于 6 时，磷酸和钙及铁、铝结合形成迟效态，使肥效降低，在中性 pH 6~7.5 的土壤中磷的有效性最大。在碱性土壤中，许多微量元素（铜、锰、锌、铁等）的有效性大大减低，如华北石灰性土壤上，果树、花生等叶子的失绿现象常常是缺铁所引起的。土壤 pH 6.5~7 时微生物活动最旺盛，过酸过碱对有益微生物的活动都不利，从而影响氮素及其他养分的转化和供应。在含有盐碱的碱性土壤中，可溶盐过多，土壤溶液浓度过大时，作物吸水受到阻碍，而发生萎缩现象，含碳酸钠的碱化土壤对植物更有毒害作用。

第三、合理施用化肥也应了解土壤酸碱度。化肥有酸性、碱性和中性之分，如石灰氮、钙镁磷肥就是碱性肥料，所以施用在酸性土壤上效果较好，盐碱土就不宜施用碱性肥料。而硫酸铵和过磷酸钙是酸性肥料，施用在碱性土壤上效果比较

表 5 土壤酸碱性度和土壤肥力的关系

| 土壤酸碱性 | 极强酸性 | 强酸性 | 酸性 | 中性 | 碱性 | 强碱性 | 极强碱性 | | | | | | |
|-----------|--|--|-----------------------------|-------------------------|----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| pH | 8 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 |
| 主要分布地区或土壤 | 华南沿海的酸性红壤 | 华南黄壤; pH 4.0~5.5 华南红壤; pH 4.5~5.5 | 很多土壤呈微酸或中性,如长江中下游的水稻土一般是中性。 | 华北地区和北方的石灰性土壤; 苏北盐土。 | 含碳酸钠的碱土。 | | | | | | | | |
| 土壤物理性 | 越酸,团粒、粘离子减少,氢离子增多,土壤粘粒越 | | | | | | | | | | | | |
| 肥 | 越酸,团粒、粘离子减少,氢离子增多,土壤粘粒越多,团粒越细,妨碍土壤中水分和空气的调节。 | | | | | | | | | | | | |
| 微生物 | 越酸,有益细菌活动越弱,而真菌的 | | | | | | | | | | | | |
| 氮 | 越酸,有益细菌活动越弱,而真菌的 | | | | | | | | | | | | |
| 磷 | 越酸,磷越易为铁、铝所固定而降低有效 | | | | | | | | | | | | |
| 钾、钙、镁 | 越酸,有效性含量越低。 | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---------|---------------------------|---|
| 铁 | 越酸, 铁越多而使作物受害。 | 越碱, 有效性越低。 |
| 硼、锰、铜、钴 | 越酸, 有效性越高。 | 越碱, 有效性越低(但在 pH 8.5 以上, 硼的有效性又提高)。 |
| 钼 | 越酸, 有效性越高。 | 越碱, 有效性越低。 |
| 有毒物质 | 越酸, 铝离子、有机酸等有毒物质越多。 | 盐土中过多的可溶性盐类以及碱土中的磷酸根对作物有毒害作用。 |
| 适宜生长的作物 | 茶、油菜、橡胶、咖啡等喜酸。 | 有些作物在钙质土壤上生长较好, 或品质较佳(如甜菜等)。 |
| 野生指示植物 | 酸性土: 铁芒萁、映山红、石松等。 | 钙质土: 蜈蚣草、铁丝蕨、念珠、雨天兰等。 盐土: 虾须草、盐蒿、扁竹叶、矮柳等。 碱土: 剪刀股、碱蓬、牛毛草、麻陆、藜等。 |
| 石灰、石灰氮 | 除喜酸和耐酸作物外, 土壤越酸越需施用石灰。 | pH 6.5 以上不需施用石灰。石膏可以改良碱土。 |
| 复合肥料 | 酸性土壤上宜施用碱性肥料, 如石灰氮、钙镁磷肥等。 | 碱性土壤上宜施用酸性肥料, 如硫酸铵、过磷酸钙等。 |

好。在酸性土壤中长期施用酸性肥料,会使土壤变得更酸,而多施有机肥料结合施用石灰,可以避免。

土壤酸碱度和土壤肥力的关系,参看表5。

3. 土壤酸碱度的简易测定

土壤酸碱度可用石蕊试纸来测定。石蕊试纸有红色和蓝色两种。如将黄豆大的土粒放在白色汤匙中,加几滴干净水,把土壤混匀和澄清后,将石蕊试纸浸在清液中,如蓝色试纸变为红色,土壤就是酸性;如果由红色变为蓝色,土壤就是碱性;不变色为中性。还有一种酚酞试纸,可以鉴别土壤中是否有碳酸钠,如酚酞试纸浸在土壤浸提液里,试纸变为粉红色,表明有碳酸钠存在,土壤 pH 值在 8.5 以上,红色越深,碱性越

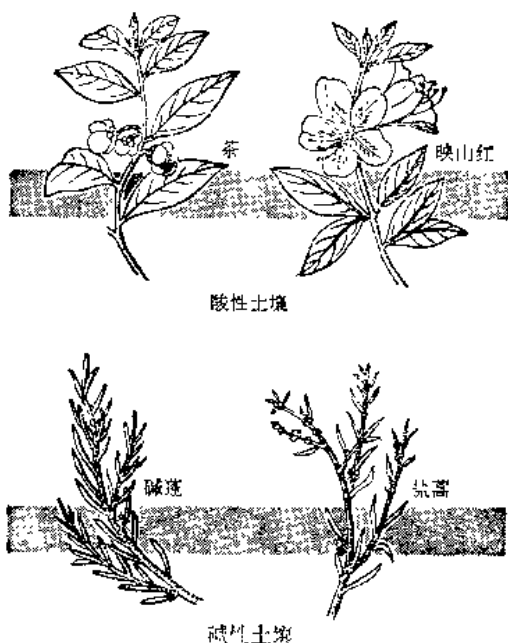


图 34 酸性土壤和碱性土壤的指示植物

强。

土壤酸碱度的试剂测定法，详见书末附录(一)土壤化学诊断的方法。

在野外，可以根据土壤上所生长的植物来鉴别土壤的酸碱性。茶树、映山红(杜鹃)、铁芒萁、石松等植物都在酸性土壤上生长；而碱蓬、盐蒿等植物则生长在碱性土壤上。这种能够反映土壤性质的植物，叫做指示植物。

四、土壤肥力因素的状况

由于不同土壤的组成与性质不同，因此不同土壤的肥力状况是不同的。不同作物或者同一种作物的不同生长发育阶段，对土壤肥力的要求也不同。如果土壤与作物之间的供求关系配合得好，就能促进农作物高产；配合得不好，作物产量就不高。在作物的要求与土壤的供应这一对矛盾中，土壤往往是矛盾的主要方面，因此要获得高产，一般要通过提高土壤肥力来解决。

土壤肥力诸因素是相互联系、相互影响、相互制约的，当一个因素发生变化，常常会引起其他因素的相应变化。例如，土壤中水分和空气是互相矛盾的两个因素，阴雨连绵而排水不良时，土壤中水多空气少；长期干旱，就会水少空气多。优良的土壤透水性和保水性就是解决这个矛盾的必要条件。

土壤肥力的高低，作物生长的好坏，既要每个肥力因素的数量是否适当，还要看水、肥、气、热这四个因素是否配合得当，肥力因素之间的矛盾是否解决得好。因此，在了解土壤的组成物质和一些重要特性以后，我们必须进一步了解各个肥力因素的状况，以及它们之间的相互关系。

(一)土壤养分状况

作物生长发育需要从土壤中吸收氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁以及硼、锰、锌、钼等养分，其中尤以对氮、磷、钾需要较多，所以称为作物养分的三要素。土壤中含有的氮素很少，普遍感到缺乏。作物对磷的需要虽少于氮，但不少地区也缺乏磷素，如南方的红黄壤地区，土壤磷素较少，施磷肥效果显著；华北、西北石灰性土壤中磷素贮量较高，但由于大量游离石灰存在，明显地限制了磷素的供应能力；东北的黑土，磷素供应最好。土壤中钾素的含量一般较高，华北和西北地区的土壤中，钾的含量丰富；而红黄壤地区的一些土壤和其他地区的砂质土，含钾素较少，施用钾肥常能显著增产。钙、镁、硫、铁等养分，土壤中的含量不少，作物一般不感缺乏，但酸性土壤中钙、镁比较缺乏，华北石灰性土壤上果树有时也出现缺铁现象。硼、钼、锌、铜等微量元素作物一般不感缺乏，但在有些土壤和作物上，施用某种微量元素也能增加产量和提高品质。我国幅员广大，土壤种类很多，耕作、施肥习惯不同，因此不同的土壤养分状况差异很大，随着复种指数的增加和单产的提高，作物需要更多的养分，为了获得作物稳产高产，必须增加土壤养分，提高土壤肥力。但只有当我们掌握了土壤养分的内部规律时，才能有效地加以调节和提高。

1. 土壤养分的积累与耗损

土壤养分的积累与耗损是互为矛盾的，当积累大于耗损时，土壤肥力提高；反之，土壤肥力降低。土壤中的各种养分是如何积累与耗损的呢？

(1) 土壤养分的积累：

① 施肥是增加土壤养分的重要措施。施入有机肥料经

微生物分解后，养分即转化为速效状态，化肥中的养分也多是速效状态，所以同土壤养分总量比较，即使施肥时所施入的养分不多，但因为多是速效状态的养分，所以也能显著提高作物的产量。

② 土壤微生物的固氮作用增加了土壤氮素。豆科植物上的根瘤菌、非共生固氮菌以及和绿萍共生的蓝藻等，都能固定空气中氮气，增加土壤氮素来源。

③ 土壤矿物质和土壤未分解的有机质中贮藏了很多养分。这些养分是迟效态的，以后可陆续转化为速效态的养分，供作物利用。

④ 作物能把下层的养分集中到表层。深根作物能吸收那些分散在下层的、易于流失的养分。作物收获后，残根和枯枝落叶腐烂后的养分留在上层，使上层的养分（如磷和钙等）增多。

⑤ 降雨也能带入少量养分。当耀眼的闪电划过长空时，能把氮气变成氨和氮的化合物，再跟随雨水降落到地面。

(2) 土壤养分的消耗：土壤养分除积累外，同时也在不断地消耗，土壤养分又是通过哪些途径耗损的呢？

① 为作物吸收，随收获物带走。土壤养分的耗损中，作物的吸收是应有的消耗。这方面的消耗主要决定于作物产量和轮作复种情况，例如一次收获水稻 1,000 斤时，从土壤中取走的氮、磷、钾分别相当于硫酸铵 90~110 斤，过磷酸钙 55~75 斤，氯化钾 60~75 斤。

② 因受冲刷和渗漏而损失养分。暴雨后地表冲刷或田间排水，速效态养分容易随水流失。砂质土及易于形成裂缝的粘质土，容易漏肥。移动性大的肥分，容易流失。一般肥分在土壤中移动性的大小是：硝酸盐 > 铵盐 > 钾盐 > 磷酸盐。

土壤中速效态氮肥常由于冲刷和渗漏而大量流失，使得氮素利用率不高。

③ 由于微生物的不良活动或其他原因，造成养分挥发损失。土壤通气不良时，由于反硝化作用，造成氮素挥发。碳酸氢铵、氨水等氮素化肥，在温度高并且施用不当时，容易分解挥发而损失。

为了满足农作物对肥分的需要，应不断增加土壤养分积累，减少养分损失。增施肥料，种植绿肥，是增加土壤养分积累最重要的措施。有了肥料，还要合理利用，才能充分发挥肥效。例如，施用碳酸氢铵时，应采取深施、集中施的方法，施后随即覆土，使容易分解挥发损失的氨被土壤吸住；又如，硝态氮肥宜用在旱地，不宜施用于水田，因水田不易保存硝态氮，而且由于反硝化作用，容易造成挥发损失。砂质土和粘性大而结构不良的土壤，要通过施用有机肥料和“砂掺粘，粘掺砂”的办法，以改善土壤性质，增加保肥能力。此外，还要做好水土保持工作，如等高种植、修梯田、改水田串灌为轮灌等，不让肥分流失。

2. 土壤养分的迟效与速效

我国农田土壤中，氮、磷、钾的含量大致分别为0.05~0.2%、0.04~0.25%、1.5~2.5%左右。有的土壤养分总量虽高，但可供作物利用的有效部分只占其中少数，如钾的有效部分一般只占钾的总量的0.5~1%，也就是说其中99.5~99%暂时是无效的，其他养分也有类似情况。

土壤养分利用率的降低，主要是由养分存在形态决定的，养分形态一般可概括为三种：第一种是能溶于土壤水中的养分；第二种是被吸附在土壤颗粒表面上的养分；第三种是存在于矿物质及有机质中的养分。前两种称速效养分，后一种称迟

效养分。迟效与速效不是绝对的，它们在一定条件下可以互相转化。迟效转化成速效时，增加了速效养分的含量，但土壤中速效养分过多，可能会流失掉，也可能引起作物贪青、倒伏；相反，当速效养分转化成迟效时，降低了有效养分的含量，但却起了保肥作用，减少了养分的损失。肥沃的土壤不但要有较多的速效养分，而且还要有大量迟效养分，以便在作物生长过程中可以陆续释放，源源供应作物生长需要。

(3) 土壤养分的转化：掌握养分的形态、转化条件及其转化的规律，我们就可以控制和促进养分朝有利的方向转化。例如：

① 在嫌气条件下，有机质以积累为主时，则有机质中的养分多数以迟效态(有机态)而保蓄于土壤中；而在好气条件下，有机质以分解为主时，则迟效养分转化为速效养分，供作物吸收利用。

② 土壤条件(如水分、温度、酸碱度)对无机态养分的转化影响很大。例如，水田灌水以后，提高了磷的有效性；熏土的肥田作用，除了由于提高土温，促进了有机态中的养分转化为速效的以外，还由于促进了矿物质的分解，释放出磷、钾等养分；酸性土壤施用石灰以后，磷的固定减少，而其有效性相对增加。

③ 增施肥料和种植绿肥，除了直接增加土壤的速效和迟效养分外，还可促进土壤中原有养分和其他肥料的转化。例如，施用有机肥料时，还可供微生物食物，促进微生物的繁殖，从而加速土壤中有机质的分解，而有机质分解时产生的酸又能促进矿质养分的溶解，转化为速效养分。此外，有一些绿肥还能直接利用难溶性磷、钾等养分，也就是说它本身有转化迟效态养分的能力。

(二)土壤水分状况

大多数植物，都必须靠它们的根系从土壤中吸取水分来维持其自身的生命。土壤水分不足，植物生长就不会旺盛，当土壤水分缺乏到一定程度，植物就要凋萎死亡。植物从土壤中吸取的水量是十分巨大的，就多数农作物来说，每生产一斤干籽实和茎秆，就要消耗一百斤以至几百斤以上的水，这样大量的水，几乎全部都是由土壤来供给的。人们可以想象，土壤本身就好比一个“水库”，能贮存大量的水。经过计算，1立方米的土，可以贮存0.1~0.4立方米的水。1亩土地，如果按表土层30厘米计算，大约可以贮存50吨以上的水。土壤的贮水量在农业生产上的重要性，由此可见。

1. 土壤吸力

土壤为什么能贮水？第一，因为土壤具有孔隙，能使渗入的水有藏身之所；第二，因为土壤具有吸力，能将水吸住，不让它往深处流走。一般的土壤，大约有一半的体积是孔隙，水渗入到土中时，便填充在这些孔隙之中。在较小的孔隙中，水和土粒靠得很近，相互之间产生了很大的吸引力，水就被这种力吸附在孔隙中。但是在一些较大的孔隙中，水离土粒较远，受到的吸力太小，不能被保持住，因而往深处流走了。要了解某一土壤能保持多少水，可以在降雨或灌溉之后进行观测，因为这时几乎所有的土壤孔隙都完全充满了水。我们可以在土面上盖上一些草，防止水分蒸发，两、三天之后，就会发现土壤水分减少了，这说明孔隙中有一部分水流走了。重新再把草盖土，继续进行观察，就会发觉，此后的土壤含水量不再减少，说明这时土壤中的水都能被土粒吸住，不再流走。在这种情况下保持的水，是土壤本身能够保持的最大水量，通常称为

“田间持水量”。“田间持水量”在灌溉上是一个很有用的参考数值，在计算灌水量时，应使灌溉能够达到但不应超过“田间持水量”为准则，以免多灌造成水的浪费；灌量太少又达不到应有的效果，而要增加灌溉的次数。

当田地里的水分渐渐减少的时候，土壤对水的吸力便逐渐增加，这时植物吸水也会愈感困难。当土壤对水的吸力很大，而且水的移动速度来不及补充到根旁边来满足植物对水分的需要时，植物就会因吸收不到水分而发生凋萎现象。植物发生凋萎时的土壤含水量，称为“凋萎系数”。很明显，“凋萎系数”是田地里允许的最低土壤湿度。低过“凋萎系数”的土壤水，植物不能利用。所以，从“田间持水量”到“凋萎系数”的土壤含水量，通常称为“有效水”。土壤能够贮存多少植物能利用的水，常以“有效水”来表示。它是土壤保水性好坏的一个实用指标。各种不同的土壤，“有效水”的范围差别很大。一般的壤质土，“有效水”的范围都比砂质土和粘质土大。深耕，细耙，施用有机肥料，粘土掺砂或砂土掺粘等方法，都能增加土壤“有效水”的幅度，提高土壤的保水性。

虽然说，从“田间持水量”到“凋萎系数”这个范围内的土壤水，都可以被植物利用，但是，植物利用起来也还有难易之分。因为植物根系要从土壤中吸水，必须克服土壤对水的吸力。植物从吸力小的土壤吸水，自然要比在吸力大的土壤中吸水容易得多。“田间持水量”时的土壤吸力，在0.1~0.3大气压左右；而“凋萎系数”时的土壤吸力，已经达到15大气压了。事实上，土壤水分从“田间持水量”开始渐渐减少时，土壤吸力就迅速增大。在土壤湿度还远远没有达到“凋萎系数”之前，植物吸水便已经受到较大土壤吸力的限制。因此，在实践中，农田灌溉决不应等到土壤湿度达到“凋萎系数”时才进行。

试验证明,要得到丰产,多数农作物在土壤吸力为 $0.5\sim 0.8$ 大气压时,就应补充足量的水分,以满足农作物生长发育的需要,因为在比较低的土壤吸力下,农作物对水和溶解在水中的

养分,都比较容易吸收。

要在农作物主要生育阶段,经常使土壤湿度维持在适宜的土壤吸力范围之内,就需要定期测量土壤吸力,以便及时地通过灌溉来补充农田的土壤水分。应用土壤湿度计(又称张力计、负压计),可以很方便地测量出土壤的吸力状况。土壤湿度计(图25)由一个多孔性的陶土管和一个真空表组成,测量的时候只要在仪器中充满水,密封,插入土中,便可以

直接测量出土壤吸力。虽然这种仪器的测量范围有一定的限度,但是,多数

农作物最适宜的土壤湿度都在它的测量范围之内,所以在农田灌溉上,这种仪器应用得相当广泛。

2. 土壤水的运动

土壤水主要来源于雨雪和灌溉。来到土壤中的水,除了过量的随着地面径流或地下径流流入江河之外,都保持在土壤中。土壤水又经过蒸发作用或者通过植物的蒸腾作用化为

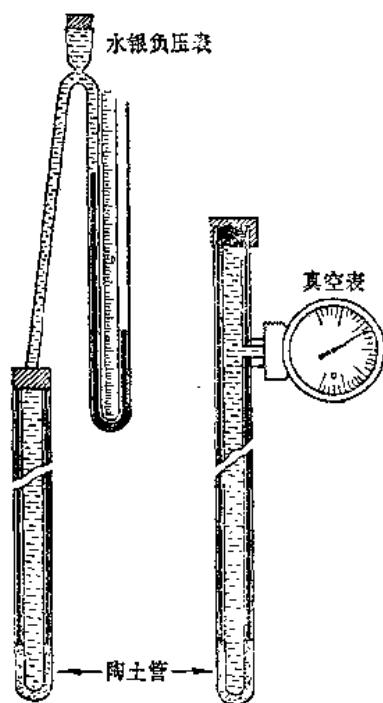


图 25 土壤湿度计

水汽而回到大气里。由此可见，土壤水是地球上水分循环的一个环节，它的消失和增加，和大气的蒸发力、降雨量等气象因素有密切关系。

土壤中的水，有液态、气态、固态三种形式，它们之间常常互相转化。一般情况下，土壤水以液态为主。土壤液态水可以分为两类：饱和水和不饱和水。所谓饱和水，是指土壤所有孔隙完全充满水，例如低洼湿地以及淹水的稻田即处于饱和水状态；所谓不饱和水，是指土壤孔隙只有一部分充水，旱地土壤，一般都处于水分不饱和状态。

饱和水的运动：饱和土壤水和河水一样，由于受地心引力的作用，从高处往低处流。不过，河水在河床里流，而饱和水则在土壤中流。水分通过土层流动，称为渗透运动。由于来水和排水的方向不同，饱和水可以向下或向侧渗透。渗透水运动的速度，比河水的运动速度要缓慢得多，因为渗透水通过土层时，要遇到很大的阻力。渗透水流速的快慢，反映出土壤对渗透水阻力的大小。为了便于比较和应用，通常采用在相同的水压条件下，渗透水经过同样厚度土层的运动速度，来计算土壤的“渗透系数”。“渗透系数”能表示土壤渗透性的好坏。土壤质地不同，压实程度不同，“渗透系数”都会有很大的差别。

“渗透系数”在农田水利工程上是一个很有用的参考数值。需要排水的田地，必须根据土壤的“渗透系数”布置排水沟的密度。在修筑灌溉系统时，也必须根据土壤的“渗透系数”考虑渠道防渗措施。久经耕种的水稻田，在耕作层下面，形成了一层紧实的犁底层，渗透性能很弱，可以防止漏水漏肥。但是由于犁底层渗透性太弱，影响田水的更新，不利于土壤毒害物质的排泄及养分的释放，往往造成稻根不发达，黑

根过多, 植株不发等不良后果。因此, 水田以有适当的渗透量为好。

不饱水的运动: 不饱和土壤水不一定往低处流, 它和一般常见的“水往低处流”的现象不同。例如, 表层土壤水向大气蒸发, 下层土壤水就能不断向上运动补充。不饱和水的运动主要是土壤吸力的作用产生的, 当两个地方的土壤吸力不同时, 水便从吸力小的地方流向吸力大的地方。这种规律,

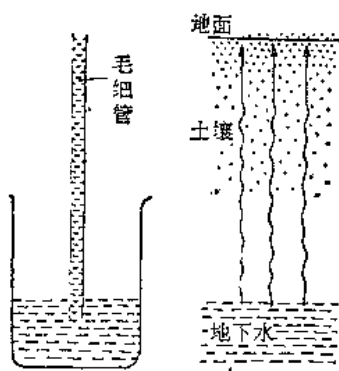


图 36 土壤不饱水的毛管运行示意图

对植物的生活有很重要的意义。因为植物的根系即使很发达, 在土壤中也只占很小一部分, 有人估计, 一株玉米的根系只占它所在土壤体积的 1%, 所以, 即使根的吸收能力很强, 也只能吸收到根旁边有限的土壤水。如果土壤水不能向根旁边流动, 植物所需的水源就将很快枯竭, 整个绿色世界也将不复存在了。但是, 只要整个土层含有一定量的水, 根旁边的

水被植物吸收后, 土壤变得比较干燥, 吸力增加, 附近吸力较小的土壤水便能向根旁边移动, 源源不断地补充供应植物所需要的水分。

不饱和土壤水, 和渗透水一样, 在土壤中运动也会遇到一定的阻力。阻力不同, 它的运动速度也就不同。通过在一定吸力差下, 测定不饱和水经过一定厚度土层的运动速度, 可以计算出土壤的“毛管传导度”。“毛管传导度”能反映出土壤的导水性。土壤质地、压实程度、孔隙特性以及土壤本身吸力等

因素不同，“毛管传导度”也会有很大差别。其中影响土壤导水性的主要因素是土壤吸力。当土壤吸力渐渐增加时，“毛管传导度”可能成十倍、百倍、千倍以至成万倍地下降，因此，要调节土壤的导水性，提高或降低土壤吸力是最有效的方法。

在半湿润地区以及某些滨海地区，常常采用开沟排水，降低地下水位的办法，防止土壤次生盐渍化。其作用，就是减少整个土层的含水量，提高土壤吸力，削弱土壤的导水性，以减缓含盐的地下水向上运动的速度，防止盐分在地面过多的积累。在开沟的时候，常常要参考土壤的“毛管传导度”，来确定排水的深度。降雨或灌溉之后进行中耕松土，切断土壤毛细管作用，以避免土壤返盐，这些措施实质上也是削弱土壤的导水性。

但是，从另外一方面来看，提高土壤导水性，能将土壤水分及溶解在其中的养分更及时地输送到根旁，供作物吸收利用。一株玉米只直接接触它所在土壤1%体积中的水分和养分，其余99%土体中的水分和养分都必须靠土壤的导水作用输送。作物的丰产灌溉，灌水次数较多，使土壤常保持湿润状态，因而吸力减小，导水性增加，土壤水分、养分能更及时更足量地输送给根系吸收，为作物高产创造条件。

俗语说“有收无收在于水，多收少收在于肥”，说明了调节土壤水分在农业生产上的重要性。除了灌、排、耕作等措施外，广大劳动人民在因地制宜调节土壤水分方面有不少经验。例如，华北地区早春麦田采取顶凌耙地，以减少毛管水的蒸发；秋旱播种后及时镇压，以减少土壤汽态水的扩散并促其凝聚；又如，淮北春旱播种采取深沟浅覆土，调节水气矛盾，以利种子发芽出苗。这些都是调节土壤水分并因此调节土壤肥力其他因素的有效措施。

(三)土壤空气状况

土壤空气是植物根系生活必不可少的条件，所以它是土壤肥力四个主要因素之一。土壤空气供给根系呼吸作用所需要的氧，接收其排出的二氧化碳。虽然各种作物对土壤空气的反应不尽相同，但氧不足时，根系吸水吸肥机能大大减弱，严重缺氧时根系窒息以致死亡。这种情况在作物种子发芽期及幼苗期尤为明显。一般水生作物，例如水稻，本身虽有通气组织，能从大气中吸入氧供给根系呼吸作用的需要，但是，具有一定通气性能的稻田，能够促进稻根的生长。稻田经过烤田（落水排干，让空气透入），稻根的状况也会大大改变，白根、黄根增多，黑根减少。这都说明土壤的通气性对水稻来说仍然是重要的。

1. 土壤空气的成分和土壤空气的更新

土壤空气存在于土壤孔隙中，也有少量溶解在土壤水中。前面谈过，土壤孔隙的数量，因土壤质地和紧实程度而不同，一般的土壤，孔隙度变化在45~60%之间，在这些孔隙中，不是填充着水，就是填充着空气。所以土壤空气的数量，一方面决定于土壤孔隙度的大小，另一方面也决定于土壤含水量的多少。如果土壤孔隙度大而含水量少，土壤空气便多；相反，土壤空气便少。

土壤空气的成分，和大气大致相同，主要是氮、氧、二氧化碳和水汽。但是，土壤空气中二氧化碳的浓度，一般比大气中的要高10~1000倍，而氧的浓度一般都比大气低（见表6）。其所以如此，是因为土壤中植物根系的呼吸作用以及微生物在分解和合成有机物时，不断消耗土壤空气中的氧，放出二氧化碳，而土壤空气和大气进行交换的速度，来不及补充足够的

氧和排走大量的二氧化碳的缘故。

表 6 土壤空气与大气中二氧化碳和氧的含量

| 取 样 地 点 | 100 份空气容积中气体的含量 (%) | |
|--------------|---------------------|-------|
| | 二 氧 化 碳 | 氧 |
| 表土 15 厘米的土壤中 | 0.25 | 20.6 |
| 大 气 中 | 0.03 | 20.96 |

在正常情况下,土壤空气总是和大气进行交换。它们交换的方式有两种,一种是土壤空气和大气整体地进行交换,另一种是部分气体互相扩散。因为土壤温度和大气温度常有一定差异,所以土壤空气的压力和大气的压力也就不同。气体总是从压力大的地方向压力小的地方流动,所以土壤空气有时向大气流动,大气也有时进入土壤孔隙中,然而,这种方式不是土壤空气和大气交换的主要方式。土壤空气和大气交换的主要方式是部分气体扩散。由于土壤空气与大气中二氧化碳和氧的浓度不同,根据气体运动规律,气体总是从浓度大的地方向浓度小的地方扩散,所以土壤中较高浓度的二氧化碳,总是向大气中扩散,而大气中较高浓度的氧,总是不断进入土壤中。这样,土壤空气中二氧化碳的含量,才不致积累得过多,而氧的含量也不致于太少。

2. 土壤的通气性

不论气体是整体地进行交换,还是部分地互相扩散,土壤空气和大气进行交换时,都要通过土壤的孔隙。所以,土壤孔隙状况,是土壤空气与大气交换能否通畅的主要因素。

土壤孔隙有大有小,小孔隙直径可在 0.0005 毫米以下,

大孔隙直径在 10 毫米以上。孔隙大的土壤，如砂质土，它的通气性要比孔隙小的粘质土壤好。结构良好的土壤，有较大的非毛管孔隙，它的通气性比结构不良的土壤好。土壤的通气性除与土壤的总孔隙度有关外，还与土壤的当量孔隙度（各类大小孔隙占总孔隙度的百分数，参见“土壤结构性”一节）有关。大孔隙多的土壤通气性才好。所以土壤通气性应同时用总孔隙度和当量孔隙度来表示，才能得到正确的反映。

土壤通气性还受土壤含水量的影响，因为土壤孔隙中如果大部分或全部被水充满，则土壤的通气性自然减弱，甚至完全不透气。当农田地下水位达到离地面仅 40~50 厘米时，水分就会因土壤的毛管引力（吸力）而上升，致使上层土壤孔隙大部分充满水，严重妨碍了土壤与大气的交换，有人试验，要获得小麦丰收，1 米深耕层内不应渍水。有的土壤渗水性差，大雨或久雨不晴时，地面容易发生暂时渍水，阻绝了空气交换的通路，会造成土壤通气不良。在这些情况下，都应当注意排水，以提高土壤的通透性，使作物根系正常生长。

3. 土壤通气性的调节

广大劳动人民在长期的耕作实践中，在排除农田渍水、改良土壤的通气性方面，积累了不少丰富的经验，其中最有效和应用得最广泛的方法之一，就是垄作。例如，我国多雨的南部以至中部地区，种植甘薯多采用垄作方式，因为甘薯是一种好气的块根作物，垄作有利于排水和通气。种植三麦及玉米等旱作时，一般都要求五沟配套，畦田平整，以利排水，甚至有“旱作收不收，全在一条沟”的说法，这是因为在小麦、玉米、棉花等生长期，常会遇到阴雨连绵以及暴雨等情况，农田容易渍水，造成土壤通气不良，危及各种旱作物的正常生长。南方一些地下水位较高的地区，例如江苏的太湖流域，不仅已经采

用明沟，而且已经采用暗沟的方法排水，并继续试验研究用瓦管进行暗沟排水。

质地粘重的土壤，通过掺砂或施用秸秆、土杂粪等有机肥料，使形成较好的结构，增加非毛管孔隙，可改善其通气性。中耕松土，破除因雨水和灌溉水造成的土壤结皮，可以促进土壤的通气性。改良土壤的通气性，不仅对旱作物生长有利，对水稻生长也是必要的，虽然水稻本身有通气组织，但一定程度的改善稻田通气性，有利于排泄土壤中的有毒物质，有利于土壤养分的释放和水稻新根的形成。烤田、晒垡、水旱轮作等措施，都有助于改良水稻土的通透性。

(四)土壤温度状况

土壤温度直接和间接影响作物生长。首先各种作物都有一个适宜生长的土温范围，高过或低过这个范围，作物生长不良，甚至死亡。从间接来说，土温影响微生物的活动，因而影响有机质的分解和养分的释放速度；土温还影响到土壤中各种化学反应的速度和土壤水分的运行。因此，土壤温度也是一个重要的土壤肥力因素。

1. 土壤的温度状况

土壤温度是经常变化的，不仅在一年之内随季节的变迁而变化，甚至在一天之内也有明显的差异。从图 37 中还可以看出：在同一时间内，上下层的土壤温度也不相同，这在白天午后(14 时)表现得尤为明显。土壤温度为什么会有这些变化呢？要弄清这个问题，就需要了解一下土壤热量的来源和热量的散失，以及土壤的热特性和影响土壤热特性的因素。

温度是热的表现。土壤热的主要来源是太阳，太阳通过辐射将热量传到地面。土壤得到热量之后，一部分散失到大

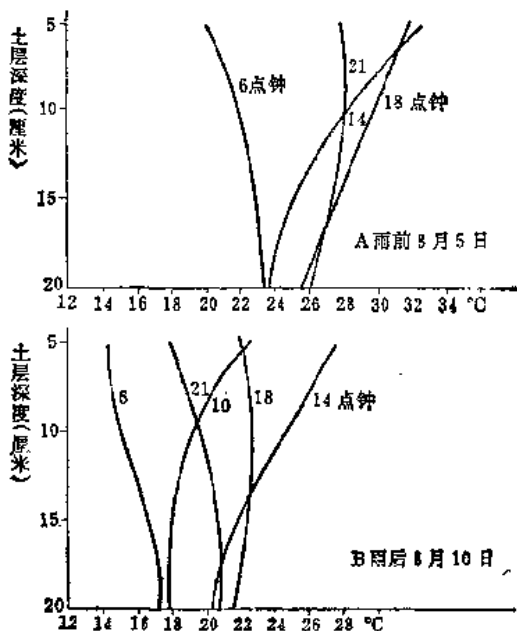


图 37 土壤温度的日变化(甘肃会宁, 阳坡)

气中,一部分用于土壤水分的蒸发,还有一部分传向底土,剩下的便提高土壤本身的温度。如果散失的热量比吸收的热量多,土壤温度就会下降。白天土壤温度增高,夜晚土壤温度下降,就是这个道理。

太阳辐射到地球上的热量,因纬度高低和太阳入射角大小的不同而有很大差别,因而形成地球上热带、温带、寒带以及一年四季温度的不同。土壤温度受地球上气温变化的影响很大。在我们认识土壤温度变化和土壤的热特性时,决不能忽视这个因素。

2. 土壤的热特性

土壤获得或散失一定的热量后,土壤温度的升降便决定

于土壤的热容量。土壤热容量就是1立方厘米土壤温度升高或降低1°C时吸入或放出的热量——卡。对热容量不同的土壤来说,当相等的热量进入土壤后,热容量大的土壤升高的温度少,而热容量小的土壤升高的温度多。土壤中固体、液体、气体三种组成物质的热容量分别为:固体颗粒——0.5~0.6卡/立方厘米·°C,水——1卡/立方厘米·°C,空气——0.000306卡/立方厘米·°C。由于水的热容量比空气的热容量大得多,所以潮湿土壤热容量大,温度不易升高,是冷性的土壤。而干燥土壤空气多,所以干燥土壤的热容量低,温度容易升高。

土壤得到热量之后,总要向冷的地方传导,土壤传热的快慢用导热率来表示。其含义为:在温度相差1°C的情况下,每秒钟内通过截面积为1平方厘米、距离为1厘米的土壤的热量。土壤固、液、气三相的导热率分别为:固体颗粒——0.004~0.005卡/厘米·秒·°C,水——0.0012卡/厘米·秒·°C,空气——0.00005卡/厘米·秒·°C。固体颗粒的导热率比空气大100倍左右,而水又比空气大24倍,所以紧实土壤的导热率比疏松土壤大,湿土的导热率比干土大。

但是,土壤温度的变化与热量的变化不同。土壤温度增加与导热率成正比,但与热容量成反比。所以当土壤得到热量之后,判断其温度变化的情况要从导热率和热容量两个方面综合考虑。根据二者对温度的关系,可以用导温率(K)来作指示。

$$K = \frac{\lambda}{C_p}$$

式中:K表示导温率,为单位体积土壤吸入热量后升高的温度,单位为平方厘米/秒;

λ 表示导热率, 单位为卡/秒·厘米· $^{\circ}\text{C}$;

C_p 表示热容量, 单位为卡/立方厘米。

图 38 是土壤导温率随含水量变化的情况。土壤含水量的增加, 不仅增加了土壤的导热率, 而且增加了土壤的热容量。但在土壤比较干燥的时候, 水分增加引起导热性的增加速度比热容量的增加速度快, 所以导温率升高, 到最高点后, 导热率增加的速度减小, 这时导温率由于受热容量的影响, 因而随含水量增加而下降, 形成一条抛物线型的曲线。

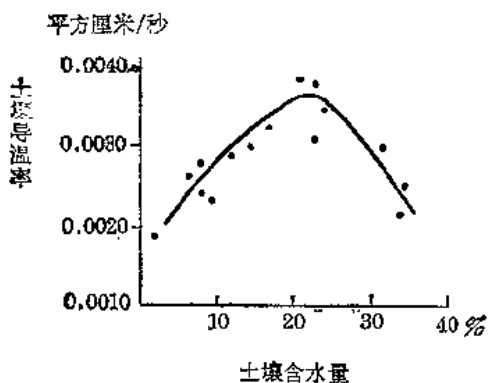


图 38 土壤(弱碱化黑土)导温率与含水量的关系

导温率决定不同深度土壤温度变化的特征。导温率小的土壤, 深层温度增加慢, 冷却也慢, 但表层温度升降迅速, 变幅较大。导温率大的土壤, 深层温度增加快, 冷却也快, 但表层温度比较稳定。

3. 土壤温度的调节

土壤温度对作物生长有直接和间接的影响。土壤温度对作物影响最明显的是在作物的发芽期和幼苗期。在幼苗生长濒于临界低温时, 调节土壤温度有非常显著的作用。目前用

得最广的方法是塑料薄膜育苗。北方有些地区，试验推广使用土壤增温剂；南方常常通过排、灌以调节水分，来达到调节水稻秧田温度的目的。

塑料薄膜育苗对提高土壤温度有非常显著的效果，白天太阳辐射到地面的热量可以大部分通过塑料薄膜进入表土，而表土反辐射的热量又部分被塑料薄膜截留；同时因塑料薄膜减少了土壤水分蒸发和空气对流，所以土壤温度提高得很快，与露地相比，其温度可提高 10°C 以上。早春低温时，为了提早作物的播种期，水稻、甘薯、棉花等均可利用塑料薄膜育苗。

土壤增温剂的作用与塑料薄膜大致相同，它的主要作用是防止热量随土壤水分的蒸发而散失，所以又叫蒸发抑制剂。土壤增温剂是利用一种能够成膜的化学物质喷洒在土面上，使之结成一层半透明的薄膜，防止土壤水分蒸发。在北方春季播种时使用土壤增温剂，有一定效果。

南方早稻育秧时，常常运用灌溉与排水来调节土壤温度，因为水的热容量最大，导热性较强，白天秧田排水经太阳照射后，土壤充分吸收辐射热，以提高土壤温度，夜晚或寒潮来临前，灌深水可以防止热量散失。

利用水的热容量大的原理，北方地区的麦田常在上冻前进行冬灌，以保持土壤热量，减少小麦冻害。冬季雨雪多，早春土壤含水量大，土温不易升高，这时就要注意麦田的清沟理墒，排除渍水，促进土壤通气升温。

此外，植被、覆盖、耕作等也都有一定调节土壤温度的作用。植被能遮挡太阳的辐射，因此夏季有植被的田地其土温往往要比裸地低；冬季植被又象毛毯，可以降低土壤散热的速度，因而减少土温的日变幅。土面上覆盖禾草也有调节土温

的作用，因此，有些地区越冬前在紫云英等冬绿肥地覆盖碎草、土杂肥等以防寒保暖。镇压能降低土壤孔隙度，减少土壤中的空气，因而提高土壤导热性，使土温变幅减小；而松土的作用却相反，能提高土温的变幅。

第五章 作物土中生，因土巧施肥

祖国大地，从寒带到热带盛产多种作物和经济林木：稻、麦、棉、麻、茶、桑、油料、甘蔗、烟草、椰子、橡胶、可可、人参，以及各种水果、蔬菜，还有那茂密的森林和一望无际的草原。在劳动人民当家作主的今天，真是林茂粮丰应有尽有。

“万物土中生”，各种作物的生长都离不开土壤。根据作物对环境条件的需要和土壤的特性，合理施用各种肥料，配合其他农业措施，对调节和提高土壤肥力，满足作物整个生长过程中对水、肥、气、热等条件的要求，不断提高作物产量和品质，具有十分重要的意义。

千百年来，我们的祖先在富饶的土地上，栽培着各种作物，对肥料的作用早就有所认识。公元前十一世纪至四世纪，我国就有关于施肥的记载，例如《周颂》良耜中写到，“荼蓼朽止，黍稷茂止”，说明当时就已把荼蓼（青草）在田里腐烂，与黍稷（粮食作物）的茂盛生长联系起来，这比欧洲开始施用肥料要早两千多年。解放以后，广大贫下中农在优越的社会主义制度下，日新月异地创造了各种改土培肥，因土施肥夺高产的丰富经验。

肥料主要通过土壤发挥作用，因此施肥和土壤是有紧密联系的。施肥不仅能供给作物养分，同时对改良和培肥土壤也起着重要作用。要做到合理施肥，就需要了解作物需要哪些养分，怎样从土壤中吸收这些养分，以及土壤养分的含量、形态。

转化及其有效性等问题。

一、作物需要的养分

(一)作物需要哪些养分

化学分析和培养试验的结果证明，植物体中含有许多化合物和离子，它们都是由不同的元素组成，其中碳（来自空气和土壤中的二氧化碳）、氢、氧（来自土壤中的水）三种元素是组成植物体的主要成分，占植株干重的 95% 左右。在日光照射下，绿色植物叶片里的叶绿素，利用从空气和土壤里吸收的二氧化碳以及从土壤里吸收的水分进行光合作用，制造碳水化合物，这些碳水化合物再与矿质养分进一步合成各种有机物质。植物根系所吸收的氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁等养分元素含量，一般占植株干重的百分之几到千分之几。碳、氢、氧、氮、硫、磷、钾、钙、镁、铁这十种元素植物需要量较多，通常称为十大营养元素；硼、锰、铜、锌、铝等元素在植物体内含量极少，往往只有十万分之几或更低，叫微量元素。上述 15 种元素在作物营养中是不可缺少的，它们的作用同等重要，不能互相代替，也不能用其他元素代替，这些元素称为必需的营养元素。

不同植物体中各种营养元素的含量不一样，即使同种作物，还会因不同器官，不同年龄，不同环境条件，甚至在一天中的不同时间而有差异。从各种作物干物质中营养元素的一般含量来说，稻、麦、麻、桑、茶、蔬菜类作物氮的含量较高，甘薯、马铃薯含钾较多；从同种植物的不同器官来说，种子中一般含磷多，茎叶中含钾、钙、硅较丰富，块根、块茎中含钾量多；从植物不同生育期来说，幼龄植物钾的含量较钙多，而老年植物则

钙比钾多。生长在盐土中的植物体内，含有较多的钠和氯。

(二)主要营养元素与作物生理的关系

1. 氮

氮是构成蛋白质的主要成分，也是叶绿素不可缺少的组成部分。在作物体不停地进行着的新陈代谢过程中，都需要有生物催化剂——酶的参加才能完成。从酶的化学本性来说，都是属于蛋白质的。此外，氮素还存在于许多维生素、核酸、磷脂等物质中。这就说明了没有氮素，作物就不能存在。氮的含量约占植株干重的 1.5% 左右，并且往往转移与积集在生长旺盛的部位，如作物的幼嫩组织和种子里。

当其他条件配合适当，氮素供应充足时，作物的茎叶生长茂盛，产量高，品质好。如果氮肥施用时间过迟，用量过多，或其他条件配合不好，则容易引起植株疯长，开花和成熟期延迟，抗病、抗寒力减弱，甚至贪青倒伏，产量降低，品质变差。在不少情况下，禾谷类籽实不饱满、秕粒多、谷草比降低，棉花延迟成熟、大量落花落铃，甘蔗与甜菜含糖量降低，薯类结块小、不甜、不耐贮藏等，都是由于作物体内大部分碳水化合物与过量氮化物合成为蛋白质，影响了构成细胞壁的原料——纤维素、果胶等的形成，而且也阻碍了营养物质向穗部、籽实、块根等部位转移所造成的不良后果。

如果氮素供应不足，则作物光合作用减弱，蛋白质形成受限制，因而生长缓慢，常见的是叶片呈现黄绿色。严重缺氮时，植物很少甚至完全不分蘖，老叶逐渐枯黄，小穗数目减少，或引起花粉不孕，稻、麦的秕谷率增加，籽实小，不饱满，同样影响产量和品质。

豆科作物一般不施氮肥或施氮很少，这是因为它们能借

助于根部的根瘤菌固定空气中的分子态氮素。

2. 磷

磷存在于磷酸和核酸(核蛋白的成分)之中,是原生质和细胞核的组成部分。磷在植物碳水化合物的移动和代谢中起很重要的作用。磷酸直接参与呼吸和发酵过程,并与光合作用过程有直接关系。磷影响植物含氮物质的代谢,能提高植物组织中蛋白质氮的百分含量。棉花在开花期喷施磷肥,常能减少落蕾落铃,增加产量,原因之一就是磷促进同化产物在体内的运输。磷还能增加稻、麦等禾谷类作物的有效分蘖。如果磷在短时间内停止进入植物体,特别是在植物发育初期,会使核蛋白停止合成,而影响作物的生长发育。磷在作物体内能自由转运,幼龄的细胞较老细胞中多,生殖器官中也较多。因此,磷素供应充足时,能促进幼根、幼苗的生长和体内可溶性糖类的贮存,加速生殖器官的形成,增强抗旱、抗寒能力,促使作物提早成熟,籽粒饱满,产量高,品质好。在栽培豆科绿肥作物时,施用适量的磷肥,能大大提高鲜草产量,这就是通常说的“以磷增氮”。

如果磷素供应不足,不仅影响作物苗期和后期生长发育,还严重影响到生殖器官的形成,使开花和成熟期延迟,影响谷类作物谷粒的数量和品质。磷素严重缺乏时,能使茎叶停止生长,叶片卷曲并产生各种色斑(紫、红、棕色等),甚至使组织死亡。

3. 钾

作物体内的钾与氮、磷不同,绝大部分不直接组成到有机化合物中,而是以离子状态存在。钾与作物体内碳水化合物的合成和转移有极密切的关系。钾较多地存在于作物的茎叶里,尤其积集在幼芽、嫩叶、根尖等处。钾对作物的氮素代谢

有良好的影响,能促进作物对氮的吸收。钾素供应充足时,作物茎秆强健,抗病虫害、抗倒伏和抗寒能力增强。我国农民有“草子(紫云英)壅灰过冬,赛盖棉被三重”的经验,说明草子田冬季施草木灰可以保暖防冻。钾还能提高种子中油脂含量,提高豆类、薯类与糖用作物的产量和品质。

缺钾时,作物的光合作用减弱,生长受到抑制,茎秆机械组织不发达,坚韧性差,抗病害和抗倒伏能力弱,籽粒减少,淀粉含量降低。严重缺钾时,叶尖和叶缘枯焦,叶片多皱曲,在生长中期下部较老叶的叶缘卷曲,呈黄与褐色(火烧色),叶脉之间组织衰亡,出现铜青色。

4. 钙

钙是构成细胞壁的成分之一,能促进作物幼根生长与根毛的形成,并对保持适当的细胞原生质胶体结构有重大意义。因此,钙能增加作物对病虫害的抵抗力。钙还有消除土壤溶液中其他离子(例如酸性土中过多的 H^+ 和 Al^{+++} , 碱性土中过多的 Na^+) 对作物的毒害作用。缺钙会引起作物顶芽和幼根受害和衰亡,嫩叶失绿,叶缘向上卷曲,呈现白色条纹等。

5. 镁

镁是叶绿素的重要成分之一,对细胞的代谢有重要作用,能促进葡萄糖和磷酸化合物的形成与分解。缺镁,影响叶绿素的形成和机能,使作物的发育期推迟,还会影响激素的活性。严重缺镁时,则植株下部到上部的叶片边缘和中部失绿变白,两者之间往往保存有绿带,叶脉之间出现各种色斑等。

6. 硫

硫是构成蛋白质和酶的重要成分之一,它积极参与植物有机体的氧化还原过程。因此,缺硫会阻碍作物正常生长发育,使叶变成淡绿色,严重时叶片差不多完全变为白色。

7. 铁

铁可以促进叶绿素的形成，对作物体内氧化还原过程也有作用。铁又是某些氧化酶的成分，在呼吸过程中起重要作用。铁在作物体内多呈高分子化合物状态，不易转移。缺铁时，幼嫩叶整片退绿变成浅黄色甚至白色。

以上是几个大量元素对作物的生理作用和缺乏症状。与这些大量元素相比，作物对微量元素的需要量虽然极少，但许多微量元素存在于酶、维生素、激素及其它参与调节生活过程的有机物的组成中，因此微量元素在作物生活中亦起着非常重要的作用。微量元素主要有硼、锰、铜、锌、钼等。

硼大部分存在幼龄细胞的细胞壁中，影响碳水化合物的运输，并对作物生殖过程起很大作用。硼还影响土壤中固氮微生物的活动。作物缺硼时，体内碳水化合物的代谢过程受到严重破坏，致使马铃薯等块茎淀粉含量降低，并引起双子叶作物的机能病害(如甜菜的干腐病、马铃薯的卷叶病等)，严重影响作物开花结实，并使豆科作物的根上不能形成根瘤，嫩叶失绿，叶缘向上卷曲，顶芽与幼根生长点死亡，侧枝(腋枝)发育增强而使植株呈灌木状。

锰是作物体内许多氧化还原酶的成分，参加有机体内的氧化还原过程，能提高碳水化合物的同化作用和氮的代谢作用。缺锰时，叶绿素的形成受阻，叶上有失绿斑点，并逐渐连成条，但叶脉仍保持绿色，叶组织衰亡，叶缘向上卷曲。

铜是作物体内一些氧化酶的成分，可影响呼吸的氧化作用，影响蛋白质合成，对叶绿素有稳定作用。缺铜，禾本科作物叶尖发白，严重时不能成穗。缺铜现象多在泥炭土中出现。

锌存在于维生素 B 及碳酐酸酶中，可能与光合作用和呼吸作用吸收和释放二氧化碳有关，并间接影响生长素的合成。

缺锌时，细胞壁因缺乏生长素而不能伸长，节间缩短，叶变黄或有叶斑，叶片上呈现青铜色泽。果树缺锌时叶片失绿、簇生（称为“小叶病”）。

铝是微生物固氮作用的触媒剂，并能影响作物体内氮的代谢。缺铝影响豆科作物根瘤的形成及氮的固定，阻碍植株的生长发育；叶片失绿，形成黄、黄绿或桔色叶斑，继而叶缘卷曲，叶片向上弯曲，凋萎以至于坏死。

总的说来，上述各种元素对作物的生理作用虽各不相同，但某种元素缺乏时都将影响作物的正常生长。它们的作用是同等重要，不能互相代替，缺一不可的。

（三）作物怎样从土壤中吸收养分

作物从土壤中吸收养分是一个极其复杂的过程，首先矿质养分要成为溶解态，而且植物的根系并不是机械地吸收溶解在土壤溶液里的一切矿质成分，而是有选择性地吸收它所需要的部分。这种吸收作用不仅受植物体本身代谢作用的控制，而且也受着一系列外界环境因素，如土壤养分存在的状态、浓度、离子间的相互关系以及酸碱度、温度等的影响。

作物根系从土壤中吸收矿质元素（盐类）的方式，有离子代换吸收和接触代换吸收。

1. 离子代换（交换）吸收

这种吸收方式简单地讲，就是作物通过呼吸作用释放出的二氧化碳与土壤水分在根表面结合形成碳酸（ H_2CO_3 ），碳酸离解为氢离子（ H^+ ）和酸式碳酸根阴离子（ HCO_3^- ），土壤胶体上或土壤溶液中的矿质元素阴离子（如铵、钾、钙、镁等离子），被根表面的氢离子进行交换后，进入根细胞与原生质内离子进行交换，并随着作物体的呼吸作用和蒸腾作用而进入

作物的叶片及其它各部分, 根的这种吸收叫做离子代换吸收。

据研究, 根系吸收无机盐最有效的区域只是在根尖 2~3 厘米以内。土壤溶液中的各种离子, 除被根系吸收以外, 一部分还会随土壤水分移动而流失或渗漏损失, 或受微生物的利用而暂时变为对作物无效。同时, 溶液中的各种阳离子也能经常与土壤胶体所吸收的离子进行等当量(当量即元素或化合物和 8 个重量单位的氧或 1 个重量单位的氢相互作用时的量)、可逆性的交换, 通过这种交换使施入土壤中的肥料被土壤有机无机胶体吸收保存下来, 慢慢地供作物吸收利用, 而减少其损失。这种离子交换作用还可调节土壤溶液的化学组成和离子浓度, 有利于根系的活动。

此外, 作物根部也能分泌出柠檬酸、葡萄糖酸等有机酸, 这些酸解离出的有机酸根阴离子, 也可与土壤溶液中的阴离子(如硝酸根、磷酸根)进行离子交换吸收。

离子代换吸收是作物根系对土壤中矿质养分的主要吸收方式。通过栽培管理, 使土层疏松, 土壤保持适量的空气和水分, 作物根系和地上部分生长良好, 呼吸作用旺盛, 有利于离子代换吸收的进行。

2. 接触代换吸收

根系与土粒紧密接触时, 直接与土壤胶体上吸附的阳离子进行交换吸收, 称为接触代换吸收。这种吸收方式必须根尖与土粒紧密接触才能进行。

(四)作物对养分的需要量

作物的不同品种, 甚至同一品种在不同的条件下, 其各组成部分营养元素的含量是不尽相同的。这除了作物本身的差异外, 还受着土壤环境条件和栽培技术水平的影响。因此, 要

解决不同产量水平下作物的施肥量,是一个相当复杂的问题。根据不同产量水平下,作物籽实中营养元素的含量,能大致了解作物对养分的需要情况(见下表)。应当注意,这些数字只能作为按产定肥的参考,在具体施肥时还必须结合土壤肥力状况、栽培技术条件 and 生产管理水平等来考虑。因为在各种不同条件下,土壤潜在肥力活化的程度不同,即土壤的供肥力不同,作物对肥料的需求和利用也不一样。因此,绝不能机械地根据作物从土壤中带走多少养分元素就补充多少来指导施肥。必须注意当时当地各种综合因素的影响,还应采取有效措施,加速土壤养分循环,活化土壤潜在肥力,适当施用肥料,提高肥料利用率,争取籽实与茎秆比值的加大,从而达到经济合理施用肥料,不断提高作物产量和品质的目的。

表 7 主要作物每 100 斤籽实吸收氮、磷、钾的数量

| 作物种类 | 氮(斤) (N) | 全磷(斤) (P ₂ O ₅) | 全钾(斤) (K ₂ O) | 备 注 |
|------------------------|-------------|---|-----------------------------|---|
| 水 稻 | 2.40 | 1.25 | 3.10 | (1) 资料来源于1974年 年全国化肥合理使用 座谈会材料。 |
| 冬 小 麦 | 3.00 | 1.25 | 2.50 | |
| 春 小 麦 | 3.00 | 1.00 | 2.50 | |
| 玉 米 | 2.60 | 0.90 | 2.10 | (2) 豆科绿肥系指每 生产1000斤鲜茎叶 所需养分含量。 |
| 高 粱 | 5.20 | 2.70 | 6.10 | |
| 棉花(皮棉) | 15.00 | 6.00 | 10.00 | (3) 花生、绿肥等豆 科作物主要是借助根 瘤菌固定空气中氮 素,从土壤中吸收的 氮仅占三分之一左右。 |
| 油 菜 籽 | 5.80 | 2.50 | 4.30 | |
| 花 生 ⁽³⁾ | 6.80 | 1.30 | 3.80 | |
| 大 豆 | 7.2 | 1.8 | 4.0 | |
| 烟 草 | 4.10 | 0.70 | 1.10 | |
| 豆科绿肥 ⁽²⁾⁽³⁾ | 5.00 | 0.90 | 3.70 | |

二、土壤是作物生长的物质基础

土壤是作物生长的物质基础，了解土壤养分的含量和形态及其转化，对于采取适当措施，提高土壤养分有效性是非常必要的。

(一)土壤养分的含量和形态

土壤中氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁及微量元素等养分的含量，因土壤中矿物质和有机质的组成与数量，以及栽培作物和耕作、施肥等措施不同而有很大的差异。在一般土壤条件下，作物所必须的大部分养分元素都可以从土壤中得到满足，但是氮、磷、钾三元素(特别是氮)，因作物的需要量较大，而一般土壤中含有的能为作物直接吸收利用的有效(速效)养分数量较少，因此常常感到缺乏，需要增施氮肥、磷肥和钾肥，才能满足作物生长发育的需要。

1. 土壤中氮的含量和形态

土壤中氮素的含量虽受自然因素(如植被、温度和降水量等)的影响，但受土地利用方式、耕作、施肥以及灌溉等农业措施的影响更大。一般来说，自然土壤中氮的含量高于同一类型的耕作土壤，而水稻土又比旱作土壤的含氮量高一些。我国主要地区耕作土壤耕层全氮含量如表8。一般来说，东北黑土地区含氮量较高，华东、中南、华南、西南地区含氮量中等，而黄淮海、西北、蒙新地区含氮量则较低。

土壤中氮素的形态可分为有机态氮和无机态氮两大类。一般无机态氮只占总氮量的1~3%，常以硝态氮(NO_3^-)和铵态氮(NH_4^+)的形态存在于土壤溶液中或被土壤胶体所吸收。

铵态氮是作物能直接利用的有效态氮。有机态氮主要是动植物残体以及这类有机物经微生物作用后形成的腐殖质所组成,其中除少量可溶性氨基酸和酰胺外,植物大多不能直接吸收利用,必须经过微生物分解,转变为无机态氮后,才能为作物所利用。存在于土壤空气中的分子态氮,作物不能直接吸收利用。据估计,在耕作情况下,一季作物从土壤中吸收的氮量,不超过耕层土壤中总氮量的4%,一般土壤中氮素的含量不高,而其中占主要部分的有机态氮,由于微生物的反复分解、合成,及与粘土矿物互相复合,其组成变得很复杂,分解较难,再加上水、气、热等条件的影响,因此转化出来的有效态氮往往不能满足作物的需要。为了获得丰产,施用氮肥往往是农业施肥中首要而普遍的问题。

表 8 我国主要地区耕作土壤耕层全氮(N)含量

| 地 区 | 一 般 变 幅 (%) |
|---------|-------------|
| 东北黑土地区 | 0.15~0.35 |
| 黄淮海地区 | 0.03~0.10 |
| 西北黄土地区 | 0.04~0.10 |
| 长江中下游地区 | 0.05~0.19 |
| 华中地区 | 0.06~0.18 |
| 华南地区 | 0.06~0.21 |
| 西南地区 | 0.04~0.19 |
| 蒙新干旱地区 | 0.05~0.20 |
| 青藏高寒地区 | 0.05~0.27 |

2. 土壤中磷的含量和形态

土壤中磷素含量,因受母质、成土过程(土壤类型)以及耕作、施肥和侵蚀等因素的影响,变幅较大。我国土壤磷素的含量一般在0.05~0.30%范围内,其分布规律,大体上从南到

北有逐渐增加的趋势。

表 9 我国主要土壤全磷含量

| 土壤类型 | 地区 | 成土母质 | 全磷 (P_2O_5) 含量 (%) |
|---------|---------|---------|---------------------------|
| 黑土、白浆土 | 东北 | 黄土性沉积物 | 0.14~0.35 |
| 黑钙土、栗钙土 | 东北、内蒙古 | 黄土及坡积物 | 0.16~0.30 |
| 棕壤、褐土 | 华北、西北 | 黄土母质为主 | 0.12~0.16 |
| 矮土、黑垆土 | 西北黄土高原 | 黄土母质为主 | 0.14~0.18 |
| 黄潮土 | 华北平原 | 黄土性冲积物 | 0.11~0.18 |
| 砂姜黑土 | 淮北平原 | 黄土性老沉积物 | 0.06~0.10 |
| 黄棕壤 | 江淮丘陵 | 下蜀黄土 | 0.05~0.12 |
| 水稻土 | 长江中下游平原 | 冲积物 | 0.10~0.16 |
| 红壤、黄壤 | 华中、西南 | 酸性母质 | 0.04~0.08 |
| 砖红壤 | 华南、滇南 | 玄武岩 | 0.08~0.17 |
| | | 酸性母质 | 0.05~0.12 |

磷素在土壤中的移动很小，由于地形或土地利用方式不同，同一母质发育的土壤中磷素的含量也有局部的变异。在丘陵地区这种变异更为明显，如中国科学院南京土壤研究所江宁试验农场，同为黄土母质，岗地土壤中磷的含量很低，施用磷肥有极明显的效果，而丘谷中的冲田土壤含磷量则较高，施用磷肥基本无效。平原地区，常形成以村庄为圆心，土壤养分含量逐渐减少的趋势，距村庄远的地方往往表现出磷肥肥效明显，而村庄附近则否。

土壤中全磷的含量并不能作为土壤磷素供应的有效指标。因为土壤中磷素大部分是以迟效状态存在，而且有效磷

并不常和土壤的全磷含量呈直线相关，所以土壤全磷含量高并不意味着磷素供应充分，但土壤全磷含量低时，却往往显示着磷素供应不足。一般来说，土壤全磷含量在 0.08~0.10% 以下时，磷肥常可表现出增产效果，如在安徽祁山石灰性青砂土上，磷肥对晚播小麦可增产 140%；江西进贤红壤上磷肥肥效也极显著。土壤全磷含量在 0.08~0.10% 以上时，磷肥效果往往与作物类型等条件有明显关系。

土壤中的磷素可分有机磷和无机磷两大类，有机磷的含量约占全磷量的 10~30% 左右，水稻土的嫌气环境，有利于有机磷的积累，其含量可以更高些。一般认为有机磷处于较稳定状态，对当季作物营养所起作用不大，但在一定条件下(如温度高至 35℃) 能部分转化为作物可吸收状态。土壤中的磷

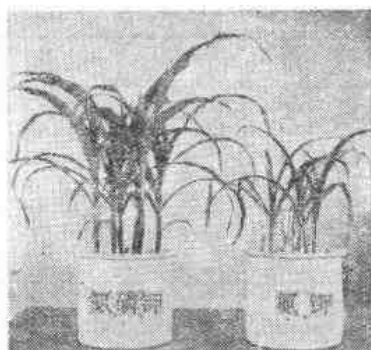


图 39 红壤磷肥肥效试验
(江西进贤)

素以无机磷为主，但在无机磷中只有极小部分是水溶性、吸附性等有效态磷；大部分为铁、铝、钙等迟效性磷酸盐，需在一定条件下才能转化为有效态磷；还有闭蓄态磷酸盐(被铁的胶膜包蔽的铁、铝磷酸盐)，是作物难于利用的磷素。因此，土壤中有效磷的含量是比较低的。

3. 土壤中钾的含量和形态

土壤中的钾素主要来源于含钾矿物，因此土壤中钾的含量与成土母质和其风化程度有密切关系。根据现有资料看出，我国土壤中钾的含量一般比较丰富。南方砖红壤全钾含

量低于 1%，是我国钾素供应水平最低的土壤；江淮丘陵地区黄棕壤含钾在 1.0~2.0% 之间，钾素供应水平中等；东北地区的黑土全钾含量 1.5~2.5%，是我国钾素含量最高的土壤。我国主要土壤全钾含量见下表：

表 10 我国主要土壤全钾含量

| 土壤类型 | 地区 | 成土母质 | 全钾(K ₂ O)含量(%) | |
|---------|---------|----------|---------------------------|-----------|
| | | | 平均 | 幅度 |
| 黑土、白浆土 | 东北 | 黄土性沉积物 | 2.12 | 1.72~2.49 |
| 黑钙土、栗钙土 | 东北、内蒙古 | 黄土及坡积物 | 2.59 | 2.36~2.90 |
| 棕壤、褐土 | 华北、西北 | 黄土母质为主 | 2.06 | 1.66~2.84 |
| 塋土、黑垆土 | 西北黄土高原 | 黄土母质为主 | 2.23 | 1.92~2.83 |
| 黄潮土 | 华北平原 | 黄土性冲积物 | 2.18 | 1.63~2.39 |
| 砂姜黑土 | 淮北平原 | 黄土性老沉积物 | 1.79 | 1.65~1.89 |
| 黄棕壤 | 江淮丘陵 | 下蜀黄土 | 1.54 | 0.53~2.25 |
| 水稻土 | 长江中下游平原 | 冲积物 | 1.73 | 1.10~2.77 |
| 红壤、黄壤 | 华中、西南 | 酸性母质 | 1.15 | 0.47~2.19 |
| 砖红壤 | 华南、滇南 | 玄武岩、酸性母质 | 0.26 | 0.06~0.77 |

土壤中钾素大体可分为三种状态，难于为作物利用的原生矿物和粘土矿物中的钾，是土壤全钾含量的主体；第二类是缓效性钾，它可逐渐转化为速效性钾，但通常只占土壤全钾含量的 2% 以下；第三部分是速效钾，以代换性钾为主，包括一部分有机质所吸附的钾。土壤速效性钾含量的多少与钾肥肥效有一定的相关性，故可作为施用钾肥的参考指标（见表 11）。

表 11 土壤速效钾水平与钾肥肥效的关系

| 土壤速效钾含量 | 土壤供钾及钾肥的肥效 |
|------------------------------------|--|
| 每亩少于 12 斤钾 (少于 4 毫克钾/100 克土) | 土壤严重缺钾, 作物根系难于从中吸收钾离子, 钾肥肥效显著。 |
| 每亩 12~25 斤钾 (4~8.3 毫克钾/100 克土) | 土壤钾素供应低, 施用钾肥有效。 |
| 每亩 25~45 斤钾 (8.3~15 毫克钾/100 克土) | 在一定条件下施用钾肥有效, 其肥效大小因作物品种, 氮、磷、化肥施用量, 施肥方法和耕作条件等而异。 |
| 每亩 45~60 斤钾 (15~20 毫克钾/100 克土) | 土壤钾素供应高, 施用钾肥一般无效。 |
| 每亩多于 60 斤钾 (多于 20 毫克钾/100 克土) | 钾素供应较高, 即使施用大量其他化肥时也不需要施用钾肥。 |

江苏宜兴县白土, 每亩耕层含有效钾约 20 斤, 亩施氯化钾 20 斤, 可增产稻谷约 13%; 如皋县高砂土每亩耕层含有效钾约 15 斤, 钾肥肥效也很显著。



图 40 白土钾肥肥效试验
(江苏宜兴)

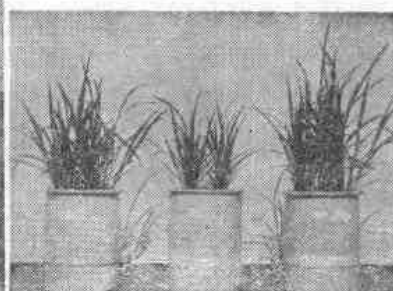


图 41 高砂土钾肥肥效试验
(江苏如皋)
左: 施窑灰钾肥; 右: 施氯化钾肥;
中: 不施钾肥

(二)土壤中养分的转化

土壤中的养分以多种形态存在，由于水气消长，温度升降，作物生息等条件的变化，使对作物迟效和速效的各种养分总是处在相互转化之中。了解土壤中养分的转化规律，就可以采取一定的措施，使其向有利于作物正常生长发育方面转化。

氮素是土壤中最活跃的成分，一般也是农业生产中着重调节的因素之一。土壤中能直接被作物直接吸收利用的无机态氮（铵态或硝酸态氮），常只占总氮量的 1~3%，大部分是作物不能直接利用的有机态氮。在合适的水、热等条件下，土壤中氨化细菌等微生物能分解有机氮并释放出氨（溶于水变为铵离子），这种氨和铵态氮肥中的铵离子一样，除可及时供作物利用外，还可被土壤胶体吸附保存，但在一定条件下也会因挥发而损失。在通气良好时，氨进一步被硝化细菌氧化形成的硝酸根，亦可供作物利用，但因硝酸根带负电荷，不能被也带负电荷的土壤胶体吸附保存，故易随水渗漏或流失。在土壤通气不良时，硝酸还可受反硝化细菌作用，转变为分子态氮而造成有效氮素的损失。在能源物质（如未腐解过的秸秆等）充足时，无机氮亦可被微生物在繁殖过程中利用组成其机体，而转变为有机态氮。条件合适时，土壤中的固氮菌和根瘤菌还可把土壤空气中分子态氮固定为有机氮，豆科作物体中约有三分之二的氮素就是由根瘤菌固定的。因此，我们可以采取耕作、施肥、灌排等措施，控制土壤中氮素的转化，并防止它在各方面的损失，以满足作物对氮素的需要。土壤中氮素的积累和转化可参阅图 42。

土壤中的有机磷经磷细菌作用后逐渐转化为能被作物直

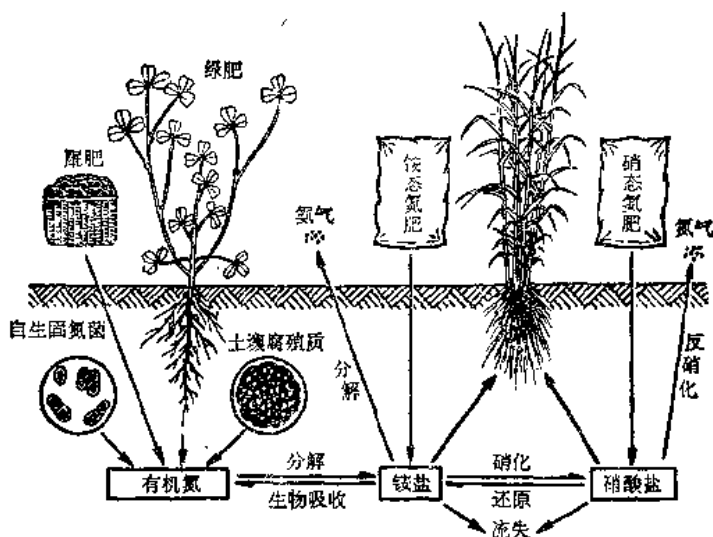


图 42 土壤中氮素的积累和转化示意图

接利用的无机磷，因此，施用有机磷细菌肥料，可促进土壤有机磷转化成无机磷。土壤无机磷中的难溶部分，也可由无机磷细菌分解释放为有效态；无机磷中的水溶性及代换性部分，虽能为作物直接利用，但其含量极少，就是施入土壤中的速效磷肥，一般也很快被土壤中的铁、铝、钙、镁等离子固定为难溶性磷酸盐，如土壤风化程度较深，胶态氧化铁大量积聚，则更多地形成闭蓄态磷。南方酸性或中性水稻土较早作土壤中磷的有效性要高，因为在淹水还原条件下，铁、铝磷酸盐被活化转变为作物易于吸收利用的一价和二价磷酸离子(H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-})。在中性和石灰性旱作土壤中，铝、钙、镁磷酸盐在一定条件下，可转化为对作物有效的状态。

土壤有机质中与微生物细胞中所含的钾，易于转化为水溶性钾。原生矿物如正长石、白云母和一些粘土矿物中的钾，

不能被作物直接利用，但在冷、热、风、雨等因素影响下，经过风化作用以及硅酸盐细菌等微生物的分解，可慢慢转化为有效态。其中黑云母、伊利石等矿物较易转化，是代换性钾的贮源。钾离子在土壤干湿交替下可进入粘土矿物的晶格内而被“固定”也可经由化学及生物作用而固定，但钾素固定和释放，处于动态平衡，因此，可以采取多施有机肥加强土壤微生物活动，分次施用或深施钾肥（因表土湿度变化大），以及直接接种硅酸盐细菌等措施，来增加土壤有效钾的数量。

土壤中其他营养元素也都随着水、气、温度、酸碱度及微生物等条件的变化而处在不断的运动和转化之中。但和氮、磷、钾三要素相比，它们变化的幅度一般较小，而对作物有效性的幅度却较大。

（三）土壤性质对土壤养分有效性的影响

根据辩证法的观点，事物的运动都和它周围事物互相联系和相互影响。土壤中各种形态养分的含量及其相互转化，除了受气候等条件的影响外，也与土壤特性密切相关。采取各种措施改善土壤性质，可使土壤养分更好地满足作物的需要。

1. 土壤砂粘性的影响

由于成土母质、地形部位以及人为因素的影响，造成土壤有砂有粘。土壤的砂粘性直接或间接影响土壤养分的转化、供应和保蓄。砂粘适中的土壤，也就是通常所说的两合土，水气协调，有利于微生物活动，养分释放快，而且因其含有一定量的土壤胶体，能保蓄较多的矿质态养分，不断供作物吸收利用。砂质土潜在养分含量少，虽然施入其中的有机态养分易于转化，但保蓄养分的能力差；粘质土吸肥、保肥性比较好，但因其通气性较差，因此养分的有效化也慢。土壤砂粘成分不

仅在表土，而且在底土以及整个土层中的排列也都影响到养分的形态转化以及失和留。实践证明，因地制宜采取砂掺粘，粘掺砂，增施有机肥料，深翻等措施，能调剂土壤的质地，有利于土壤养分的释放和积累，改善土壤的供肥、保肥性及其水、气、热条件，促进作物高产。

2. 土壤酸碱性的影响

土壤溶液的酸碱性不仅直接影响作物的正常生长，也影响土壤微生物的活动，以及土壤养分存在的形态和有效性。土壤过酸、过碱都会大大限制土壤有益微生物的活动，从而影响各种难溶性有机和无机态养分的转化。随着土壤酸性加强，铁、铝的活性增大，速效磷被固定为迟效的磷酸铁、铝，甚至进而形成对作物更难有效的闭蓄态磷酸盐，磷的有效性大大降低。在碱性土壤（包括石灰性土）中，钙离子的活性大，有效磷同样易被固定为迟效性磷酸钙。土壤酸碱性还影响某些微量元素的活性，一般酸性土中微量元素的有效性较高，但有时微量元素含量过高对作物反而会产生毒害作用，如安徽宣郎广农场某些 pH 4.5 的红壤，其代换性锰的含量高达 100ppm，致使敏感作物桉麻幼苗受毒害而死亡，施用石灰中和土壤酸度，能降低或消除锰的毒害作用。反之，土壤碱性愈强，锰的有效性愈低。中国科学院南京土壤研究所在江苏省铜山县孟庄大队，对 pH 8~8.5、代换态锰含量仅 0~2.2ppm 的石灰性砂质土壤上进行锰肥试验，施用锰肥可使小麦增产 6.9~22.6%。

3. 土壤水分的影响

土壤水分可比作土壤的“血液”，它与作物生长、微生物活动密切相关，土壤养分的转化、溶解、移动都离不开水。土壤水分不仅会影响土壤的温度和热量，而且它和空气互相消长，

水分太多时,土壤有机质在嫌气性微生物为主的条件下分解,不仅养分释放速度慢,还会产生还原性有毒物质(如硫化氢、氧化亚铁等),对作物生长不利。排水不良的湿土或泥炭土、沼泽土等,颜色深灰,营养元素含量也可能较高,好象很肥沃,但往往缺乏有效性养分,必须通过排水降低地下水位或耕翻等措施,加强土壤中的氧化过程,才能有利于养分的有效化;反之,如果土壤水分太少,不仅有机质难于分解,施入土壤中的化学肥料也难以溶解、移动,养分的效果也不能充分发挥。因此,灌排和耕作等措施,既可调节土壤水分,又可控制和调节土壤养分。

三、肥是农家宝,全靠施得巧

肥料是作物的“粮食”,是农业稳产高产的重要物质基础。为了发挥肥料的最大效益,必须做到经济合理施肥。从已有的试验结果来看,在我国的一般条件下,作物对化学氮肥、磷肥和钾肥的利用率都不是很高。据统计,在水田中的利用率,氮肥约为35~60%,磷肥为10~25%,钾肥为30~60%,也就是说施到田里的氮、磷、钾肥约有一半甚至大部分没有被当季作物吸收利用,其中一部分在土壤中转化为迟效性养分,另一部分则因损失而白白浪费掉了。如果我们能把肥料的利用率提高10%,就相当于每年增产几百万吨化肥,或增建了相当生产能力的化肥厂。这是有可能做到的,看土、看肥、看天、看苗来确定施肥时期、种类、用量和方法,就是提高肥料利用率的重要措施之一。下面提出几项合理施肥的原则,可作为施肥的参考。

(一)看土质肥瘦施肥

土质肥瘦,也就是俗话说的田脚好坏,反映在作物生长上有极明显的差别。砂粘适中,肥劲足而长的土壤,发小苗,又发老苗,对氮肥种类和用量的选择性较小,在作物生长期中总的施肥量可少些,为节省劳力施肥次数也可以少些,而一次用量则可相对多些;但应注意施氮肥的时期不要过迟,以免作物贪青晚熟。对保肥较好,但肥效慢,前劲小、后劲足,发老苗不发小苗的土壤,如粘质土、低洼地等,施肥时则应注意前期速效养分的供应(特别是氮肥)和防止后期作物贪青倒伏等问题。对保肥、供肥力都较差,肥劲不足的砂土,除多施有机肥外,化肥还应少量多次施用,以免造成肥料浪费和作物缺肥。肥效快但保肥力较差,有前劲,少后劲,发小苗不发老苗的土壤,如砂质土,施肥时也应注意少量多次施用,尤应注意防止作物后期脱力早衰。

施肥时除了考虑肥效快慢及肥劲长短外,还必须注意各种养分在土壤中的协调关系。在长期大量施用氮肥的土壤中,氮磷比,氮钾比都升高,要进一步高产必须注意配合使用适量的磷、钾肥。瘠薄瘦地,施用有机肥不足,新平整的生土,以及南方一些酸性土中,速效磷尤为缺乏,在施用氮肥的基础上,配合施用磷肥,增产效果显著。

我国土壤中钾的含量比氮、磷丰富,而且每年有一定量的钾素随有机肥和草木灰施入土壤。但随着复种指数和农业产量不断提高,土壤钾的消耗量也不断增加,在某些土壤上配合氮、磷肥施用钾肥,已经表现出明显的增产效果。

此外,在某些特殊的土壤和作物上,除氮、磷、钾肥外,还应注意钙、镁、硫、铁等其他元素和微量元素肥料的施用。已



图 43 白土钼肥肥效试验(江苏溧阳)

有的一些试验证明，某些微量元素肥料有明显的增产作用。东北地区，在大豆上施用钼肥增产 16.6%；江苏徐州地区石灰性冲积土上施用钼肥，花生可增产 44.6%；江苏溧阳白土，钼肥浸种使大豆和花生增产 4~26%；湖北某

些地区油菜喷施硼肥，菜籽增产 61~342%；陕西、江苏等地对毛叶苕子、紫云英、小麦、甜菜等施用锰肥，也收到良好的增产效果。

(二)看土壤酸碱性施肥

我国北方地区大面积土壤因含不同程度石灰或盐碱，施用铵态氮肥其挥发损失是较为突出的问题。这些土壤，尤其是 pH 9 左右的碱土，施入硫酸铵、氯化铵等铵态氮肥后，将很快转化成碳酸氢铵，如果氮肥是施在地表，则将引起碳酸氢铵迅速分解造成氨的大量挥发损失，降低氮肥肥效。

酰胺态的尿素，施在土表或施后盖土不严，在土壤 pH 7 的时候，就可变为氨气而挥发损失，当土壤酸碱度达 pH 7.7 左右时，氨气的挥发损失更为严重。这种损失量有时可达施肥量的 20~40%。

土壤碱性愈强，以及高温、大风蒸发剧烈，则施在土表的铵态氮肥中氨的挥发损失也就愈大。施用碳酸氢铵及氨水时氨更易损失。采取氮肥深施、集中施、施后严密盖土等方法，

由于土壤对铵离子以及挥发出来的氨分子的吸收、吸附,这类损失可大大减少。此外,施用酸性或生理酸性肥料(指肥料中的阳离子被作物吸收后,酸根遗留在土壤中的肥料),在一定程度上可以起到降低土壤碱性的作用。

北方降雨量不多,硝态氮肥的淋失较少,在旱地施用硝态氮肥显然要优于铵态氮肥。根据山东、河南等省的小麦试验表明,硝态氮肥的肥效相当于硫酸铵的136%。

石灰氮(氰化钙)是一种碱性肥料,在土壤中水解为氰氨(氰氨对作物有毒害),并继续转化,最后成为碳酸铵。石灰氮施于酸性土(在作物播种或移栽前1~2周施下作基肥,或与泥土、有机肥混合堆沤转化后施),可中和土壤酸性,而且其转化较快;但施于碱性土中,不仅增强土壤碱性,而且分解慢,生成的氰氨可进一步合成为作物更难利用毒害更大的双氰氨,故石灰氮不宜在碱土上施用。

我国南方大面积酸性土,施用铵态氮肥虽然直接挥发损失较少,但由于土壤胶体吸收的代换性铝较多,减弱了对铵离子的吸收保存能力,加上高温多雨,因此对氮肥也应注意施用方法以减少其损失。由于土壤偏酸,应注意长期施用硫酸铵等酸性或生理酸性肥料后对土壤酸度的影响。在某些地区需要配合施用石灰以中和土壤的酸性。

前面已经说过,磷肥在北方石灰性土壤中易固定成难溶的磷酸三钙,在南方酸性土中固定成难溶的磷酸铁、铝。这些固定产物在形成初期,由于比表面较大,有一定活性,仍可保持一定肥效,但随着时间的延续,固定物老化、结晶,肥效就会逐渐降低。但弱酸溶性磷肥(钙镁磷肥、钢渣磷肥)或难溶性磷肥(骨粉、磷矿粉),在酸性土中受土壤溶液中氢离子或作物根系、土壤微生物分泌的碳酸或有机酸的作用,可逐渐溶解释

放为有效磷，因此这些磷肥施用在酸性土上较碱性土上效果好。

(三)看土壤水分施肥

肥和水是密切相关的。俗话说“以水调肥，以水促肥”，包含着深刻的科学道理。旱地土壤水分太少，不仅有机肥难于转化，就是各种化学肥料，作物也难于吸收利用，这时施肥就要结合灌水，或趁小雨前施用。土壤湿度大，化肥可稍浅施，湿度小就应施深些。水稻田追施化肥尤其是氮肥要先看水层，水层过深，肥效就会降低，薄水层施肥肥料浓度大，施后如能立即结合耘耖，更可加速土肥融合，有利稻根吸收。硝酸态氮肥，土壤吸收少，易随水流失，而且在淹水的还原条件下会产生反硝化作用造成氮素损失，据估计，这两种损失可达施用量的20~50%，有人试验水稻施硝酸铵其肥效只相当于硫酸铵的50~70%，但在中、晚稻后期施硝态氮作穗肥，由于水稻对它吸收利用快而多，故效果也很好。无论水田或旱地，在大雨、暴雨前不要施肥，以免肥料因地面径流和渗漏而损失。

(四)看肥料性质施肥

根据肥料性质施肥，常可提高肥效，例如大寨大队在施用有机肥料时，把骡、马粪等热性肥料施到阴坡地，猪、牛粪等冷性肥料施到阳坡地。有些地区粘质土多施秸秆杂肥，砂质土多施猪粪等泥肥。至于各种化学肥料，其养分含量、形态以及挥发等特性不同，施用时更应注意，以充分发挥其肥效。现将化学肥料施用时应注意的问题列举如下：

1. 化学氮肥

目前我国农村施用得较多的化学氮肥为碳酸氢铵，还有

一部分氨水。广大贫下中农和科研单位根据铵态氮肥,尤其是氨水和碳酸氢铵易于挥发损失的特点,近几年来逐渐改变了过去粉肥撒施在土表的方法,创造了球肥深施、集中点施或秒田深施等先进方法,这样既减少了氮素的损失,而且肥效持续时间长,施用量可显著减少,还可减少杂草藻类等对肥料的消耗,因此肥料的利用率大大提高。据湖南农科院土肥研究所试验,氮肥的利用率与施用方法有如下的关系(表12)。球肥深施后肥效稳而长,应注意提早施用,以免作物贪青迟熟。

表 12 氮肥深施与利用率的关系

| 利 用 率 氮 肥 品 种 | 施 肥 方 法 | 球肥深施 | 粉肥深施 | 表层撒施 |
|----------------------------|---------|------|------|------|
| | (%) | | | |
| 硫 酸 铵 | | 70.4 | 60.8 | 55.9 |
| 碳 酸 氢 铵 | | 54.1 | 51.6 | 28.6 |
| 尿 素 | | 82.7 | 46.5 | 40.1 |

铵态氮肥中,氨水最易挥发损失,温度越高氨的挥发越快,时间越长挥发越多。据试验,氨水在 22~24°C 时,敞开放置,两天后可跑氮 90% 以上,因此,氨水应在阴凉干燥地方密封贮存。施用时应特别注意兑水冲稀,深施盖土。

碳酸氢铵是我国目前生产的主要氮肥品种,它的工艺过程便于小型生产。但碳酸氢铵有容易吸潮以及挥发的缺点。广大贫下中农和科技人员根据碳酸氢铵的特点,创造了许多减少和防止其挥发损失的施用方法,例如,将碳酸氢铵与有机肥、磷肥或粘土等制成球肥,用人工方法进行水稻深施追肥。但由于制球和贮存过程中,氮素仍有所损失,据试验这种损失有

时可达 25~40% (以球肥中的氮素计), 因此最好随制随施。针对这种情况, 近年来江苏省金坛县农具厂职工和中国科学院南京土壤研究所的科技人员, 试验了碳酸氢铵机械压粒, 将碳酸氢铵粉肥压制成 0.5~1 克重的粒肥, 进行深施后能较大地提高肥效。据在江苏省六合县进行的水稻试验证明, 碳酸氢铵压粒深施比拌土制成球肥深施(随拌随施)的肥效好, 无论产量或氮素的利用率都明显的提高(见表 13)。

表 13 碳酸氢铵压制粒肥对水稻产量和吸收氮素的影响

| 处 理 (施肥量均 60 斤/亩) | 稻谷产量 | | 稻草产量 | | 稻谷吸收的 氮 素 | | 稻草吸收的 氮 素 | |
|-------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | 实 产 (斤/亩) | 增产 (%) | 实 产 (斤/亩) | 增产 (%) | 含氮 (%) | 折合氮素 (斤/亩) | 含氮 (%) | 折合氮素 (斤/亩) |
| 粉状碳酸氢铵撒施 | 546 | — | 342 | — | 1.14 | 6.22 | 0.70 | 2.39 |
| 碳酸氢铵球肥塞施 (随拌随施) | 606 | 11.0 | 402 | 17.5 | 1.20 | 7.27 | 0.72 | 2.89 |
| 碳酸氢铵机械压粒塞施 | 680 | 15.4 | 468 | 36.8 | 1.25 | 7.88 | 0.72 | 3.37 |

注: (1) 肥料于插秧后约一周内施入, 均未耘耩;

(2) 为小区试验, 每区 0.12 亩, 重复三次。

由于碳酸氢铵在压粒过程中, 不需加热、加水或掺入其他物质, 这就减少了压粒过程中氮的挥发损失, 而且碳酸氢铵压粒后有利于机械施肥。在碳铵化肥厂的生产过程中, 只需要增加一道压粒工序, 就可以大规模机械生产。因此, 发展碳酸氢铵粒肥是提高碳酸氢铵肥效的一项好方法。

碳酸氢铵除了直接压粒施用外, 还可以在粒肥外包被一层半透性或缓溶性薄膜, 制成长效肥料。在目前研究工作中, 试用含磷物质(如钙镁磷肥)作为包膜的材料, 并在包膜层外

表封以少量的沥青石蜡。这种肥料能够在一定时间内缓慢释放养分,它能够减少养分的淋失和挥发,降低土壤的固定作用和反硝化作用,即使施肥量较大,也不致引起烧苗,或造成作物对肥料的奢侈吸收,因此,能提高肥料利用率,降低施肥量。在江苏、安徽、广东等地进行的水稻试验,初步证实长效碳酸氢铵能延长肥效。据此,在某些土壤和特殊栽培条件下,以一次施用长效肥料作基肥,来代替普通碳酸氢铵分次施肥,达到既节省施肥劳力又获得增产是有可能的。这一工作还有待深入研究。

2. 化学磷肥

磷肥不挥发和淋失,但它在土壤中移动微弱,又易于被固定,所以磷肥的利用率比氮肥更低。但磷肥肥效较长,除对当季作物有效外,往往对后季作物仍然有效。注意采用合理的施用方法,既可发挥其肥效长的特点,又可减少其易被固定的缺点。磷肥怎样施好呢?一般采用混合施用、集中施用和早作施用等方式。

混合施用:磷肥与3~5倍优质厩肥或堆肥混合后施用,由于有机肥具有很大的代换性能,能和大量固磷物质(如铁、铝、钙等)结合,从而保护磷素,显著减少固定作用,并且也有助于非水溶性磷肥的溶解。

集中施用:将磷肥条施,穴施,沾秧根,塞秧蔸,拌种等,可以因地、因作物制宜,广泛采用。集中施可以增加磷肥和根系接触的机会,提高磷肥的利用率。有人试验磷肥利用率,沾秧根为48%,塞秧蔸为38%,而撒施只有13%。

早作施用:在南方水旱轮作中,早作上施入的磷肥,收获后仍有70~80%留在土壤中,这些磷由于土壤和微生物的固定作用转化为作物难于利用的状态,但在后季栽培水稻时,由

于淹水所造成的还原条件，被固定的磷可转化成对作物有效的状态，继续发挥肥效。应用同位素试验表明，淹水后土壤中的有效磷量可提高 2~3 倍。因此在旱作土施用磷肥，后季水稻就可少施或不施磷肥，三熟制中的后季稻，磷肥用量可以更少一些。

根据上述情况，在南方磷肥有效地区，不同水旱轮作中，可考虑以下施磷原则：在绿肥和双季稻轮作时，绿肥应施足磷肥，早稻不施磷或施少量磷，晚稻少施磷，简称“一重二免三轻”；在旱作和单季稻轮作时，旱作施足磷肥，水稻降低用量，简称“旱足水轻”；在旱作和双季稻轮作时，旱作施足磷，晚稻少施磷，早稻减少用量，简称“早重早轻晚少”。

3. 其他化学肥料

随着农业生产的发展和作物产量的不断提高，应注意作物对钾、钙、镁、硫、铁等其他元素和微量元素需要量的增加。微量元素肥料用量少，可采取浸种或叶面喷施，浓度一般控制在千分之一左右。对一些工业废物如锰渣等也可直接施入土壤，但应注意土壤污染的问题。

此外，经济合理施肥除看土、看肥外，还必须看天、看苗施肥。在看天方面，特别是气温和降雨影响较大。如气温低时，土壤有机质分解缓慢，氮、磷等速效养分供应较为缺乏，往往需要及时补充；天气转冷，可酌施磷、钾等肥，以增强作物抗寒能力，而氮肥应尽量少施或不施。久旱不雨应结合灌溉施肥；小雨前施肥，可以水提肥劲；但大雨将至或阴雨连绵，不宜施用速效氮肥，以免造成肥分随水流失。看苗施肥，应根据作物不同生育期对养分的需要及苗情而定。从禾谷类作物的生理和吸肥特性看，以分蘖期和孕穗期需肥（尤其是氮肥）最多，氮

肥增产的效果也最大；分蘖期是营养生长旺盛阶段，以蛋白质代谢为主，追施氮肥可增强蛋白质的合成；拔节孕穗开始，逐步转入生殖生长阶段，以碳的代谢为主，需控制氮肥的供应，但又不能脱力。棉花生育期长，应施足基肥（以有机肥为主），并配合磷、钾等化肥或少量氮肥作种肥；蕾期、花铃期是营养生长与生殖生长最活跃的时期，施肥应掌握“早、稳、巧”的原则，达到增枝、增蕾、发棵稳长，并起到保花、保铃的作用。

总之，为了充分发挥肥料的效益，就要根据土质肥瘦、土壤酸碱性、土壤水分、肥料性质、天气情况及作物生育阶段来巧施肥料，以满足作物对养分的需要，不断提高农作物的产量和品质。

第六章 土壤与作物营养诊断

作物生长需要从土壤中吸收养分。但是土壤中的有效养分，往往不能满足作物高产的要求，必须通过施肥才能满足作物对营养的需要。要使肥料发挥最大效益，必须做到看天、看土、看肥、看苗施肥，以使肥料经济合理地施到最需要的地方，施用作物最需肥的关键时刻。利用化学诊断方法，进行土壤、植株营养诊断，及时了解土壤和植株中的养分含量，对于经济合理施肥，提高农作物产量，具有重要意义。近年来，在“农业学大寨”的大好形势下，群众性的营养诊断工作正在全国蓬勃开展起来。它已扎根于群众之中，成为广大贫下中农、



图 44 在田间进行土壤、作物营养诊断

知识青年认识自然、改造自然的有力武器，在生产上发挥了作用，为土壤养分普查，经济合理施用肥料以及低产田改良等方面提供了依据。目前，营养诊断工作正在进一步探求各种作物以及不同产量水平下的营养指标，为不断提高产量，发展我国土壤科学，以及培养一支群众性的土壤诊断队伍开辟了新的途径。但是，需要指出：影响农业生产的因素很多，离开了农业栽培措施和环境条件，单凭化学诊断的数据来决定施肥措施，是不可能完全符合农业生产的具体情况。因此，应正确理解土壤与作物营养诊断方法的作用，只有恰当地使用这一方法，才能使它在科学种田中发挥应有的积极作用。

一、土壤与作物营养诊断的内容

(一)作物的形态诊断

作物在生长过程中，吸收各种营养元素，如氮、磷、钾、钙、镁、硫、铝、锰、锌、铜、硼……等，如果其中某种元素不足，就会影响作物的正常生长，并产生一定的外部症状，如叶片的大小、形态以及颜色等发生相应的变化，茎叶的生长速度加快或减慢等。反之，如果某种元素过多，作物的正常营养也会失去平衡，甚至发生中毒现象。这两种情况在生产实践中是不难遇见的。我们有时看到，某些田块中的作物叶片发黄，某些田块的作物叶色浓绿并发生倒伏，某些田块的稻苗发生僵苗现象或有时茎鞘发紫，某些田块的棉花发生红叶茎枯病等，这些病症都可能是与某种元素的缺乏或过量有关。例如，上述第一种症状就可能是缺氮，第二种症状可能是氮素过多，第三种症状可能是缺磷，最后一种症状可能是缺钾。识别这些症状，

可以帮助我们了解和掌握作物生长过程中，体内某种营养元素缺乏或过量的情况，有利于及时合理施肥或控肥。这种通过肉眼观察作物因某种元素缺乏或过量后，在形态上所相应产生的病症（包括茎叶的生长速度，叶形大小、颜色，通过某一发育阶段所需的时间等），来判断养分丰缺情况的方法，称为作物的形态诊断。由于氮、磷、钾三种元素在作物体内是可以移动的（通常称为“可移动元素”），当它们缺乏时，为了保证新生叶的正常生长，都可由较老的叶片向新生叶转移，所以营养缺乏症状首先在老叶上表现出来，严重时逐渐由下部向上部叶片扩展。

作物形态诊断的优点，是不需要测定设备，用眼睛便可鉴别，各地老农“看苗施肥”的丰富经验，就是根据作物的形态诊断进行施肥。但作物形态诊断也有它的局限性：第一，作物的营养缺乏症状往往只在某种养分极度不足时才能表现出来，这时根据观察采取补救措施常常为时已晚，这对生育期短的禾谷类作物更是如此。特别是作物早期缺磷往往一时不易察觉，较难判断（称为“潜伏缺乏”），但其所造成的不良后果（如不分蘖或少分蘖）后期虽经施用磷肥，也不易补救。第二，近年来由于农业生产条件的不断改善，典型的作物缺素症很少见到，常遇见的是潜伏性的缺素症，缺与不缺之间在形态上没有明显的界限。第三，缺素症往往会和某些病害引起的症状相互混淆而造成误诊。第四，对于缺素症状的识别，以及判断症状严重的程度，完全是靠目测，在很大程度上要凭个人的经验，特别在判断缺乏程度时得不到数量化的概念。因此，为了及时和正确地反映作物生长过程中土壤养分的丰缺程度，除了进行形态诊断外，还需采取另一种诊断方法，就是本章要着重介绍的内容——化学诊断法。

(二)土壤与作物的化学诊断

用化学速测的方法对土壤和作物进行测定，了解其养分丰缺情况，称为土壤与作物的化学诊断。它的目的是，提前查明作物缺少什么养分和缺乏的程度，为确定施肥时期、方法、施肥品种及用量提供参考，以达到经济合理施肥的目的。

1. 土壤的化学诊断

土壤化学诊断的目的，在于反映某一阶段内土壤速效养分的供应情况。因为土壤养分中，只有一部分或一小部分能为当季作物所利用，就是常说的速效养分，所以，只有在测定土壤中速效养分后，才能判断土壤能供应当季作物多少养分。

土壤养分的化学诊断，在播种前进行，通过诊断可以大致摸清土壤中速效养分的基本含量和供应能力，对决定作物的布局，基肥的种类、数量及比例提供参考。土壤养分化学诊断也可在作物生长期进行，及时了解当时土壤的供肥水平，并结合作物的化学和形态诊断，以便在作物脱肥之前，及时发现并采取补救措施。

但是，土壤养分的化学诊断也有它不足之处，这是因为土壤中的有效养分总是处于不断的变化之中。因此，必须正确认识与利用土壤养分的测定结果。

2. 作物养分的化学诊断

在作物的不同生育期，取其特定部位，用化学方法定量或半定量地测定其中某种养分元素的浓度，用以判断该元素的丰缺水平，叫做作物养分的化学诊断。

在进行作物化学诊断时，取作物特定部位，以其浸提液或榨取的组织液测定活性养分的浓度。直接榨取汁液测定，具

有简便、快速、灵敏的优点，因此应用比较广泛。

植物组织液速测原理如下：作物根系自土壤中吸收多种可溶性养分，通过体内输导组织，源源不断地运送到地上部分，以满足自身生长发育的需要。如果土壤中某种养分供应量不足，则作物组织液中此养分的浓度相应降低；因而引起作物营养失调，影响正常生长甚至减产；相反，如果某种养分的供应量充足，则组织液中此种养分的浓度也必然较高。实践也证明，同一元素在不同地块、不同产量水平的作物组织液中的浓度，确实有明显的差异。因此，组织液的养分测定，是一种反映作物营养状况和土壤供肥状况比较灵敏的方法，适宜于田间速测。

(三)障碍因子诊断——环境诊断

经过形态诊断、土壤和作物的化学诊断后，要作出正确的判断，还必须注意土壤环境对作物吸收营养元素的影响，即必须找出影响作物正常吸收养分和生长发育的不利的土壤因素，加以克服，这就是障碍因子诊断或叫做环境诊断。

土壤中影响作物对养分吸收的因素是多方面的，例如，土壤温度、地下水位、土壤病菌、酸碱度等。

1. 温度

一段时期的低温，往往会降低土壤有效养分的释放，也会使作物根系的吸收能力减弱，从而使作物形态上表现出缺素症状，如叶片变黄，生长缓慢，不分蘖等，但这些都是暂时现象，当温度稍有回升就会好转。

2. 地下水位

在地势低洼或地下水位高的土壤上，往往还原条件强，致使还原性物质如亚铁离子或硫化物积累，影响作物根系的呼

吸作用和对营养元素的吸收,从而影响作物的正常生长。

3. 病菌

当许多真菌和霉菌危害时,作物叶片上也会出现褐色斑块或灼烧状,甚至使作物体内养分的合成方向产生逆转,如体内的硝态氮、自由氨基酸和无机磷的含量比正常生长的高。

4. 酸碱度

一般土壤 pH 值 > 8.5 时,不宜作物生长。同时土壤酸碱度对养分的溶解度有极大的影响,如在土壤偏酸、偏碱时,都会导致磷的固定,影响土壤中速效磷素的供应状况。因此在进行诊断时,上述情况都应加以辨别,以免误诊。

“世界上的事情是复杂的,是由各方面的因素决定的。看问题要从各方面去看,不能只从单方面看。”在进行诊断时,特别要注意辨别各种情况,以得出正确的结论。例如,水稻发生僵苗现象,就不能立即诊断为缺磷。因为引起水稻僵苗有种种原因,或因硫化物中毒,由硫化物中毒引起僵苗则根系发黑,滴上一滴稀酸后便可以嗅到特有的硫化氢臭味;或因有机酸中毒,这是由于有机物质腐解生成过多的有机酸造成的,这时稻苗的叶尖及下部老叶都会发黄或致死;或因栽插过深,使稻苗僵而不发,但在叶宽、叶色上仍然正常。即使是由于缺磷所引起的水稻僵苗,也往往有不同的原因,有因土壤确实是缺磷;也有土壤并不缺磷,而是由于土壤过酸或过碱,造成土壤有效磷的固定;或是由于冷浸田的低温,抑制了根系对磷的吸收等。因此,在进行诊断工作时,必须对作物的形态诊断、作物和土壤的化学诊断以及障碍因子的诊断,进行综合分析,才能作出正确的结论,采取有效的措施,促使作物正常生长发育。

二、土壤与作物营养诊断的应用

由于农业生产的综合性和复杂性，影响作物生长的因素很多，这里所谈的土壤和植株营养诊断结果的应用，是原则性的概述，在具体应用时还必须结合生产的实际情况，进行综合分析，以确定施肥措施。

(一)为肥料分配和制定施肥方案提供依据

通过土壤的化学速测，能比较广泛地了解某一地区甚至具体田块的土壤养分供应状况，作为确定肥料分配或施肥方案时的参考。例如，在县一级可以根据全县的土壤类型、地形部位、地下水位以及耕作、轮作等情况，选择有代表性的几个典型公社或大队进行土壤营养诊断，并针对当地存在的主要生产问题，加以研究，提出解决办法，为肥料的合理分配和经济施用提供参考。象这样的工作只需几年进行一次。至于大队和生产队一级，就需要做得比较细一些，可以对田块进行普查，了解土壤速效磷、钾含量的丰缺程度。也可以根据生产上出现的某一特殊问题，如水稻僵苗现象（即水稻僵而不发），进行土壤营养的诊断，如属于排水差、地下水位高，以及温度偏低而导致僵苗，可通过开沟排水，降低地下水位，改善土壤通透性，提高土温，促进僵苗恢复正常。如因土壤缺磷引起僵苗，施用磷肥往往能改善僵苗状况。针对以土这样的生产问题，大队、生产队可以每年调查一次，也可以在生产过程中针对某些特殊问题，进行测试。

对土壤养分状况的了解，除了特殊需要外，土壤磷、钾养分的供应状况没有必要做动态测定，因为磷、钾元素在土壤中

的移动性小，相对来说在一段时期内比较稳定。而氮素在土壤中比较活跃，需要量和损失量都大，一般需要做动态测定，但由于土壤中氮素的测定方法和指标还有待研究，目前可通过对植株氮素状况的测定间接了解土壤的供氮状况。

(二)为作物布局提供土壤资料

作物布局首先要服从国民经济计划的安排。在这个前提下，经过土壤营养诊断，根据土壤的养分状况，可以作出合理的配置。例如，在土壤明显缺磷，而磷肥又供应不足时，要少安排对磷素需要比较敏感的作物，如油菜、豆科作物等；而水稻在淹水条件下，土壤磷的有效性较高，水稻根系吸收磷的能力也较强，可以多安排。又如，缺钾的地区，在钾肥供应不足时，要少安排对钾素比较敏感的作物，如甘薯等块根类作物，可多安排象夏玉米等对钾素不很敏感的作物。这样根据土壤营养诊断，就可以在一定范围内更合理地安排作物品种。

(三)为肥料的合理利用提供参考

由于不同作物对养分的需求量和利用能力是不一样的，因此，它们对养分丰缺的敏感程度也不一样。在相同的养分条件下，对某些作物表现为缺素，而对另一些作物却可能是适量的。所以，在肥料不足时，除了在可能范围内适当地调整一些作物布局外，更重要的是根据营养诊断的结果，将肥料施用在最敏感的作物上。如在水旱轮作地区，在旱作上施用磷肥比在水稻上施用效果好；而在旱作上，又应该首先将磷肥分配在油菜、豆科作物和豆科绿肥上。钾肥也同样应该首先施用在 对钾素敏感的作物上。

此外，可以利用作物营养诊断的手段，了解不同肥料在不

同土壤类型上“得力”和“落劲”的情况，为肥料的适时施用提供参考。

(四) 寻求均衡增产和高产再高产的途径

作物生育时期中一般有三个主要阶段。一是苗期生长：苗期是奠定苗数苗情的主要时期，通过诊断摸清壮苗、弱苗的问题所在，明确补救措施，使弱苗及时赶上壮苗，达到均衡增产的要求。二是中期生长：中期是决定作物产量的关键时期，通过诊断，巧施肥，施足肥。如施好水稻、小麦的穗肥，棉花的花铃肥等，对提高产量都非常重要。三是生长后期：前期产量基础的奠定并不等于就能达到高产的预期要求，后期还要防止早衰。因此，对主要作物的主要发育阶段进行作物营养诊断，结合田间试验和观察，确立一套不同作物不同生育时期营养诊断的丰缺指标，对于制定高产施肥措施是很重要的。

(五) 找出影响作物生长的障碍因子

在生产实践中，有时往往由于某种因子的限制，影响作物的正常生长和产量的提高。例如，棉花在氮素充足而钾素缺乏时，不但不能高产，有时还会因缺钾而发生红叶茎枯病。又如，在易分解性有机质较多的湿田，由于某些毒害物的含量过高，如亚铁、有机酸等，限制了作物对钾素的吸收利用，虽然土壤速效钾含量不一定很低，但水稻基部叶鞘中钾的含量却较低，也会产生稻叶褐斑病。这两种情况都由于植株缺钾的结果，经过诊断，查明了主要的障碍因子，增施钾肥都能收到一定的效果。

此外，在某些高产地区，当产量达到一定的水平后，再进一步提高产量比较困难；有时虽然氮肥的施用量逐年增加，

但产量仍停留在原有水平。通过作物的营养诊断,发现产生这种现象往往是由于营养元素失调,氮肥用量虽然增加,但由于其他营养元素如磷、钾或微量元素跟不上需要,即成为进一步增产的限制因子。

因此,无论在低产或高产的条件下,都可以通过营养诊断找出影响产量提高的限制因子,增施某些肥料,改善作物的土壤营养条件,促使低产变高产,高产再高产。

对于营养诊断的作用,既要看到它是指导合理施肥的一种手段,又要看到它的局限性。因为作物产量的构成是农业“八字宪法”在一定条件下综合作用的结果,同时由于环境条件、土壤类型、土壤中各种营养元素间的相互关系以及作物种类和品种特性等的不同,在营养诊断时也会反映出不同的丰缺指标,因此,不能孤立地根据测定的数据来决定施肥措施,必须将土壤、作物营养诊断结果与当地群众经验,田间试验结果以及农业技术措施和自然环境条件等进行综合分析,才能使营养诊断的结果与当前生产有机地结合起来,逐步起到指导经济合理施肥,提高作物产量和品质的作用。

三、土壤化学诊断方法

(一)土壤样品的采集

1. 采样要有代表性

采集土壤样品是土壤化学诊断的第一步。通过对土样的化学测定,得出的数据能否指导施肥,采样是很重要的一环。在采样上发生误差,比化验的误差大,造成影响也大。因此,必须根据不同的目的,严格采集土样。

通常化验的土样是少量的，而化验的结果却要代表一定面积的土地或一种土壤类型。如果采样没有代表性，即使化验方法灵敏准确，其结果也代替不了实际情况，若利用这种诊断结果，必然得出错误的结论并给生产造成损失。因此，一切采样方案，都应以最少的工作量获得最大的代表性的土样为原则。具体的采样方法要根据测定的目的而定。

为了了解土壤的肥瘦状况，供制订作物的施肥方案、农田基本建设规划或拟订土壤利用改良措施时参考，通常要测定土壤的肥力状况。为使土样具有代表性，应多点采样，均匀混合。如面积在5~6亩以上，近年来各部分的耕作历史及栽培措施都大体相同的，可作为同一个采样测定单位进行采样；如果不同，则应作为两个单位，分别采样测定。在同一个采样测定单位里，如面积不大，在2~3亩以内的，可在不同方位上选择5~10个有代表性的采样点。采样点的分布应尽量照顾土壤的全面情况，不可太集中。下面介绍几种采样的方法（图45）。



图 45 土壤采样法

对角采样法或十字采样法：这种采样法适宜于面积较小，地势平坦，肥力较均匀的田块，采样点一般在5~10个点以内。

棋盘式采样法：适宜于中等面积，地势平坦，地形完整，但肥力不均的田块，一般采样点在10点以上。

蛇形采样法：适用于面积较大，地形不太平坦，肥力不均，采样点较多的田块。在面积大时，可用多条蛇形线采样。线与线之间的距离根据地形、肥力情况而定。

为了寻找作物生长失常的土壤因素(障碍因子)，必须采取典型性土样。在采集土样之前，要全面地观察田间作物生长发育情况，按其形态特征，结合土壤类型和耕作、施肥情况，可以株丛、田块或大片田地为单位，划分为若干不同的类型，分别在每种类型中选出具有代表性的典型植株，采集作物根部具有代表性的土壤，混合为一个土样进行测定。

2. 采样深度

如果只是为了解土壤速效养分的情况，采样深度只需取15厘米左右(约5市寸)的耕层土壤。在每个采样点取土样前，要先将表层2~3毫米左右的表土刮去(这是为了将遗留在土表的植物残体全部除掉，以免造成测定误差)，然后，再垂直向下切取一片耕层土壤，土片厚度约1厘米，土片的厚薄、宽度要求上下大体相同。然后将各采样点土样混合起来。

3. 采样时间

采样的时间随测定目的而定。为了解作物生长过程中出现某种病症，需进行土壤化学诊断时，应随时采取土样；为制定施肥方案，必须在作物施肥前(前茬作物收割后)采样，或者在追施肥料前采取土样。

4. 土样数量

由于测定所需的土壤样品是多点混合而成的，取土量往往较大，而实际进行化学测定时，只需少量土样。因此，对多点采集的土样，可反复按四分法弃取，最后留下0.5~1斤备用。具体做法：取土样前，在田头铺一张塑料薄膜，将各采样点取来的土壤放在上面，去除石砾和根叶等杂质，然后充分混

匀,把土壤摊成圆形,在中间划一个十字,分为四份,按对角去掉相对的两份。若土样仍然较多,可将剩余的两份再充分混匀,重复上述的方法,弃去对角的两份,直到剩下0.5~1斤土样为止。

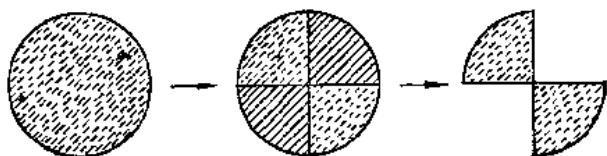


图 46 土样弃取法

5. 采样时注意事项

采样点不要选在田边、路边或堆肥、草塘旁。经过四分法后最后剩下的土样应装入布袋、塑料袋或纸袋中,同时用铅笔(禁用钢笔写,以防字迹退掉)写两张标签,一张放在袋内,一张扎在袋口。标签上记载采样地点、日期、样品情况等项目。同时,在田间记录本上详细记载采样田块的前作及当季作物名称、施肥情况、作物生长状态等,以备诊断时参考。

(二)土壤样品的处理

1. 风干土制备

土壤养分速测,除了测定速效氮以外,速效磷、钾都宜用风干土进行测定。风干的土样比较容易混合均匀,重复性、准确性都比较好。土壤风干的方法,是将田间采回的土样全部倒在塑料薄膜或纸上,趁半干状态时把土块压碎(干后较难碎),除去残根等杂物,铺成薄层,在阴凉处晾干(不能在太阳下晒干或在烘箱内烘干,以防某些营养元素如钾素从土壤矿物结构内释放出来,影响测定结果),再用木棒碾碎后(有条件

的可通过1毫米筛孔的筛子),然后装入土样瓶或袋内,保存备用。

有时,为了急于了解土壤中速效磷、钾的含量,以及障碍因子诊断时,根据作物的病情分析,需用新鲜土样进行测定,但必须先测定土壤水分含量,以便称取相当于一定量干土重的湿土,在计算养分含量时,从土样重量中减去土壤水分含量。

2. 土壤含水量测定

在田间进行土壤养分速测时,有时采用湿土样。由于土壤水分含量变异很大,为了在统一的基础上计算各土样中速效养分的含量,因此,测定前需将湿土样进行含水量的测定。在田间条件下可采用酒精燃烧法来测定。

先将干燥的铝盒称重,然后将湿土样5~10克放在铝盒中再称重,记下两次称量。随后,在湿土中用滴管加入6~8毫升酒精,点燃酒精,待燃烧将近完毕时,用小刀轻轻拨动土样,使燃烧完全。随后,再加入2~3毫升酒精,继续点燃一次,至土样呈松散粒状,即表示完全干燥,待铝盒冷却后,将铝盒和干土称重。

结果计算:

$$\begin{aligned}\text{土壤含水量}(\%) &= \frac{(\text{铝盒和湿土重}) - (\text{铝盒和干土重})}{(\text{铝盒和湿土重}) - \text{铝盒重}} \times 100 \\ &= \frac{\text{烧失水分重量}}{\text{湿土重量}} \times 100\end{aligned}$$

根据测得的土壤含水量,计算应称湿土样的重量为:

应称湿土重量(克) = 需称干土重(克) + 干土重 × 土壤含水量(%)

例:土壤化学诊断需称干土样5克,现有湿土,其含水量

为 20%，应称多少克湿土样？

$$\text{应称湿土重(克)} = 5 + (5 \times 20/100) = 6 \text{ 克}$$

(三) 土壤化学诊断的测定方法

关于土壤化学诊断的具体测定方法，见本书附录一(359~372 页)。

四、作物化学诊断方法

(一) 作物样品的采集

1. 采样要有代表性

在进行作物的化学诊断时，只能选取一定数量的作物来测定，用以反映一块田或一片田的作物生长情况，因此，只有选取具有代表性的、一定数量的样品，才能使化学测定的结果真正符合生产实际的情况，在生产上有参考价值，否则，不仅无用，还可能因此得出错误的结论，给生产上造成损失。

实际取样的植株数目，根据测试的目的而不同。如为进行营养诊断采样，可先在田头观察作物的生长情况，如作物的长势长相比较均匀一致，一般随机多点采取 10~20 株样品即可。如果作物长势长相不一致，取样的数量就应多些，可根据作物的形态特征，综合考虑耕作历史和栽培、施肥上的特点，大致划分成若干生育和形态类型(可以株丛、田块或大片田地为单位)，然后再在各类型中选定有代表性的植株进行采样。如为进行障碍因子诊断，就要求选取具有典型性的生长不正常的植株，例如水稻的僵苗，往往是在某些局部田块发生，只要在发病地区选取具有典型僵苗症状的稻苗作样品即可。总

之，在采样时一定要考虑到植株的典型性和代表性，对营养诊断要注意代表性，对障碍因子诊断则力求典型性。

2. 采样要取敏感部位

取整株作物进行分析是没有必要也是不科学的。因为一株作物的各种组织和器官内含有的营养成分和数量都有很大差异，即使是同一种器官，由于生理上处于不同年龄阶段，其养分含量也有差异。例如，在始展或展开还未定型的幼叶中，因为其代谢旺盛，所需要的营养元素较多，这时如果可移动元素氮、磷、钾缺乏，则作物老叶内的氮、磷、钾就向幼叶移动，其营养元素含量就多，而老叶营养元素含量较少；处于相对稳定阶段的中部叶片，其中养分元素的变动就较小。因此，虽然看起来都是叶片，把不同层次的叶片混合取样并混合测定，就必然会掩盖差异造成错误。所以在取样时尽量选取生理年龄相同的叶片。

由于上述原因，在进行化学诊断时，只需选择作物体上某一部位进行分析即可，这样做在生产上也较为有利。如对棉花、玉米等较高大的作物，不必整株拔掉，只要在田间直接从选定的植株上取下所需要的部位（如叶片、叶柄）进行测定。

取样时除了照顾到生理年龄一致以外，最重要的还在于选择植株体上最能灵敏反映被诊元素丰缺程度的敏感部位。对氮、磷、钾等可移动元素来讲，一般认为，幼叶（如水稻心叶）往往测不出差异，因为不管土壤中这些元素供应量如何，作物本身都首先要保证供应幼叶的需要。下部老叶或中部已经停止生长的成熟叶片（或叶柄）则不同，当作物缺少这些养分时，叶内的养分便向外运输以满足幼叶的需要，而本身的含量则显著下降。如果当时土壤中这些养分供应仍充足，则老叶仍能维持较高的养分浓度。所以，老叶和中部成熟叶片（柄）往

往可以反映出大多数可移动元素的丰缺情况。因此，在测定水稻的磷、钾方法中，采样部位往往用老叶或老叶鞘。

下面介绍不同被诊元素在各种作物中的敏感部位。

被诊元素—— NO_3^--N （硝态氮）：大叶作物（如棉花、甜菜、马铃薯、番茄等）常用叶柄来进行分析，其中棉花的灵敏部位为自顶叶下数第3~4叶的叶柄。另外，茎节、叶脉等输导组织发达的部位，也常有多量的 NO_3^--N ，如玉米就常用与果穗相对应叶片的中脉，不过苗期则常用下部茎节。小麦常取茎秆下第2~3茎节，有时取下部叶鞘。在大豆中 NO_3^--N 积累情况与一般情况相反，以植株上部含量最多，向下反而减少。另外某些作物如苜蓿、紫花苜蓿、野豌豆等的组织液中不含有 NO_3^--N 。

被诊元素——水溶性磷：一般大叶作物中也用叶柄。幼龄玉米取茎基部，在形成果穗时取果穗下的茎组织、叶中脉或叶片。大豆取茎上部或植株上部的叶柄。水稻在分蘖期取基部茎鞘。

被诊元素——水溶性钾：幼龄玉米取茎秆下部组织，成龄玉米取与果穗同高度叶片中脉的基部组织或相应部位的茎秆，吐丝期取穗下的对生叶。大豆取植株顶端叶柄基部扩大处。水稻取下部老叶鞘。

另外，植株化学诊断，通常是采用比色的方法。为减少叶绿素在比色中的干扰，在可能条件下，要选用叶绿素少的部位。

3. 采样时间和时期

作物体内的养分含量在一天之内变化很大，以 NO_3^--N 为例，清晨作物体内游离的硝态氮就较其它时间多，因此，一般认为硝态氮测定的灵敏时间在清晨。其它养分的变化虽不

及 NO_3^- -N大，但大体上也以上午采样较合宜。当然相互比较的样品还必须在同一时间内采取，否则就失去相互比较的意义。

采样时期应与作物发育一定阶段的施肥措施结合起来，一般在施肥前采样测定。以水稻为例，就有三叶期前的断奶肥，移栽前的送嫁肥，分蘖期的分蘖肥，穗分化期的穗肥，等等。在这些时期之前进行测定，可以判断这期肥料是否需要施以及需要量。此外，每种养分的测定还有它自己灵敏的生育期，这也需予注意，如淀粉测定仅能在水稻穗分化后进行，在这之前，水稻体内测出的淀粉与氮素水平并无明显相关性。

(二)作物样品的处理

作物样品如不在田间测定，则可带回室内。小株丛生的作物如水稻，可将其根放在盛少量水的塑料口袋中扎紧袋口带回。对株型大的作物，可采取特定的灵敏部位将样品包裹在湿布中带回。目的在于防止由于水分蒸发所造成的测定误差。采回的样品除了将枯焦死亡的部分剔除外，还需将沾染在植株上的土粒、灰尘等用湿布擦净，然后将待测部位剪下用干净湿布覆盖。测定应及时进行，一般在采样后2小时内完成，否则在作物死亡过程中，一部分有机化合物会进行分解而造成测定误差。特别是测定无机磷，一定要用新鲜样品，因为有机磷在植物死亡过程中分解为无机磷的速度比较快。

总之，合理取样是正确进行作物化学诊断的第一步，也是诊断结果能否有助于指导施肥的重要环节。采样发生误差，远比化验的误差大，所产生的影响也大。所以必须选取一定数量、有代表性或典型性的植株，选取其能灵敏反映体内养

分丰缺程度的部位来测定。另外在取样的时间、时期及样品的处理方法等方面，都要加以注意，才能取得正确的测定结果。

(三)作物化学诊断的测定方法

关于作物化学诊断的具体测定方法，见本书附录二(372~383页)。

五、障碍因素诊断方法

例如，当水稻土中还原性物质含量高时，由于妨碍水稻根系的呼吸，抑制了根系对于养分的吸收，轻的使水稻停止生长或影响生长，重的可以致死。对于障碍因素的植株诊断较土壤诊断简而易行。如亚铁及硫化物的诊断较易于从根部鉴别出来。因此诊断时要特别注意对于根部的观察。

(一)水稻受亚铁为害的诊断

亚铁为害的水稻根系，表现为无锈色胶膜，或只有在少数的根段上出现局部的锈斑，根端附近多须状分枝。为了进一步判断是否有亚铁中毒现象，可取茎基部洗净，在近根处切断，再纵向切开，在新切面上滴上0.1%邻菲罗啉试剂(亚铁试剂)，10分钟后观察颜色变化，如现红色则证明亚铁为害，红色越深，为害愈严重。此时，应当立即采取排水措施，落干晒田。

亚铁试剂配制：称取0.1克邻菲罗啉溶于100毫升蒸馏水中即成。

(二)水稻受硫化物为害的诊断

水稻受硫化物为害,最重要的标志是发生黑根,根据黑根的程度,可分为三种类型:

1. 轻度黑根

地上部长势好,根部只有部分或小部分变黑,根拔起时不沾泥,无明显的臭味,拔起后,置于空气中不久这种黑色物质(主要是硫化铁)会逐渐消失。轻度黑根,对稻根的吸收功能未严重损害,根也不腐烂,到后期仍可恢复正常。

2. 严重黑根

大部分根为黑色或蓝黑色,沾泥,刚拔起时可以闻到一些臭气,地上部生长较正常植株差,这种黑色物质是由于在根表面形成硫化亚铁(FeS)。把黑根放在极稀的石灰水中(万分之一),黑色很难于退去,而轻度黑根(主要是 Fe_2S_3)可以退色。严重黑根的,稻根部呼吸和吸收作用都已减弱,根内碳水化合物含量减少,但根的内部组织还未破坏,无腐烂中毒的病象。

3. 中毒腐烂型黑根

中毒的根初期为半透明,根内充满硫化氢的水溶液及少量硫化亚铁黑色物质,刚拔起时有刺鼻臭味,根系无弹性,内部组织已破坏,部分腐烂变质,稻苗长势很弱,有时造成死亡。

以上三种黑根现象,前两种较常见,第三种较少。解决办法,前两种情况可以立即落干晒田,第三种应先耘耩后再采取晒田措施。

(三)土壤亚铁的诊断

稻田土壤中亚铁存在的形态有水溶性亚铁、沉淀态亚铁

及交换态亚铁等。水溶性亚铁对水稻直接发生毒害作用，水溶性亚铁达 50ppm 时即对稻苗生长发生影响，500ppm 时对稻苗严重为害。

水溶性亚铁的测定方法：称取相当于 2 克干土的新鲜土样于小杯中，按 6:1 水土比加入蒸馏水（应扣除土壤中含水量），搅动 2 分钟，用干滤纸过滤，吸取 1 毫升于小试管中，加入 10% 盐酸羟胺（10 克盐酸羟胺溶于 100 毫升蒸馏水中）5 滴，摇匀，5 分钟后加 1.5% 赤血盐（1.5 克赤血盐溶于 100 毫升蒸馏水中）1 滴，摇匀，放置半小时后观察其发生蓝色的深浅，颜色愈深表示亚铁含量愈高。赤血盐配制后在两小时内有效。

在水稻根际（约离表层 3~5 厘米）取土少许（约 3~4 米粒大），放入白瓷盘孔中，滴入邻菲罗啉试剂 5 滴，搅匀，稍待澄清视其面上清液是否出现红色。如呈微红色，即 Fe^{++} 约在 100ppm 以上；如呈深红色，则 Fe^{++} 含量约在 200~300 ppm，对水稻已有抑制作用。

（四）灌溉水和土壤中氯离子含量的简易测定

滨海盐土地区种植水稻，常有盐分危害禾苗情况。由于滨海盐土的盐分组成，阴离子当中以氯离子为主，故灌溉水和土壤中氯离子的简易测定具有一定的实际意义。

1. 灌溉水中氯离子的测定

用 10 毫升量筒或带刻度的玻璃管，取水样 5 毫升，加铬酸钾指示剂 1 滴，摇匀。再逐滴加入 0.0564N 的硝酸银，至由黄色变为砖红色为止。记下消耗硝酸银溶液的滴数（每滴相当于 0.05 毫升），由下表查出每 1000 毫升中氯离子的含量。

表 14 水中氯离子含量查对表

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 硝酸银溶液滴数 (每滴0.05毫升) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 氯含量 (克/升) | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.20 |
| 硝酸银溶液滴数 (每滴0.05毫升) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| 氯含量 (克/升) | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 | 1.60 | 1.80 | 2.00 | 2.20 |

或由滴定后的总体积数中减去 5.05 毫升(被测水样和指示剂的体积), 求出消耗硝酸银溶液的毫升数, 按每 1 毫升硝酸银溶液等于 1000 毫升水中含有 0.40 克氯离子计算:

$$\text{氯离子(克/升)} = \text{硝酸银溶液用量} \times 0.40$$

表 15 稻田水允许氯离子浓度参考标准

| 水稻生育时期 | 秧田期 | 返青期 | 分蘖期 |
|------------------|--------|--------|--------|
| 氯离子允许浓度 (克/升) | < 0.60 | < 0.75 | < 1.00 |

2. 土壤中氯离子的测定

用 10 毫升量筒或带刻度的玻璃管, 取蒸馏水或 0.2% 醋酸钙浸提液 10 毫升, 称大约相当于 2 克干土的湿土, 放入量筒, 塞好, 摇动 2 分钟, 静置澄清。用吸管吸取上部澄清液 5 毫升, 放入另一个 10 毫升的量筒中, 加铬酸钾指示剂 1 滴, 摇匀。再逐滴加入 0.0564N 硝酸银, 至由黄色转变为砖红色为止。记下消耗硝酸银溶液的滴数(每滴相当于 0.05 毫升), 由下表查出每 100 克土中氯离子的含量。

表 16 土壤中氯离子含量查对表

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 硝酸银溶液滴数 (每滴 0.05 毫升) | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 氯含量 (%) | 0.02 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.15 |

或按每消耗 1 毫升硝酸银溶液等于土壤中含有 0.202% 的氯离子计算:

$$\text{氯离子 \%} = \text{硝酸银溶液毫升数} \times 0.202$$

表 17 水稻正常生育要求土壤含氯量的参考标准

| 水稻生育期 | 幼苗—分蘖期 | 分蘖—抽穗期 | 抽穗—成熟期 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 土壤含氯量 (%) | < 0.09 | < 0.12 | < 0.13 |

3. 药品配置

铬酸钾溶液: 称 5 克纯铬酸钾, 加入 95 毫升蒸馏水, 混匀配成溶液。

0.0564N 硝酸银溶液: 准确称取烘干的纯硝酸银 9.5811 克, 先用少量蒸馏水溶解, 移入容量瓶中, 稀释至 1 升, 保存于棕色瓶中。

醋酸钙浸提液: 称 2 克纯醋酸钙, 加入 1 升蒸馏水, 配成溶液。

注: 在测定前, 对滴管要进行校正, 使每毫升在 20 滴左右。

第七章 开展土壤普查， 摸清土壤底细

1958年，在伟大领袖毛主席、党中央的亲切关怀下，在党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的鼓舞下，进行了全国首次土壤普查。这是一次有640万贫下中农、农业干部和科技人员参加的群众性科学活动，通过调查不仅掌握了我国耕作土壤的基本情况，还广泛地总结了我国农民在三大革命运动实践中所积累的鉴别、利用和改良土壤的丰富经验，为因时因地制宜贯彻农业“八字宪法”提供了有利条件。这一工作，推动了深耕改土运动，促进了农业生产和土壤科学的发展。

一、新形势下的土壤普查

自全国第一次土壤普查运动以来，我国农村发生了巨大的变化。特别是无产阶级文化大革命以来，随着批林批孔运动普及、深入、持久地发展，农业学大寨群众运动不断深入，科学种田水平不断提高，农业生产条件不断改善，对进一步认识土壤，合理利用土壤，改良和培肥土壤提出了新的要求。

在这种新的形势下，1974年全国许多省（区）又进行了领导、群众、科技人员三结合的土壤普查试点。这些普查试点从当地当前的生产问题入手，通过普查找出限制生产发展的主

导因素,综合运用农业“八字宪法”,制订改土措施,挖掘土壤增产潜力,建设高产稳产农田,对农业生产的发展起了一定促进作用。例如:(1)四川省简阳县镇金公社试点,针对丘陵地区紫色土土层浅薄的特点,试验了大窝栽培法,玉米增产50%,棉花增产20%以上,既能改良土壤,又能夺得高产,现在他们正根据普查结果,大面积推广这一经验。(2)河北省曲周县试点社队,旱涝碱“三害”严重,产量低,1974年在六个大队的试点上,经过调查研究,提出了三个阶段的改貌措施,即改土阶段以深沟浅井为主,巩固阶段以平地施肥为主,高产阶段以精耕细作为主。他们立足当前,着眼长远,通过一年来的深沟浅井、抽咸换淡措施,土壤表层含盐量由1.3~2.3%,下降到0.3~0.4%。(3)湖南省汉寿县岩嘴公社试点,查明地下水位过高,严重影响水稻生产,全公社实施开沟排水,使6,000亩水稻大幅度增产。(4)四川省广汉县新丰公社水肥条件较好,可是产量稳而不高,水稻“坐兜”现象较为普遍,普查以后就抓住这个问题进行调查研究,找出了水稻坐兜的原因是区域排水差,地下水位高和土温偏低;同时,由于水肥使用不当,耕作较粗放,耕层浅薄,水稻插秧及收获季节都推迟,以致大面积产量稳而不高。针对这种情况,对症下药地提出了改造渠系,提倡水旱轮作,深耕,重施有机肥,合理用水和经济施肥等措施。(5)上海郊区通过土壤普查试点,对郊区土壤肥力的现状得出以下初步概念,即土壤一般潜在养分含量高而有效率却低,有些土壤发生板结,有些土壤的耕层变浅。针对上述高产再高产中存在问题,采取了合理轮作,深耕改土,广积有机肥料和搞好水浆管理等措施,在生产上有显著效果。(6)山东胶县城南公社普查试点,针对不同土壤、不同作物进行了多点磷肥、钾肥肥效试验,初步确定了在当地条件下,

几种主要作物在不同产量水平下施用磷肥和钾肥的指标，为当地合理分配和施用磷肥、钾肥提供了依据。(7)西南农学院在简阳县镇金公社进行土壤普查试点，从天、地、人、物的辩证关系出发，把土壤普查与高产栽培密切结合起来，研究各种土壤全面落实农业“八字宪法”的措施，制订省工、省肥、省水、省农药夺高产的“四省一高”栽培方法，作出土、水、肥、林、沼综合治理规划。

以上的事例充分说明，土壤是农业的基础，土壤普查是搞好因土种植，因土施肥，因土排灌，因土耕作，因土改良利用的有效方法，是解决农业生产中的限制因素，促进农业生产大干快上的重要手段之一。

二、土壤普查的一般方法

土壤普查是通过实地土壤调查观察，结合访问座谈，在总结群众经验的基础上，摸清各种土壤的特性和生产性能，并将经过调查的各种土壤的面积按照一定比例填绘在底图上。通过采集土壤标本和室内分析，结合农民群众的经验，把群众的土壤名称加以系统整理。此后在普查鉴定的基础上，提出各种土壤的改良利用规划。

1. 室外工作前的准备

搜集资料和准备图表工具，是土壤普查的准备阶段。资料的选择主要根据普查的要求而定，但有关社会经济情况和农业生产情况的报表，都是必需搜集的资料。社、队土壤调查，一般多选用 1/5,000 或 1/10,000 的地形图或水利图作为底图。在进行土壤调查前，最好先用简单的测量方法，在底图上填绘地块界线，以便应用。除准备底图外，根据普查的要

求，还需要印制各种有关的表格。而工具的准备则包括装土用的纸盒、土袋、标签、麻绳、铁铤、取土刀、酸碱度指示剂、1:3 的稀盐酸等。

召开群众、干部和技术人员参加的座谈会，也是在社、队开展室外调查之前需要进行的一项重要工作。通过座谈会研究本公社或本大队的土壤种类、分布情况和面积，预先在底图上画出大致的土壤界线，确定挖土坑的大体位置。在召开座谈会了解大体情况以后，即可到田间去进行实地调查，若以大队为单位，原则上每种土壤宜挖 1~2 个主要土坑，再按这种土壤的肥瘦等级(可根据产量)各挖 1~2 个检查土坑，并随时在现场订正土壤界线。

2. 土壤普查的内容

土壤普查的内容，必须根据农业生产发展的需要来决定，通过调查，应能认识和解决农业生产中存在的问题。普查要查出土壤与自然条件、农业生产条件的关系，查出在不同土壤上综合运用农业“八字宪法”的措施。各地进行土壤普查，由于要求不同，自然地理条件不同，土壤和农业生产情况不同，调查的内容不能千篇一律。但一般说来，土壤普查的内容可考虑以下几个方面：

(1) 自然地理条件：包括母质、地形、水文、气候、指示动植物等。

(2) 土壤状况：包括土壤类型、层次特征、分布及农业生产特性(如保水性、保肥性、宜种性、发棵性、耕性等)。

(3) 农业生产条件：包括劳力、水利、肥源、农机具等。

(4) 农业生产现状及存在问题：包括目前的生产水平、耕作制度、农事季节、施肥状况、耕作习惯、作物长相。

(5) 群众生产经验：特别是识土、用土、改土的经验。

下面着重介绍自然地理条件和土壤的调查研究。

土壤在自然界分布有一定的规律性，这是由于土壤的形成和分布受它周围条件的影响，因此，研究土壤形成因素的自然地理条件就具有十分重要的意义。首先说母质。土壤是由岩石变来的，岩石风化体经过生物的作用渐渐变为具有肥力的土壤，因此岩石风化后的母质显著地影响着土壤的性状特征。不同母质上发育的土壤，其化学组成和物理性质都有显著的不同。例如，盐渍母质上容易生成盐土和碱土；石灰岩风化的母质上发育的土壤常较粘重，其酸碱度多为中性或近于中性，钙质丰富，而钾素比较缺乏；花岗岩风化母质上发育的土壤，多含石英粒，通常比较疏松，钾素养料较丰富；砂岩所生成的土壤，一般比页岩生成的土壤含砂粒多；冲积母质上发育的土壤，比较疏松，有效养分多（砂性过大的，养分含量较少）；第四纪红土层，由于受到长期风化淋溶，盐基成分和养分都很缺乏，又常受严重的侵蚀，因而往往有酸、粘、瘦的特点。由此可见，查明母质的来源是十分必要的。但是应当指出，由于风力或水流搬运的作用，硬质岩石上的成土母质往往不一定是就地母岩的风化物，因此研究土壤母质时，我们应仔细加以判别，决不可把土壤下面的岩石都肯定为母岩，由此把上面的土层误认为是由下面的岩石风化的。

地形地势对土壤水热状况的影响也很大。它影响着地表的气候因素、植物特性和地面水、地下水的分布，因而影响到土壤的水分状况。地势高低对气候的影响，不仅是高差变化显著的山区，即使是地形微度起伏，也能使土壤性质发生变异。在不同的地形部位，不仅降水渗透到土壤中的数量不同，水分的流失强度也各有不同。南坡日照长，吸收的热量多，土温比北坡高，因此，南坡较北坡春季土温升高快，南坡可以提

早耕播，北坡则耕播较迟。潮湿低地土壤湿度大，土温低，耕播则较坡地、高地迟得多。我们怎样区分土壤分布的地形、地势呢？首先要了解它是分布在丘陵、山地，还是在平原、洼地。因为从建设基本农田来说，丘陵山区是梯田化，平原是园田化，而洼地必须在圈塘建闸的基础上（圩田化）再搞园田化。查地形时，还得查明部位、坡度和坡向。

通过对指示动植物的调查，也可以帮助我们了解土壤的某些特性。有的指示肥瘦，有的指示酸碱度，有的指示土壤水分或盐碱等。例如，有蚯蚓的地较肥沃，生长牛毛草的田较瘦瘠；茶树生长好的土壤一定是酸性土等。各地群众在这方面都有非常宝贵的经验，在土壤普查工作中，要把指示动植物的土名记下来，最好还要采集标本。如果有可能，把该动植物在科学分类上的学名也查出来，这样便于交流经验。

3. 土壤剖面观测

普查土壤的目的，在于摸清土壤的底细，了解存在的障碍因素，以及怎样改良利用，低产如何变高产，高产如何更高产。所以在普查中，除进行面上的调查研究外，还应对主要土壤进行重点解剖，也就是用挖土坑来观察研究几个典型土壤剖面。土坑的位置一定要具有代表性，不能靠近道路、坟墓、粪坑以及土壤经过扰动的地方。主要土坑一般要求宽0.5~0.6米，长1米，深1米。土层不足1米的，挖至基岩为止。盐渍土地区，最好挖到见地下水为止。而检查土坑的深度则以0.3~0.5米为宜。土坑周围在向阳的一面不要堆土，也不要脚踩，以便查看土层。表土和底土分别堆放在左右两边，剖面观测完以后，底土还填在下面，表土填在上面。查看剖面的向阳面，土坑壁要挖直，与向阳面相对的一面，可逐层减浅，象阶梯一样，以便下坑观测剖面。



图 47 观察土壤剖面

土壤剖面的观测项目，一般有颜色、质地、结构、松紧度、干湿湿度、新生体、酸碱度(pH 值)、石灰性等。在观测中，重点应放在耕作层及土体中对作物生长发育影响较大的特殊层次上。

关于土壤颜色的描述，通常以主色放在后面，副色放在前面。例如黄棕色，便是棕色为主，黄色为副；反过来说，棕黄色却是以黄色为主，棕色为副。不过，在颜色的描述上，应尽量用当地群众对土壤颜色的命名，例如香灰色、瓦灰色、鸭蛋青、土黄色等，这样命名的颜色，形象而生动。

前面已经讲过，我们平时所看到的土壤是由粘粒、粉砂、砂粒三种颗粒以不同的比例配合组成的。粘粒含得多的叫粘土，又可细分为轻粘土和重粘土；砂粒含得多的叫砂土，又可细分为松土、紧土；不粘不砂的叫壤土，可细分为砂壤土、轻壤土、中壤土、重壤土。田间鉴别土壤质地的指标，可参阅第 88 页表 3。

土壤结构按其大小、形状的不同,可以分成团粒、屑粒、核状、碎块、块状、柱状、棱柱状和片状等。团粒结构和核状结构是近乎圆形的,好的土壤其表土常有这种结构,前者如绿豆或黄豆大小,后者似核桃,边角比较明显。碎块状结构和块状结构的形状是成块的,不是圆形。碎块状结构多见于较差土壤的表层,大小象蚕豆。块状结构多见于底土,大小变化很大,有的比拳头小,有的比拳头还大得多。棱柱状结构上下轴长,有棱边。片状结构是成片的。有的土壤完全是散的,称为单粒。

在缺乏仪器的情况下,土壤松紧度可用筷子测定。测定时,用筷子细的一端,先靠着土壤剖面,而沿水平方向用力插入,再用尺量出插入的深度,每一层土层测定三次,用力要大致相等,取相近二数的平均数即可。插入深度大于10厘米者为松散,7~10厘米为疏松,4~7厘米为较紧实,2~4厘米为紧实,小于2厘米为坚实。

土壤干湿度分为干、润、潮、湿四级。用手挤压,感觉不到土壤中有水分,土壤颜色比潮湿时浅得多的叫“干”;用手握它,感到湿润,但不会残留湿的痕迹称“润”;用手挤不出水来,但在手上会残留湿的痕迹叫“潮”;用手可挤出水来的称“湿”。另外,如果出现了地下水,则地下水的出现水位和静止水位也要注明。

怎样观测地下水呢?当我们在挖土坑的时候,如果坑的底部出现了渗水,此时用尺量出地面至水面的垂直距离,即为地下水的出现水位,待坑内不再继续壅水,积水水面相对静止时,测得的数值,即为静止水位。静止水位通常用来表示采样地段地下水的埋藏深度。如果没有挖到地下水,则通过土坑附近井水水位的观测,也可大致了解地下水位的深度。

有些土壤由于长期遭受淋溶作用，在结构表面上和裂隙中，可见到具有光泽的铁铝胶膜，或呈菌丝状的碳酸钙淀积物，或铁、锰的锈纹锈斑等。有时在剖面的下部，还分别有砂姜层、铁锰结核层、潜育层、胶泥层、板沙层等分布，这些特殊层次，特别是在作物根系分布深度范围内，往往是作物生长的障碍因素，了解它，对于研究土壤的形成和改良，都具有十分重要的意义，所以应当注意观测它们分布的部位和厚度。

土壤石灰性和酸碱度的测定，在观测土壤剖面时即可进行。测定石灰性的方法是：取一小块土壤，将 1:3 的盐酸滴一滴在土上，若发生气泡，则示土壤含有石灰（碳酸钙）。徐徐放出小气泡的，碳酸钙含量在 1% 以下；有明显的气泡发生，但很快就消失的，碳酸钙含量约 1~5%；发生剧烈气泡，呈沸腾状，历时较久，并发出吱吱声的，碳酸钙含量在 5% 以上。前面已经讲过土壤酸碱度是用 pH 指示剂进行测定。土壤酸碱度一般分为 6 级：pH 值 < 4.5 为极强酸性，4.5~5.5 为强酸性，5.5~6.5 为酸性，6.5~7.5 为中性，7.5~8.5 为碱性，8.5~9.5 为强碱性，> 9.5 为极强碱性。

在剖面观测中，上述观察项目的指标是有差异的，这些指标的差异即为分层的标准。1 米深的土壤剖面一般可划分为 4~5 层，观测的重点要放在耕作层（简称耕层）及对作物生长发育影响较大的层次上。对于耕层，特别要注意其厚度，因为耕层的厚度对土壤肥力的影响很大。如果耕层的厚度大于 15 厘米，可划分出亚耕层。亚耕层多数是深耕破除犁底层而形成的，水热情况比较稳定，有利于作物根系伸长，在研究高产更高产时尤其值得重视。对于土壤剖面一般应作扼要的描述，突出每层的主要特征，最好画一剖面示意图，现举一例作为参考。

徐6号剖面, 1960年5月采集于江苏省东海县董马庄南部平缓岗地的中坡上, 成土母质是花岗岩和片麻岩残积-洪积物, 全剖面无石灰性, 种植花生, 部分为荒草地, 其剖面形态如下:

表 18 剖面形态(徐6号剖面)举例

| 土层深度 (厘米) | 剖 面 形 态 |
|--------------|--|
| 0~15 | 表土层, 棕灰色, 砂壤土, 疏松, 潮, 屑粒结构, 有少量铁锰结核。 |
| 15~27 | 白浆层, 灰白色, 砂壤土, 紧实, 湿, 结构不明显, 铁锰结核特别多, 往下层过渡明显。 |
| 27~90 | 紫泥层, 紫棕色, 重壤土, 坚实, 润, 棱柱状结构, 有少量铁锰结核及石英碎石块, 其上部受白浆层的影响, 略带灰白色, 称为“白浆帽子”。 |
| 90~103 | 石盘层, 石英碎石为主, 夹有少量紫色和黑色矿物碎片, 坚硬, 泥土不多。 |
| 103厘米以下 | 黄泥层, 黄色, 重壤土, 紧实, 润, 块状结构, 有少数铁锰结核, 未到地下水位。 |

从上面的土壤剖面描述, 可以看出包浆土有5个明显的层次(或称发生层)。根据土壤剖面性状, 我们就能更好地结合土壤的生产特性来进行分析研究。显然, 包浆土的主要特性是会滞水包浆, 即雨后地表不积水, 但表土层和白浆层却被土壤水饱和, 土壤通透性不良, 影响到作物生长。从土壤剖面特征来看, 比较粘重而坚实的紫泥层具有托水作用, 对于土壤土层滞水有影响; 但它粘粒含量多, 可用来改良上层的砂性土壤, 故可通过深翻(或条垄深翻)来破除坚实的紫泥层, 且与上层土壤混和来进行改良。

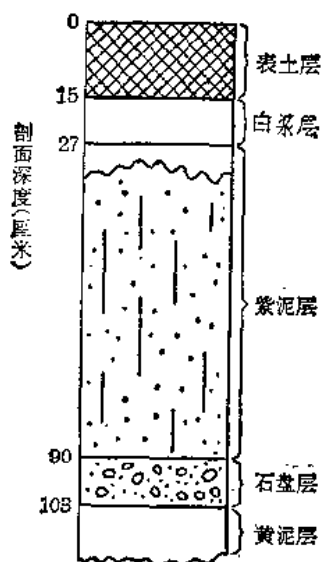


图 48 包浆土的剖面形态示意图

4. 土壤标本采集

逐层描述记载土壤剖面性状以后，一般还需要采集纸盒标本和化验标本。

纸盒标本主要是作为室内比土和评土之用。如果没有特制的纸盒，用火柴盒代替也可以。采集的方法是：在每一层次的中心部位切取一块土壤，大小以盛入火柴盒为度，土样切取下来以后，应保持该层土壤原有的形态特征，勿用手捏。采样时应先采下层，后采上层。土样采好后，应在火柴盒上注明土壤剖面号码、层次、深度。

化验标本的采集量，应根据化验的项目而定，一般每层采土约 1 市斤即可。采样的次序仍是先采下层，后采上层。表土层要全层均匀取样，表土层以下各层可采取该层的中间部分，

不应在两种土层过渡的地方采样。化验标本的土样需分层盛放在布袋或塑料袋内，并写好标签，清楚地注明剖面号码、采集地点、土壤名称、层次、深度等，标签一式两份，一份放在土袋内，一份扎于袋口上，然后用细绳将每一个剖面采集的各袋土样捆扎在一起，以免错乱。在盐碱土地区，因土壤盐分的积聚和地下水有密切关系，除测量地下水的埋藏深度外，还应从土坑中采集一些水样装入瓶内，带回室内进行盐分测定，瓶的大小以盛装 400~500 毫升水样为宜。事先用清水把瓶洗净，晾干备用，采集前再用将采集的水洗一次，水样采集后，应在瓶口系上标签，并注明土壤剖面编号、地下水埋藏深度及采集日期等。

三、土壤普查材料的整理

土壤普查的目的是为促进农业生产的发展，因此在进行土壤普查以后，应该提出能供有关部门参考的土壤调查报告。

在编写土壤调查报告以前，一般还需要召开有关群众、干部和技术人员参加的座谈会，结合在调查中搜集的有关资料、土壤剖面记载表、化验分析结果，逐一评定各种土壤的特征及土壤肥力状况。评定以后，把形态、性质相近似的土壤归并在一起，并确定土壤名称和分布面积。

在土壤肥力评价时，常有化验分析结果与实际情况不符的情况，例如土壤中有有机质和氮素等含量并不低，但土壤肥力却不高。这常常是由于土壤物理性质不良或含其它有毒物质的缘故，另外，选点和采样的准确性以及化验技术的熟练程度也会造成人为的误差。因此，在进行肥力评价时，不宜单纯利用土壤氮、磷、钾的含量作为肥力等级划分的依据。而应根据

各地不同的特点，按其养分含量、土层厚薄、耕性好坏、保水性能、土性冷暖、有无特殊障碍因素等，并结合作物的生长状况，从土壤水、肥、气、热周期性的变化来综合评定土壤肥力等级。在评价肥力的基础上，提出土壤合理利用和改良的途径或具体措施。

土壤普查的室外工作结束以后，除了编写调查报告以外，一般还应该编绘一些与土壤改良利用有关的图幅。土壤图和土壤改良利用分区图(或规划图)，对县、社两级是很需要的。生产大队应建立地块(或地段、地片)田间档案，根据当地生产的需要，也可编绘土壤图幅。

最近的土壤普查试点，一般都在第一次土壤普查的基础上重新编绘了土壤图。西南农学院的土壤普查试点，紧密结合农业生产上存在的问题，编绘出农业生产区划图，分区摆出了生产问题，为实现“四省一高”的技术措施和制订水、土、林综合治理方案提供了依据。山东省土壤肥料研究所的土壤普查试点，也编绘了土壤改良利用区划图，分区指明了存在的问题，确定主攻方向，提出主要改良措施。中国科学院南京土壤研究所在江苏省铜山县孟庄大队进行土壤普查后，除编绘土壤图外，为结合种稻改碱，编绘了水利规划图和“早改水”规划图；为作物因地制宜合理布局，编绘了土壤利用现状图(分夏熟作物和秋熟作物二幅)；为对比农业学大寨前后的内涝变化和土壤变化，分别编绘了1963年和1972年的涝情图和土壤图(1963年的图幅是通过座谈访问编绘的)。

以上这些例子，都说明编制什么图幅必须根据各地的实际需要而定。在制图的时候应该注意，每种图幅的图例必须显明、简要、通俗，便于群众了解和应用。

在土壤普查材料整理之后，要把它及时拿到生产上去应

用与验证,反复实践,不断提高。

四、搞好土壤普查的关键

1974年的土壤普查试点,取得了较大成绩。这是由于各级党委把土壤普查看作是搞好科学种田的重要措施,加强领导,使土壤普查方向对头,目的明确,因此,土壤普查成果才发挥了应有的作用。

各试点在工作中都深深体会到,要做好这项工作,必须扎根基层,以群众调查为主,实行群众调查和专业队伍相结合,土壤普查工作才能多快好省。四川省广汉县土壤普查时,普查组的同志首先与基层干部和群众座谈,了解生产问题,随后分区划片,与群众、干部一起查土壤,订措施,进行深入调查研究。由于依靠群众,放手发动群众,问题抓得准,解决得快,只用几天时间就完成了—个公社的土壤普查,绘制了土壤图和农业生产问题区划图,针对生产中存在的问题,提出了改良利用意见。江苏省镇江地委为了解各类土壤利用改良状况和经验,摸清在改制后(单季稻改双季稻)肥料布局、水浆管理、轮作和耕作等与土壤肥力演变的关系,为进一步改变生产条件和合理采用各项农业技术措施提供科学依据,1973年曾经组织—次土壤普查。这项工作由地区农业局、农科所主持,各县农业局配合,并从拟定调查社、队中抽调农技员组成了土壤调查专业队。根据农业生产水平、土壤类型及肥力水平,按农业区划共选择了44个社、队进行调查。调查的方法步骤是:①培训骨干:专业队伍集中到地区培训,传授土壤基本知识,学习调查方法,统一调查要求;②室外调查:开始时,以县为单位,集中试点,取得经验,然后分组调查;③资料整理和土

壤肥力调查报告的编写：大队和公社整理好调查素材，总结用土改土的单项经验，地、县编写土壤肥力调查报告。

土壤普查是认识土壤的一项基础工作，普查成果是用土、改土的重要依据。但是应当看到，土壤在不断地运动变化着，我们对于土壤的认识也不可能一次完成。要随时注意在生产中检验通过普查所提出的土壤利用改良措施，定期进行土壤和作物的营养诊断，做到因地制宜，因土种植，看苗施肥，看苗促进，从而获得高额而稳定的产量。以贫下中农为主力军的土壤调查研究、规划工作，无论在改造自然条件，改造土质和改造耕作制度方面，都将起着更加巨大的推动作用，同时也必然大大促进土壤学与所有农业科学的发展。

第八章 发挥人的因素， 培育肥沃土壤

自古以来，我国劳动人民就把土壤看作是农业的基本生产资料之一。自古以来，我们的祖先就利用我国富饶的土壤资源，他们以辛勤的劳动，创造了丰盛的衣食之源。实践证明，在耕作土壤栽培作物的时候，只要人们注意保土育土，养地培肥，土壤的生产力就会不断发挥和发展。

土壤经过人们耕种以后，虽然仍要受自然环境的影响，但在各种农业耕作措施的直接作用下，土壤肥力起着深刻的变化。我国古农书《汜胜之书》曾经指出“凡耕之本，在于趣时和土，务粪泽，早锄早获”，又说“区田以粪气为美，非必须良田也。诸山陵近邑高危倾阪及丘城上，皆可为区田”，意即耕种的基本原则是：抓紧适当时间，使土壤松和，注意肥料和水分，及早锄地，及早收获；只要充分发挥人定胜天的作用，任何瘠薄土地均可改良为肥沃农田（区田），也就是俗话说的“人勤地不懒”。这都充分反映了我国劳动人民在长期的生产斗争实践中，对土壤有着深刻的认识。

今天，在伟大领袖毛主席制定的农业“八字宪法”指引下，广大贫下中农发扬改天换地的革命精神，在创造大面积早涝保收、高产稳产的肥沃土壤方面更是积累了极为丰富的经验。无论是北方的海绵土、楼土，或是南方的泥肉田、糖血土，都是人们在辛勤的生产劳动中，通过改造地形，稳定水土条件（如

坡地修梯田), 耕作施肥, 合理排灌, 轮作换茬, 用地结合养地等一系列措施培育出来的。各地在开展“农业学大寨”的群众运动中, 还不断涌现出一批批低产变高产、高产更高产的先进典型。实践证明, 只要发扬大寨精神, 发挥人的主观能动性, 大搞农田基本建设, 为建设高产稳产田打下基础, 进而采取综合措施培肥土壤, 土壤定能越种越肥, 产量定能不断提高。

一、肥沃土壤的特征

肥沃土壤是劳动人民辛勤培育的产物。在生产实践中, 生土变熟土、瘦土变肥土的过程, 就是采取综合的农业技术措施, 不断熟化土壤, 不断培肥土壤, 从而提高农作物产量的过程。

(一) 肥沃土壤的一般特征

各类作物对肥沃土壤既有特殊要求, 如花生适应砂质土壤, 麦类适应较粘的土壤, 棉花不耐渍水, 水稻则要保持一定的水层等; 然而, 它们对土壤也有共同的要求。群众将这些共同要求生动地概括为“耐饱耐饿, 耐冷耐热, 耐干耐湿”。这里所说的“耐饱耐饿”, 是指施肥多时, 土壤能把肥分贮存起来, 施肥少时, 土壤又可释放肥分供作物吸收利用, 也就是土壤的保肥供肥能力好; “耐冷耐热”、“耐干耐湿”, 是指土温的变幅小, 同时既能保水又很爽水, 也就是土壤水、热、气状况良好。总之, 肥沃土壤能为作物根系的活动和地上部分的生长发育提供良好的土壤环境, 并具有便于调节水、肥、气、热等肥力因素的能力。大寨大队创造的肥沃土壤——海绵土, 活土层有一尺

左右,有良好的土壤结构,蓄水、保墒、保温性强。大寨大队和农业学大寨的先进社队的贫下中农,以及土壤科学工作者,从长期的改土实践中体会到:研究土壤不仅要研究耕作层,同时还要研究耕作层以下的各层土壤,即研究土壤的整体构造,这样才能全面地认识土壤中影响肥力的内在诸因素。下面简单谈谈肥沃土壤的耕作层及其底土层的一般特征。

(二)肥沃土壤耕作层的特征

肥沃土壤与土壤耕作层的性质有关,肥沃土壤的耕作层的特性归纳起来大致如下:

耕作层深厚,砂粘适中,结构良好。稻田耕作层的厚度一般应为 20~22 厘米,质地为轻壤土—中粘土,结构良好,泡水后不易成僵块,也不分散成泥浆,土体有大量红棕色锈斑(表示通气良好)。旱地的耕作层要求更深厚一些,约 25~30 厘米,砂粘适中,结构良好,不易板结,既渗水、通气,又能保墒,土壤

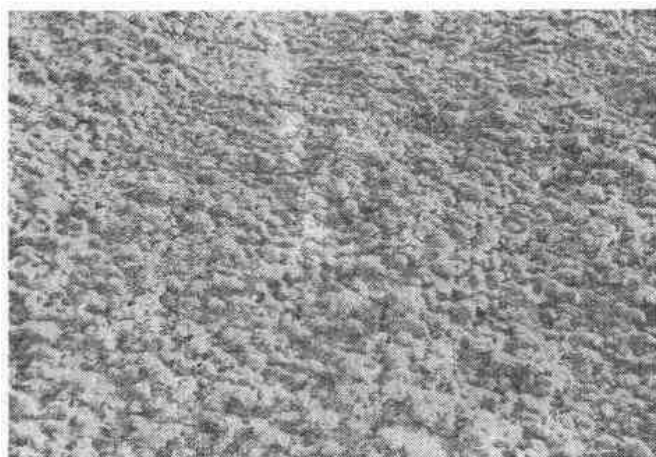


图 49 肥沃旱地表面的形态特征

水气状况容易调节,作物根系分布均匀。

肥沃土壤的耕作层富含养分,并具有积累和供应养分的能力。土壤中有有机质以及氮、磷、钾等养分比较丰富,如有机质含量一般在2%上下,而且品质良好。耕作层中有益微生物活动旺盛,能加速土壤有机质分解,同时又能积累新鲜腐殖质,可以保证在作物生育期间源源不断地供应养分。耕作层还应具有耐肥能力,即在施肥较多的情况下,也不致发生烧苗、疯长、倒伏等现象,但也不会把养分牢牢地固定起来,影响作物的吸收利用。

耕作层的酸碱度适宜,并且不含或少含有害物质。一般作物要求土壤pH值在6.5~7.5左右,含盐量不超过0.1%,不含或少含亚铁、硫化氢等有毒物质。

此外,肥沃土壤耕作层温度的昼夜变幅要小,具有良好的吸热和保温能力。

(三)肥沃土壤底土层的特征

肥沃土壤不仅与土壤耕作层的性质有关,而且也与整个土壤剖面的性状有关。只有当耕作层和耕作层以下的各个层次(如稻田的犁底层、斑纹层等)的养分、质地、结构等状况都比较良好时,才能为作物提供适宜的水、肥、气、热条件。肥沃土壤的耕作层以下各土层的特征大体如下:

在稻田的耕作层下面,有一个犁底层,犁底层下面出现斑纹层为好,说明土壤爽水性较好,但又不漏水。如果犁底层下紧接的是粗沙层或石灰板结层,就会漏水,或不爽水,都不利于水稻的生长。

在旱地的耕作层下面,要有一层松紧适宜的土层,以利作物根系伸长。如果耕作层下紧接过砂或过粘的层次,则不利

于作物生长,特别会影响土壤水分状况。在耕作层之下,还不应紧接过瘠过僵的土层(例如砂姜黑土上的砂姜层,包浆土的白浆层),否则都会影响作物生长。地下水位要合适,一般以1~1.5米为好,但盐碱土地下水位要更低一些为宜。

当前,不少土壤还不完全具备上述要求,例如有的土壤粘重板结,结构不良,有的土壤耕层浅薄,养分缺乏,有的土壤有盐碱为害等。但是只要通过挖沟建渠,平田整地,客土改土,进行农田基本建设,同时运用排灌、耕作、施肥、轮作等措施,便可以加速土壤熟化过程,提高土壤肥力,变低产土壤为高产土壤,使肥沃土壤更加肥沃。

二、肥沃土壤的培育途径

本节所谈的培育肥沃土壤,是指一般土壤的培肥。至于盐碱土、红壤、冷浸田、砂姜黑土、风沙土、白土、反酸田等低产土壤改良利用,将在下章阐述。肥沃土壤的培育途径可从四方面考虑:即合理排灌,调节水肥;精耕细作,熟化土壤;增施肥料,培养地力;合理轮作,用养结合。

(一)合理排灌,调节水肥

“水利是农业的命脉”,水利搞好了,农业才能早涝保收。水是土壤中最活跃的因素,只有排灌合理,才能有效地控制土壤水分,调节土壤水、肥、气、热状况,充分发挥土壤的增产潜力。因此,兴修水利,发展灌溉,改善排水,是农田基本建设以及提高土壤肥力的重要措施。

1. 因地制宜,改善排灌条件

坡地梯田化,平原园田化,因地制宜发展灌溉,改善排水,

做到能灌能排，抗旱防涝，这是保证作物适时适量得到水肥的基本条件。群众说得好：“坡地梯田化，平原园田化，水有路，土有家，粮食产量年年有增加。”

(1) 坡地修梯田：坡地是山区发展粮食和果木的重要基地，但是坡耕地由于地面倾斜，遇雨就会引起水土流失，无雨又易受旱，为了建设旱涝保收的高产稳产农田，必须通过挖高填低、劈崖作埂，把坡耕地改成水平梯田，才能有效地稳定水土，增强土壤蓄水、保肥能力。在此基础上进行精耕细作，增施肥料，合理轮作，就能建成高产稳产农田。大寨大队的农地原来都是跑水、跑土、跑肥的坡梁地，二十多年来，他们以自力更生、艰苦奋斗的革命精神，治山、治坡、治沟，大搞农田基本建设，通过修筑梯田，平整土地，发展灌溉，改良土壤，实行精耕细作，全面贯彻农业“八字宪法”，从而建立了旱涝保收、高产稳产的大寨田。

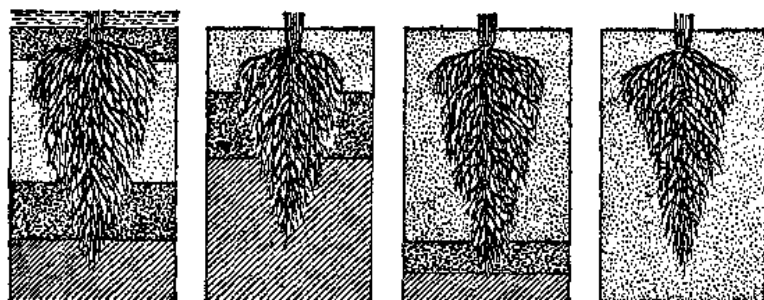
(2) 平原园田化：平原地区统一规划，采取开挖新河、平整土地等措施，使耕地成方成片，沟、渠、路、林配套，实行园田化，这是改良低产土壤，培育肥沃土壤的好方法。江苏淮安县泾口、流均两个公社，地处里下河碟形平原的北部，旧沟河多，分布很乱，极大部分耕地为老淤田，过去只能种一熟水稻，秋收以后到处一片汪洋。在无产阶级文化大革命中，开展了农业学大寨的群众运动，他们从当地实际情况出发，推翻旧水系，建立新水系，在框圩建闸的基础上，实行园田化，将一熟淤田改良成为稻麦两熟田，粮食产量成倍增加。泾口公社的粮食总产1965年为1600万斤，1975年增加到4500万斤，十年之内增产将近两倍。该公社的泾口大队，十年来在农田基本建设方面所做的土方数，每亩耕地平均达105.4方，使田块基本上达到了方整化，田块长135米，宽20米，合面积4亩（有

的田块中间加一条腰沟，成为2亩一块）。在此基础上结合采用圪工泵（一种扬程不高流量达1立方/秒的小水泵）排水，暗沟排渍，增施磷肥以及其他措施，粮食平均亩产近千斤。流均公社二桥大队河浜生产队的老馠田，在实行园田化后，1975年小麦一熟超《纲要》。根据这两个公社的实践，河沟杂乱分布的平原地区，实行园田化后耕地面积不但不会减少，反而有所增加。旧河沟太多的地方，土不够填，便在新建的大圩内，有计划地保留一部分比较整齐的沟塘，用以养鱼和发展水生绿肥。

2. 看土排灌，控制农田水分

农田水分的多少，对作物生长影响很大。当农田水分不足时，作物受旱，水分过多时，又要受涝。因此，必须根据农田水分情况与土壤性质适时适量灌排，以保证作物正常生长。

(1) 看农田水分排灌：农田水分有地面水、土壤水和地下水三种。对于旱作地区来说，一般不允许有地面水，如果地面积水，地下水位抬高，会引起土壤水多、气少的渍水现象，造成作物淹涝危害，出现这种情况应立即排水。地下水位一般不应上升到根系吸水层的范围以内，如果地下水上升到根系吸水层时，土壤水分接近饱和，部分根系受浸渍，吸水吸肥力减弱，甚至发生烂根，这时必须降低河沟水位或在田间开沟排水（或用暗洞排水、暗沟排水），以消除土壤渍水危害。当地下水位稍低于根系吸水层时，地下水可以通过毛细管作用转为土壤水，供给作物吸收利用，所以在非盐碱土地区可采用提高地下水位的方法来补充土壤水分，也可用此法来防止干旱。地下水位过深，土壤水分小于田间持水量60~70%时，土壤气多、水少，显得干旱，要通过灌溉来增加土壤含水量。所以对旱作来说，需排除地面水和控制地下水，以调节土壤水分状况。



(1) 地面积水，造成土壤积水，闭气，地下水位抬高，应立即排水。

(2) 地下水过高，根系受浸泡，要降低河沟水位或排除土壤内渍水。

(3) 地下水适当，地下水可以通过毛细管作用，上升到根系吸水层，供作物吸收利用。

(4) 地下水过深，土壤气多、水少，显得干旱，应采取灌溉措施。



地面水



地下水



土壤水多气少



土壤气多水少

图 50 旱作农田水分变化示意图

近几年来我国有些地区发展了暗洞排水，实践证明，这是一项排除土壤渍水的增产措施。如中国人民解放军城西湖“五七”军垦农场，其地势低洼，土壤粘湿，机械压实较为严重，每丘田块大至百亩左右，土壤的内排水极为不良，水渍危害严重，限制了粮食产量的提高，1973年开始推广暗洞排水，有效地排除了土壤渍水，配合其他措施，使粮食产量迅速增长。

所谓暗洞，即每隔一定距离在地表下 60~70 厘米打一些小洞，使土里多余的水分流出来。城西湖农场采用东方红 75 油压悬挂式打洞机，即用 75 马力的东方红履带拖拉机直接牵

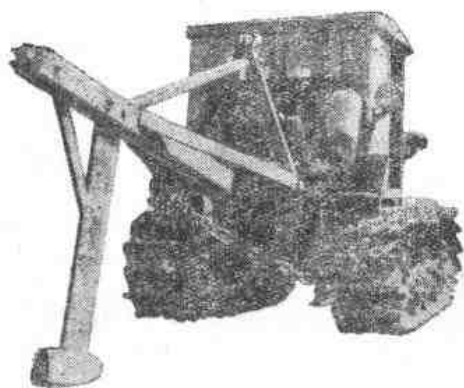


图 51 暗洞排水用的油压悬挂式打洞机

引打洞，比常熟县的东风 12 型绳索牵引打洞机工效提高 10 倍以上。打洞方向与排灌沟渠垂直，暗洞开口于排沟，尾部不通灌沟。打洞器弹头有灯泡形与圆形两种，以灯泡形的排水效果为佳。在

1975 年 6 月 3 日，日雨量达 98.8 毫米，在打洞作业区几乎无地表径流，时隔一天(阴天)，6 月 5 日拖拉机就能下田收割麦子，土壤压陷轻微，泥不粘轮，收割顺利；而在未打暗洞区，5 日以后天气连晴 2~3 天，一台收割机还需 2~3 台拖拉机牵引才能勉强下地，而且收割机大轮粘满烂泥，硬拉强拖，拖拉机履带陷深 17 厘米。又据江苏省常熟县十年来试验，1965、1966 年打的暗洞至今



图 52 暗洞排水口

还在排水。暗洞排水有明显的增产效果，一般小麦可增产 10~20%，水稻增产 10~15%，红花草(冬绿肥)增产 21~75%。

稻田对农田水分的要求与旱地不同，因为水稻是喜湿作物，田面应保持一定的水层，才能满足水稻生长发育的需要。不过，稻田的水层过深（灌溉水过多或降雨太大），对水稻生长也不利。群众经验证明，在深耕、密植、多肥的条件下，采取“前浅、中晒、后干湿”的原则，也就是“浅水插秧，深水活棵，浅水分蘖，分蘖末期烤田，孕穗期干干湿湿，薄水灌浆，落干黄熟”，这是夺取水稻高产的重要措施之一。

(2) 看土壤性质排灌：在同一地区内，由于土壤性质不同，排灌措施也有差别。砂质土保水能力弱，渗水能力强，容易缺水受旱，要勤灌，但每次灌溉量不宜太多。粘质土保水力强，渗水力弱，土壤内保持的不能为植物利用的无效水也较多，因此灌水次数不宜多，而一次的灌水量可适当加大。根系吸水层若为砂壤土，而底层为粘质土的“蒙金地”，土壤蓄水能力强，只要做好保墒工作，可以减少灌溉次数。上粘下砂的“漏水砂地”，保水困难，易受干旱，需增加灌溉次数。经过深耕的土壤，松土层加厚，能容纳较多的水分，灌溉水量应适当加大。有机质多，结构良好的土壤，保水能力强，灌水量应多些，但次数宜少。结构不良的土壤，切忌大水漫灌，应在适量灌溉的同时，增施有机肥，加强耕作保墒措施。

3. 看水灌溉，充分利用水源

作物对灌溉水的水质有一定的要求。所谓水质，主要是指水中所含盐类的种类、数量和酸碱度等。灌溉水的水质优良，可以增加土壤养分；用水质不良的水灌溉，会使土质变坏。

(1) 利用肥水：优良灌溉水中所含的盐类，多数是作物需要的营养物质，因此当这种灌溉水流入农田，其所含盐类被土壤吸附，可以增加土壤养分含量。有些地区的地下水，含有硝酸盐（即硝态氮肥）。据陕西省有关单位调查研究，每 50 立

方肥水中所含的硝酸盐类，一般可相当于 7.5~25 斤硫酸铵，或 9~30 斤碳酸氢铵。从江苏省徐淮地区的井水调查结果也可看出，该地区有不少井水含有硝酸盐类，如新沂县炮车公社果园一队，每 50 立方井水的含氮量约相当于硫酸铵 25 斤，1970 年井灌的水稻，平均产量为 780 斤，而河灌的为 550 斤，井灌比河灌增产 3~4 成。因此，在地面水缺乏，地下水丰富的地区，发展井灌，是一项有效的增产措施。在南方石灰岩地区，灌溉水中常含有丰富的钙、镁等成分，一般每立方水中约含重碳酸钙镁 0.5~1 斤，利用这种水浇灌水田或红、黄壤旱地，等于施了石灰，有改良土壤的作用。

(2) 利用“废水”：生活污水和工业废水中含有多种养分，可是，过去把它当作“废水”，一排了之，以致污染水源，影响环境卫生。因此，研究废水利用，变“废水”为肥水，进行农田灌溉，是兴利除害，发展灌溉的新途径。据北京、上海等地有关单位的化验分析，生活污水中富含氮、磷、钾等养分，其中氮的含量，每 100 立方生活污水中约有 7.5~9 斤，相当于 37~45 斤硫酸铵。所以污水灌溉可以直接增加土壤养分，提高作物产量。一般生活污水的有毒物质较少，适宜灌溉；而工业废水中往往有酚、砷、氰化钾、酸、碱等有毒成分。这些物质随水灌入农田往往影响作物生长，并使土质变坏。因此在引用工业废水灌溉时，必须根据废水性质，进行适当处理，以消除污染危害。如南京石油化工厂的工业废水中含有一定数量的氮素，经过处理使毒害物质降低到排放标准后进行灌溉，水稻生长良好。

在水源不足的地区，为了充分利用水源和发挥灌溉水的潜力，可以利用咸水。但有些盐碱土地地区的沟渠水和地下水含盐量较高，水质不良，灌溉后不仅对作物有毒害作用，而且会加重土壤盐碱化程度，因此引水灌溉时要特别注意其含盐

量，一般说，灌溉水的含盐量最好小于 0.1~0.15%。但因各种盐类对作物的危害程度不同，所以还要看盐分的种类。以碳酸钠为主的灌溉水含盐量不应超过 0.1%，以硫酸盐为主的灌溉水含盐量不应超过 0.5%，以氯化钠为主的不应超过 0.2%。此外，由于作物在不同生育期其耐盐程度不同，因此对灌溉水的要求也不一样。例如，水稻生育前期耐盐性较弱，从播种、插秧至返青阶段的灌溉水，要保持较低的盐分浓度。这时以氯化钠为主的灌溉水，含盐量一般以不超过 0.1% 为宜，而在水稻生育后期，含盐量达到 0.2% 的水也可以灌溉。在水源不足时，可以利用比上述含盐量稍高的河沟水或“二淋水”（即上游邻近地区稻田排出的水）来冲洗盐分或作为水稻后期的灌溉水。

4. 看作物排灌，以水调肥

通过灌溉、排水来调节土壤水分，是促进或控制土壤肥力的有效措施。然而对于不同作物来说，促、控措施有所不同，下面介绍几种主要作物的促、控经验。

(1) 水稻的烤田：水稻是喜水作物，经常保持一定的水层可以促进水稻的生长，但也要适时排水落干进行烤田。因为烤田可使表土部分稻根受到一定损伤，因而对氮的吸收减弱，这样地上部分的营养生长暂时受到抑制，可使植株的节间短，茎秆粗，减少无效分蘖和防止植株疯长、倒伏等现象。同时，稻田长期渍水也会导致耕作层氧气不足，还原性物质累积，而烤田可以使缺氧条件下累积的甲烷、硫化氢等有毒物质得以氧化和分解。另外，烤田还能加强好气性微生物的活动，促进有机质分解，为水稻以后各生育阶段提供较多的养分。

烤田一般在水稻分蘖末期进行。烤田的程度有轻重之分，排水落干后，晒到田边发白，田中出现鸡爪裂，称为重烤；晒到

行人有脚印,但又不陷脚,称为轻烤。水稻是否要烤田,烤田的程度与时间又如何,还须根据土壤和苗情来决定。一般苗大而壮宜早烤,苗小而弱宜晚烤;高田少烤,低田多烤;肥田多烤、重烤,瘦田少烤、轻烤;而盐碱稻田一般不烤。

(2) 麦田的排灌: 俗话说“麦睡干窝”,“尺麦怕寸水”,说明三麦(小麦、大麦、元麦)不宜生长在地下水水位高、湿度大的土壤中。南方麦田,春季麦根密集在地表以下 20~30 厘米深处,此时常阴雨连绵,麦田表层以下 10~50 厘米深处的土壤水分常呈饱和状态,造成麦根扎不深,生长缓慢,甚至叶尖发黄。因此,只有加强田间排水,并把地下水位降至地表以下 80~100 厘米,才能为三麦生长发育创造良好的土壤环境。

江苏省苏州地区的群众对防止小麦湿害积累了丰富的经验。如沙州县塘桥公社六大队的经验可概括为:全面规划,因田定向,减少竖沟,增开横沟,竖深横浅,条条相通。每隔 13 米开一条竖沟,沟深 70 厘米;每隔 12 米开一条横沟,沟深 60 厘米,为了防止塌沟,他们采用了以下办法:沟面约 13 厘米,沟底约 10 厘米,土宽下窄呈倾斜形;坚持先开沟后种麦,沟边

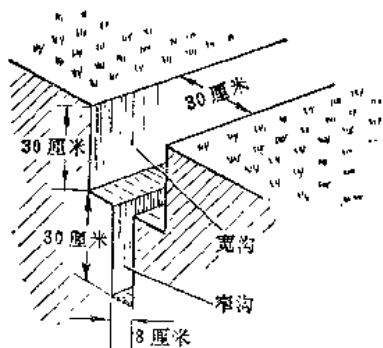


图 53 排水暗沟开挖断面图

不松动;沟位定在生板地,避开老沟;经常清沟,保证沟无积泥,泄水畅通。

近年来发展的暗管和暗沟排水,是平原地区三麦增产的新途径。江苏省金坛、昆山等县采用直径约 8 厘米的瓦管或灰土管,埋于田间 1.2~1.5 米深处,间距约 15 米,使用

这种暗管排水，一次投资，长期受益，能加速排出地下水，控制地下水位在1米以下。江苏无锡及上海等地开挖暗沟排水，更是农本低，简单易行，其具体作法是(图53)：稻田耕翻前每隔8~10米开一条宽、深各30厘米的竖沟，竖沟间隔一定距离开挖横沟，各竖沟间的横沟以相互错开为好；然后用特制的暗沟铲在沟底中间开挖宽8厘米、深30厘米的窄沟，窄沟上顺次覆盖整片土块，再以挖出的泥土填沟并踩实即成。这种沟一般可保持3年，窄沟上如能用砖、瓦、水泥板等覆盖，则使用年限更长。有条件的地区也可在窄沟中填入炉渣等物。暗管和暗沟对排除麦田三水(地面水、土壤水和地下水)有很好的效果。金坛县以及上海松江县泗联公社等地的对比试验，总结了地下排水的好处：(1)土地利用率高，暗沟管排水后，只需在田面四周开挖较浅的明沟，故实种面积可达95%；(2)排水快，基本能达到雨停泥头爽，在秋雨多的年份，有利于提早秋播，出苗率高；(3)潜水位比明沟排水的要低约10厘米，土壤通透性改善，促进三麦扎根并减少病虫害；(4)雨后无渍水，故三麦可提早分蘖；(5)在种稻期间，也能改善稻田土壤的通气状况。

南方麦田在干旱年份也需进行灌溉，尤其秋播后，如果土壤干旱，对出苗率的影响很大。南方麦田的灌溉要掌握三先三后的原则：先远田后近田，先高田后低田，先晚麦后早麦。同时由于旱作的灌溉要求与水稻不同，灌溉技术应注意：第一，田间排灌沟(垅沟、腰沟、围沟、横头沟)要畅通，保证能灌能排。第二，采取两种灌溉方式，一种是灌“跑马水”，灌水时间不超过5~6个小时；另一种是沟灌，灌水量要保持浸润垅面三分之二，浸润时间以润透为准，一般要8~12个小时。

(3) 棉花的蹲苗：“浇苗不浇小”，“头水晚、二水赶”，这

是群众促控棉苗生长的经验。所谓“蹲苗”，就是在棉苗生长前期不浇水或少浇水，进行中耕松土，以减少土壤表层的水分，促进棉苗根系扎得深，茎叶长得健壮。

蹲苗为什么能使作物根深苗壮呢？第一，因为作物根系有向土壤下层湿润处伸长的特性，所以在表层土壤水分少、通气好，而下层土壤仍较湿润的情况下，可以促使根系往深处生长。第二，在蹲苗控制土壤水分的同时，也控制了土壤养分的供应，因为一般表土的养分较丰富，但是当土壤水分不足时，养分不易被根系吸收，从而促使根系向下深扎，于是根系在深层的分布范围扩大，养分来源充足。但蹲苗要因时因地制宜，在天旱、地瘦的情况下不宜蹲苗。

(二)精耕细作，熟化土壤

土壤耕作是指耕地、耙地和中耕等。通过土壤耕作，可以疏松土壤，加深耕层，翻埋肥料和残茬，消灭杂草，为作物的生长发育创造良好的土壤环境。下面着重介绍精耕细作与熟化土壤的有关问题：

1. 深耕

深耕是农业八字宪法中“土”字的中心内容之一。1958年，广大贫下中农遵照毛主席关于“把土地深翻好”的教导，以战天斗地的英雄气概，掀起了空前规模的深耕改土运动，取得了显著的增产效果。

(1) 深耕的好处：深耕对土壤的影响，可归纳如下几个方面：

第一、深耕打破了犁底层，作物根系可以向下伸展。一般未经深耕的土壤，作物根系常密集于表层10厘米左右的土层中。这层根系的重量占根系总重的90%左右。深耕以后，

10厘米以下的土层中根系显著增多。

第二、深耕加厚了耕作层，提高了土壤的蓄水保肥能力。由于下层紧实的土层变得松散，孔隙度增大，因而可以容纳较多的水分和养分，增强抗旱能力和供肥能力。

第三、深耕结合增施大量有机肥料，使作物生长所需的大量养分均匀分布于全耕层中，便于作物吸收，因而前期不至于疯长，后期也不至于脱力。

由此可见，深耕对土壤物理、化学和生物性质都有良好的影响，也就是加速了土壤熟化。

(2) 耕翻的深度：深耕能够加速土壤熟化，有利于作物生长，但是耕翻深度并非越深越好。在具体确定耕翻深度时，要考虑以下几个方面：

第一、深耕要因土制宜：土壤条件不同，耕翻深度应有差别。一般说，肥土的上下层养分含量比较丰富，同时心土也比较容易熟化，可以耕得深些；瘦土的耕层薄，养分也少，应逐渐加深。土层上砂下粘或上粘下砂的，深翻可以砂粘掺和，改善土壤质地。但若粘上层下的砂层深厚，深耕破除粘土层后会引起漏水漏肥现象。地下水位较高的低洼地，根系伸展的深度通常只限于地下水以上，因此必须先开沟排水，降低地下水位，再适当加深耕翻层。多雨地区的滨海盐土，由于长期雨水淋洗盐分，表土的含盐量一般比底土少，不宜耕得太深，否则会将含盐量较高的底土翻到表层，反而不利于作物的生长。耕层下有流沙、砂姜、砾石的，要逐步加深耕层，并将砂姜、砾石拣去，或者客土（如河泥等）填高土层，以免引起漏水漏肥。

第二、深耕要看肥料多少：要发挥深耕的增产作用，必须增施有机肥料，在北方最好还要配合进行灌溉。如果土壤深翻了，却没有相应的肥料跟上，仅仅翻动了土层，生土还是

得不到熟化,这样的深耕效果并不明显,有时还会因生土翻到地表而造成减产。所以在肥源不足的情况下,耕翻不宜太深,而且耕翻时要掌握熟土在上,生土在下,或者把肥料施在根系最集中的地方,并做到精耕细耙。河南长葛县试验过,深耕6寸结合施肥,比深耕2尺不施肥的,土壤有益微生物显著增加,说明单纯深翻并不能熟化土壤。河南偃师县岳滩大队根据当地具体条件,确定深翻深度可稍深于1尺。他们的经验是,深翻必须结合分层施肥,做到精耕细耙。由于深耕创造了深厚的、上虚下实的、水肥充足的耕作层,所以1969年在大旱150天的情况下,这个大队的小麦仍然夺得了每亩651斤的高产。

第三、深耕要因作物制宜:不同作物根系在土里扎得有深有浅,而且有一定的密集分布的范围,超过一定的深度范围,根系就很少了。作物的根系并不是随耕翻深度而无限制地向下伸展,各地深翻试验表明,耕翻深度超过1.5尺的情况下,水稻根系有90%分布在7寸以内,小麦根系有80%分布在1.2~1.3尺以内,大豆根系有75%分布在1.2尺以内。南方红壤地区的油菜根系有90%分布在9寸以内。由此可见,除了其他条件外,作物根系密集分布的深度和范围,也是确定耕翻深度的重要因素。一般认为,种植旱作要耕得深些,种植水稻可以浅些(一般以6~7寸为宜)。江苏南部地区和上海郊县在扩大双季稻、三熟制的情况下,目前的机耕深度在6寸左右。

(3) 耕翻的时期:各地习惯把耕地分为秋耕、冬耕、春耕、伏耕四个时期。深耕时期应根据各地的气候、茬口等具体情况灵活掌握。例如:

第一、在北方有秋深耕、春浅耕的经验。我国北方一些地区,当作物秋季收获后立即进行深耕,因为秋季耕得早,土

堡在秋冬经过风吹日晒，雨雪冻融，变得很疏松，能接纳较多的雨雪而贮蓄在耕作层内，这有利于抗旱，同时还有利于土壤养分的转化。北方的春天，往往雨少风大，天气干燥，土壤水容易蒸发，因而不宜深耕，而应及早浅耕，疏松表土，减少蒸发，保住底墒。

第二、在南方稻区，多数是双季稻——绿肥轮作，由于绿肥在双季晚稻收割前就已套种，秋冬的田间正是绿肥生长季节，无法进行耕翻，所以都在春天翻埋绿肥时进行深耕，接着栽插双季早稻。双季早稻收割时，由于农事季节很紧，也只能浅耕浅耙就栽插双季晚稻。江苏南部地区在扩大稻麦三熟的情况下，强调在秋种三麦前深耕，以保持深厚的活土层，这对防止作物倒伏，夺取高产更高产有很大的意义。

第三、黄泛平原的条垄深翻，是隔垄深翻，集中施肥的好办法，在盐碱地上还有改碱作用。这种深翻法，一般在冬季先耕翻5~6寸，将熟土翻在一边，然后将一半肥料放在生土层上，用铁锹将生土在原处翻动（约再加深5~6寸），并与肥料掺和，第二年春天，把头年翻在一边的熟土推入沟内，同另一半肥料掺和。这样每年依次隔垄深翻，不打乱土层，增产效果显著。近年来，河南许昌县宋庄大队通过实践又发展了条垄深翻经验，他们创造了熟土、肥料、生土三集中的深翻法，把生土集中在埂背，熟土和肥料集中在沟内。这样庄稼长在沟内，水肥条件有保障；生土在埂背，可以加速生土风化。宋庄大队的这种深翻法需要有较多的肥料，并要与灌溉相配合。

此外，深耕应在土壤含水量适宜的时候进行，因为土壤含水量适宜，则耕作阻力小，土块易碎，耕作质量好。最适宜于耕作时的土壤含水量一般相当于田间持水量的40~60%。有

的地方，群众观察适耕期的方法是：当见到地面发白，干湿斑状相间，脚踢地面土块易碎，用手捏能成土团，随手落地土团又自然散开，即是适宜耕作的时机。

2. 耕翻晒垡

土地耕翻后，形成大块土垡，暂时不耙，在作物休闲季节或较短期内经受日晒雨淋或冰雪冻融，这不仅能使土壤中的矿物颗粒风化释放养分，而且可使土垡碎散，有利于往后的耕耙和土壤性质的改良。南方一些水稻田（尤其低湿及质地粘重的地），隔一段时期耕翻晒垡或冻垡，再灌水，可使硬土块变得融和，不仅便于栽秧和秧苗活棵，而且在一定程度上改善了土壤理化性质，促进有益微生物活动。在南京附近的试验说明，晒垡以后土壤中硝化细菌增加40多倍，晒垡比不晒垡的硝态氮增加约6倍，有效性磷、钾也有所增加。所以，各地都有“晒垡如上粪”的说法。

耕翻晒垡对熟化生土、提高肥力虽有良好作用，但能否采取这一措施，还应根据茬口、劳力以及土壤特性等条件来决定。如南方双季稻绿肥地区，茬口紧，没有时间晒垡；又如砂土、小粉土的通透性好，潜在肥力不高，有效养分低，上下层养分差别不大，一般不必晒垡。而对于土质粘重，潜在肥力比较高的土壤，晒垡的效果相当显著。

3. 耙地、中耕

耙地是播种前的表土耕作，耙地除了松碎表土、平整地面外，还可堵塞表层大孔隙，并使肥料与土壤相混合。耙地的深度一般为1~2寸左右，这样有利于熟化土壤，为种子发芽创造良好的条件。俗话说：“光耕不耙，枉费犁铧”，意思就是如果耕后不耙，由于地面高低不平，土块大，孔隙多，土壤水、肥、气、热仍然不协调，因而深耕的作用就难以达到。此外，播

种后如遇雨天，地面板结，种子难以出苗，也可采取耙地，以破除地面结壳，为种子发芽出土创造条件。

中耕是在作物生长过程中进行的表土耕作，能松土保墒，调节土壤水、气，提高土壤温度，加速有机质分解，促进作物生长。中耕的深度要根据作物生育情况来决定，一般是随着作物生长，采取“浅——深——浅”的方法。因为苗小的时候，根还没有扎稳，吸收土壤养料的能力也弱，如果中耕过深会伤苗，也容易埋苗；当幼苗逐渐长大后，根系向纵深方向伸展，需要吸收更多的养料，这时采取深中耕，虽然损伤了少量根系，但刺激了更多根系的生长发育；后期根系向四周伸展，作物需要更多的养料，如果这时中耕太深，会伤害过多的根系，影响作物对养分的吸收，因此又应浅些。

水田的中耕除草叫做耘耨，目的是除草，并搅动土层促进养分分解，增强稻株分蘖发棵。水稻一般在分蘖期耘耨2~3次，耘耨如结合施肥，则既可除草松土，又能保蓄养分；尤其在施用碳酸氢铵后随即耘耨，可以显著提高肥效。有些地方在水田试用化学除草剂，以消灭水田的杂草，则耘耨次数可适当减少。

(三)增施肥料，培养地力

肥料是作物的粮食。近年来，随着农业生产的迅速发展，北方正在变一年一熟为一年二熟或二年五熟，南方都在扩大一年三熟，复种面积不断增加，粮食单位面积产量日益提高，这也意味着作物每年从土壤里带走了更多的养分。因此，大力开展积肥造肥的群众运动，广辟肥源，增施肥料，是解决作物需肥与土壤供肥的矛盾以及培肥土壤的重要措施，俗语说得好：“肥料农家宝，高产不能少”。

在生产实践中，广大贫下中农遵循毛主席关于“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，千方百计开辟肥源，采取种(种植绿肥)、放(放养水生绿肥)、养(养猪积肥)、沤(沤肥)、堆(堆肥)等措施，积造大量有机肥料，此外，各地区大办“小化肥”，大造土化肥，保证在增施有机肥料的基础上，配合施用适量的化学肥料，把有机肥料做当家肥，化学肥料做促进肥。

1. 增施有机肥料

有机肥料一般都含有作物需要的各种营养元素和丰富的有机质，对于提高土壤肥力有多方面的作用。有机肥料肥效缓慢，但稳而长，不易损失，不仅是作物营养的丰富来源，而且在土壤微生物的分解和综合作用下形成了一种特殊物质——腐殖质。腐殖质与土壤矿质部分融合在一起，具有贮藏养分的作用，并能改善土壤的物理、化学及生物性质。有机肥料的种类很多，但主要是厩肥、绿肥、堆肥三大类。下面就积造有机肥料的主要途径加以说明。

(1) 养畜积肥：一头牲畜就是一个小型有机肥料厂。据统计，一头猪每年排泄粪尿约 40 担，一头牛每年排泄粪尿约 180 担，一匹马每年排泄粪尿约 100 担，一头羊每年排泄粪尿约 14 担，这些粪尿中含有 20~30% 以上的有机质和丰富的氮、磷、钾及其他养分。畜粪再加上褥草、泥土等垫圈材料沤制成的厩肥(又叫栏粪、圈粪等)，就是养分全、数量大的优质有机肥料。在这些牲畜中，猪的食性广，便于饲养，且猪粪的肥劲足，肥分高，积造方便，是改土的好肥料。据分析，一头猪一年排泄的 40 担粪尿中，有机质含量约占 20%，氮素约 20 斤，磷酸约 11.5 斤，氧化钾约 17.2 斤。把这些氮、磷、钾换算成化学肥料，就相当于硫酸铵 100 斤，过磷酸钙 72 斤，硫酸钾

表 19 不同牲畜粪尿的营养含量

| | 水分 (%) | 有机质 (%) | 全氮 (%) (N) | 全磷 (%) (P_2O_5) | 全钾 (%) (K_2O) |
|--------|--------|---------|------------|---------------------|-------------------|
| 猪粪 (鲜) | 81.5 | 15.0 | 0.6 | 0.4 | 0.44 |
| 猪尿 | 96.7 | 2.8 | 0.8 | 0.12 | 1.0 |
| 猪粪 (干) | — | 84.32 | 2.12 | 0.98 | 2.45 |
| 牛粪 | 83.8 | 14.5 | 0.32 | 0.25 | 0.16 |
| 牛尿 | 98.8 | 3.5 | 0.95 | 0.08 | 0.95 |
| 马粪 | 75.8 | 21.0 | 0.58 | 0.30 | 0.24 |
| 马尿 | 90.1 | 7.1 | 1.20 | 微 | 1.50 |
| 羊粪 | 65.5 | 31.4 | 0.65 | 0.47 | 0.23 |
| 羊尿 | 87.2 | 8.8 | 1.68 | 0.03 | 2.10 |



图 54 一头猪就是一个“小型有机肥料厂”

56斤。在一般情况下，一头猪的粪尿加上褥草、泥土等沤制材料，可得厩肥 60~70 担左右。因此，如实现一亩养猪一头后，每年每亩田就可以增施 60~70 担猪厩肥，这样大量的优质有机肥料施入土里，可以培肥土壤，促进农作物增产。例如，江西贵溪县张桥大队，地处红土丘陵地区，过去土

地不肥，产量不高，1969年由于大力养猪积肥，改良了土壤，全大队粮食平均亩产跨过了《纲要》；1970年实现了一亩一猪后，进一步培肥了土壤，粮食亩产超千斤。这就说明，既抓粮食又抓养猪，土壤肥力得以迅速提高，就能促进农业生产的迅速发展。

(2) 生物固氮：作物对氮素的需要比较多，而土壤中却比较缺乏，利用生物固氮是增加土壤氮素的好方法。

第一、种好豆科绿肥作物：俗语说“一年红花草，三年地脚好”。这是为什么呢？我们若拔起一棵豆科绿肥作物，从它的根上可以看见许多粉红色的小瘤，这就叫“根瘤”。根瘤是由于根瘤菌从根毛侵入，根细胞受到刺激发生增殖而形成的。根瘤菌数量惊人，生活在根瘤里，它有固定空气中氮素供豆科作物利用的特殊本领。所以，豆科绿肥是含有丰富氮素的有机肥料。

豆科绿肥作物种类很多，在华东一带有紫云英（红花草）、金花菜、苕子、绿豆、蚕豆、豌豆、田菁、怪麻、草木樨、紫穗槐等。这些绿肥作物具有产量高、肥效大、花工少、成本低等优点。因地制宜多种和种好豆科绿肥作物，是自力更生开辟肥源的一个好办法。据研究，亩产5,000斤鲜草的豆科绿肥作物，约含有20斤氮素，相当于100斤硫酸铵所含的氮。这些氮素约三分之一来自土壤，而其余三分之二是豆科绿肥作物的根瘤菌从空气中固定得来的。豆科绿肥作物不仅能丰富土壤中的氮素，而且它的粗长根系能把底土层中不易被其他作物吸收的养分，如磷、钾、钙、镁等，吸收到体内。当绿肥作物翻压后，这些养分就集中到土壤的耕作层中。而它所含的约15%的有机质，经过微生物加工生成的腐殖质，对于改良土壤结构和提高土壤肥力有很大作用。因此，粘土种绿肥，可以变得疏松透气；砂土种绿肥，可以提高保水保肥能力；盐碱土种

表 20 几种绿肥的成分表

| 绿肥种类 | 鲜草成分(占绿色体的%) | | | | 干草成分(占干物重的%) | | | |
|-------|--------------|-------|------------------------------------|----------------------|--------------|------------------------------------|----------------------|------|
| | 水分 | 全氮(N) | 全磷(P ₂ O ₅) | 全钾(K ₂ O) | 全氮(N) | 全磷(P ₂ O ₅) | 全钾(K ₂ O) | |
| 冬季绿肥 | 紫云英 | 88.0 | 0.33 | 0.08 | 0.23 | 2.74 | 0.70 | 1.91 |
| | 金花菜 | 88.3 | 0.54 | 0.14 | 0.40 | 3.23 | 0.81 | 2.38 |
| | 光叶紫花苕子 | 84.4 | 0.50 | 0.13 | 0.42 | 3.12 | 0.83 | 2.69 |
| | 豇鱼苕子 | 82.6 | 0.57 | 0.11 | 0.24 | 3.25 | 0.66 | 1.30 |
| | 蚕豆 | 80.0 | 0.53 | 0.12 | 0.45 | 2.75 | 0.60 | 2.25 |
| | 紫花豌豆 | 81.5 | 0.51 | 0.15 | 0.52 | 2.76 | 0.82 | 2.81 |
| | 萝卜菜 | 90.8 | 0.27 | 0.06 | 0.34 | 2.89 | 0.64 | 3.66 |
| | 油菜 | 82.84 | 0.43 | 0.26 | 0.44 | 2.52 | 1.53 | 2.57 |
| 大麦 | 74.4 | 0.31 | — | — | 1.20 | — | — | |
| 夏季绿肥 | 田菁 | 80.0 | 0.52 | 0.07 | 0.15 | 3.24 | 0.54 | 1.68 |
| | 猪屎豆 | 80.5 | 0.57 | 0.07 | 0.17 | 2.71 | 0.31 | 0.82 |
| | 柃麻 | — | 0.65 | 0.15 | 0.31 | 2.98 | 0.50 | 1.10 |
| | 绿豆 | — | 0.52 | 0.12 | 0.33 | 2.08 | 0.52 | 3.90 |
| | 黄花草棉 | — | — | — | — | 2.46 | 0.38 | 2.16 |
| | 木豆 | — | — | — | — | 2.54 | 0.99 | 1.38 |
| | 饭豆 | 82.0 | 0.50 | — | — | 2.80 | — | — |
| | 马料豆 | — | 0.62 | 0.11 | 0.30 | 2.57 | 0.46 | 1.25 |
| 泥豆 | 80.0 | 0.62 | 0.08 | 0.72 | — | — | — | |
| 多年生绿肥 | 紫穗槐 | — | 1.32 | 0.30 | 0.79 | 3.02 | 0.68 | 1.81 |
| | 紫花苜蓿 | — | 0.56 | 0.18 | 0.31 | 0.53 | 0.53 | 1.49 |
| | 红三叶 | 73.0 | 0.56 | 0.08 | 0.24 | 2.10 | 0.34 | 1.40 |
| 水生绿肥 | 绿萍 | 94.0 | 0.24 | 0.02 | 0.12 | 2.77 | 0.35 | 1.18 |
| | 水花生 | — | 0.15 | 0.09 | 0.57 | — | — | — |

绿肥，有利于抑盐和淋盐；瘦田种绿肥，可以加速生土热化；肥田种绿肥，可以使土壤越种越肥，产量越来越高。江苏省宿迁县贫下中农和社员群众，发扬革命加拼命的精神，1970年以来扩种冬绿肥达总耕地面积的50%左右，使瘠薄的砂碱地得到改良，粮食（尤其是水稻）产量迅速上升，平均亩产已过“长江”。上海市郊金山县金卫公社八二大队，在复种指数高达260%的情况下，间作套种见缝插针，绿肥作物仍能保证占耕地面积的26%以上，每亩水稻基肥保证有200担以上的优质草圪泥，做到肥发土，土保肥，十几年来连年增产。

第二、发展稻田养萍：利用稻田放养绿萍，增产效果显著，群众称它是“不争地，尽造肥”的好肥料。为什么稻田养萍能“造肥”呢？原来，这种浮在水面生长的绿萍，在叶片的基部有一个阔卵形的空腔（称共生腔），其中共生着固氮蓝藻，它能把空气中的氮素吸收到萍体内。所以，绿萍也是一种含有丰富氮素的有机肥料。据研究，每千斤鲜萍的肥效约相当于8~15斤硫酸铵，而且还含有一定数量的磷、钾，有机质的含量也较高，因此养萍能使板田发松，瘦田变肥。例如，江苏省江阴县华西大队，过去有80%的农田土质瘠薄，从1965年开始，通过平整土地，改土治水，并结合大量放养绿萍，建设高产稳产农田，1974年全大队粮食平均亩产达到2329斤。又如，江苏吴县胥口公社花灯二队，1970年的双季早稻稻田全部养萍后，化肥用量由1969年的每亩25斤降到18.5斤，而单产由1969年的498斤上升到701.3斤，增产40.7%。

此外，利用河、沟、湖、塘的水面，放养水花生、水葫芦和水浮莲三种水生作物（又称“三水”绿肥），绿化水面，增辟肥源，这是群众性科学实验的又一创举。根据江苏吴县长桥、金山、望亭等公社的经验，“三水”绿肥不仅可以做基肥，还能做追

肥，如果每亩施 30~40 担“三水”绿肥，它的肥效可以相当于猪厩肥 20~25 担。

2. 适施化学肥料

化学肥料具有养分含量高、肥效快、施用方便等优点，但是肥分单纯且肥效的持久性不如有机肥料，因此化学肥料和有机肥料配合施用，可以取长补短，进一步达到提高土壤肥力的目的。

施用化学肥料虽然不能直接增加土壤有机质，但是通过施用化学肥料可以使作物生长繁茂，从而产生更多的有机质。例如，南方红壤地区，土壤磷素较少，磷肥效果显著，采取“以磷增氮”的方法，即把钙镁磷肥等化学磷肥施在豆科绿肥田里，更能增强绿肥作物根瘤菌的固氮作用，促进绿肥作物的高产。据江西有关单位统计，施用磷肥后，紫云英的鲜草一般增产 50% 以上，土质较瘦的田块增产更为明显。所以，合理施用化学肥料，也是增加有机肥料和土壤有机质的有效措施。此外，施用化学肥料不但可以直接供给作物养分，而且可以促进土壤有机质的分解，如稿秆还田时，泼些氨水或施些化学氮肥，可以增强微生物活动，加速稿秆腐烂，释放养分。又如酸性土上施用石灰，能把土壤中累积的养分调动起来。

表 21 各种化学肥料的主要理化性状表

| 肥料类型 | 肥料名称 | 主要成分的 化学分子式 | 养分含量 | 化学反应 | 养分的 溶解性 | 肥料的 物理性状 |
|----------|------|------------------------------|-----------------|------|------------|--------------|
| 铵态 氮肥 | 硫酸铵 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 含 N 量 20~21% | 弱酸性 | 水溶性 | 吸湿性弱 |
| | 氯化铵 | NH_4Cl | 含 N 量 24~26% | " | " | " |
| | 碳酸氢铵 | NH_4HCO_3 | 含 N 量 17% | 弱碱性 | " | 易潮解 挥发 |
| | 氨水 | NH_4OH | 含 N 量 16~17% | 碱性 | 液态 | 挥发性强 腐蚀性强 |

续上表

| 肥料类型 | 肥料名称 | 主要成分的 化学分子式 | 养分含量 | 化学反应 | 养分的 溶解性 | 肥料的 物理性状 |
|-----------|--------|--|---|------|-------------|--------------|
| 硝态氮肥 | 硝酸铵 | NH_4NO_3 | 含N量 34~35% | 弱酸性 | 水溶性 | 吸湿性强 易结硬块 |
| | 硝酸铵钙 | $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ | 含N量 20%左右 | 弱碱性 | " | 吸湿性强 不结块 |
| | 硫硝酸铵 | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ | 含N量 26~27% | 弱酸性 | " | 有吸湿性 结块 |
| 尿素 态氮肥 | 尿素 | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ | 含N量 42~46% | 中性 | " | 有吸湿性 结块 |
| | 石灰氮 | CaCN_2 | 含N量 18~20% | 碱性 | 微溶于水 | 吸湿性强 结块变质 |
| 水溶性磷肥 | 过磷酸钙 | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ | 含 P_2O_5 量 16~18% 含 P_2O_5 量 16~18% 含N量 2~3% | 酸性 | 水溶性 | 有吸湿性 腐蚀性 |
| | 氯化过磷酸钙 | $\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$ | 含 P_2O_5 量 16~18% 含N量 2~3% | 中性 | " | — |
| | 重过磷酸钙 | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ | 含 P_2O_5 量 40~45% | 酸性 | " | 吸湿性强 腐蚀性 |
| 弱性磷酸盐 | 钙镁磷肥 | $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | 含 P_2O_5 量 1~18% | 带碱性 | 弱酸溶性 | — |
| | 钢渣磷肥 | $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9\text{CaSiO}_3$ | 含 P_2O_5 量 15%以上 | 碱性 | " | 吸湿性弱 |
| 难溶性磷肥 | 磷矿粉 | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 或 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ | 含 P_2O_5 量 14~20% | 带碱性 | 强酸溶性 | — |
| | 骨粉 | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | 含 P_2O_5 量 20~35% | 中性 | " | — |
| 钾肥 | 硫酸钾 | K_2SO_4 | 含 K_2O 量 48~52% | " | 水溶性 | — |
| | 氯化钾 | KCl | 含 K_2O 量 50~60% | " | " | 有吸湿性 |
| | 窑灰钾肥 | $\text{K}_2\text{SO}_4, \text{KCl}$ K_2CO_3 | 含 K_2O 量 8~25% | 碱性 | 水溶性 弱酸溶性 | 吸湿性强 结块 |
| 氮磷复合肥料 | 磷酸铵 | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ | 含N量 18% 含 P_2O_5 量 46% | — | 水溶性 | — |
| 氮磷钾复合肥料 | 氮磷钾肥 | — | 含N量 13% 含 P_2O_5 量 10% 含 K_2O 量 9% | — | 水溶性 弱酸溶性 | — |

当然，如果长期单纯增施化学肥料，不注意有机肥料的配合，不仅容易使田面板结，土质变坏，而且也难以达到高产稳产。因此，只有有机肥料与化学肥料合理配合施用，才能加速培养地力和发挥化肥的最大增产作用。

(四)合理轮作，用养结合

为了不断提高作物产量，必须充分用地，积极养地，正确处理用地与养地的关系，做到用中有养，养中有益，用、养结合。

合理轮作、间作和套种，是我国劳动人民在“用”字上挖潜力，在“养”字上下功夫，在“土”字上打基础的重要措施。农谚说：“换茬如上粪”，“麦要好，地要倒（茬）”，都说明轮作在养地上的作用。各地群众在长期的生产实践中，创造了丰富的复种轮作和间套轮作的经验，这些经验归纳起来有几个特点：第一，充分利用优越的自然条件，扩大复种面积，提高复种指数；第二，充分利用各种绿肥作物和豆科作物，提高地力；第三，普遍采用间（混）种、套作方式，扩大有机肥源和饲料来源；第四，采用水旱轮作，改善土壤理化性质，调节土壤肥力。下面分别介绍有关合理轮作的几个问题。

1. “肥茬”与“瘦茬”轮作

各种作物对土壤肥力的影响有所不同。多数粮食作物（特别是禾谷类和薯类）和经济作物的产量高，需肥多，从土壤中带走的氮、磷、钾等养分也多，而遗留在土壤中的有机质却较少，因此种过这些作物的田地，由于地力消耗大，一般叫做“瘦茬”。而蚕豆、豌豆、黄豆、赤豆、绿豆、扁豆等豆类作物和苕子、紫云英、金花菜、柇麻、田菁等豆科绿肥作物，既能固定空气中的游离氮素，又能吸收利用土壤中难溶性的磷、钾和深

层的土壤养分，同时它们的根、茎、叶遗留或翻埋在土壤中还能增加土壤有机质和养分。有人计算过，每亩大豆根瘤菌能从空气中固定 12 斤氮素，而其落叶干重约有 200 斤，豆根干重约 40 斤。因此，种过豆科植物的田地叫做“肥茬”。另外，豆类、麦类、马铃薯的根系细软，容易分解，使土壤湿润发软，这类作物叫做“软茬”；高粱、谷子、糜子的根系粗硬，较难分解，这类作物叫做“硬茬”。因此在安排茬口时，要分析各种作物的生物学特性、栽培特点及其对土壤肥力的影响，进行合理配置，使每种作物既能获得高产，又能为后作创造良好的土壤环境。

(1) 绿肥作物的合理配置：从养地来说，豆科绿肥的作用最显著，因此在保证发展粮、棉、油的基础上，可适当多种些豆科绿肥作物。在一年两熟的双季稻地区，以及单季稻地区和盐碱地上，一般采取单作方式轮种绿肥作物。绿肥单作的优点是产量高，能及时耕翻压青，有利于早稻的早栽、早熟。但单作绿肥作物面积过大，就会影响主要作物的播种面积；同时双季稻地区种植绿肥的方式，主要是在晚稻收获前套种红花草，因而稻田就不能耕翻晒垡。因此，必须合理安排绿肥的种植比例。江苏南部、浙江等稻麦轮作地区，大都采取冬绿肥与冬作物(麦类、油菜)轮作，一般是每 2~3 年轮作一次冬绿肥。土壤肥力较高或有机肥充足的地区，绿肥面积可小；土壤肥力较低或其他有机肥源不足的地区，一般绿肥面积应大。盐碱地区种植绿肥，不但能培肥地力，而且能改良土壤。盐碱地上绿肥作物种植比例，应根据土壤盐分轻重和肥力高低而定，盐分愈重，种植比例应愈大，一般是一年一次。有些重盐碱地则先种植冬、夏双季绿肥或多年生绿肥，然后再过渡到棉花、绿肥，或水稻、绿肥轮作，轻盐碱地则 2~3 年种一次绿肥作物。

绿肥除以单种的方式进行轮作外，还可以采用间作的方式。间作绿肥的优点是：可以较好的解决绿肥作物与主要农作物争地的矛盾，因此在粮棉夹种的旱作地区普遍采用。各地间作绿肥的方式很多，上海市郊县和江苏南通、盐城等地区，大多采用麦、草(绿肥)间作，麦、豆、草间作，或豆、草间作三种形式。在地势较高的田块，采取宽畦(多数是7.2尺，少数是6.4尺)间作；地势较低的田块，多采用窄畦(3.6尺)间作，以便作成深沟高畦，有利排水。

(2) 豆类作物的合理配置：在地少人多，复种指数高的地区，为了解决扩种绿肥作物与提高复种指数的矛盾，在复种轮作或套种间作中，用豆科作物代替绿肥作物，也可以达到培养地力的目的，而且豆科作物还能收获豆类，从而可以解决粮、棉、草(绿肥)争地的矛盾。种植方式，一般多采用间套、轮作，例如，山东省兖州县五里庄大队的“林庄式”粮豆间作，2行玉米9行大豆，或4行玉米6行大豆，亩产粮、豆都超过500斤。该县二十里铺大队棉田套种绿豆掩青(5月30日播种，7月1日翻压)，绿豆鲜草每亩收834斤，掩青地皮棉亩产95.9斤，较不掩青的67.3斤增产37.5%。江西省临川、丰城等地，连作二、三年双季稻——绿肥后，轮作一年早稻——晚大豆——绿肥，早稻每亩增产20~30斤，大豆约增产20斤，绿肥鲜草增产1000斤。粮、豆或棉、豆间套轮作，不仅使作物增产，而且对培肥地力，减少杂草和病害等都有一定作用。

2. 水旱轮作

水稻与旱作物轮换栽培，是群众在长期生产实践中积累起来的耕作制度。水旱轮作对经济用肥，提高土壤肥力，调节农活，减少杂草、病虫害，提高农作物产量，都有显著作用。南方老稻区和北方新稻区都很重视水旱轮作。

(1) 水旱轮作的主要形式：水旱轮作的基本形式有两种。一种是水稻与旱作物在一年内的复种轮栽：其中有的以双季稻为主，即一年内种两季水稻和一季旱作（麦类、油菜或绿肥），长江以南很普遍；有的以单季稻为主，即一年内种一季水稻和一季旱作，长江流域普遍采用；还有以旱作为主的，一年内种一季水稻和两季旱作，通称单季稻三熟制；盐碱土地地区，则常采用水稻、绿肥轮作。另一种是水稻与旱作物分年轮作：如水稻与经济作物棉花、甘蔗、麻及其他杂粮作物轮作，水、旱作的循环年限各地不同，有一年旱一年稻，二年旱一年稻，二年稻一年旱，或一、二年稻二、三年旱等。北方稻区采用这种水稻与旱作物分年轮作方式的很多

(2) 水旱轮作的好处：

第一，改善土壤结构：土壤结构的形成除了要求土壤有一定含量的粘粒和有机质外，还需要土壤有干湿交替的条件。因此，水旱轮作的土壤，有利于土壤结构的形成。如果稻田常年泡水，土粒分散度大，容易变成土浮泥烂的状态；而实行水旱轮作，能使土壤结构逐步改善，孔隙增加，土壤变松，耕性变好。

第二，调节土壤水、气、热状况：土壤在种稻过程中，由于水层的覆盖，使土壤气体很难与大气进行交换，因而土壤中的气体成分是氧少而二氧化碳多，还含有少量还原性气体，如沼气、硫化氢等。如果土壤处于强烈的还原条件下，便不利于土壤肥力的提高和农作物的生长。实行水旱轮作，土壤脱水落干种旱作时，可以疏松土壤，调节土壤气体成分，加强氧化作用，还能使土壤直接晒到阳光，吸收热量，从而改善了土壤的水、气、热状况，为农作物的生长创造良好的环境条件。

第三，有利于有益微生物的活动：土壤在长期淹水的情

况下,水、气、热状况不利于好气性微生物的活动,嫌气微生物往往占优势。水旱轮作后,稻田有了排水干耕的机会,再加上旱作期间的中耕和施肥,土壤通气状况得到改善,有利于好气微生物的活动。

第四,调节土壤养分状况:旱地改种水稻后,土壤有机质进行嫌气分解,腐殖化作用较强,矿质化作用减弱,积累的有机质较多。例如,江西省高安县石脑公社旱地改水田三年后,耕层土壤有机质比未改的旱地提高0.51%。为了加速红壤荒地的熟化,江西省普遍推广旱改水的经验。而且在水田回旱后,这些积累的有机质便进行好气分解,源源供给旱作物生长所需的养分。对于一些常年积水的土壤,如冷浸田、沅田,虽然有机质有所积累,但由于受水温、通气等条件的限制,有机质分解缓慢,养分难于释放,因此有效养分不高。通过开沟排水,降低地下水位,实行水旱轮作,可发挥土壤的潜在肥力。

3. 间作、套种

随着农业生产形势的发展,全国各地都在不断创新和发展轮作制度,如长江以南稻区,正稳步发展双季稻三熟制;棉、粮、油夹种区,正发展“二早一水”和“三早”的三熟制。长江以北及沿海一带,也正朝着改一年一熟为二年三熟或一年两熟,改一年二熟为二年五熟的方向发展,部分地区还试种了双季稻,冲破了“双季稻不能过长江”的旧框框。现在,淮北地区已成功地推广了稻麦两熟制,山东省昌潍、临朐等旱地发展一年三熟也获得成功。

随着复种指数的提高和轮作制度的改革,往往出现茬口紧、需肥多、劳畜力紧张等问题。毛主席教导我们说:“矛盾不断出现,又不断解决,就是事物发展的辩证规律。”对于在提高复种指数过程中所出现的矛盾,广大贫下中农发扬不断革命

精神，创造了许多先进经验，而实行间作、套种就是其中好方法之一。

河北省雄县王克桥大队，自1970年开始实行了宽带种植，三种三收的种植制度，从而使地力、作物和品种的增产潜力得到充分发挥，粮食生产连年增产，1970年上《纲要》，1972年跨“长江”，1973年闯过了“千斤关”，1974年亩产1230斤。贫下中农称赞宽带种植田是：“一年四季地不闲，宽带保密度，密度保高产，光、热、气、肥巧利用，三收闯过千斤关”。他们认为：一般地力的田块，种植带的宽度以7.5尺为好，其中5尺的地面种10~12行小麦，留2.5尺的大背（最小不能少于1.8尺）套种秋粮，收麦后复种或移栽两杂作物，一般地力种1行，肥地可种2行，中、晚两茬作物之间加种豆类，一、三茬作物和二茬作物的占地比例为5.5:2。这样可以使早春小麦和晚茬秋粮实种面积提高76%，复种指数达到1.76。群众总结宽带种植田的作物是“高粱穗朝天，棒子挂中间，豆子地下串，三层粮食都见天”。

间作、套种在生产实践中应用很广泛，而且形式也多种多样，它的好处是：

第一，解决复种与时间、空间因素的矛盾。例如江苏省启东县的两年四熟制元麦—棉花—蚕豆—玉米（间作黄豆，夹种赤豆）的总生育期为940天左右，两年时间尚缺210天，而几种主要作物的播种期又在前作收获之前，如等前作收获后再播种，季节不允许。实行间套作，在麦收前30天套种棉花，棉花吐絮基本结束前40天套种蚕豆，蚕豆中有 $1/2 \sim 1/3$ 收种子，收种前70天套种春玉米，其余作为玉米的扣青肥（即玉米播种前翻压蚕豆作基肥）和盘青肥（即玉米苗期蚕豆掩青作追肥），在玉米收获前70天间作黄豆、赤豆，这样就能解决时

间因素的矛盾，保证作物适时播种。而且由于间种作物生长习性不同，形成了“楼上楼下”的叶层结构和深深浅浅的根层分布，因而就能较好的解决空间上争光，时间上争地，地下争水争肥的矛盾。

第二，用地与养地能很好的结合。实行粮豆、粮肥间种套作，能保持和提高土壤肥力，使粮食高产稳产。据启东县试验测定，麦、豆间作比麦单作土壤全氮量增加0.02~0.04%，有机质增加0.1~0.39%，麦豆间作较麦单作可增产21.5%，而且间作后种棉花早发早熟可增产皮棉10%左右。这是因为豆类的根瘤菌有固氮能力，可为土壤累积氮素；而三麦根系发达，可疏松土壤，改良结构。二者结合再加上合理栽培管理，就能够培育肥沃土壤，不仅当季增产，且能粮棉持续高产。

附：稻田土壤肥瘦简易识别法

1. 看土壤颜色：肥田一般土色较深，瘦田土色较淡。
2. 看熟土层深浅：肥田的熟土层深达5~7寸，瘦田的熟土层浅。
3. 看耕作难易：就粘土说，肥田土质酥，容易耕作，干耕土块易碎，湿耕土不粘犁；瘦田土质粘韧，耕作费力。就沙土说，肥田、瘦地耕耙都易，但后者极易淀浆板结。
4. 看田土裂缝：砂粘性相同的田，裂缝细小的是肥田，裂缝大的是瘦田。
5. 看保水能力：肥田“爽水”，水会慢慢往下渗，灌一次水能保持6~7天；瘦田水分不易下渗，或沿裂缝很快渗漏。
6. 看夜潮现象：肥田有夜潮现象，干了会夜潮，不易晒干晒硬；瘦田没有夜潮现象。
7. 看水质情况：肥田水滑腻、粘脚，在日晒或人走动时易产生大气泡；瘦田水清淡无色，水面不起泡或泡小易散。

8. 看保肥供肥能力：肥田不但保肥力强，而且供肥足而长，“既发小苗又发老苗”。瘦田保肥力弱，供肥力也弱，“既饱不得也饿不得”；有的田虽然潜在肥力较高，但不能及时供肥，“发老苗不发小苗”。

9 看指示植物：肥田里生有红头酱、夜来青、紫藻、白藻、蜈蚣藻、鹅毛草、早稗草、田芒菜、芥菜、酱板草、猪娘藤、狗尾草、黄耨草和蟋蟀草等。瘦田生有牛尾草、鸭舌头草、野荸荠、三棱草、羊舌头草、野葱姑、田葛蒲、青葫苔、茅草、蓬头草、香附子、小辣蓼、绵筋头草、剪刀草、野兰花、野胡葱和老鸦蒜等。

10. 看指示动物：肥田有田螺、泥鳅、蚯蚓、黄鳝、田狗、大蚂蝗等；瘦田有黄斑泥鳅、青鳢、小蚂蝗、螺蛳和大蚂蚁等。

第九章 战天斗地，改良土壤

土壤是重要的生产资料，是人类劳动的产物。但是在不同的社会制度下，由于对土地的占有制度的不同，土壤的生产力也就不同。在半封建半殖民地的旧中国，占农村人口不到10%的地主富农，占有70~80%的土地，以此作为残酷剥削和压迫农民的重要手段，而广大贫雇农深受地租高利贷盘剥，终年不停地辛勤劳动，过的却是“早上糠，中午汤，晚上稀饭照月亮”的穷苦生活，根本无力改良土壤，因此土壤瘠薄，地力日益衰落。全国人民在毛主席、共产党的领导下，进行了长期的艰苦斗争，消灭了封建土地所有制，我们今天见到的人民公社的亿万亩土地，过去不知有多少先烈为它付出了血的代价。

新中国的诞生实现了从封建地主阶级手中夺回土地这个梦寐以求的理想，因此贫下中农和知识青年对这来之不易的土地非常珍惜。解放以来，在毛主席无产阶级革命路线指引下，广大贫下中农、社员群众和革命干部发扬自力更生、艰苦奋斗的革命精神，大规模地改造各种类型的低产土壤，不断培肥地力，并取得了巨大的成绩。在1958年大跃进期间，全国各地开展的群众性土壤普查运动，为改良土壤，夺取大面积高产打下了良好的基础。特别是农业学大寨群众运动开展以来，广大贫下中农遵照毛主席关于“中国应当对于人类有较大贡献”的伟大教导，以大寨大队为榜样，战天斗地，与穷山恶

水和自然灾害作斗争，在改良土壤方面创造了许多奇迹。

许多先进单位的经验证明，要搞好土壤改良工作，必须在党的领导下，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，按照下列原则，大力做好以下工作：

第一，发扬自力更生、艰苦奋斗的精神：为革命改良土壤，必须象大寨那样大批资本主义，大干社会主义，坚持自力更生、艰苦奋斗的革命精神，以愚公移山的气概向大自然开战。

第二，全面规划，综合治理：改良低产土壤，建设基本农田，是一项改造自然的复杂任务，如果没有长远打算，往往会顾此失彼。例如，灌水洗盐是改良盐碱土的一个有效办法，但是采用灌水措施，就必须注意排水问题，如果只灌不排，引起地下水位上升，反而会使土壤返盐。又如，深耕改土必须结合增施肥料，尽量不乱土层，否则生土增多，养分不足，也可能引起减产。许多先进单位都是在调查研究的基础上，制订了全面规划，采取以改土治水为中心的山、水、田、林、路综合治理的办法。在制订规划以后，应当根据规划方案，有计划有步骤地集中兵力打歼灭战，一块一块地改，一批一批地改，做到当年施工，当年收益。

第三，因地制宜，对症下药：土壤的低产因素很多，盐碱危害，酸毒危害，低湿冷烂，过粘过砂，过瘠过薄，淀浆板结，包浆渍水等都是重要的低产因素。因此，在改良土壤时，必须用不同的方法去解决不同的矛盾，因地制宜，对症下药，才能收到良好的效果。

第四，改良和利用相结合：对于各种低产土壤，我们不能只看到不利的因素，也要分析其有利的条件，如果把改良和利用完全割裂开来，片面地强调改良，势必投资大，收益小，见

效慢,造成人力、物力的浪费。因此,必须根据具体条件,切实做到改良和利用相结合。

下面我们分别介绍盐碱地、红黄壤、冷浸田、砂姜黑土、风沙土、白土、反酸田等土壤的特点和改良利用途径。

一、盐碱土的改良利用

我国盐碱土主要分布于西北、华北、东北和滨海地区,盐碱土的总面积约有3~4亿亩。这些地区,都属于平原和盆地,地形一般较平坦,土层较深厚,有利于农业生产,尤其有利于农业机械化、水利化。但这些地区由于受旱、涝、盐、碱的危害,农业生产水平较低,而且还有大面积荒地,因此,迅速改良利用盐碱土,对发展社会主义农业生产有着十分重要的意义。

(一)盐碱土的类型

盐碱土又称盐渍土,是盐化土、盐土和碱土的总称。根据其所含盐类的不同,可分为盐土和碱土两大类。

1. 盐土

盐土是含有大量可溶盐类的土壤,其中以氯化钠(食盐)和硫酸钠(芒硝)为主。我国盐土主要有滨海盐土、花碱土和内陆盐土三个类型。

(1)滨海盐土:分布于我国沿海地区,盐分组成以氯化钠为主,氯离子约占全部阴离子的60~80%,硫酸盐类次之,碳酸盐类仅占1%左右。除广东省滨海地区在红树林作用下形成的盐渍土是强酸性反应(pH值4.5~5.7)外,一般都是碱性或微碱性,pH值约8.0~8.5左右。土壤上下各层和地下水的含盐量较高,土壤表层含盐量一般在0.6~1.0%左右,高

者在1~2%以上;地下水埋深较浅(1~2米),矿化度一般在20~30克/升,高者可达30~50克/升以上。

(2) 花碱土: 主要分布于黄河下游泛滥平原地区, 常呈斑状分布。盐分多集中在数厘米至20厘米的表土层内, 表土层含盐量一般为0.2~0.5%, 表土以下各层含盐量都不高, 多在0.1%以下。地下水位深浅不一, 但矿化度都不大, 一般是1~5克/升, 高者也不过10克/升。盐碱类型比较复杂, 但按其盐分组成大致可分为瓦碱和卤碱二个基本类型。瓦碱的化学组成其阴离子以重碳酸根为主, 氯根次之, 而硫酸根最少, 阳离子以钠为主, 镁次之, pH值一般在9以上; 卤碱的化学组成与瓦碱有明显区别, 其阴离子以氯离子占绝对优势, 硫酸根次之, 重碳酸根最少, 阳离子以钠为主, pH值约8.0~8.5。

(3) 内陆盐土: 分布于新疆、青海、甘肃河西走廊和内蒙古等地, 是干旱地区各种盐碱土的统称。其特点是大面积连片分布, 地表强烈积盐, 常形成盐结皮、盐结壳和疏松的聚盐层。表层1~5厘米含盐量通常在5~20%, 高者可达60~70%, 心土和底土含盐量亦在1%左右。盐分组成复杂, 主要有氯化物、硫酸盐, 有些地区还有碳酸钠和硝酸盐。地下水位一般为1~3米, 矿化度为3~20克/升, 高者可达70~80克/升。其中一部分内陆盐土由于河流改道等原因, 使地下水下降, 目前地下水位在7~9米以下, 表土层含盐量在3~10%之间。

2. 碱土

盐土和碱土是不大相同的。盐土好象是新鲜青菜里加了一些盐, 成为盐拌菜, 用水一洗, 盐容易被洗掉; 碱土却象腌了很久的咸菜, 即使用水反复洗, 菜还是咸的, 因为盐已经浸到

菜里面去了。由此可见，盐土中的盐分一般分布在土粒间，而碱土中的盐分在土粒间不一定很多，但有一部分盐分（主要是钠离子）进入土粒之中，被粘粒表面吸附了。因此，碱土的性质比盐土更坏，地表常有结壳，壳下有面包状孔隙，土中碳酸钠（苏打）和重碳酸钠（小苏打）相对增多，呈强碱性，pH 值增至 9~10，有时土壤有机质被碱溶解，呈马尿色。我国所见多为碱化土，既有少量盐，又有碱。如黄淮平原的瓦碱土和白碱土，内陆平原的白僵土，就是由于土壤中含有较多碳酸钠，对作物有毒害作用，同时破坏土壤结构，土壤湿时起浆，干时坚硬，透水透气性差，往往影响作物的出苗、扎根。

由上可见，我国的盐碱土不但面积大，分布广，而且种类多，变化复杂。毛主席教导我们：“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”我们要有效地改良利用盐碱土，就必须深入实际，注意调查研究，更好地掌握盐碱土的生成和变化的规律。

（二）盐碱土的形成和变化

盐碱土形成的过程主要是各种易溶性盐类重新分配及在土壤中不断积累的过程。但其积累的方式，则因自然条件或人为影响不同而异。

滨海盐渍土的土壤母质均来自江河沉积物，在江河泥沙入海淤积的过程中，长期受海水浸渍而残留大量盐分。逐渐脱离海水影响以后，由于雨水的淋盐作用和洗盐、排盐、抑盐和耕作施肥的影响，土壤和地下水的盐分乃不断地排除，而朝着脱盐——淡化和不断提高肥力的方向发展，从而形成各种盐分轻重不同、肥力高低不同的盐渍土类型。一般情况下，离

海愈远，海退愈早，耕种利用时间愈长，土壤盐分愈轻，肥力也愈高；离海愈近，海退愈迟，利用改良时间愈短，土壤盐分愈重，肥力愈低。干湿季节对土壤盐分动态的影响十分明显：旱季土壤积盐，雨季土壤淋盐，雨季土壤含盐量一般只有旱季的 $2/3\sim 1/3$ 。

花碱土的形成则与黄河泛滥沉积有密切的关系。黄河泛滥及河床渗漏，不仅带来了盐分，而且黄河及其大小支流的多次改道，造成了岗坡洼起伏不平的地形，形成了有砂有粘或砂粘间层的质地剖面，从而成为土壤盐分重新分配和积累的条件。大型洼地的边缘及洼地内微域突起的部分，常常积聚大量的盐分，形成各种类型的斑状盐土。

我国内陆地区，由于气候干旱，雨量稀少，蒸发量，不但土壤盐分很少受到淋溶，而且积盐强烈。积盐过程的表现是多种多样的，既有目前尚在继续不断积盐的现代盐土，也有早已不受地下水影响，积盐过程已经停止，而以残余积盐形式存在的盐土。在现代积盐的过程中，一种是在地下水影响下的土壤盐渍化，一种是由地表水所引起的土壤盐渍化。前者分布在洪积——冲积扇缘三角洲的下部及边缘；后者属洪积——坡积盐渍化，是暴雨和山洪溶解了含盐层的盐分而带至山前平原的结果，不过这种积盐形式的规模较小，不呈大面积连片分布。在残余积盐情况下，也同样可分为两种发生形式，一是在含盐基岩上所发生的盐渍化，二是早先积盐的产物。所谓早先积盐的产物，乃是由于地壳上升或侵蚀基面下切等原因，使地下水位明显下降，脱离了地下水的影响，但因气候干旱，雨量稀少，过去积累的盐分得不到淋洗，例如天山南麓的洪积平原及天山北麓的古老冲积平原上，都普遍可见。

(三) 盐碱土的改良措施

改良盐碱土必须采取综合治理的措施，贯彻改良与利用相结合，因地制宜，因时制宜等原则。盐碱地经过不断改良，常年治理，就能种出好庄稼。

改良盐碱土的措施很多。从种类来说，有水利改良措施、农业改良措施、生物改良措施和化学改良措施等。水利改良措施，就是通过水利工程设施来淋洗土壤盐分，降低地下水位，排除高矿化地下水，以达到改良盐碱地的目的，如修筑条田、围埝蓄淡、灌水洗盐、排涝防洪等。农业改良措施，就是通过合理利用、间套轮作、合理耕作和增施有机肥料等来改善土壤结构，提高土壤肥力，以防止返盐，巩固脱盐效果。生物改良措施，就是利用植物或微生物的生命活动来积累养分，改善结构，减少蒸发，以加速有害盐类的淋洗，如种植绿肥牧草以及各种耐旱、耐盐的植物等。化学改良措施，就是施用化学改良剂或矿质肥料，使之与土壤内有害盐类起化学作用，消除或减轻盐碱的为害，例如，碱土施用石膏，就是利用它的钙代换出碱土中对作物危害的钠，以达到改良的目的。

从改良措施的作用来说，则有排盐(水)、压(洗)盐、抑盐、堵(隔)盐、刮盐、躲盐、抗(耐)盐、改碱和培肥等多种，现分别加以介绍。

1. 排盐〔水〕

在盐碱土地区，采用开沟排水，竖井排水，沟洫台条田等措施，可以增强土壤水分的旁侧渗漏作用，使水分迅速排除，从而消除涝渍，降低地下水位。由于水分在渗漏移动过程中，溶解并带走了部分土壤盐分，因此，在排水的同时也就排除了盐分。排水是改良盐碱地的重要措施。

排水的方式一般有生物排水、暗沟排水、明沟排水和竖井排水几种。生物排水，是利用植物的强大蒸腾作用来消耗地下水，其优点是能改善农田小气候，缺点是只能排水，不能排盐。暗沟排水，是在地下敷设渗水管来排除土壤水分，好处是排水工程不占土地，缺点是投资大，不能迅速排走地面水。当前我国盐碱土地区普遍采用的是明沟排水和竖井排水，现介绍如下：

(1) 明沟排水：即在地面挖成一定深度的明沟，排走地面水和地下水。明沟排水的特点是排水快，投资少，易于修建排水网。明沟排水由大小深浅不同的排水沟组成，一般分为干、支、斗、毛四级，或干、支、斗、农、毛五级。合适的排水沟能够控制地下水位于一定的适宜深度，削弱毛管水的上升作用，减轻土壤返盐。排水沟间距不宜过大，否则条田中间的土壤就不容易脱盐；但

间距太小，增加了土方工程，且占地太多，因此要根据具体条件来确定沟深和沟距。一般来说，沟浅的间距要小些，沟深的间距可大些；如果沟深相同，则粘土的间距要小，砂土与壤土间距可大些。江苏北部滨海盐土地区，末级固定排水沟的沟深一般是1.0~1.5米，沟距为50~60米；黄淮平原各灌区 and 新疆、甘肃、青海等地的灌

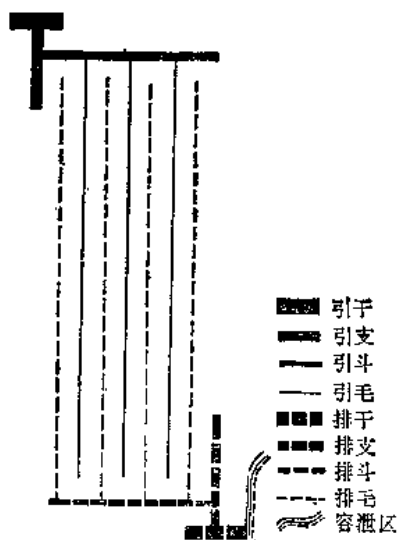


图 55 四级沟网化示意图

溉冲洗地段，农沟深度多采用 1.5~3 米，沟距 200~300~500 米，有些地段另设田间临时性毛沟。

要充分发挥排水沟的作用，应做到沟沟相通，有排水出路，骨干排水工程、田间排水工程和闸门、涵洞、桥梁等都要配套，并加强排水沟的养护管理和防止坍塌、淤塞，经常保持各级排水沟的通畅。

沟洫台条田是明沟排水结合垫高地面的一种排水排盐措施。因为它由沟洫和台田（或条田）两部分组成，所以通常称为沟洫台条田。台条田沟的作用主要是排涝防渍，促使表土脱盐。由于台田占地多，费工大，而且沟水又不易排出，一般已逐步发展为沟沟相通，排涝防渍，淋盐效果明显的条田。条田的宽度，根据地形、地下水、土质和盐碱程度而异，各地经验证明，盐碱轻的可宽些，盐碱重的可窄些，但以不超过 50 米为宜，太宽时，垫土平地费工，也不利于土壤脱盐，一般多为 20~30 米，长度则以有利于耕作管理为宜。

修筑台条田时，把沟里挖出的泥土铺在台面上，将原来的田面垫高，这就相对地降低了地下水位，防御了涝渍和盐碱。同时还要平整土地，打畦做埂，以利蓄水压盐。汛期降雨时要切实作好畦埂护理工作，防止跑土跑水。

沟洫台条田多应用于地形低洼，涝渍严重，地下水位高的盐碱土地区。河北省两千多万亩盐碱洼地，就是通过条田化和改种水稻相结合的措施，逐年改造成高产稳产农田。

(2) 竖井排水：竖井排水也叫垂直排水，即通过打井提取深层地下水，使浅层地下水位降低。在平原盐碱地区打井，不仅能降低地下水位，除涝防盐，同时，还可以利用井水灌溉洗盐。河南、河北、山东、苏北、皖北等花碱土地区的改土实践证明，井灌井排是综合治理旱、涝、盐碱灾害的有效

措施。

竖井排灌的机井深度，多在30米以上，一般为60~70米的中层井，也有达100~200米的深井。

在大面积发展井灌井排时，要注意以下问题：

第一，井群布局。在耕地上打许多井时，不但要求每口井具有丰富的水量，而且每口井的周围都应有相当的耕地面积。如地形条件允许，应尽量把许多井布置成一行，以便于机耕，这一行井的排列方向要求和地下水的流动方向相垂直，比如地下水是从东向西流的，井的布置就应该按南北方向排成一行。当耕地面积很大，布置的井不是一排而是几排时，那么相邻两排井的位置就应该交错相间呈梅花形，以防上下游水井互相影响。在河南封丘地区，井的间距约350~400米，每口井控制耕地面积约150~200亩。

第二，井灌区要平整土地，筑畦打埂，实行小畦灌溉。否则在灌水时，高处不易上水或水层薄，压盐效果差，落干后易返盐，形成盐斑。

第三，要与明沟排涝相配合，同时，排渠还要挖得深一些，否则灌溉以后，表层盐分大量聚积在底土层，往往形成底层盐化，这样在灌溉间歇期或久旱季节，盐分仍会随毛管水上升聚积在地表，使土壤产生次生盐碱化。

第四，在井灌条件下，土壤虽以脱盐为主，但在脱盐的同时，常有少量苏打积累，以致碱度增高。因此，在大搞井灌井排时，必须同时发展养猪积肥，广种绿肥，增施有机肥料，加强耕作管理，防止土壤碱化。

2. 压盐

自然降水或人工灌溉时，有一部分水分受重力作用沿着土壤孔隙、裂缝向下渗漏，从而将上层土壤的盐碱带到土壤下

层,这种作用称为压盐。冲洗、种稻、淤灌、蓄淡都有压盐的作用。压盐作用的大小,要看淡水量的大小,土壤透水性能的强弱,排水条件的好坏和农业生物措施的配合情况。排盐措施配合得好,随水下移的盐分就能从旁侧各水平方向排走,更有利于发挥压盐洗碱的作用。

现将各种压盐措施分别介绍如下:

(1) 灌溉冲洗: 灌溉冲洗,是压盐改碱的有效措施之一。灌溉前,要将盐碱地耕翻耙平,破坏盐结壳、盐结皮、板沙层或板淤层等,以利透水淋盐。冲洗时,应从有利作物播种和有利土壤脱盐来选择适宜的时间。以硫酸钠(芒硝)为主的盐土,最好选择夏季(6~8月)冲洗,因硫酸钠的溶解度夏天比冬天要大10倍以上,而氯化钠(食盐)则相差不大。灌溉冲洗要注意水质,冲洗时的用水量,要根据土壤含盐的轻重,质地的砂粘,透水性的强弱,地下水位的深浅,排水条件的好坏等因素来决定。氯化钠盐土通常要求在冲洗后,50~60厘米的土层内,平均含盐量降低到0.2%以下;硫酸钠对庄稼的危害作用较小,因此以硫酸钠为主的盐土,冲洗标准可低一些。作物生长期中的灌溉,要严格控制冲洗定额,禁止大水浸灌和串灌。冲洗地区的排水要通畅,冲洗后要及时耙松表土,多施有机肥料,种植绿肥或密生丛生作物,以加强地面覆盖,避免白茬休闲,这样才能巩固并提高冲洗效果。

(2) 种稻洗盐: 在盐碱地上种稻,由于经常淹灌和换水,等于长期进行冲洗排水。只要灌溉水源足,水质好,排水条件好,即使是光板地、重盐地,种稻1~2年后,土壤和地下水都能迅速脱盐和淡化。碱化土壤种稻,能降低土壤碱性,减少毒性。因此种植水稻是改良盐碱地的有效方法。其特点是改良与利用密切结合,费时短,收效快,产量高,符合多快好省的原

则。种稻洗盐对洼涝盐碱地、苏打盐土和白僵土的改良效果更为明显。天津团泊洼是有名的洼涝盐碱地区，解放后进行了以种稻为主的洼地改造，使团泊洼变成了“聚宝盆”。新疆维吾尔自治区朱泉县红旗公社兴无大队，以大寨精神种稻改碱，头两年粮食产量过“黄河”，第三年跨“长江”，1969年水稻单产超千斤，创造了新疆历史上的高产奇迹。无产阶级文化大革命以来，各地大力兴修水利，积极扩大“碱改水”面积，获得良好的效果。各地种稻改良盐碱地的经验是：

第一，要有足够的水源，并要掌握正确的灌水技术。种稻之前要进行冲洗泡田。种稻过程中，要掌握勤灌勤排的原则，盐土一般口尝有咸味就要换水，碱化土壤田水有滑手感觉就要换水。盐分重的稻田，宜用不脱水的长期淹灌方式；盐分轻的稻田，拔节前也可适当落干烤田，但要掌握少烤轻烤的原则，以免土壤返盐。

第二，要有良好的排水条件。要建立排灌分开，深浅沟相结合的农田水利系统，达到要灌能灌，要排能排的要求，以免引起脱水返盐或抬高地下水位。

第三，要连片种植，防止“水包旱”、“旱包水”，并采取有效的防渗截渗措施，以免引起邻区土壤盐碱化。粘土地区截渗沟的深度一般 1.5 米，轻质土地区一般 2.5 米。

第四，广辟肥源，增施有机肥料。有机肥料有利于改善土壤性质，增强稻苗的抗盐能力，降低碱性对稻苗的毒害作用，因而是种稻改良盐碱土的重要环节。为了逐步实现水旱轮作，不断提高稻改效果，特别要种好用好绿肥。

(3) 引黄淤灌：引黄河河水进行淤灌，是一个变水患为水利，综合利用水沙资源的措施。

引黄淤灌能洗盐压碱和提高土壤肥力。因引黄淤灌时，

要引入大量的浑水，如每亩地落淤 5 厘米，则需水 1,100~1,500 公方，超出了冲洗重盐地所需定额的 4~5 倍，而通常有效落淤层的厚度多在 30 厘米以上，引入的浑水就更多，因而盐分淋洗也比较彻底。新淤土层还有阻隔盐碱的作用。此外，由于黄河淤泥中含速效养分也较多，因此群众说：“淤上两寸，顶上十车粪”。

为了提高引黄淤灌的效果，应在河水含沙量大时进行引水，淤灌时间一般以入伏到处暑（即 7~9 月）为最好；春汛期黄河泥沙一般都比较肥沃，也是灌溉的好时期。引黄淤灌时应分区灌溉，每次淤灌的面积不宜过大，一般以 100~300 亩作一方较合适。大型盐碱洼地每方的淤灌面积也有超过 500~600 亩的。

（4）围堰蓄淡：在有明显雨季和旱季的地区，盐碱的轻重往往随季节而变化，群众有“七月八月地如筛，九月十月又上来，三月四月更厉害”的说法，这是因为 7~8 月雨水多而集中，耕层里的盐分在雨水的的作用下，通过筛孔似的孔隙而淋压到下层，其中一部分排走了，一部分在 9~10 月秋旱又上升到地表，到翌年春天盐分就愈积愈多。自然降水的特点就形成了脱盐与积盐的季节循环。

围堰蓄淡就是在盐碱地四周打 3~5 寸高的土埂（堰），减少跑水，多蓄雨水，加强伏雨的淋盐作用。蓄淡淋盐时，其堰内地面要平，否则蓄积伏雨深浅不一，容易产生盐斑；排水要通畅，以利于脱盐；堰埂要牢，保证四周不跑水。各地群众的实践证明：经过一个伏季雨水压盐，表土 20 厘米的含盐量可以大大降低，从而为作物的立苗生长创造了良好的条件，但蓄淡淋盐还应和排水、培肥等措施相结合，其效果才能提高和巩固。

3. 抑盐

在排水不良的条件下，自然降水或人工灌溉从土壤中带走的盐分很少，而大量的盐分仍然聚积在土壤底层，当停雨停灌后，盐分又往往随着水分的蒸发而上升到地表，影响作物的出苗和生长。因此，在压盐排盐的同时，必须采取抑盐措施，才能不断巩固和提高改良盐碱土的效果。

在盐碱地上采用盖草，秸秆还田，种植绿肥，植树造林，养护自然植被，合理耕作，合理种植等措施，都有抑盐防盐作用。这些措施还能增加土壤有机质，改善土壤结构，创造深厚的熟土层。

(1) 盖草：在盐碱地上铺上一层杂草、垃圾或麦类、玉米等作物秸秆，能减少地面蒸发，蓄积较多的雨水，有利于降低表土的含盐量。但由于草源问题，盖草难于普遍应用。因而在改良盐斑时，往往把盖草作为辅助绿肥立苗的重要措施。

(2) 植树造林：在盐碱地区植树造林，能降低风速，减少蒸发，减轻地表返盐，故有抑盐作用，此外还能起到生物排水的作用。

盐碱土造林要注意选择耐盐树种，以刺槐和紫穗槐为好，苦楝、乌桕、柾柳、旱柳、杞柳、白蜡条、钻天杨、榆树、砂枣、泡桐、桑树等乔木和灌木也是盐碱土地区常见的树种。但各地气候和土壤条件不同，应尽量选择当地速生的乔木或灌木组成林带。在盐分重、地下水位高的盐碱土地区，要采取开沟扛土，垫高地面，密植匀栽和间种绿肥等造林技术，以提高树苗成活率和成林速度。

(3) 合理耕作：盐碱土结构差，土质瘦，易板结，不但土壤水分蒸发快，返盐快，并且因地表结成硬壳，种子也难于出上立苗。耕锄松土，不但有切断毛细管，减少土壤蒸发，削弱返盐的

作用,还能破除土壳,改善通气状况,从而有利种籽发芽出苗和作物根系的吸收。雨后松土,洗盐后及时耕耙,夏季的边收边种,以及早春的耙地,对防止盐分回升都有显著的效果。旱地播前耕作,要在土壤水分适宜时进行,切忌烂耕烂耙。群众经验是“耕干不耕湿,耙干不耙潮”。壤质的盐碱土宜少耕,否则容易破坏结构;粘质的盐碱土可多耕多耙,耕后晒垡。滨海盐土耕耙要浅,其他盐土一般也不宜超过熟土层的厚度。但结合种稻洗盐则可以耕得深一些,能增强土壤渗漏,提高洗盐效果。不过耕地时要结合平整土地,否则容易形成盐斑。另外,深耕还必须增施有机肥料,才能促进土壤熟化,保证水稻高产、稳产。

4. 堵盐

通过客土换土,铺沙盖土,深挖窖草,耕耙松土等措施,能削弱或切断上、下层土壤的毛细管联系,阻止地下水与土壤水直接上升到地表,这样,盐分就上不来,而被堵隔在耕层下面,不致为害庄稼。

(1) 客土换土: 在盐碱地上直接漫淤或盖沙,或者先把强烈积盐的表土除去,再垫上一层好土,叫做客土改良。客土换土能改善土壤质地、结构,削弱毛管作用,为作物立苗生长创造良好条件。客土层愈厚,堵盐效果也愈好。一般来说,客土在5~7寸以上,耕作又得当,堵盐效果就较巩固。在无产阶级文化大革命中,河南省的扶沟、西华等县,两年内翻淤盖碱、翻淤压沙二十多万亩,从而迅速改变了低产面貌。

(2) 深挖窖草: 除了客土换土外,有些地方还有深挖窖草改良盐碱土的经验。即深挖7~8寸,破除硬板层,窖埋绿肥、杂草后,再铺上表土或换上好土。这样便在表土下造成一个既利蓄水淋盐,又起堵盐作用的隔离层。在有排水条件下,窖草结合盖草和种绿肥,就可以迅速消灭盐斑。如江苏省盐

城地区新洋试验站，在棉花不能立苗的盐斑地上，春季采用深挖窖草并盖草，当年夏季播种田菁，秋后混播苕子、黑麦草、油菜等冬绿肥，消灭了盐斑，翌年植棉就基本全苗。

5. 躲盐

躲盐就是在盐碱地上播种时，躲开含盐最多的表层，将种子播在含盐少的土层里，从而不受或少受盐碱的危害。花碱土地区的深沟浅盖就是躲盐措施之一，方法是播种时在地里开一道比较深的沟，然后在沟底施肥、播种，上面再盖一薄层土。一般躲盐巧种的较平播的出苗好。但是，如果播前雨水多，表层土含盐少，而下层土含盐多，就不应深播而应当浅播。心土、底土和地下水含盐量高的盐碱土，深沟浅盖一般效果也不大，所以必须因地制宜采用。

此外，适时播种，加大播种量，也是躲盐的方法。因为在同样气温条件下，春季盐碱地的土温要比好地升得慢，秋季又比好地下降得早，所以在盐碱地上种庄稼要“春播晚，秋播早，夏播巧”，春季要比好地晚播5~6天，秋季要比好地早播5~6天，夏季要抢墒播种。盐碱地上的播种量一般要比好地多，以防一部分种子因受盐害而不能出苗。上海市南汇县泥城公社远征大队，在海滨盐滩上春播棉花时每亩用种30斤左右，做到播种沟的上、中、下各部位有种子，保证了“湿出浅，干出深，不干不湿出当中”，争得了全苗，夺得了高产。

6. 刮盐

刮盐就是在春、秋强烈返盐的干旱季节，用刮、挖、扫的办法除去地表的盐霜、盐结皮、盐结壳，以降低表土含盐量，为当季种植利用创造一定的条件。刮起来的盐碱，应把它移出耕地。山东曹县苗庄大队，1966年曾经遇上大旱，土壤严重返盐，四百多亩棉田都是白花花的一片，他们采用刮去盐碱，立即浇水，并

中耕耘锄的办法，当年夺得了亩产皮棉 135 斤的好收成。

7. 抗(耐)盐

在盐碱地上要种好庄稼，除了采取一系列改土培肥措施外，还可以先种植较耐盐碱的作物，如向日葵、碱谷、甜菜、糜子、黍子、高粱、棉花、胡麻、甘蔗等。随着土壤不断脱盐，再种植其他耐盐性较次的作物，如土豆、绿豆、三麦、玉米等。这样就能合理利用，保种保收。每年在收获庄稼以前，应选取耐盐的植物，收留种子，准备下年再种，这样就能把长期栽培在盐碱地上获得耐盐遗传性的品种选育出来，而提高作物的耐盐性。

8. 改碱

碱土、碱化土和苏打盐土，由于钠离子被土壤粘粒吸附，若单纯采用灌水洗碱的办法，难以收到良好的效果。为了提高洗碱改土的效果，在冲洗以前应先施一些有机肥料或化学改良剂。因为有机肥料能够改善盐碱土的物理、化学性质，能将碳酸钠变为胡敏酸钠，消除碱毒的为害，同时，胡敏酸对植物生长还有一定的刺激作用。

常用的化学改良剂有石膏、黑矾等。石膏里的钙能直接代换被粘粒吸附的钠，使碱土中的碳酸钠和重碳酸钠等有害物质变为碳酸钙和重碳酸钙等无害盐类。使用化学改良剂时，要注意就地取材，并确定适宜的用量。有些改良剂如石膏，仅微溶于水，而且施用后，无论苏打盐土或碱化土壤，都有芒硝(硫酸钠)产生，因此，只有结合灌溉、冲洗、种稻排水等措施，才能将芒硝去除，收到良好的改碱效果。

9. 培肥

改良盐碱土，必须治盐与培肥相结合。不治盐，作物不能生长或生长不好；只治盐，不培肥，土壤即使脱盐到一定程度，

但由于肥力低,结构差,还会引起返盐,作物仍会受害,产量不高不稳。因此,不论采取任何排盐、压盐、堵盐、抑盐……等治盐措施,都必须与培肥相结合,才能收到良好的效果。

增施有机肥料,是培肥改碱的重要方法。有机肥料的主要来源是种植绿肥和养猪积肥,其次是收割杂草和秸秆还田。其中种植绿肥兼有培肥和抑盐两种作用,群众说:“绿肥是个宝,碱地不可少,多种绿肥草,粮棉产量高”。绿肥除了建立地面覆盖,抑制地表返盐外,还能提高土壤有机质含量,改善土壤结构,促进土壤脱盐,而且绿肥庞大的根系也可使土壤变松,从而改善土壤的通透性,促进自然降水和灌溉冲洗的淋盐作用。

盐碱地上所种的绿肥种类,应具有耐盐、耐瘠、耐寒、耐旱、耐涝的特点。适于盐碱地栽种的冬绿肥种类,有光叶苕子、毛叶苕子、箭舌豌豆、黑麦草、金花菜等;夏绿肥有田菁、柞麻、绿豆等;多年生绿肥有紫花苜蓿、苦草(沙打旺)、草木樨、紫穗槐等。其中田菁、草木樨既耐盐碱,又耐旱涝,适应性最广,苦草、苕子也耐盐耐碱,金花菜的耐寒、耐旱性较差。绿肥苗期抗盐力较弱,要采用适时早播、适当增加播种量、配合施磷、盖草、冲沟播种及留茬防冻等防盐保苗措施,稻改盐碱地要加强排水管理。种好绿肥还应注意茬口安排,作物不能立苗的重盐地,一般先种多年生绿肥或冬夏双季绿肥;作物立苗比较困难的中盐地,可以一年轮种一次绿肥;立苗率比较高的轻盐地,以间、套、混作方式,利用作物大行空间来种植绿肥。

绿肥的利用要注意盐碱土的特点,上海市南汇县远征大队的经验是:在盐分重、表土易板结的土地上施用绿肥时,先把绿肥切碎再与表土混和,这样有防冲、防板和防盐的作用,

肥效也较快，有利于棉花的全苗早发和土壤改良。当土壤盐分减轻，板性改善后，则改用开沟条施的办法。此外，如有机耕条件，可用圆盘犁和旋转犁翻耕绿肥。

综上所述，盐碱土改良的途径和措施是多种多样的，而且任何一项措施都只能在一定条件下起一定作用，因此在运用这些措施时，要因地制宜，采用多项措施，综合治理。

(四)盐碱土改良利用的典型经验

1. 滨海盐土的改良利用

由于滨海盐土的形成与海水的浸渍有关，因此，筑堤建闸，防止海潮侵袭，减少盐分的继续补给，是滨海盐土改良利用的先决条件。解放以来，我国沿海地区都因地制宜地建立了各种形式的堤岸，通海的港口、河口亦兴建了挡潮闸，为滨海盐土的改良利用提供了良好的条件。

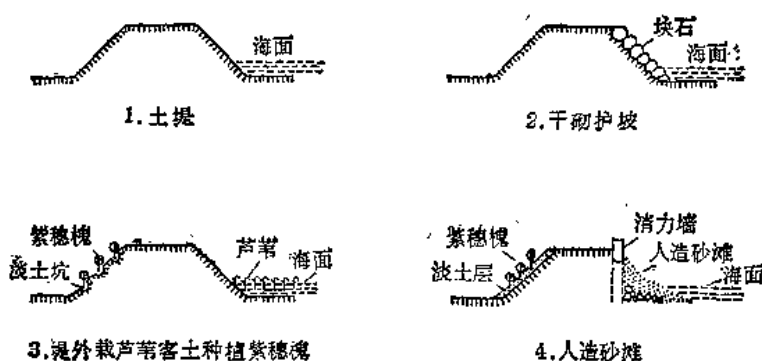


图 56 拦海堤断面示意图

为了加速海滩地的形成，在围垦前，各地群众常在海涂地上种植芦苇、黄须、大米草等耐盐性较强的植物。这种办法既

可保护海滩，又能为造纸等工业提供原料。

海滩地围垦以后，改良利用方式很多，但可归纳为“早改”和“水改”两大类。

(1) 早改：在种植旱作物的条件下，为了防盐保苗，除灾增产，各地群众创造积累了丰富的旱耕改良利用盐碱土的经验。江苏盐城地区新洋试验站在总结群众经验和反复实践的基础上，提出了“以水、肥、林为核心，种、管跟上”的综合措施。现将这些措施的作用和效果分述如下：

关于这些措施的作用和效果，下面再分别予以论述：

① 水——开沟排水，爽碱淋盐。

当前采用最普遍的是明沟排水，它由大、小、深、浅不同的排水沟组成。当地将排水沟分为区、堰、墩、排四级。末级固定排水沟的沟深一般是1.0~1.5米，沟距50~60米。各级排水沟相通，爽碱淋盐效果才好。特别是滨海盐土地下水的矿化度高，更需要强调开沟排水。当土壤脱盐以后，为了便于机械操作，往往把沟距改为100米。在开沟的同时，结合铺生盖草，平整土地。

② 肥——大种绿肥，以肥养田，抑盐防盐。

为了更好地发挥绿肥的改土效果，他们侧重抓了以下几个环节：第一，根据土壤含盐轻重不同，选择适宜的绿肥品种。轻盐碱地种苕子、黄花菜、豌豆、蚕豆等；重盐碱地种黑麦草、田菁、紫花苜蓿、法斯克草等。第二，采用适期播种和多种绿肥混播，提高绿肥鲜草产量。金花菜、光叶紫花苕子等绿肥品种，耐盐性、耐寒性较差，但成活的植株却具有分枝性强、茎叶密茂、产草量高的优点。实践表明，若能在8月中旬到9月上旬雨季，适期早播，并与耐盐性较强，苗期生长快的黑麦草、黑芥菜、大麦等混播，则能显著提高光叶苕子、金花菜的出

苗率和成活率。第三，在土壤含盐量 0.3% 以上的重盐地上，采取等雨抢播，以夏绿肥田菁作先锋，田菁翻压后，再用苕子、金花菜、黑麦草、油菜等多种绿肥进行混播，可以大大提高冬绿肥的成活率。

③ 林——植树造林，防盐保产。

盐碱地上植树造林的方法，首先是开沟扛土，垫高林地；种植绿肥，培肥地力。适于苏北滨海地区栽种的树种有洋槐、苦楝、乌柏、臭椿、桑树以及灌木紫穗槐等。

④ 种——因地制宜，轮作换茬。

滨海盐土通过开沟排水、种植绿肥、植树造林等措施即可得到初步改良。但若要进一步提高改土效果，促进粮棉增产，还需根据土壤的脱盐情况和肥力状况进行合理布局。

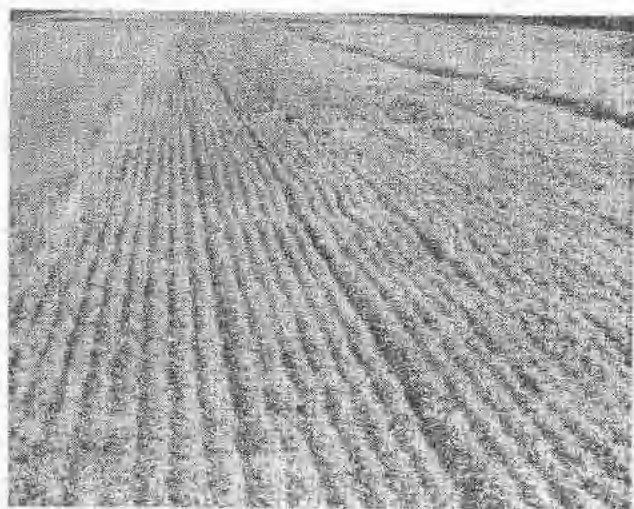
在粮棉轮作中，间套种绿肥是巩固和提高土壤改良效果，促进粮棉增产的好方法。对土壤含盐量不多，肥力较高的轻盐土，实行麦、棉、绿肥、早杂粮间套种轮作制；土壤含盐较多，肥力一般的中盐土，实行麦、棉、绿肥轮作；盐分重、肥力低的下等地，采用棉、绿肥的轮作布局或种双季绿肥（即夏季长田菁，冬季长黑麦草、苕子、油菜等，或种植紫花苜蓿、法斯克草等多年生绿肥）。

⑤ 管——耕作护理，巩固效果。

合理的耕作管理也可以抑制返盐，促进土壤脱盐。合理耕作管理的内容很多，但对于新垦殖的盐荒地来说，最重要的是保护原有的表土层，创造深厚的耕作层。其耕作管理的经验有三条：第一是实行浅层耕作。尤其是初垦的盐荒地不能耕得太深，否则会使含有机质较多、结构良好的表土层和下面含盐分多的底土层相混，只有在土壤逐步熟化以后，才能逐年加深耕作层。第二是勤中耕、勤松土。但是，在大雨之后，土



改良前, 只生长盐蒿, 甚至为光板地



改良后, 能种粮棉, 庄稼长势喜人

图 57 滨海盐土改良前后的对比 (江苏新洋试验站)

壤过湿，则不宜耕作，以免破坏土壤结构，造成土壤板结而返盐。第三，耕作时应结合增施有机肥料，以促进土壤熟化。

近年来，苏北滨海地区许多先进的场、站、社、队，广泛运用了水、肥、林、种、管综合治理盐碱土的方法，土壤肥力不断提高，盐碱地面积逐年减少，粮棉连年获得丰收。解放后，新洋试验站的广大职工，经过十三年的艰苦创业，彻底改变了旧面貌(图57)。昔日，东台县新五大队的土地也大部分是盐碱荒滩，经过综合治理后，如今已展现出欣欣向荣的社会主义新农村的大好景象。土地平整，框框成方；沟渠纵横，灌排通畅；绿树成荫，岸柳成行；棉花超《纲要》，粮食过“长江”。地处黄海之滨的射阳县新潮九队、盐城县伍龙大队，过去都是有名的盐碱窝。解放初期由于受小农经济的限制，在盐土改良方面只是采用了“春天翻点碱，夏天蓄点水，秋天盖点草，冬天扛点田”的方法，改良速度很慢。1964年开展农业学大寨群众运动以后，特别是在无产阶级文化大革命中，他们坚持在盐碱滩上闹革命，从社会主义大农业的要求出发，全面规划，认真贯彻农业“八字宪法”，因地制宜地实行水利、农业综合治理措施，坚持用、养结合原则。经过短期奋战，新潮九队终于把183块坑坑洼洼的盐碱地改造成为22块沟河纵横、两年五熟、宜粮宜棉的高产农田，粮棉产量连续八年双超《纲要》，连续四年亩产一吨粮。伍龙大队通过大搞农田水利，建立了爽碱沟、条排沟、流水河三级配套工程，同时配合种植绿肥，养猪积肥，实行精耕细作，把绝大部分盐碱地改造成良田，也实现了粮棉超《纲要》。

(2) 水改：我国长江以南的滨海地区，雨量充足，河流纵横，淡水水源丰富，具有“水改”的良好条件。围垦以后，种稻比较普遍，一般种稻数年后，再改种旱作或实行水旱轮作。华北

和东北的滨海垦区，雨水较南方为少，旱作物难于立苗生长，正积极开发水源，创造灌溉条件，实行“水改”。

无论南方或北方，滨海盐土水改种稻的成功事例都很多，且各自都有比较完整的经验。在无产阶级文化大革命的推动下，浙江省肖县头蓬垦区，在短短两年多的时间里，就围了20多万亩海涂。他们在种稻改良盐碱土的过程中，着重解决了咸地育秧和早稻插秧后的死苗问题。第一，咸地育秧问题：在开始育秧的时候，由于机械地搬用了非盐碱地的育秧方法，结果成秧率很低。经过多次实践，他们认识到在水咸、土咸的情况下，受高温大风的影响，返盐严重，致使烂芽和死秧不断发生。继后，他们将小苗苗床的浇水改为灌水，大田育秧由旱播旱育改为水播水育，日灌夜排，以水压盐，秧苗成活率就提高到80%以上。第二，早稻死苗问题：他们通过比较研究，发现在灌溉水质不断变咸的情况下，凡是采用内地老法灌水，都有大量死苗，若变浅水插秧为深水插秧，变浅灌勤灌为满灌勤换，则基本达到全苗。为了进一步促进水稻增产，他们在改革换水方法的同时，还根据灌溉水盐分的变化，看天、看苗，灵活用水。

辽宁省兴城垦区的广大群众，在毛主席“五·七”指示的指引下，以“愚公移山”的英雄气概，向大海宣战，自1966年冬开始，仅用了两年多的时间，就完成了长达九华里的拦海大坝，拦海造田3.6万亩。1969年建立了灌排系统，实现了条田化，并进行小面积种稻试验，1970年大面积开垦种植水稻，开垦的第一年水稻平均亩产200~300斤，1973年提高到600~700斤，有的农场平均亩产超过了800斤，个别高产地块亩产达1300余斤。他们在拦海垦区培育壮秧，抗盐种植和合理施肥方面，也有许多成功经验。现将他们的经验介绍如下：

第一，培育壮秧：他们的实践证明，在烂海盐土上就地育苗，能提高稻秧的抗盐能力，有利于培育壮秧。但由于垦区土壤和地下水含盐均高，头一年秋天就应该把苗床做好，并筑好灌排毛渠，这样才有利于春季提早泡田洗盐和及时播种。苗床要求做到深沟高床，步道沟深度不得小于30厘米，以利秧田排水和加速土壤脱盐。苗床高能提高床面温度，从而为保全苗和培育壮秧创造一个较好的土壤条件。结合平整床面把腐熟的有机肥和过磷酸钙均匀地撒在床面上，推平压好，播种以后再将过筛的土粪覆盖苗床。这种方法当地称为“连铺带盖育苗法”。它有利于改良土壤，防止盐害，并有增强发根壮苗的作用。另外，薄膜育苗应注意适时灌水洗盐，一般六天左右宜灌水洗盐一次。灌水要淹没床面，排水要彻底。最好夜间灌水，翌晨排除，步道沟不能存水，以提高床温，增强苗床的通气性，满足种子发芽和根系发育对氧气的需要。

第二，抗盐种植：这个地区水稻移栽后，时常出现一些问题，如秧苗不易扎根返青，返青后植株不健壮或叶片干枯，返青后追肥不当引起死苗等。为了解决这些问题，他们根据不同的土壤类型，因地制宜，采取不同的水肥管理措施。在粘质重盐土上，种稻的第一、二年，适于水稻苗期生育的脱盐层一般只有15厘米左右，因此在插秧后2~3天内，宜于深水护苗和压盐（淹深不没心叶），以后再逐渐落浅，要严防“花达水”（田面水不均匀），苗期必须坚持勤灌勤换，每1~2天就要换一次水。换水前排水要彻底，防止“兑老汤”，并适时落干放露，促生新根。从返青到分蘖期，灌水以浅灌为主，深浅结合，适时落干；即浅灌3~5天后，结合排换新水，灌一次深水（露叶尖）压盐，再适时落干透透气，以防止黑根病。深灌虽不利于壮苗，但在土壤盐分较重的情况下，能防盐保苗。在沙壤

质轻盐土上，土壤脱盐层较深，在田间管理措施上，应以浅灌促进秧苗早返青和培育壮秧为原则。插秧后1~2天内深水保苗，以后可保持浅水层，每隔4~6天排换一次淡水，适时放露晾田或晒田，促生新根，以达到早返青，多分蘖的目的。如发现返盐现象，应立即采用深浅结合的灌水方法，以便压盐、洗盐，保证秧苗正常生长发育。此外，带土移栽具有扎根早、返青快、分蘖多的特点，亦是抗盐保苗的有效措施。

第三，合理追肥：追肥主要在于掌握施肥的时间和施肥量。在盐分较多的土壤上，施用返青肥的时间要晚一些，当秧苗返青后，具有明显的长势时，每亩追施硫酸铵10斤左右为宜。在土壤脱盐层浅，含盐量较高的情况下，若大量追肥，势必引起土壤和田面水含盐量增加，使秧苗叶变干枯，甚至部分死亡。在分蘖肥施用上也宜过于集中，以防土壤及田面水的含盐浓度过高，秧苗受到抑制或造成秧苗枯死。

2. 花碱土的改良利用

改良花碱土要与排涝抗旱相结合，在有了一定排灌条件的基础上，应着重于培养地力，并配合堵盐、刮盐、防盐、躲盐等措施来消除盐碱毒害，保苗增产。下面介绍两个改良利用花碱土的典型经验：

(1) 郭庄大队改良利用花碱土的经验：位于黄淮平原的安徽省肖县郭庄大队，原来是淮北平原的一个多灾低产、地薄人穷的地方，绝大多数土地上都有盐碱，危害非常严重。1964年以前，按正常年景，粮食亩产不过百斤，棉花亩产不到二十斤。毛主席关于“农业学大寨”的伟大指示激发了郭庄大队干部、群众的社会主义革命积极性。他们批判了刘少奇的反革命修正主义路线，紧跟毛主席的伟大战略部署，以阶级斗争为纲，深入开展三大革命运动。经过“实践、认识、再实践、再认识”的

多次反复,逐步掌握了花碱土的特性。他们本着当年收益与长远利益相结合,预防与治理相结合,农业改良与水利改良相结合的原则,先后采取了剥皮换土,挖沟排水,修台条田,深翻窖碱,增施有机肥料,种植绿肥,发展井灌,改种水稻,实行间作套种等办法,进行综合治理,使花碱土发生了根本变化。自1966年开始,连年艰苦奋斗,把原来的一片盐碱荒地改造成千亩良田。1968年全大队实现粮棉亩产双超《纲要》,1973年粮食亩产已达1700多斤,皮棉亩产已达到187斤,1974年以后粮棉生产又有新发展。

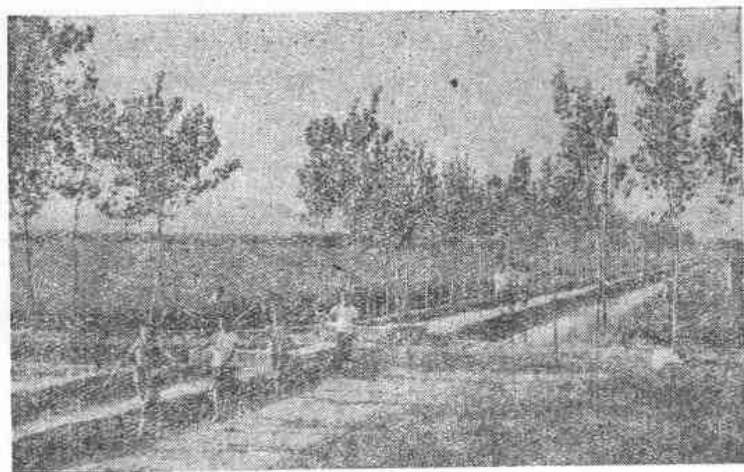


图 58 郭庄大队花碱土改良后新貌

郭庄大队改良利用花碱土的经过和主要经验如下:

他们最初采用的改碱方法是剥皮换土,即在冬、春季节,趁土壤返盐严重时,用铁铤把地表2~3厘米厚含盐碱多的土层铲掉,运出地外,在垅沟或穴内换上山淤土、河泥或塘泥,然后种作物。通过剥皮换土使过去不能立苗的地,能抓住苗,达

到了当年收益。但是这种方法只收到了暂时的效果，第二年盐碱仍上升聚积地表，继续危害庄稼。

第二步采用的改碱方法是修台条田。台条田田面宽 20 米，沟宽 3 米，沟深 1.5 米；地头沟宽 2~3 米，沟深 1.5~2 米，条田沟与地头沟相通。实践证明，在多雨季节，台条田有一定的排涝淋碱作用，一般可使小麦增产一成到二成。但是由于排水出路不畅通，土壤剖面 50 厘米上下又有一、两层胶泥托水，当盐碱随水下渗到胶泥层时，便大量聚积起来，天旱时又随毛管水上升地表，因而没有达到淋盐的预期效果。所以他们又进一步平整土地，调整灌排系统，框地成方（每个作业区 60~90 亩），并采取深翻和增施有机肥料等办法。深翻是在靠近地边先挖一条 1 米宽的深沟，随后再挖第二条沟，并把上层含盐分高的表土埋到第一条沟底，把胶泥层翻上来铺在地面，这样逐沟深翻，直至把全田翻完。同时还结合大种绿肥（田菁、紫穗槐、苕子、怪麻等），养猪积肥，积人畜粪尿，挖塘泥，秸秆还田等，不断提高施肥水平。通过深翻和增施有机肥料，不仅使土壤盐分下降，而且加深了耕作层，提高了土壤肥力，粮棉产量迅速上升，到 1968 年，粮食平均亩产达到 502 斤，皮棉亩产达到 102 斤。

郭庄大队为进一步改良盐碱地，从 1969 年开始打机井，发展灌溉，实行稻麦轮作。井灌的发展，一方面满足了作物的需水，同时又起到了压盐、淋盐的作用。1969 年试种 5.6 亩水稻，亩产达 1,003 斤。1970 年扩种了水稻，全大队粮食亩产超千斤。他们在抓粮食生产的同时，把经济作物——棉花也放在较重要的地位，近五、六年来，郭庄大队皮棉亩产都在 180 斤上下。

为了巩固和发展治碱效果，继续发展生产，郭庄订了一个

十年(1971~1980)改碱新规划。主要内容是：(1) 搞好渠系配套, 确保旱涝丰收。在灌溉方面, 全面规划, 建立永久性灌溉网, 除用机井灌溉外, 还引北运河水灌溉农田, 以充分保证水源。在排水方面, 继续完成渠系工程配套, 充分发挥现有干、支、斗、排的作用。(2) 实行水旱轮作, 合理规划稻田。将尚有碱斑的旱地, 通过种稻, 以达到土地平整和消灭碱斑的目的。当连续种植 3~5 年水稻, 降低地表盐碱之后, 再改种棉花或早粮。(3) 以淤压砂, 改良土壤。用万里千车一亩田的精神, 在冬春季节搬运淤土盖在砂质的冬闲地里(盖土厚 8~10 厘米), 使淤砂掺合, 改良土壤质地, 提高土壤肥力, 逐步把所有的砂性土壤都改造成两合土。

郭庄的十年改碱规划正在积极实行, 近几年来取得很大进展。例如, 河灌得到了发展, 现以河灌为主, 井灌为辅, 降低了成本, 还建立了地下排灌沟渠。极大部分耕地都轮种过水稻, 基本上消灭了碱斑。原来的规划预定每年拉淤压砂 80~100 亩, 实际上近几年来每年拉淤压砂的面积都超过 100 亩。

(2) 孟庄大队改良利用花碱土的经验: 江苏省铜山县张集公社孟庄大队, 通过不断实践, 在改良花碱土方面也取得了显著成绩。这个大队地处废黄河南岸的冲积平原上, 旱涝、盐碱、风沙都很严重, 长期以来生产处于低而不稳的状态。在大寨精神鼓舞下, 大队党支部带领贫下中农于 1964 年开始, 围绕排涝防渍, 固沙治碱, 打响了改造自然的翻身仗, 先后共挖土 28 万方, 实现了条田化, 经过十年艰苦奋战, 影响生产低而不稳的涝渍、风沙、盐碱诸因素已经基本控制, 粮食产量逐步上升。治理以前的 1963 年粮食总产仅 16.3 万斤, 1971 年粮食总产达 126 万斤, 1972 年 156 万斤, 1973 年达 211 万斤, 近年来总产一直稳定在 200 万斤以上。

孟庄大队改造砂碱薄地，经历了除涝固砂、绿肥改碱培肥和种稻改碱三个主要阶段。

经过几年的水利建设，孟庄大队灌溉面积逐年扩大。1972年种稻面积1350亩，在近三千亩的旱地中一半以上已经发展灌溉，同时排涝能力也明显提高。据统计，1963年受涝无收面积占土地面积43%，受渍面积占土地面积22%，未受涝渍面积占土地面积8.5%；1972年受涝面积仅占土地面积0.8%，受渍面积6.1%。目前这个大队的排涝工程已经达到日降雨250毫米不受涝的标准。

自1964年起，他们开始试种苕子，翌年试种田菁，由于抓住以磷增氮这一关键措施，在种绿肥时普遍施用磷肥或以磷肥拌种，绿肥试种成功，并且逐年发展。重盐碱地种田菁后，三麦面积扩大，轻盐碱地套种苕子，秋熟作物产量提高。从1966年到1970年四年中，绿肥占耕地面积的比例高达57.5~67.8%。近年来随着水稻面积扩大，出现了粮、棉和绿肥争地的矛盾，田菁种植面积减少，但目前由于稻茬苕子试种成功，绿肥面积又有回升。

孟庄大队近几年的经验还证明，种稻改良花碱土是一项收效迅速的措施，盐碱重而易涝的洼地，种稻之后不但提高了抗涝能力，而且改良了土壤。

3. 内陆盐土的改良利用

我国内陆盐土分布的地区，土地辽阔，资源丰富，生产潜力很大。但解放前广大劳动人民深受帝国主义、封建主义、官僚资本主义三座大山的压榨和剥削，根本无力利用这些宝贵的资源，存在着大片“不毛之地”。解放后，在毛主席和共产党的领导下，推翻了三座大山，生产力获得解放，人民群众组织起来向生产的深度和广度进军。广大农村大力兴修水利，改

良土壤，改变不良的水土条件，为社会主义提供更多的物质财富而长期奋战，取得了显著成绩，生产日新月异。无论生产建设兵团所属场、圃或人民公社，都涌现出许多“农业学大寨”的先进典型。

二十多年来，新疆生产建设兵团的广大干部、战士，坚决贯彻毛主席关于“备战、备荒、为人民”的指示，针对当地气候干旱和土壤盐分重的特点，采用以水利土壤改良为中心，以条田建设为基础，农林牧相结合的综合治理办法，改良了大面积的盐碱土，在发展生产方面取得了可喜的成绩，出现了一批在重盐碱地上夺高产，连年获得粮棉双丰收的先进单位。他们在长期实践中，积累了丰富的与盐碱作斗争的经验，为便于群众掌握和运用这些经验，三十团农场曾把他们改良利用盐碱土的措施编成八句顺口溜：“沟渠路林配成套，反复平地灭盐包，洗碱压盐一次成，伏暑前后莫迟早，厩肥绿肥加牧草，良种繁育更重要，精耕细作是根本，以酸克碱好法宝”。这八句话是综合措施相互配合的体现。当然，综合运用这些措施并不意味着千篇一律，同等对待，而是要按不同地区、不同时期，选择其不同的重点。例如北疆地区，土壤盐渍化较轻，地下水位较低，则着重于抓灌溉管理，渠道防渗，平整土地，植树种草等预防性措施，以免土壤发生盐渍化。而焉耆、哈密地区，土壤盐分很重，地下水位很高，主要是抓排水洗盐及平整土地等改良措施。同一地区，由于时期不同，突出的重点也不一样，如哈密红星二场垦殖初期以排水洗盐为主，当部分土壤已基本脱盐以后，则以巩固脱盐效果，提高土壤肥力为主。

新疆生产建设兵团改良盐碱土的措施主要有：

(1) 开沟排水：在内陆盐土地地区，自然淋盐作用微弱，因此排水洗盐是改良的先行步骤。特别是在原来地下水位较高

的地区,冲洗前必须修建排水系统。他们的经验证明,开沟排水可以增强土壤水分的旁侧渗漏,能有效地降低地下水位,排除溶解在水中的土壤盐分。但是要使排水沟起到应有的作用,还必须解决一系列的技术问题,否则难以达到改良土壤的目的。他们认为,排水系统改土的效益在于:第一,排水渠应有畅通的出路;第二,排水系统必须完整配套,排水渠要有合理的设计深度和间距;第三,排水渠上的桥涵建筑物必须配套;第四,加强对排水渠的维护,进行经常性的清淤和护坡工作。

(2) 改建条田:过去兵团各场多规划为大条田,一般宽为400~600米,长为800~1000米,每个条田面积约500~800亩。实践证明,这种大条田,排水排盐的效果很差,条田中间作物生长不良,缺苗面积高达30~40%。若将大条田改为面积250~300亩左右的小条田,排水沟间距缩小为200~300米,则能显著增强排水、排盐的效果。同时还可以减少平整土地的工程量的,缩短灌水时间,提高灌水质量,有利于适时耕作。

(3) 平整土地:土地不平整,灌水不均匀,容易形成盐斑。廿九团研究证明,平整质量较好的耕地比平整粗放的耕地脱盐率提高5.4%,盐斑为害面积减少16%,保苗率提高47%。

各团(场)平整土地,一般都采取群众性的突击性大平整与管理性的常年平整相结合。常年平整土地的作业程序是:第一,翻耕后,用机车牵引大型平地耙,进行粗平;第二,在插秧前,用大型平地耙进行纵横或交叉数次平整后,再组织人、畜力进行细平,使各灌水地段基本达到沟畦灌的要求;第三,如果种植水稻,在细平之后,还需用机力筑埂器或人工制格

田，再用人、畜力进行精平，使格田内高差不超过3~5厘米，土块直径不大于5厘米，以满足水稻播种、格田进水和水层管理的要求。

(4) 增施有机肥：“地肥肥吃碱，地瘦碱吃苗”，“亩产千斤粮，需施万斤肥”。广大农垦战士深深体会到，不断提高土壤肥力，是保证农业持续增产不可少的条件。为保证农作物有足够的肥料，不少团(场)坚持专业常年积肥，群众业余积肥，农闲突击积肥制度。在解决肥料来源方面，主要采取了养猪积肥、收割杂草、秸秆还田和种植绿肥。廿九团等单位，由于坚决贯彻“以粮为纲，全面发展”的农业生产方针，正确处理农牧关系，大力发展养猪事业，平均每人养猪一头多，已基本做到了千斤粮万斤肥的要求。

(5) 种稻洗盐：排水种稻洗盐是改良和利用相结合的一项有效措施，廿九团的生产实践证明，种稻改土的当年，一般水稻亩产可获500~600斤。但是，要充分发挥种稻淋盐改土的效益，保证水稻持续高产，还必须有足够的水源，并要掌握正确的灌水技术。他们认为在水稻生长期采用深——浅——深——浅——干的水层管理方法，效果很好。即出苗至三叶期要深水护苗，保持水层30~40厘米，6月份再降为浅水层，以12厘米左右为宜，不能浅于4~6厘米，否则稻秧则有死亡现象。而在重盐地上种稻，可不降水层。分蘖后期，由于水稻生长迅速，需水量大，应视水稻生长情况逐渐加深水层，直到满埂为止。扬花至灌浆期，水沉应慢慢下降，变深水为浅水。蜡熟期开始停水，自行落干，以防倒伏。

另外，种稻应增施有机肥料，多种绿肥牧草，除一年生绿肥外，结合发展畜牧业，可多种草木樨、紫花苜蓿等多年生绿肥牧草，实行草田轮作。

(6) 竖井排水：近年来，不少团(场)还推广了竖井排水，竖井排水的作用在于：迅速排除在灌溉冲洗时下渗的矿化水；灌溉后能迅速降低地下水位，从而减少地下水的蒸发和浓缩；加快地下水运动速度，增强地下水径流循环过程，促进地下水淡化。奇台青年农场发展井灌后，三年时间内井灌区地下水位下降了0.83~1.44米，使8,800亩盐碱地得到改造，粮食显著增产。竖井排水使地下水呈漏斗形降落，故距井愈近，埋深值愈大。各团(场)试验结果证明，单井的作用范围，按作物生长而言，以200米为有效范围，在此范围内作物生长良好；200~400米为受抑制范围，即竖井排水对土壤脱盐和抑制积盐有一定的作用，但作用较小，作物生长受到抑制；按影响地下水的降落范围而言，其影响范围约400~600米，但在此范围内，仅仅在抽水时可以影响到水位降落，且降落值很小。

他们认为，竖井排水具有排水深度大，可以排灌结合等优点。采用竖井排水和明沟排水相结合，更能提高改土增产的效益。

(7) 碱化土壤的改良：兵团在土壤碱化防治方面，也有很多经验。他们认为，洗盐时一次洗成，有利于防止土壤碱化。对已碱化土壤的改良措施，主要是种植苜蓿，施用有机肥料，施用石膏、硫磺，种植水稻等。此外，部分地区采用在碱斑上盖沙的办法，也取得了较好的成效。

二、红壤的综合利用与改良

红壤(包括黄壤)广泛分布于我国长江以南地区，其中以广东、广西、江西、福建、台湾、湖南、云南、贵州等省(区)分布最

广，四川、湖北、浙江、安徽等省次之。据粗略统计，红壤地区的总面积约 17 亿亩，约占全国土地面积的 12%。这类土壤地处热带和亚热带，日光充足，雨量丰沛，林木生长繁茂，作物一年多熟，是我国重要的土壤资源，也是我国粮食和各种特用经济作物的主要生产基地。

但是，在旧中国，由于反动统治阶级对广大劳动人民的剥削和压迫，这一地区密茂森林遭到严重的破坏，肥田沃壤大量冲刷，不少富庶的山丘、平原被摧残为土地瘠薄的地方。解放以来，在毛主席革命路线的指引下，广大群众坚持自力更生、艰苦奋斗的精神，贯彻“以粮为纲，全面发展”的方针，在农业学大寨运动的推动下，在改造和利用红壤方面取得了很大的成绩，大面积的红壤荒地已开发利用，低产田得到逐步改造。许多事实说明，红壤蕴藏着巨大的生产潜力，只要发挥人的主观能动性，充分利用有利的自然条件，积极克服其不利因素，就能使红壤越种越肥，农作物产量不断提高。

(一)红壤的特点

红壤地区高温多雨，风化强烈，土层深厚，林木、作物生长旺盛，有机质来源比较丰富，这些都是充分利用和积极改造红壤的有利条件。但是，也正因为高温多雨，因而肥分容易随雨水流失，土壤有机质分解也快，目前除了部分有密茂森林及草类覆盖的地区，土壤表层有机质含量可高达 5% 以上外，一般都不到 2%，有的甚至低于 1%，因此土壤中有有机质和养分贫乏。由于雨水多，土壤中碱性成分（钾、钠、钙、镁）大部分被淋失，而不容易流动的铁、铝等酸性物质则相对聚积，尤其是铝的聚积，造成红壤呈酸性或强酸性反应，同时铁、铝等成分很容易和磷素结合成难溶解的状态，因此使磷素的有效性降低。此

外,由于风化作用强烈,岩石矿物大部分变成很细的粘粒,土壤结构不良,当水分过多时,土粒吸水分散成糊状;干旱时,水分容易蒸发散失,土块变得紧实坚硬,因此有“天雨一包脓,天晴一块铜”的说法。这些就是红壤的不利因素。在大力开发利用红壤时,应针对其不良性状积极进行改造。

(二)红壤的综合利用

我国红壤地区自南而北因气候、植物和土壤风化程度的不同,一般区分为热带的砖红壤,亚热带南部的砖红壤性红壤和亚热带北部的红壤。砖红壤发育在热带地区,由于高温多雨,风化作用最强;红壤分布在亚热带北部地区,比起砖红壤风化程度已明显减弱;亚热带南部的砖红壤性红壤,是砖红壤和红壤之间的过渡类型。

红壤地区由于气候有热带、亚热带之分,地形有平原、丘陵和山地之别,具有综合利用的良好条件。红壤地区山下田连阡陌,盛产水稻等粮食作物,是我国重要的粮食生产基地,山上除宜造用材林外,还能发展多种多样的经济林木。各地在红壤综合利用方面,因地制宜创造了许多好经验。现在就亚热带北部地区的红壤、亚热带南部地区的砖红壤性红壤和热带地区的砖红壤三部分,简单地加以介绍。

1. 亚热带北部地区的红壤

亚热带北部地区,包括江西、湖南两省的大部,云南、贵州、广东、广西等省的北部,四川、浙江、安徽等省的南部,这里分布着大面积的红壤。当地年平均气温在 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$,盛产许多亚热带经济林木,如茶叶、油茶、柑桔、油桐、棕榈、毛竹、杉树、樟树及山胡椒等。各地在大力发展粮食生产的同时,宜进一步综合利用红壤,积极发展上述经济林木。根据江西、湖南的



图 59 红壤上的龙井茶茶园（浙江杭州）

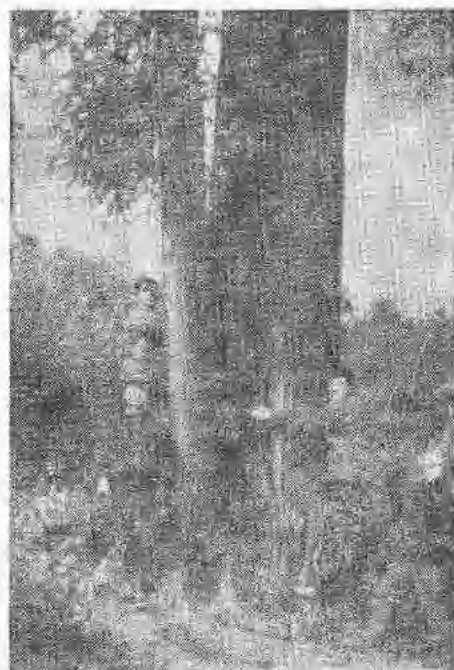


图 60 红壤上的巨大杉树（江西莲花）

经验,综合利用红壤必须注意地势、坡度、坡向等问题。

地势: 山丘坡脚地势平缓,宜种粮食作物和饲料作物,山腰宜种油茶、茶叶、板栗、药材等经济林木;坡岭破碎地形部位和土壤冲刷的地方宜种马尾松或栽种胡枝子、紫穗槐、黄荆等多年生绿肥、牧草。村前屋后可多栽棕榈树。

坡度: 坡度小的丘陵山地宜发展农业和畜牧业,在水源充足时,可进行“地改田”,扩种水稻。坡度大的,应以发展多年生经济作物和林业为主。坡地种作物或茶叶等都应修建梯田,以保持水土。

坡向: 坡向不同,光照、温度、雨水和土层厚度都会有差别。阴坡比较冷湿,土层也较深厚,一般适宜发展杉木、柏木、青冈、木荷、毛竹等。阳坡可种植麻栎、马尾松、擦树、乌柏、油茶、油桐、柑桔等。在相对高度较大的山区,阴坡的农事季节要比阳坡迟,因此作物茬口应妥善安排。

实践证明: 贯彻农、林、牧相结合的方针,进行山、水、田的综合治理,是多快好省地利用和改良红壤的好方法。群众说:“治田不治山,产量不能翻;治下不治上,水冲一扫光”。山、水、田综合治理,不仅能保持水土,扩大耕地面积和多种经营,还能综合地解决畜牧业饲料基地,扩大肥源,不断培肥土壤。例如,江西兴国县蕉溪大队解放前由于光山秃岭,水土流失非常严重,解放后对山、水、田进行综合治理,在 8,000 余亩光山秃岭上种植了马尾松、杉树、油桐、油茶、茶叶等林木,修筑了大量的水土保持工程,有效地控制了水土流失,并兴建了四座水库,挖了 40 多口山塘,开凿了盘山渠道。全大队 80% 的农田实现了自流灌溉,旱涝保收。同时,采取将串灌改沟灌、平整土地、掺砂客土、扩种绿肥等治田改土措施,改造低产田 600 多亩。该大队 1963 年粮食平均亩产只有 385 斤,从 1966

年起粮食亩产连续四年跨《纲要》，有四年超千斤，1973年亩产达到1135斤，实现了持续增产。

2. 亚热带南部地区的砖红壤性红壤

亚热带南部地区的砖红壤性红壤，主要分布在广东、云南的中部，广西、福建的南部和台湾的北部。这里年平均温度 $21\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，具有热带向亚热带过渡的特点，一些热带作物仍可正常生长。

广东省大力发展农、林、果，根据地形、土壤、气候等条件因地制宜地利用红壤。他们的经验是：在土层薄，肥力低，易干旱的秃岭部位，造水土保持林，通常选用耐旱、耐瘠的相思树、松树、桉树等树种。山上有了水土保持林，山麓土壤的水肥条件大为改善，就能促进果木和作物的生长。在土层较厚，环境湿润，坡度在 $6\sim 10$ 度的地段，修建梯田，种植柑桔等果木，而在环境比较干燥的阳坡，则发展耐旱、喜热、怕冷的菠萝等。在地势平坦，土层深厚，坡度在5度以下的地段，修建水平梯田，开辟为粮食基地。农地边缘难以平整的坡地，多种绿肥、牧草，这样既能保持水土，又能解决牲畜饲料和开辟肥源。

例如，广东新会县圭峰山地区，他们在山岭上部造林绿化，种植各种耐旱树种，如松树、樟树、桉树、相思树、鸭脚木、木麻黄等，既是木材，又可以防风，保持水土，起到涵养水源的作用。山岭中部种植耐旱的经济林，如油茶、茶叶、柠檬桉、油桐、风栗、乌榄等。山岭下部地势较平，上层较厚的地段，用来种植果树，如柑、桔、橙、柚、荔枝、龙眼等，果园中还大量间种豆类、花生、菠萝、沙葛或饲料和绿肥等。在水源充足，地势平坦的地段，修建水平梯田，辟为粮食基地。同时利用农副产品发展以养猪为主的畜牧业。这样在丘陵、山区，红壤的开发利用中，

不仅做好水土保持工作,而且农、林、牧、果得到了全面发展。

3. 热带地区的砖红壤

热带地区的砖红壤分布在广东的海南岛及雷州半岛,云南的西双版纳,还有台湾南部,这里气候湿热,长夏无冬,年平均温度在 $23\sim 26^{\circ}\text{C}$,雨量 $1000\sim 2000$ 毫米,是我国热带经济作物的基地;盛产椰子、油棕、橡胶、可可、咖啡、胡椒、剑麻、香茅等热带经济作物。



图 61 砖红壤上的橡胶园 (云南西双版纳)

在土壤环境湿润且肥力较高的丘陵缓坡,通常等高垦殖,种植橡胶、油棕、胡椒、咖啡等热带经济林木。咖啡、云南大叶茶和三七、萝芙木等喜阴作物,适于种在阴坡或间作在其它经济林内,这样不仅充分利用土地,增加生产,而且增加地面覆盖,加强保持水土。在水源充足的地方可辟为稻田。

对于地面覆盖条件差,易受干旱的缓坡地,适于发展较耐旱的剑麻、菠萝、香茅、甘蔗、木薯等热带经济作物。

有森林覆盖的陡坡地,应注意合理采伐。滨海地区常遭强风侵袭,应大力营造防风林带,适生树种有木麻黄、桉树、台湾相思等。有了防风林带,林地内风速比林外可减低 30% ,

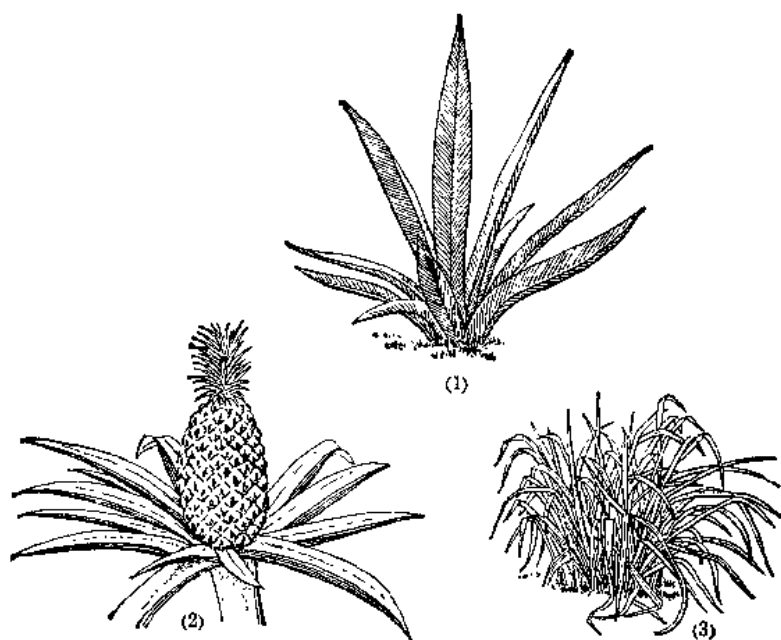


图 62 热带砖红壤上几种耐旱的经济作物

1. 剑麻; 2. 菠萝; 3. 香茅

地面蒸发大大减弱, 土壤湿度显著提高。

在部分瘠地或热作经济林木未郁闭的地上, 可间种绿肥, 如毛蔓豆、葛藤、胡蝶豆、猪屎豆、灰毛豆、玫瑰茄等, 既可作饲料, 又可覆盖地面, 保持水土, 加速瘠地的改良。土壤肥力较高的, 可在热作行间间作粮食和油料作物。

部分湿润、荫蔽的山地, 可种喜湿、耐阴的作物, 如咖啡、茶、槟榔、金鸡纳等。

(三) 低产红壤的改良

我国长江以南红壤地区, 日光充足, 雨量丰沛, 本来应是植

物繁茂，土壤肥沃的地方，但是由于旧社会历代反动统治的残酷压迫和剥削，大量烧山毁林，有的地方水土流失极为严重，因而形成了干旱瘦瘠的土壤，作物生长不良，产量很低。解放后，在毛主席革命路线指引下，改造和利用红壤取得了很大的成绩，并积累了丰富的经验。改造利用低产红壤的主要经验是：增施有机肥料，施用磷肥和石灰，合理配置作物，搞好水土保持工作，修建水平梯田改种水稻等。现分别介绍如下：

1. 增施有机肥料

土壤缺乏有机质，是红壤低产的重要原因，因此改良低产红壤必须采取多种措施增加土壤有机质。有个改良红壤的小故事，讲的是老红军甘祖昌同志 1957 年回到江西省莲花县沿背大队当农民以后的事。他们那个大队丘陵上的土壤为第四纪红色粘土发育的红壤，有的地方的植被在旧社会遭受严重破坏，侵蚀很严重，甚至寸草不生。1961 年，甘祖昌同志发现一种小灌木——榿木下的土壤，却颜色较黑，他想一定是榿木叶子落下来，增加了土壤有机质的缘故，于是和贫下中农一



图 63 甘祖昌同志介绍红壤改良经验

起做试验，开垦了 1.3 亩侵蚀严重的红壤光板地，做成梯田，又从油茶林下扫了 120 多担枯枝落叶，割了一些幼嫩松树针叶，施入田内作基肥，灌水种稻。另外，施了 200 斤石灰，12 斤尿素，结果收早稻 306 斤，晚稻 600 斤，共 906 斤。这块田现在的养分含量较改良前大有提高，耕作层有机质含量为 2.78%，全氮为 0.158%，全磷为 0.17%，速效磷为 34ppm；而这块改良前的红壤光板地，有机质含量只有 0.43%，全氮为 0.058%，全磷为 0.09%，速效磷 5.8ppm；酸碱度也有变化，原来为强酸性(pH5.2)，现在为微酸性(pH6.4)。

由上可看出，增加土壤有机质对于改良红壤是很重要的。那末，在红壤地区怎样增加土壤有机质呢？

大力养猪积肥：养猪积肥是红壤地区农家肥料的主要来源，猪粪富含有机质和氮、磷、钾养分，连年施用，能显著增加土壤有机质含量，对于改良粘质红壤的效果特别显著。例如，江西红星农场大力发展养猪，猪粪施用量逐年增加，耕层土壤有机质含量由原来 1% 左右提高到 2% 以上，产量由 500 多斤提高到 800 斤以上。

大力种植绿肥：红壤在边利用边改良的过程中，必须多种绿肥作物，才能把用地和养地结合起来。红壤地区绿肥种类很多，根据江西的经验：冬季绿肥以种植耐瘠、耐旱的肥田萝卜以及豌豆、大麦等为宜，在土壤肥力初步改善以后，可种植红花草(紫云英)、苕子、金花菜(黄花苜蓿)等豆科绿肥。适当增加播种量，打穴抗早点播或条播，施用磷肥和接种根瘤菌等，能大幅度提高绿肥产量。采取以豆科绿肥为主的不同种类绿肥混播，也是夺取绿肥高产稳产的有效措施。混播方式多采用红花草与肥田萝卜，或红花草与油菜，或红花草与肥田萝卜、大麦等。混播优于单播的原因，主要是通过豆科与非豆

科，高秆与矮秆，宽叶与窄叶，浅根与深根等不同绿肥的搭配，可以充分利用光、热、营养等条件，增加绿肥产量。夏季绿肥猪屎豆等，一般种在果树或茶树行间，胡枝子、紫穗槐等可在水土流失的丘陵山地上栽种。热带地区的瘠地上可栽种毛蔓豆、蝴蝶豆、葛藤等多年生绿肥。

此外，夏季收割山青，秋冬挑塘泥，在燃料充足的地区实行稻草还田，都可以增加土壤有机质。

2. 施用磷肥和石灰

红壤的磷素含量很低，有效磷更缺乏，这是因为红壤中多铁、铝等物质，很容易与磷素结合成难溶性的磷酸铁、磷酸铝，这些被铁、铝固定起来的磷素，一般不易为作物所利用，所以在红壤上施用磷肥的效果很显著。

在红壤上各种磷肥（钙镁磷肥、过磷酸钙、磷矿粉、钢渣磷肥等）都可施用，但目前施用最普遍的是钙镁磷肥。钙镁磷肥是微碱性肥料，不溶于水，溶于弱酸，因此，把钙镁磷肥施在酸性的红壤上，有利于提高这种磷肥的有效性。在红壤新垦荒地、低产旱地和低产水田上施用磷矿粉，其肥效也较显著，尤其是某些多年生经济林（如橡胶、茶叶、柑桔等）、绿肥作物（如毛蔓豆、山毛豆、胡枝子、萝卜菜）和油菜、荞麦等，它们对这种磷矿粉有很强的吸收能力，因而肥效更为明显。

为了充分发挥磷肥的肥效，在施用方法上应掌握早施、集中施、混合施的原则。磷肥在土壤里的移动性很小，所以通常采用点施、条施、拌种等方式，保证磷肥施在种苗附近，作物苗期就可以及时吸收磷素养分。经济林木可以把磷肥集中施在定植穴内，能促进林木的根系发育，引导主根向心土伸展。红壤不仅缺磷，也缺氮，因此在施用磷肥的同时，配合施用氮肥，不仅能解决作物氮素营养的不足，而且更能发挥磷肥的效果。

对于红花草等能利用空气中氮素的绿肥和豆科作物，施用磷肥具有以磷增氮，丰富土壤氮素营养的作用。红花草每亩施用磷肥 40 斤，比不施磷肥的土壤氮素增加 7.1 斤；大豆每亩施用钙镁磷肥 60 斤，比不施的土壤氮素增加 6.3 斤。磷肥施用于水稻前作红花草上，平均每斤磷肥可增产稻谷 6 斤多；而磷肥直接用于水稻，每斤磷肥只增加稻谷 2 斤左右。磷肥与有机肥料配合施用，能减少磷肥与土壤的接触，有利于提高磷肥的肥效，尤其是磷矿粉与栏肥一起堆沤后施用，效果更好。近年来在磷肥、氮肥用量日益增加，农作物亩产量不断提高的情况下，土壤中钾的含量将感不足，不少田块施钾肥肥效显著，因此在施用磷、氮时，同时也要考虑土壤钾素的供应。

在红壤上施用石灰也是十分重要的，施用石灰可以中和土壤酸度，加强有益微生物的活动，促进有机质的分解，增加土壤中的速效养分，改变土壤的物理性质，使粘板瘠瘦的红壤变得松泡。石灰每亩用量以 100~150 斤为宜。红壤上施用石灰，大豆、大麦的增产效果最显著，小麦、棉花、花生、水稻等次之。旱地一般在耕翻或播种时施用石灰，水田多数在绿肥耕翻时施用，也有在水稻孕穗以前作追肥施用的。

3. 合理配置作物

针对不同熟化程度的红壤，采用相应的用地养地轮作制度，对培养地力，提高产量有一定的作用。江西各地经验证明：在新垦红壤上，适宜种植耐酸、耐瘠、耐旱性较强的花生、甘薯、绿豆、油菜、黑麦和肥田萝卜，养地与用地作物搭配比例以 1:1 为宜。初步熟化的红壤，适宜种植大豆、花生和小麦、高粱、玉米等粮食作物，轮作绿肥进行养地，用、养作物搭配比例以 1.5:1 为宜，可以采用小麦——早大豆——红薯，或小麦——芝麻——晚大豆，小麦——花生，油菜——高粱——再

生高粱，小麦——早大豆——晚高粱等轮作制。基本熟化的红壤，适宜种植棉花、黄麻、甘蔗、烟草等经济作物，用养比例以 2:1 为好，通常采用棉花——绿肥一年一熟制，或棉花——小麦——棉花——绿肥两年三熟制，或棉花——小麦——早大豆——晚芝麻——绿肥两年四熟制，或棉花——小麦——早大豆——芝麻——小麦两年五熟制。水源较差的红壤性低产田或旱地初改的水田，以采用早稻——晚大豆——绿肥轮作更为有利。总之，在作物种植方面，应每年安排一季绿肥或一季豆科作物，以达到用养结合，提高地力，增加产量，加速土壤熟化的目的。

4. 搞好水土保持

大面积利用改良红壤，必须把治山、治水、治田结合起来，做好水土保持。如果不治山，就不能更好地治水、治田，土壤改良效果就得不到巩固和发展。根据江西营造六年马尾松林的测定，地表径流与土壤冲刷量，均比自然荒地减少 75~80%，有机质和氮素等的养分流失量也减少 80% 左右。若造林结合种植草带，更能提高水土保持的效果。在水源不足的情况下，改变耕作制度，选育早熟品种，避免干旱，可以提高产量。培地埂，垄作、沟种以及“冬深耕、夏浅耕、春不耕”等措施，也是红壤地区群众长期与水土流失和干旱的斗争中积累的宝贵经验。

改坡地为等高水平梯地，对于保持水土、建设高产稳产农田具有十分重要的意义。据江西省红壤试验站观测，在一次降雨 60~80 毫米的情况下，等高水平梯地能够保持全部降水，不发生径流，等高耕作坡地可以保水 70% 左右，而顺坡耕作坡地只能保水 40~50%，径流量也大，且有不同程度的片蚀与沟蚀。对相邻的等高水平梯地与顺坡耕作坡地取排出水

分析,前者每 1000 毫升排出水中,泥沙含量为 0.8 克,而后者却高达 3.2 克以上。若以此相邻的两地段土壤在降雨前所含氮、磷、钾养分相等计算,则等高水平梯田的保土、保肥效果要比顺坡耕作地高 4 倍以上。通过几种旱作物产量的综合分析,其增产效果是:等高水平梯地优于等高耕作坡地,等高耕作坡地又优于顺坡耕作坡地,三者的产量比率分别是 100%, 70~90%, 60~75%。

江西各地修建等高梯田的主要经验是:全面规划,合理安排道路和排灌系统,便于机耕。灌溉渠道应尽量提高,争取蜿蜒于丘陵顶部,以利自流灌溉。平整土地的原则应是等高与等距相结合。梯田的宽度,主要取决于坡度大小和土层厚薄,且要适应机耕,鉴于当地丘陵红壤的土层深度一般都在 1 米左右,因此梯田上下两块的高差不宜超过 1 米。一般在坡度 3~6 度的情况下,梯田的宽度以 15~20 米,长度以 200 米为宜,否则不利于机耕和灌溉。梯田施工,在具备机耕的条件下,一般荒地平整可以先定线(即梯田宽度),留出田埂不耕,以免塌方,耕翻后,作埂平地,这样做花工少,成本低,进度快。在平整土地的过程中,力求做到土层不混乱,保持原来的表土层。在水利工程方面,除了修建灌溉渠系以外,还必须发展中小型山塘、水库,保证有足够的灌溉水源。此外,沿丘陵山脚开挖环山沟,可防止山洪侵蚀农田。改串灌、漫灌为沟灌,亦是减少水、肥、土流失,提高灌溉效益的重要措施。

江西余江县新港公社长岭林场和兴国县蕉溪大队等单位,在山、水、田综合治理方面取得了显著的成绩,是红壤利用改良的范例。长岭林场原是几十座岗峦起伏光秃秃的“剥皮山”,每逢暴雨就黄水滚滚,泥沙俱下,深塘变浅,肥田变瘦。在公社化以后,他们遵照毛主席关于“必须注意水土保持工

作”的教导,把治山、治水、治田紧密结合起来,进行统一规划,综合治理,在山上实行环山条垦,植树造林,保持水土,山垄里逢空作库,沿山开渠灌溉农田,并且在治山的同时积极开展多种经营,实行“以副养农,以副养林,以农促林,林粮结合”的办法,建设成了一个青山绿水的新长岭。目前全部农田实现了自流灌溉,旱涝保收,农、林、牧、副全面发展,粮食亩产超过千斤。兴国县蕉溪大队,解放前也是光山秃岭,水土流失非常严重,解放后,在党和毛主席的领导下,依靠群众大搞农田基本建设,对山、水、田进行了综合治理,在五百多个山头,八千余亩光山秃岭上种植了马尾松、杉树、油桐、油茶、茶叶等林木,修筑了大量的水土保持工程,有效地控制了水上流失,并兴建了四十多口山塘,开凿了三十余里的盘山渠道,全大队80%的农田实现了自流灌溉,旱涝保收。同时改串灌为沟灌,平整土地,掺砂客土,扩种绿肥等,改造低产田600多亩。该大队1963年粮食平均亩产仅有335斤,从1966年起,粮食亩产连续四年跨《纲要》,有四年超千斤,1973年亩产达到1135斤,实现了持续增产。

5. 修建水平梯田改种水稻

在红壤坡耕地或坡荒地上修建水平梯田改种水稻,群众称为“地改田”。地改田是加速改造红壤丘陵的有效措施,贫下中农说:“旱地改水田,一年抵三年”。旱坡地改水田主要的好处是:从根本上解决了危害最大的水土流失问题,为土壤培肥创造了基础;一般水田有机质积累比旱地快,从而加速土壤的熟化;在泡水和施肥的情况下,土壤里原来有害的活性铝起了变化,盐基物质逐渐增多,土壤肥力提高;在具备灌溉的条件下,用同量的肥料,水稻比旱作高产稳产。目前,江西、浙江、广东、湖南的红壤丘陵地区,由于普遍兴修水利工程,“地

改田”的面积不断扩大。不少地区取得了当年造田当年高产的经验，如浙江衢县团石农场，1973年在当年开发的红壤水田上，创造了早稻一季超《纲要》，早晚二季亩产达1500斤的丰产典型。

现将“地改田”的群众经验介绍如下：

(1) 因地制宜，规划田块：“地改田”的田块面积大小，决定于地形和坡度。地形零乱，坡度较陡的地段，田块应小些；地形一致，坡度平缓的地段，田块可适当大一些，并尽量沿等高线伸长，这样既省工，又利于耕作。灌排系统的支渠方位，一般要与主渠成“T”字形排列，以利灌溉。

(2) 挖高填低，客土改良：坡地经过挖填翻动，造成填方部位特别松散，在改田时应分层打实，否则灌水后容易出现田面下沉，立苗不稳。改田时，表层的熟土、肥土先堆积在一边，最后铺回田面，应尽量避免把生土翻上来。为了提高改土效果，还应多施泥肥客土。浙江衢县群众在垦殖红壤新改田时，头一年一般每亩地都要加塘泥300担或紫沙土300~400担以上。新开田加不加客土大不一样，该县白马大队第六、七两个队，各有12亩新开田，每亩都铺上300多挑塘泥，还加上一些土杂肥，一熟水稻亩产分别达550斤和570斤；而第五队的8亩新开田没有客土，虽然是同样的稻种和秧苗，用了不少化肥，亩产仅收70多斤。石佛大队第八生产队，1969年冬，在黄上岗上造了4亩新田，每亩铺300担塘泥和40担栏肥，1970年两季水稻亩产898斤；1971年继续改土，粮食亩产又跨《纲要》；1973年这4亩新田的平均亩产高达1280斤。

(3) 加固田埂，减少漏水：新改田没有犁底层，灌溉用水比一般水田要多一、二倍以上。如果田埂不坚实，则漏水漏肥严重（特别是旁侧渗漏）。加固田埂以后，就可以大大减少田

边渗漏。

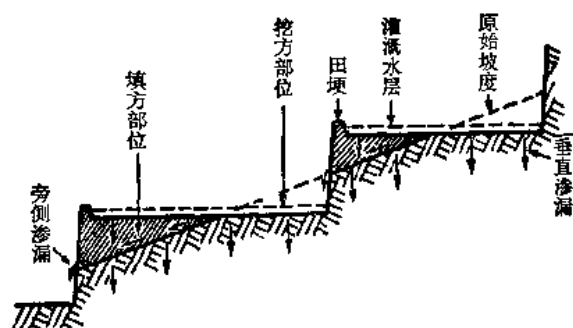


图 64 新改田土壤的渗漏现象

(4) 基肥面施, 氮、磷并重: 新改田一般地力薄, 渗水大, 基肥面施, 肥料集中在表层, 有利返青早发。随着秧苗根系逐步扎深时, 渗漏下去的肥料便可以利用。新改田缺磷症状明显, 若不注意施用磷肥, 则其它肥料的作用也不能充分发挥。浙江省衢县石佛公社西垣十队, 在 5 亩红壤新田上, 每亩施栏肥 60 担, 红花草 2000 斤, 氨水 80 斤, 施足量磷肥加上其它措施, 当年早稻亩产即达 610 斤, 晚稻亩产 560 斤, 平均两季亩产 1170 斤, 收到了当年造田当年高产的效果。

(5) 增施有机肥, 种植绿肥: 要使新改田达到高产稳产, 必须增施有机肥料, 在大量“地改田”的过程中, 有机肥料的来源主要靠绿肥, 群众说“一年红花草, 三年地脚好”, “绿肥种三年, 瘦田变肥田”。据江西红壤试验站资料, 种绿肥比不种绿肥的, 早稻增产 12~26%, 晚稻增产 10% 左右。在种植绿肥的头一、二年施用磷肥和接种根瘤菌, 是新改田种好绿肥的重要措施。

(6) 改进栽培管理, 防止秧苗下沉: 由于红壤土质粘重,

缺少盐基物质,有机质也少,所以新改的红壤稻田,耕性不良,土壤泡水后容易分散悬浮,土粒下沉缓慢,插秧以后常会“下坐”,扎根不稳。填土的地方,稻秧下沉较显著,有时秧苗可下沉4~5节,深达半尺之多,挖土处,沉得少一些,但也常下沉1~2节。堆土愈深的或耕后插秧过早的,沉苗愈严重。

浙江各地针对稻苗下沉采取了多种措施,这些措施是:第一,耕耙以后先搁置一段时间,待田水澄清再插秧,填土愈多,澄清需要的时间亦愈长。一般从1~2天至6~7天不等,有时甚至更长。第二,推迟耘田,延长土粒沉降时间,据十里丰农场六队的经验,以插秧20天后耘田为宜。第三,施大量化肥,促使秧苗扎根生长,或用过磷酸钙拌土塞秧根,促使发根,以减少沉苗。第四,新改水田,如果有充足的水源,可采用干干湿湿的水浆管理,也可减少沉苗。第五,采用秧苗带土移栽或直播。

(7) 改善通气状况,防止水稻黑根黄叶:在红壤新改水田上,由于耕性不良使水稻黑根黄叶,其症状是:稻苗叶色从绿转黄,进而变成金黄,严重的微带褐色。病叶发黄的次序是从老叶开始依次向上,而叶片发黄则从尖端开始。发病的前期病株常有2~3个叶片保持绿色,但叶色也有所减褪,常以黄绿色为主,发病后期则基叶全部变黄,茎的基部和根部变黑,逐渐枯死。水稻分蘖盛期至抽穗期前后,黑根黄叶病的发病率最高。

发生黑根黄叶有多种原因,但多是由于土壤结构不良,通气性差,加上微生物在分解土壤有机质的过程中消耗土壤中的氧气,而造成根系强烈的厌气环境所致。另外,与土壤有效养分缺乏也有一定的关系。

根据上述情况,防治水稻黑根黄叶的措施,首先是改善土

壤与稻苗的通气状况。掺砂客土，搁田，浅灌、勤灌及实行水旱轮作，都有利于改善土壤的通气状况。浙江各地还总结出肥料面施（把肥料施入土的深度尽可能控制在2~3寸以内）与控制绿肥用量（以每亩不超过2500~3000斤鲜草为宜）等办法，来防止微生物在分解土壤有机肥时过多地消耗土壤中氧气。此外，培育壮苗有利于增强植株对不良环境的抵抗能力，减少黑根黄叶病的发生。

（四）红壤性低产水田的利用改良

红壤性低产水田（又叫黄泥田）的前身是红壤荒地或旱地。这类水田虽然开垦年代已久，但由于熟化程度不高，因而仍保留着红壤的基本特性。根据这类水田所处的地形、田质、水文等条件，又可进一步细分为结板田、结砂田和浅脚火隔田三个类型。结板田的土质粘重，结砂田的粉砂粒含量高，浅脚火隔田则在浅层出现铁锰结核或红白相间的网纹层。不过，这三种类型的土壤都缺乏有机质，酸性大，田面易板结，透水性差，有些田还因水源不足而易受于旱，因而水稻产量不高。

解放以来，通过群众性的改土运动，大部分红壤性低产水田已得到改造，不少社队不仅在改土当年收到成效，而且连年获得丰收。

广大群众对于改良利用红壤性低产水田有着丰富的经验，例如：

1. 兴修水利，搞好排灌

红壤地区虽然湿润多雨，但全年雨量分配不均，常出现伏旱或秋旱，因此，水源不足是红壤性水田低产的重要因素之一。积极修建山塘水库发展灌溉，是防止于旱的主要方法。江西省余江县春涛公社历史上曾是十年九旱的红土岗，但公社化

以后，广大社员和干部充分发挥集体的力量，进行了全面规划，综合治理，他们以愚公移山的精神和自然灾害作斗争，逢壑筑库，先后建成了一百多个山塘水库，解决了全公社红壤丘陵上二万多亩农田的灌溉问题，为改造这类低产田和发展农业生产打下了良好的基础。部分低产田长期串流漫灌，不仅养分流失严重，而且浪费灌溉用水，据江西试验，将串灌改沟灌可使早稻增产12%，全生育期灌水量节约105立方米，土温提高0.5~3°C，养分流失减少30~40%。在丘陵山岗水土保持较差的地区，坡上的泥沙常随山洪冲入田内，这是造成低产田的原因之一，为此，除在山岗植树造林，做好水土保持工作外，还应在山麓开环山沟拦截黄泥水，减少山洪的威胁，环山沟一般宽3尺，深2.5尺左右。

2. 种好绿肥

红壤性低产水田有机质普遍缺乏，一般含量在1~1.5%以下，种好紫云英绿肥是提高土壤有机质含量，改良土壤的有效途径。但在水源缺乏地区，以种植耐旱、耐瘠的肥田萝卜为宜，肥田萝卜的含氮量虽然不及紫云英高，但其鲜草产量常超过紫云英。此外，采取紫云英、肥田萝卜、油菜、大爨等多种绿肥混播，可以充分利用自然条件，较单播一种绿肥的产量高。

3. 巧施磷肥和适施石灰

红壤性低产水田是缺磷的酸性土壤，在增施有机肥料的基础上，巧施磷肥和适施石灰，也是一项有效的改良措施。磷肥撒施效果不好，采取集中施可以减少磷肥被铁、铝固定，提高肥效。各地经验证明，早稻和晚稻采用磷肥沾秧根都能增产10~20%，一般垄田效果高于排田，瘦田高于肥田。水稻施用磷肥后，加强了作物对氮素的利用，如果氮素供应不上，反过来又影响磷肥效果的发挥，因此在大力施用磷肥的同时，

还需配合施用氮肥，才能发挥更大的肥效。另据江西的群众经验，每亩施用石灰 100~150 斤，对早稻或晚稻都有增产效果。石灰施于晚稻的效果比早稻更好，结板田作基肥的效果比追肥好，而结砂田作追肥的效果优于基肥。石灰应与绿肥和其它有机肥配合施用，据江西试验，红花草亩产 3000 斤加施石灰 150 斤，早稻亩产可达 510 斤，如不施石灰只有红花草 3000 斤，则亩产只有 430 斤，施石灰可以增产 19.1%。

4. 合理轮作与加深耕作层

近年来，由于低产水田的不断改良，普遍采用双季稻绿肥轮作制，也有采用早稻——晚大豆——绿肥的水旱轮作制，这样轮作不仅考虑了水源问题，而且也是提高土壤肥力和调节土壤养分的有效措施。在双季稻——绿肥制地区，连作三、五年双季稻绿肥后，安插一年早稻——晚大豆——绿肥，实行水旱轮作，对更新土壤有机质，促进养分有效化和消灭田间杂草都有显著效果。如江西高安县相山大队采取小麦——早大豆——晚稻的水旱轮作制，全年粮食亩产 910 斤，比连作双季稻绿肥亩产 680 斤增产 33.8%。东乡、新建等县的经验认为，早稻——大豆茬比双季稻茬口土壤的有机质和氮素养分都要高，这是由于播种了豆科作物能持续地增进地力。

红壤性低产田，耕作层浅薄，只有 3 寸左右，因此，逐年加深耕作层是培育高产稻田的一项基本建设。江西进贤县牛溪三队，1968 年以来绿肥产量稳定在 4000~5000 斤，但由于耕层浅，保肥力差，水稻亩产只有 512 斤，1969 年开始逐年深耕改土，耕层由 3 寸左右加深至 5~6 寸，在其它措施配合下，1970 年水稻亩产即达 820 斤，1973 年提高到 956 斤。

红壤分布地域辽阔，利用改良措施因地制宜。各地经验证明，只有贯彻农、林、牧相结合的方针，进行山、水、田综合治

理,才能充分利用红壤资源。但是,不同地区的红壤,由于自然条件和生产利用状况有一定的差异,因此,发展农、林、牧的比重以及山、水、田的布局应有所不同,在运用各项农业技术措施时必须灵活掌握,因地制宜。

三、冷浸田的改良利用

1975年4月,《人民日报》发表了一篇新华社报导:“万里征途不歇脚——记红军老战士、共产党员甘祖昌”。这篇文章中有如下一段话:

“为了改变农村的落后面貌,甘祖昌象当年打仗一样地豁出命来干。沿背大队是个山穷土瘦的地方,全大队三分之一的土地是冷浆田,产量低。甘祖昌带领社员群众详细查看了六十多亩冷浆田,开了二十多次调查会,找到了改良这种田的途径。在大队党支部的领导下,他们在数九寒天便展开了改造冷浆田的战斗。他每天第一个来到田头,带领社员跳进结着一层薄冰的冷浆田打木桩,筑篱笆,捞稀泥,开沟排水。他们连续奋战五个冬春,把全大队的冷浆田全部改造成了大寨田,亩产量提高二倍以上。县里在沿背大队召开现场会,总结推广他们的经验,全县掀起了改造冷浆田的热潮。”

我们看了文章以后,不禁被老红军甘祖昌同志这种“万里征途不歇脚”的革命精神所感动。那么冷浆田是个什么样子,为什么低产,到底怎样改良它呢?下面我们将分别予以介绍。

(一)冷浸田的类型和特性

冷浸田(即冷浆田)是我国南方山地、丘陵地区的一种具有“冷浸”特点的低产水稻土。所谓“冷浸”，是指土温、水温低，排水不良。在南方低产水稻土中，冷浸田占有相当大的比重。根据浙江、江西、广东、广西、福建、湖南六个省 1958 年的统计，冷浸田约有 3,000 万亩，占这些省低产水稻土面积的 30% 左右。此外，云南、贵州、四川、湖北、安徽、台湾等省都有冷浸田分布。这种田多呈酸性反应，但石灰岩、玄武岩地区的冷浸田却呈中性反应。

各地对冷浸田的叫法很不一致，同土异名、异土同名的现象很普遍。现将群众应用比较普遍的名称加以分析归纳，根据形成原因、土壤特征和不同的冷浸程度及其对农业生产的影响，划分以下五种类型：

1. 冷水田

分布面积最大，位于山间窄谷或丘陵谷地，尤以山区为多。终年受低温涌泉水的影响，特别是夏、秋多雨季节，这种冷泉水对水稻的危害更为严重。冷水田的表土由于长期被水浸泡，而呈灰暗的颜色，泥脚深约 50 厘米，个别竟深达 2~3 米。土壤有机质含量并不低，可达 2.0~2.5%，但因土壤常年积水，加之土温低，土中缺氧，有机质难以分解转化。特别是禾苗返青阶段由于缺乏速效养分，常导致叶色发黄或枯萎，水稻产量不高。

由于冷浸水来源不同，冷水田可分为三种，即旁浸冷水田、涌泉冷水田和过水坵冷水田。旁浸冷水田指冷水从田块的一边浸入，这种田里的禾苗，除靠近冷水浸入的一侧返青慢分蘖少外，其余的都生长正常。涌泉冷水田指田中有冷泉水

眼，这种田里的禾苗生长好坏以泉眼为中心成明显的同心圆分布，即涌泉内缘禾苗受冷浸的影响比外缘严重。过水坵冷水田，多出现在冲田，田面经常受冷浸水流的影响，冷浸水扩及整块田，但禾苗受害程度一般较上两种冷水田为轻。

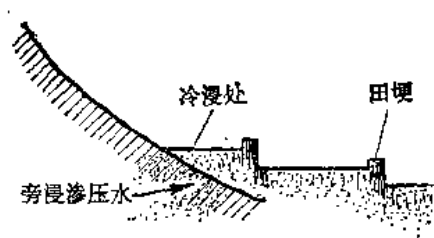


图 65 山地旁浸渗压水与冷浸的关系



图 66 涌泉渗压水与冷浸的关系

2. 陷田

指在一块水田中形成若干个锅状陷坑的水稻田，这种田地下水位高，潜育作用明显。陷田可分乌泥陷、喷浆陷、牛脚陷和鼓皮陷四种。

乌泥陷 是陷田中较好的一种。多见于花岗岩地区三面环山中间低洼的坑田。田内承受三面地表径流和四周旁田侧渗水的影响，因而整年积水，泥脚较深。随着水分的汇集，四周旁田的养分也同时集聚于此，所以乌泥陷田表层多为黑灰色或蓝灰黑色。

喷浆陷 以涌泉陷坑喷出的水含乳白色泥浆而得名。多分布在花岗岩半山区坑田中，泥脚除陷坑旁较深外，周围只45~65厘米。土体为浅蓝灰色或灰白色的粘壤土(重壤土)。田里多长竹叶草、灯心草、水绵等杂草，肥力极差。

牛脚陷 类似喷浆陷，但不翻白浆，泥脚浮软，耕牛进入



图 67 鼓皮陷分布断面图

田里陷下很深，所以不宜畜耕，更不宜机耕。水稻苗期不起禾，后期生长较快，成熟晚。

鼓皮陷 在夏至到处暑间，水田

中表层局部呈椭圆形凸起，好似“鼓皮”。它位于狭谷的田坎较陡的边缘地段，是陷田中最差的一种，呈糊状，泥脚深约50厘米。土体为浅蓝灰色的壤粘土(轻粘土)，可塑性大，底层为泥砾层。这种田耕作很不方便，水稻产量不高。

3. 烂泥田

分布于山丘冲田及平原低洼地。主要由于所处地势低洼，地下水位高，上冲田混浊泥水汇集，不易排出因而淤积，加上长期泡水，土粒高度分散，形成泥脚深厚的烂泥层(1~2米)，潜

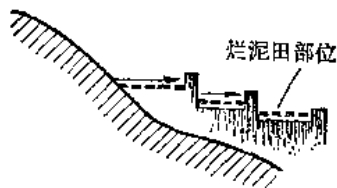


图 68 烂泥田分布断面图

育作用也很明显，畜耕和管理十分困难。插秧后，常因上冲田泻流的冲击或刮风的影响，禾苗不立莖，漂浮于水面，引起缺苗。加上低温的侧渗水和涌泉水来源不断，水温、泥温较低，对禾苗生长影响很大，特别是多阴雨的年份，烂泥田的危害更加突出，干旱年份稍好一些。

4. 翻僵田

这是一种间歇性渍水的烂泥田。翻僵轻的，禾苗发黄、坐

莠，生长不良；翻僵重的，禾苗烂根，导致全田禾苗死亡，颗粒无收。这种田土体分散呈糊状或糊块状，一旦受旱，土壤因失水而高度收缩，产生不同程度的龟裂，变成硬块，耙不烂，耙不均匀，又叫顽泥田或痴泥田。

5. 锈水田(卤镜田)

其主要特点是田面浮有褐红色似油质的锈膜。它是土壤中的亚铁离子随水流出后，被氧化而形成。锈水薄膜少的只散于田角，多的则扩及全田。一般在水土流失严重的红壤地区，锈水田较多，其锈水浓度也较大。锈水浓度小的，稻叶枯黄，返青慢；锈水浓度大的，稻根发黑甚至腐烂死亡。锈水田的泥脚有浅有深，大体上说：山坡锈水田的泥脚较浅，表潜作用为主；山洼锈水田的泥脚较深，底层潜育作用也明显。这两种锈水田都有冷浸特性。

四川省的翻硝田和云南省的发红田，也是属于锈水田类型。川东农民把水稻田受大量还原性物质所引起的毒害现象叫“翻硝”。翻硝现象表现在秧苗根部发黑，叶子枯黄或发红；在秧苗返青后，植株下部的叶片发生褐色斑点，或连成条纹，在条纹出现十多天后秧叶即枯卷下垂，延迟了水稻的返青和分蘖。发红田分布在云南南部及中部红壤地区，由于长期为冬水田，湿土为深灰色，至底层渐趋白色。有的发红田受水的影响时间短，土壤显现黄色，灌溉以后有锈水出现。所谓“发红”现象，是指秧苗发红，稻叶发红后，接着便卷缩，秧根腐烂变黑，而使植株枯死，未死亡的秧苗待返青后，节令已过，即使抽穗也难成熟。

上述几种类型的冷浸田，有时也很难严格区分，例如烂泥田有的也有泉眼或锈水，主要抓住其共性——冷浸。

(二)冷浸田的低产原因

冷浸田的低产原因,主要有下列几个方面:

1. 水温土温低,日照短

这是冷水田和陷田低产的主要原因。据7~8月份稻田土温测定,冷水田的表层土温比当地的高产稳产田低4~6℃,而水稻是喜高温的作物,低温对水稻返青和分蘖都不利。虽然后期随着气温的升高,水温和土温有所提高,但造成水稻的无效分蘖增多。

山谷的冷浸田,光照短,即使夏天,每日光照的时间也只有5个多小时,因而减弱了水稻的光合作用,直接影响到水稻机体内的新陈代谢过程,抑制水稻正常生长发育,造成减产。

2. 有效养分缺乏

引起冷浸田中有效养分缺乏的原因是多方面的。例如,潜育化作用会使土壤吸收性复合体受到破坏与损失,由于土壤盐基代换量降低,因而保肥性较差;温度低和水分过多,都有碍有机质的分解和有效养分的释放;又由于水分强烈淋洗(特别是翻僵田),造成肥料和有效养分的损失,以致水稻在整个生长期间,养分都比较缺乏。

3. 土粒分散,结构不良

冷浸田(特别是烂泥田)有着深厚的烂泥层,土粒高度分散,结构不良,插秧不能立兜,易倒伏,不易全苗。翻僵田土体由高度分散状态而脱水收缩,形成干硬的土块时,稻根常被拉断。

4. 还原性物质的毒害

在强烈还原条件的冷浸田中,施肥并不能使水稻免除危害,田中还原性物质,特别是亚铁离子对水稻生长有较大影响。锈水田的潜育层含有大量的亚铁离子,据测定,每公斤土

可达 300 毫克(即 300ppm) 之多。其次锈膜浮于水面, 阻碍水中与大气间的气体交换, 不但影响水温迅速提高, 而且会使土壤还原作用加剧。群众反映: “在一块田里, 锈水浮到哪里, 禾苗就枯死到哪里”, 可见锈水对水稻的危害很大。此外, 有机质在嫌气条件下分解时, 还可产生硫化氢、沼气以及其他还原性物质, 它们对水稻生长都有不利影响。

由上可见, 冷浸田影响水稻生长的不利因素是多方面的, 不同类型的冷浸田, 各个因素所起作用的大小有所不同, 这在采取改良措施时, 应该加以考虑。

(三)冷浸田的改良措施

针对冷浸田的特点和低产原因, 在生产实践中广大贫下中农创造了许多改良冷浸田的好经验, 把不少低产的冷浸田改造成了稳产高产的基本农田。改良冷浸田措施如下:

1. 开“三沟”、排“五水”, 降低地下水位

冷浸田影响水稻生长的不利因素和水害有着密切关系, 所以解决水害是改良冷浸田的关键。就是要采取措施排除田里的渍水、长流水、冷泉水、锈水和田外流来的山洪水, 此即所谓排“五水”。

开“三沟”是排“五水”的具体措施。就是在山坡脚开环山沟, 在田外开排泉沟, 在田内开排灌沟。环山沟沿山坡脚开挖, 以拦截山洪黄泥水入田。排泉沟也叫围沟, 沿冲田(或称垌田)开挖, 以阻隔冷泉水和锈水入田。排灌沟分排水沟和灌水沟, 都在田内开挖, 排水沟(包括田内排泉暗沟)用以排除田面积水、表层渍水及降低地下水位, 灌水沟用以灌溉, 但必须避免串灌和漫灌。

在开挖排水沟时, 要根据冷泉的来源和冲田的宽窄来决



图 69 冷浸田的环山沟和围沟

定排水沟的位置。冲田窄的可以在当中开“T”、“十”字形排水沟；冲面宽的可在当中开“卅”、“井”字形排水沟，使田中积水容易排出。沟深、坡降大，则排水速度和降低地下水位比较快，但还应考虑节省土地和劳力，沟深一般以 50~80 厘米为宜；若坡降小，沟深应在 1 米左右。

有些田块，如需靠引深山峡谷的冷泉水进行灌溉，可采用排灌结合的办法，即在排水沟的下段设闸，拦截上段来的冷泉水，经太阳晒过，待水温提高之后，再灌溉下段农田。

泉眼特别多的冷浸田，泉水常不断上涌，用沙、石虽然可暂时堵塞泉眼，但经过一个时期以后，冷泉水又会冲破沙、石层不断涌上来。为了解决这个问题，广东省云浮县腰古公社高龙围生产队创造了良好经验。他们在堵塞泉眼的同时，并在泉眼的地方开一条暗沟，把冷泉水引到排水沟，排出田外。开暗沟的方法是先把烂泥挖起来，再开一条 1 米左右的深沟，沟底铺一层 30~50 厘米厚的石子或粗沙，也可用松枝捆成扎，将松枝扎连续平放在沟内代替石子，在石子或松枝上，还需铺一层厚约 5~6 厘米的山草，山草最好选用不易腐烂的硬

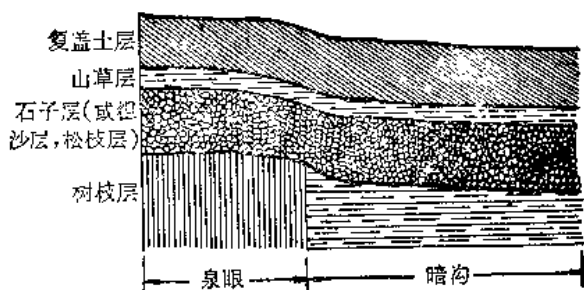


图 70 冷浸田堵塞泉眼和暗沟排水示意图

骨草或铁芒萁(芦萁)，再盖上土并平整田面，这样，泉眼涌出来的水就顺着沟中石子或松枝的缝隙流到排水沟里。南方有“水浸千年松”的说法，就是说松树木材泡在水里不容易腐烂，因此用松枝做暗沟也可以用很多年。上面铺一层山草其主要作用是把暗沟和表土隔开，避免泥土堵塞暗沟通道。在泉眼附近，烂泥特别多，堵塞泉眼也必须首先把烂泥全部挖出来，然后象筑暗沟一样逐层铺上石子、山草，再盖上土。有一些泉眼特别深，很难把烂泥全部挖上来，但是也要尽量挖，挖后，用松枝插下去压实，再在上面铺石子，一般就能把泉眼堵住，使冷泉流入暗沟。堵塞泉眼时要特别注意的是，无论石子、山草、泥土都要填得比暗沟略高一些，因为泉眼处的泥最烂，堵塞以后一般还会下陷，如果不略高于暗沟，下陷后泉眼处的泥土和暗沟的石子混在一起，使冷泉不能流入沟内，仍会涌出田面，以致全功尽弃。因此泉眼的各层都要比暗沟略高，这是堵塞泉眼时所必须注意的。

开“三沟”、排“五水”，是降低地下水位的有效措施。实践证明，采取这一措施后，原来的满田烂泥可以逐渐变成干泥，

原来有锈水的一般不再产生,水温和土温都有提高,有毒物质也会逐渐消失。不仅水稻能正常生长,而且还能种芋头、豆类、甘薯等旱作物。

冷浸田在水害问题解决以后,还需要采取其他改良措施,才能不断提高土壤肥力。

2. 冬耕晒垡、烤田和熏土

在冷浸田改善排水条件,土壤逐渐变硬以后,就有可能进行冬耕晒垡(又叫犁冬晒白)、烤田和熏土。这些措施可以改良土壤的耕性和通气透水性能,既便于耕作,又有利于稻根生长,同时,还可增加土壤微生物的活动,加速土壤养分的分解,因此,是提高冷浸田肥力的有效措施。但是,冬耕以后土垡一定要晒白、晒透,否则第二年就会耕不碎、耙不烂,形成许多泥核(硬土块),象“水泡饭”一样,这对水稻生长也很不利。因此,冬耕晒垡必须抓紧时机,在秋收后立即进行,晒得越白越透越好。

烤田的方法在不易挖沟排渍的陷田和深脚泥田也常采用。通常在插秧后10天左右禾苗尚未返青时,即放水烤田,直至表土出现细小裂缝,土色发白为止,然后再灌浅水入田,促进禾苗返青。放水烤田应与浅灌勤灌和追施速效肥等措施结合进行。

在燃料充足的地方,还可采用熏土方法。它的好处和冬耕晒垡大体相同,并有消除土壤毒害物质的作用。熏土所需的时间短,来不及冬耕的冷浸田往往采用这种方法。熏土时土堆不能太大,要善于掌握火势和时间。土堆太大就不容易熏得均匀,火势过猛和时间过长,会把土烧坏,起不了改良土壤的作用。因此,熏土时要很好地掌握火候,将泥块都熏成黑色,效果就显著。土熏好以后,应均匀地撒在田面,使全田肥

力一致。

3. 施用热性肥料和磷肥

冷浸田土性冷，应该多施些牛栏粪、火土灰、陈墙土、草木灰、石灰等热性肥料。因为这些肥料分解时，会产生大量的热，能提高土温，促进稻根生长。施用石灰和草木灰等还可中和土壤酸性，有利于亚铁离子的氧化，同时硫化物不易溶解，从而能减轻还原性物质的毒害。石灰用量每亩100斤左右为宜。

冷浸田一般都很缺磷，改善排水条件后缺磷更加突出，因此应注意增施磷肥，并以集中施用为好。用骨粉、过磷酸钙、钙镁磷肥等沾秧根，更可提高肥效，除增加土壤中的磷素外，其所含钙离子还可中和土壤的酸性，改善土壤的理化特性，避免翻僵，使禾苗返青快，稻根发育健壮。冷浸田每亩用6~8斤过磷酸钙沾秧根，有的能增产2~5成，在施用时应注意：(1)将过磷酸钙与泥浆、草木灰混拌均匀后使用，因为过磷酸钙含有游离酸，单用过磷酸钙沾秧根容易烧苗；(2)应随沾随插；(3)浅水插秧，隔数日灌水，以免立即灌水冲掉过磷酸钙。钙镁磷肥为碱性肥料，用于冷浸田沾秧根更为适宜，不必拌泥浆，可以直接沾，故用量可增大。有些地方在插秧时采用集中施用混合肥料的办法，效果很显著，例如，在禾苗根部用少量碳酸氢铵、石膏、人粪尿、草木灰等拌和泥土“塞禾兜”，这样做省肥料，花钱少，肥效大。

江西中部宜黄、乐安、南城等地的冷浸田，常用硫磺沾秧根，每亩硫磺用量一般为4~8两，混拌泥浆边沾边插，能提前返青和分蘖，籽粒增多。有人认为，这是由于施用硫磺后，弥补了冷浸田缺硫的缘故。冷浸田缺硫会影响水稻中硫、氮元素的新陈代谢作用，使硫、氮在根部聚积而不向茎叶运行，从

而引起禾苗返青慢，叶色转黄萎缩，分蘖缓慢。不过，湖北有些地方的冷浸田，施用硫的效果并不显著，甚至不主张用硫。因此，冷浸田施用硫的问题，各地必须经过试验，才能推广使用。

4. 种植绿肥

冷浸田在改善排水条件后，除了一部分冬耕晒垡外，多数都应种植红花草等冬绿肥。目前，江西井冈山、南昌等地区的冷浸田及红壤性冬水田，大部分改善了排水条件，其中80~90%已播种了红花草。但红花草的鲜草量一般还不高，其主要原因是因为红花草播种时稻田太干，种子不发芽，或发芽很少；其次是土壤缺磷。有些稻田从未种过红花草，缺乏根瘤菌，这往往是红花草长不好的重要原因。因此，应根据具体情况，解决存在的问题。红军老战士甘祖昌同志和贫下中农一起改良的冷浸田（冷浆田），其中改得最早的是“鹅颈丘”，这块田在改良前，每年只种一季水稻，现在每年种两季水稻。他们每年在晚稻将要收割的田里撒播红花草，第二年春季耕翻作绿肥，稻谷亩产超千斤。过去烂泥状的耕作层现在已变成结构良好、具有红色“鳝血斑”的耕作层，“鳝血斑”是高产稳产水稻土的重要特征。这除了与改善排灌条件有关外，还与连年种植绿肥、种好绿肥改良土壤有密切关系。因此，冷浸田在改善排水条件后，要提倡种植绿肥。

5. 掺砂入泥和垫土

烂泥田一般都是泥多砂少，在采取措施排水后，逐渐变成板实的粘土田，因此应该逐年掺砂，改变土壤的砂粘比例，改善土壤的通气透水性，以利于耕作和稻根生长。一般每年掺砂50~100担，直至土壤成为不粘不砂的壤质土（中壤土）为最好。山坑冷水田多偏砂性，掺入菜园土、草皮泥、塘泥和黑

山泥等肥泥，既可以增加土壤的粘性，又可以提高土壤肥力。特别是土层很薄的山坑冷浸田，更需要通过垫土达到增厚土层，提高肥力。

6. 冲洗铁锈

锈水多的冷浸田，水利搞好以后，可以大大减少锈水，但难免在田里仍有一些残留的锈水。因此，应该把田里的水排掉，再引水冲洗，每6~7天冲一次，连续冲洗几次，就可消除铁锈。

7. 增加日照

冷浸田多分布于群山峡谷之间，林木密茂，杂草丛生，阳光不足，影响水稻生长，因此合理布局很重要。广东省兴宁县黄陂一带群众把冷浸田周围的山岗，沿等高线划成几条横带：最下面的一条横带不种作物，将树木砍除，只留下野草保持水土，并且定期把草割低；第二条带种菜，第三条带种果树，第四条带种竹，最顶上才种植树木。这样一方面减少了隐蔽，增加了光照，另一方面又能防止水土流失，并可对土地进行综合利用。

冷浸田的改良措施，归纳起来共有上面七点，其中以开“三沟”、排“五水”为最重要。我们应根据各地冷浸田的具体情况，分析影响低产的主要因素，采取相应的措施，改变冷浸田的低产面貌。

四、砂姜黑土的改良利用

砂姜黑土是淮河流域平原地区分布广泛的一个耕作土壤类型，以安徽淮北平原分布的面积为最大，河南、江苏、山东等省也有分布，总面积近3,000万亩。这种土壤由于上有

黑土层，下有砂姜层，所以群众通称砂姜黑土。它不同于我国东北的黑土，有机质含量并不高，其黑色主要是过去长期受水浸渍的影响。分布在洼地边缘的砂姜黑土，颜色较淡，也有叫它为“黄土”的。黑土层经过耕作后，表层颜色较浅，呈灰黑色。砂姜即石灰结核，根据其形态特征，可分为面砂姜、刚砂姜和砂姜盘。面砂姜性脆软，未完全硬化，一般在70厘米深处出现；刚砂姜性坚硬，一般在1~2米深处出现，越往下越多（在地下水以上的深度内）；砂姜盘是坚硬的盘层，一般在3米左右的深处出现。由于土壤遭受侵蚀，砂姜层有时接近地表。

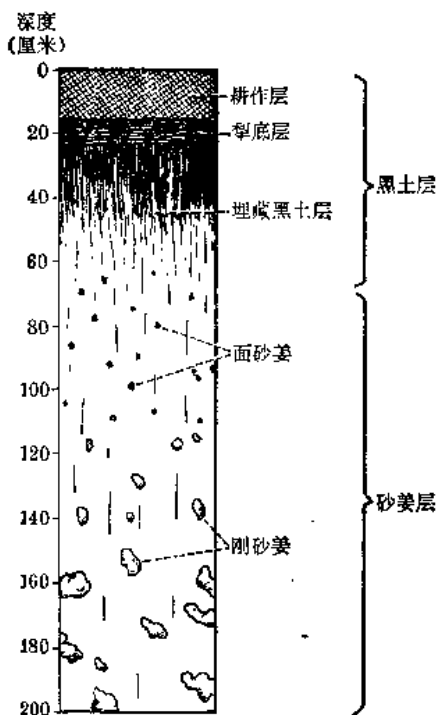


图 71 砂姜黑土剖面示意图

砂姜土是我国古老耕作土壤之一，但是在旧社会由于水旱灾害频繁，耕作粗放，影响了土壤熟化，因此大部砂姜黑土的产量低而不稳，全年亩产粮食不过200~300斤。淮河流域的3,000万亩砂姜黑土，如果能全部加以改良和合理利用，每亩产量提高200斤，则全年可增产粮食60亿斤。近年来，砂姜

—298—

黑土地区已涌现不少小麦亩产超《纲要》、皮棉亩产超百斤的先进社队，由此，夺得粮棉双丰收。例如，安徽利辛县的柳西大队，8,800亩耕地绝大部分都是砂姜黑土（土色较淡，当地叫“黄土砂姜”）。柳西大队位于利辛县的西北部，地势低洼，解放前，不但内水排不出，而且外水倒灌，十年九淹，甚至遍地行船，粮食亩产不过百把斤。解放后，特别是1958年后，柳西人民依靠人民公社“一大二公”的优越性，抓住砂姜黑土易涝这个主要矛盾，制订治水规划，同邻近的社队一起开挖柳沟和何沟，筑堤建坝，引水入西淝河，解决了外水的威胁。1964年，柳西人民在大寨精神的鼓舞下，制订了进一步治理“三害”（水涝、干旱、黄土砂姜）的全面规划，大搞农田基本建设，现在已经沟渠成网，耕地成方，结合深耕、平整土地和增施肥料，1970年以来连年粮食亩产超千斤，皮棉亩产超百斤。可见砂姜黑土与其说是低产土壤，还不如说是生产潜力很大的土壤。

（一）砂姜黑土的低产原因

砂姜黑土的低产原因是多方面的，概括起来是涝、旱、瘠（薄）、僵和碱五个方面，不过碱只是部分砂姜黑土（白碱土）的特性，在此不作分析。

涝 大多数砂姜黑土地区，排水条件差，这与环境条件和土壤性质有关。砂姜黑土分布的地形平坦，甚至为封闭洼地，加之历史上受黄泛的影响，破坏了原来的排水系统，因而排水条件差。解放后大力兴修水利，对减少涝害起了重大作用。但目前河道排水标准一般仍偏低，沟漕也不够，而降雨期又相当集中，因此每到雨季，部分地区尚有积水成涝之患。就土壤性质来讲，地下水位高，有效蓄水量低，也是酿成涝害的重要原因。

我们知道，土壤必须有适宜的通气孔隙，才能保证作物根系的正常呼吸和有机质分解形成植物可给态养分。一般认为，旱作土壤的通气孔隙以占土壤体积 20% 左右为宜，但砂姜黑土 7~9 月份的通气孔隙常小于 10%，甚至地面积水。土壤被水分饱和，对于作物生长是很不利的。

砂姜黑土由于内涝和上层滞水(渍)的危害，有些地区每年只能种一熟小麦，还要赶在雨季来临以前收获。如果雨季来得早，连小麦也收不上。排水稍好的地段，小麦收后种大豆或甘薯，但也常因秋涝造成减产或无收。

旱 砂姜黑土易旱，也有环境条件和土壤性质两方面的原因。就环境条件来说，砂姜黑土地区的年降水量虽然可达 800 毫米左右，但主要集中在 6 月下半月至 9 月上半月，春播和秋播期间雨水稀少，土壤干旱，影响种子萌发。特别是 4 月下旬到 6 月上旬旱风多，土壤水分的蒸发量大，而此时小麦正值扬花、灌浆，常因受旱而减产。就土壤性质来说，砂姜黑土大多数比较粘重，且结构不良，土体上部耕层水分损失快，而 50 厘米以下土层中的水分向上运行却很慢，不能及时补给上层土壤因蒸发而造成水分亏缺，所以作物容易受旱。

瘠 即瘠薄的意思，主要是指土壤养分含量偏低。砂姜黑土的颜色虽暗，但有机质含量并不高，耕作层有机质平均含量只有 0.97%，全氮量亦低，为 0.068%。磷则更为缺乏，全磷平均含量属于低量，为 0.091%；速效磷属于极低量，每 100 克土只含 0.4 毫克（即 4ppm）。不过全钾和速效钾的含量却比较高，全钾平均含量为 1.89%，速效钾每 100 克土为 16.89 毫克。

僵 主要指耕性不良。砂姜黑土当中的大多数土壤比较粘重，粘粒含量一般在 30% 上下，甚至 45% 以上，加之有机质

含量低,结构不良,因此干时坚硬,湿时泥泞,难耕难耙,适耕期短,不仅影响耕作质量,而且影响种子出苗和作物生长。有的砂姜黑土砂姜分布很浅,甚至耕作层就含有大量砂姜,这也会影响到耕性和土壤肥力。

砂姜黑土尽管有上述许多不利因素,但砂姜黑土地区也有有利于农业生产的一面,例如,所处地区的气候比较温暖,土温较高,年平均土温约 $16\sim 17^{\circ}\text{C}$,最冷月份(1月)地面平均温度也高于 0°C ,最热月份(7月)地面平均温度高达 29.1°C ,因此在土壤热量方面能满足一年两熟的要求;又如,砂姜黑土地区地形平坦,土层深厚,宜于机耕和深耕(少数砂姜浅的例外);此外,砂姜黑土地区地下水资源丰富,而且水质较好,有利于发展井灌;发展灌溉时一般无盐碱化之虑,这显著不同于黄泛平原区的土壤(黄潮土)。我们要充分利用砂姜黑土地区有利的因素,针对其不利因素,采取相应的改良措施,以发挥其生产潜力。

(二)砂姜黑土的改良利用

根据上面的分析,砂姜黑土的低产原因是多方面的,因此改良砂姜黑土要采取综合措施。但在不同地方,要根据具体情况进行分析研究,抓主要矛盾,采取相应的措施。当涝、旱、瘠、僵等因素同时存在时,涝是主要矛盾,首先要着重改善排水条件,当排水条件改善以后,则需要强调培肥和发展灌溉等措施。

1. 改善排水

砂姜黑土容易发生涝、渍,需要及时排除地面的积水和土壤根系活动层内过多的水分,使土壤的通气状况得到改善,以利于作物生长。砂姜黑土地区的排水沟不必过深,因为一般不会发生次生盐碱化,排水沟的作用在于排除地面积水及上

层滞水。若挖得过深,不但多花劳力和多占耕地,而且地下水位过分降低后,土壤根系活动层不能及时得到地下水的补给,作物更易受旱。砂姜黑土地区,夏熟作物生长期间的地下水位,可控制在1~1.5米的深度内,而秋熟作物则可控制在0.5~1米的深度内。

要彻底改善砂姜黑土的排水条件,必须治理骨干河道,解决排水出路,大、中、小、条四级排水沟配套,沟沟相通。安徽的砂姜黑土地区,1963年以前的末级固定排水沟,其沟距一般在1000米以上,因间距过大,不能彻底解决区内的排水问题。1964年以后,大搞沟沝条田,作用显著。大沟和中沟主要起输水作用,小沟起降低地下水水位的作用,条田沟起排除地面水和调节农田土壤水分的作用。

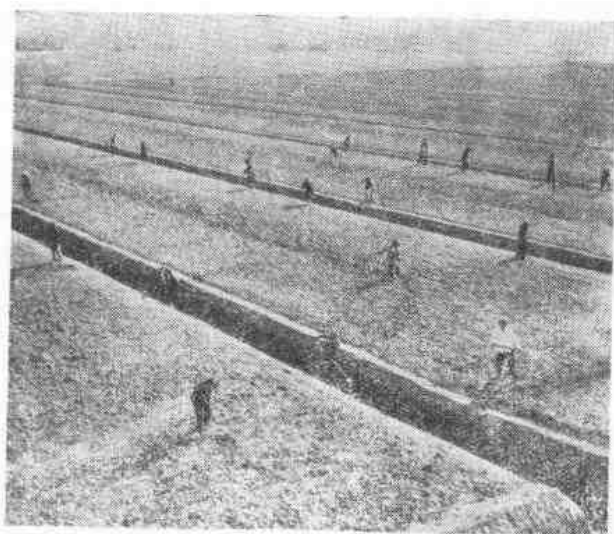


图 72 砂姜黑土地区的沟沝条田

2. 发展灌溉

砂姜黑土在改善排水条件之后,干旱问题便突出了,因此

还必须发展灌溉。群众经验证明，砂姜黑土种旱作，适时进行灌溉，能显著增产。安徽淮北平原第一个亩产皮棉超百斤的先进单位——临泉县，大部分棉田土壤都属于砂姜黑土，其增产措施之一，就是在棉花生长期多次进行灌溉，使棉田土壤始终保持湿润状态。

砂姜黑土地区可采用下列方法开辟灌溉水源：①利用沟、河、塘蓄水抗旱。这不仅解决一部分水源问题，同时可以稳定地下水位，不使其降得过低。②发展井灌。除打机井外，还打土井，机井与土井相结合。土井一般用紫穗槐条编井管，花钱很少，能用好几年。③近河地区可以引河水灌溉。

发展灌溉必须采用合理的灌溉技术。机耕的晒垡地，一般采用沟灌法或畦灌法。前者浸润沟的沟距一般为0.7~1.5米，地块长约50~60米；后者畦田宽约1.4~2.8米，长约50米。对于地形平坦的板茬地，一般先用犁冲沟，再引水向两侧浇灌，沟距约3~4米，长度根据实际情况灵活掌握。沟灌法每亩地每次的用水量40~60方，畦灌法每亩用水60~100方，两侧浇灌法每亩30~35方。不论采用那种灌水方法，都要平整地面，以节省用水量，提高灌溉效益。

3. 实行旱改水

砂姜黑土历来多种旱作物，很少种水稻。1958年以后，才开始试种水稻。实践证明，在水源有保障、劳畜力和肥料跟得土的地方，种水稻只要管理得好，可以显著增产。砂姜黑土所处地形比较低平，易涝易渍，积极创造条件实行旱改水，是一项变水害为水利的好措施。

砂姜黑土改种水稻初期，漏水很严重，这是由于田底为棱柱状结构，结构体之间有缝隙之故。一般可采用下列方法克

服漏水现象：①插秧前先干耕，再灌水耙田，边灌水边耙田，反复多耙，使细土和泥浆堵塞田底缝隙，同时结合糊田边和打实田埂，防止渗水；②采用连片种植的办法，使水稻生长期间的地下水位普遍提高，也可减少漏水；③先在最低的地段进行旱改水，使稻田在机井的下方，则耗水量较少，并能自流灌溉。



图 73 砂姜黑土上的新稻田(安徽涡阳县孙土楼大队)

低洼易涝的砂姜黑土地区，一般地多人少，劳畜力不足，肥料也比较缺乏。旱改水初期，当水稻收获后，宜种冬绿肥（如苕子），第二年春耕前耕翻掩青，既能使水稻高产，又有利于培养地力。如果一开始就采用稻麦两熟，则难于达到持续增产的目的。不过靠近城镇的地区，地少人多，劳畜力和肥料都比较充足，机械化程度比较高，种稻麦两熟持续增产是可能的。

4. 种植绿肥和增施磷肥

砂姜黑土耕性不良和抗旱保墒力弱，这与有机质含量不

高有关系,因此必须千方百计增加土壤有机质的含量,而种植绿肥就是一种很有效的方法。砂姜黑土上种植的冬绿肥以苕子为好,在甘薯和棉花行间都能套种,水田也能种植。适宜于砂姜黑土上种植的夏绿肥种类较多,如绿豆、柆麻、草木樨等。

安徽固镇县新板桥公社,1974年在砂姜黑土上种柆麻掩青,成效显著。他们在麦茬地上,于6月20日前后耩播柆麻,8月6日用链轨拖拉机掩青,鲜草量平均每亩4000斤,最高达5,600斤。玉米地,于6月26日套种柆麻(撒播),8月15日掩青,鲜草量每亩3,000多斤。每亩用柆麻种子10~12斤,并施用过磷酸钙20~30斤。无论耩播或撒播,种子与过磷酸钙都必须同时入土,并随即耙地覆土。柆麻生长快,夏季生长40天左右便可掩青,同时耐涝、耐瘠,鲜草量高,肥效好,也不会延误秋熟作物播种。因此柆麻是砂姜黑土地区值得推广的夏季绿肥。在砂姜黑土上应大力提倡粮肥间作或轮作。

砂姜黑土严重缺磷,需要增施磷肥。根据试验,在砂姜黑土上施用过磷酸钙,对小麦、大豆、豌豆等作物增产都很显著,唯城镇附近的砂姜黑土,因熟化程度高,效果不甚明显。磷肥用于绿肥作物为最经济,可以达到以磷增氮的目的。在旱改水的地区,将磷肥施用于苕子,既增加当季苕子的鲜草量,又增加后茬稻谷的产量。因此,群众有“无磷不种苕,无苕不种稻”的说法。

5. 深耕

砂姜黑土的耕作层一般都比较浅,只有10~12厘米,其下即为紧实的犁底层,这是粮棉单产不高的重要原因之一。据调查,粮棉亩产超《纲要》的耕地,耕作层都比较深厚,至少在15~16厘米,或者深达20厘米以上。因此,砂姜黑土应逐

年深耕，以加厚耕作层，扩大根系的营养面积，增加土壤的有效水分，加强抗旱保墒能力。犁底层以下有埋藏黑土层的，潜在肥力较高，更宜于深耕。深耕最好在封冻以前进行，这样可利用土内水分结冰时的膨胀力，使质地粘重的黑土土堡散碎，容易与耕作层土体混和。深耕早的地，还可种苕子。

6. 改良土壤耕性，掌握适耕期

前面已经谈到，大多数砂姜黑土的耕性较差，表现为土体坚实僵硬，干湿都难耕，阻力大，土堡不易散碎，整地很费工，旱地常有压苗、吊苗和出苗不齐等现象。这是由于砂姜黑土的粘粒含量高，有机质含量低，结构不良所致。

改良砂姜黑土的耕性，可以从改变土壤的砂粘性(掺砂)和增加土壤有机质着手，同时还要掌握土壤的适耕期。由于改变土壤的砂粘性和增加土壤有机质的含量需要较长时间，因而在耕性未改良好以前，掌握土壤适耕期就显得特别重要。

所谓掌握土壤的适耕期，就是正确掌握土壤的适耕含水量及时耕作。一般来说，土壤水分含量为最大持水量的40~60%时为适耕期，过干或过湿耕作均非所宜。安徽淮北群众说：砂姜黑土过干耕不动，过湿耕作也不行，不仅当年减产(指旱作)，甚至两三年内都影响产量，特别是作红芋(甘薯)垄时，更不能湿耕，否则红芋产量低，而且薯块多呈畸形。

群众掌握砂姜黑土适耕期的经验是：地表黑色显著变浅，并有微白色时，最适于耕作。此时地表干湿相间呈斑状，脚踏土块易散碎，手握土壤能成团，但挤不出水分，土团落地能散碎。旱改水后，下耕的要求也与上述情况相同。但水耕整地时，最好存有薄层水(“瓜皮水”)，这样耕作阻力小，且可看清犁沟，不会漏犁。如果任务紧迫，需要在偏干或偏湿时耕

作，则宜耕深一些。砂姜黑土耕后不宜“晾垡”，最好随耕随耙，否则耙不碎，耙不透，地不落实，跑墒快，播种后影响种子发芽和幼苗生长，以致造成缺苗断垄现象。因此，在耕地之前要做好水分管理工作，该排的排，该灌的灌。砂姜黑土改种水稻后，秋播小麦经常由于水分过多，而不能适时耕作，故必须及时开沟，适量排水。

砂姜黑土的适耕期很短，因此应该优先发展机耕。

7. 因土种植

砂姜黑土是耕作土壤中的一个土类，包括油黑土、黑土、死黑土、青黄土、黄土、死黄土、青白土、白淌土、砂姜土、白碱土等土种，它们的水肥条件虽然有近似之处，但也有不同之处，因此需要因土种植。例如，易涝的死黑土不宜种甘薯、玉米和棉花，一般可种小麦，争取在雨季未到前收获；也可以种高粱，由于高粱的适应性比较强，耐涝、耐旱、耐瘠薄，还耐盐碱，在白碱土上也能种植。大豆中的黑豆较黄豆耐涝，因此易涝的黑土地可以多种黑豆。群众还有在易涝黑土地上种花生的经验，这是由于花生比较耐涝，特别是直立种花生较匍匐种花生更耐涝。人少地多的地区，在易涝砂姜黑土上，可以适当多种些花生，这对于增产油料作物和培养地力都是有益的。

8. 拣除砂姜

有的砂姜黑土砂姜层很浅，或者耕作层当中混有砂姜，对于耕作和土壤的保水、保肥都不利，因此应该拣除砂姜。在大搞农田基本建设时，可将砂姜拣出来，用以铺路、造桥和做井管，砂土地区还可以搞沟口护坡工程，防止塌方，变害为利。

安徽涡阳县的孙土楼大队，在采用上述各项措施综合改良砂姜黑土的同时，还大搞植树造林。在河坝上种植榆树和泡桐；在大路旁边种植白杨、大观杨、枫杨、法国梧桐（其中以

大观杨长势最好)；在水沟边种植柳树和苦楝(其中以苦楝长势最好)；在沟边、路旁的树下种植杞柳、紫穗槐和草木樨；在条田条坡上，下部种杞柳，上部种白蜡条；另外还栽有枣树、柿树等果木。做到了用材林与经济林相结合，乔木与灌木相结合，道路绿化与护坡治水相结合。他们的植树经验是：冬前挖坑冻垡，栽时熟土填坑，栽好踩实浇水，浇后培土加厚。解放前的孙土楼是：“湖连湖，荒连荒，砂姜白碱草难长，路无遮荫树，村是光腩庄”。今天的孙土楼已是“沟路成网地成方，林荫夹道花果香”。林业的发展，促进了农业的进一步发展。

五、风沙土的改良利用

风沙土是我国北方干旱、半干旱地区的一种沙土，由于质地轻，容易被风吹动，通称风沙土。它的分布范围十分宽广，东起黑龙江，西至新疆，在九个省(区)有分布。

解放前，由于历代反动政府对土地采取掠夺的经营方法，对自然灾害不加抵御，致使风助沙威，沙仗风势，风起沙扬，流沙蔓延。在沙区，许多村庄和农田被流沙埋没，广大农牧民终身过着“食不饱腹，衣不蔽体”的悲惨生活。不少人家被风沙等自然灾害逼得离乡背井，四出逃荒。沙区上了年纪的人，直到现在还记得从祖辈流传下来的痛苦歌谣：“朝是良田暮是沙，不知何处是我家”。

解放后，特别是文化大革命以来，沙区的农牧民在毛主席革命路线指引下，开展了大规模的防沙治沙工作，在改造利用风沙土方面取得了巨大成就。许多沙区新造的防护林已绿树成荫，有效地防止了风沙危害，保证了沙区农牧业生产的飞跃发展。昔日“黄沙滚滚不见天，到处沙窝不见田”，如今万里风沙

线上“绿树成荫锁风沙，块块条田水利化”。

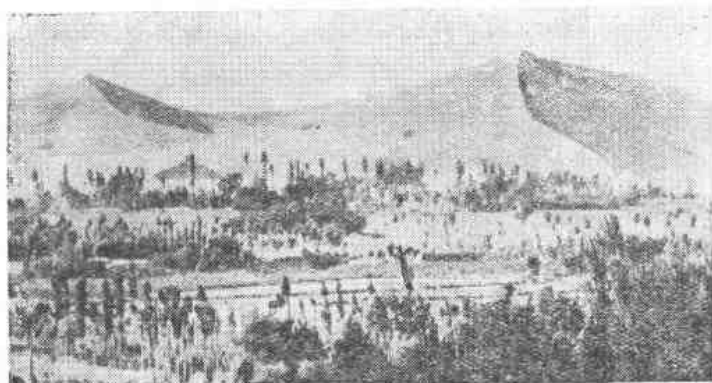


图 74 新绿洲包围了沙山

(一)风沙土的由来

我国的风沙土,大部分分布在北方,如新疆、陕北、宁夏、陕北、内蒙古以及东北三省的西部等地。大面积集中分布的风沙土,在干旱地区多称为沙漠,在半干旱地区多称为沙地。在新疆南部塔里木盆地的中心,有我国面积最大的塔克拉玛干沙漠;在新疆北部的准噶尔盆地,有占我国第二位的古尔班通古特沙漠;其他沙漠,诸如柴达木沙漠、腾格里沙漠、丹东吉林沙漠……也都分布在盆地。盆地四周有山,沙漠的发生,或者说风沙土的由来,往往与山有密切的联系。

在遥远的古代,我国西北并没有沙漠。现在极度干燥的沙漠腹地,原来也是气候湿润,湖泊众多,生物繁茂的地方。现在,我们还可以在沙漠深处看到一些古代河湖和生物的遗迹。在昔日的气候条件下,盆地沉积了深厚的湖相沉积物,其中有的含细沙多,这是后来风沙土沙粒来源之一。吐鲁番盆地有大家很熟知的《西游记》中所写的火焰山,这座高约 500~

600 米的山，系由红色砂砾岩构成，色红似火，加上当时气候炎热，所以《西游记》的作者把它形象地描述为“火焰山”。这种红色岩层的存在，是古代湿热气候的见证。

青藏高原是世界上最高的地方，有“世界屋脊”之称。但是，它并非自有地球以来就是那么高，而是在比较晚的地质时期——第三纪末以来，大约在 200 万年左右的时间内，不断上升的。现在青藏高原平均海拔高度在 4,000 米以上，其西南边长达 2,400 公里的喜马拉雅山脉，平均海拔高度达 6,000 余米，最高的山峰——珠穆朗玛峰竟高达 8,848 米。这座高大的山体，阻隔了印度洋孟加拉湾的温暖湿润气流，使之不能畅行无阻地进入我国西北内陆地区，因而这里的气候日益变得干燥，年降水量多在 200 毫米以下，甚至低于 50 毫米或 10 毫米，而年蒸发量却达 2,000~3,000 毫米。干燥的气候虽然不能说是沙漠形成的唯一因素，但却是沙漠形成的重要条件。在干燥的气候条件下，岩石的风化作用以物理风化作用为主，而化学风化作用远远没有温暖湿润地区强烈。因此，风化物沙粒多而粘粒少。岩石风化物被雪水带至低处再遭受风的吹袭，使沙粒更加集中；古老的湖相沉积物，受风力的加工分选，也可使沙粒更加集中，最后形成沙丘、沙垄和沙山。千百平方公里的沙丘、沙垄和沙山，便汇成浩瀚的沙漠。在沙漠的边缘最常见的是新月形沙丘。

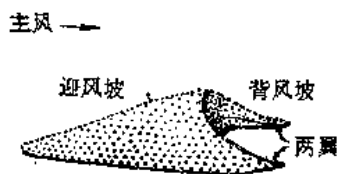


图 75 新月形沙丘

面，叫迎风坡，坡长而缓，坡度多在 $4\sim 11^\circ$ 之间；背着主风来向的坡面，叫背风坡或落沙坡，坡短而陡，坡度多在 $27\sim 34^\circ$ 之间。由迎风坡面和背风坡面相交所形成的一条棱线，叫脊线，其顶部是沙丘

的最高部分。沙丘背风面两侧的尖嘴，朝着主风的方向伸展，是新月形沙丘的两翼，这里沙粒移动最快。

以上所说的，便是风沙土的来由。但我们不能由此得出结论：干旱和半干旱气候地区的土壤都是风沙土。干旱地区的沙土，当它进行灌溉后变成了绿洲，便是良好的农田，这种沙土不能叫风沙土。半干旱地区的沙土，当它生长密茂的草原植物后，便是良好的草场，这种沙土也不叫风沙土。

风沙土是否只见于干旱和半干旱地区呢？那也不一定。我国华北平原黄河或黄河故道两岸（例如河南郑州以东中牟、兰考等地）也可见到沙丘，当地叫飞沙土，但面积不大，不致汇成沙漠。这里的风沙土，是黄河历次决口时，冲积物经水的分选作用而沉积的。决口处的水流急，沉积了沙土，后经风力进一步搬运分选而形成沙丘。在未经治理以前，它与西北干旱和半干旱地区的风沙土相比，有许多相同之处，例如很易起土飞沙，危害也不轻。

（二）风沙土的特性

风沙土的主要特性是松而不粘，容易被风吹动，因此又叫“飞沙”或“流沙”。它之所以“飞”或“流”，是借助于风力。但风力是风沙土“飞”和“流”的外因，而不是内因，外因通过内因才能起作用。那末，它的内因又是什么呢？这要从它的松而不粘的特点上去找。

风沙土为什么松而不粘？主要是缺乏粘粒和有机质等胶结物。根据分析，风沙土的颗粒组成以细沙（粒径0.25~0.05毫米）为主，占80~90%以上，粘粒（粒径<0.001毫米）含量只有1~3%，甚至还更少。有机质含量一般都低于0.5%。因此，风沙土有“散”的特性，经风一吹，便到处乱窜，以致埋埋

农田，摧毁家园。

风沙土还有“燥”的特性。由于风沙土含沙的成分多，大孔隙多，毛管孔隙少，因此土体难以保存水分。在一年中的大部分时间里，土壤只含有 2~3% 的水分。同时，由于沙土的热容量小，导热性高，夏季午后表土温度可达 60~80℃，水分很容易损失，所以表面常形成含水量小于 0.5% 的干沙层，其厚度一般 7~8 厘米，厚的达 20 厘米以上。

风沙土由于水分含量少和流动性强，植物难以生长，所以积累有机质少，氮、磷等养分含量低；也正由于它有机质和养分含量不足，植物就更难生长，二者互为因果。

事物总是一分为二的。风沙土在生产上虽有上述许多不利的特性，但也具有某些有利的特性，例如，土质疏松，易于耕作；透水性好，不易受涝；增温快，易发小苗，等等。风沙土地区的环境条件也是如此，既有不利的一面，也有有利的一面，例如气候干旱是不利的一面，但沙漠四周的高山上有大量冰

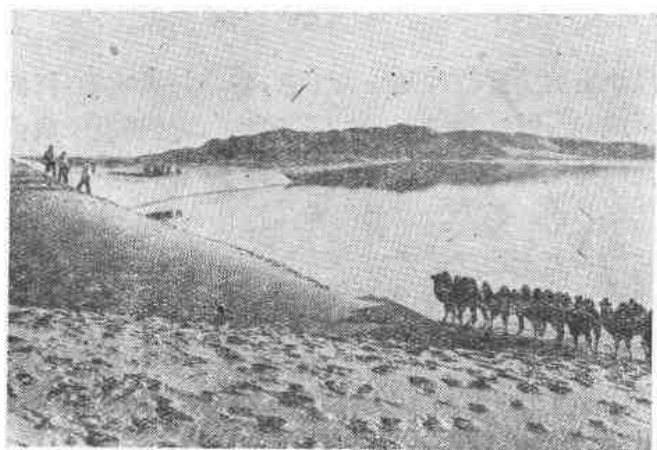


图 76 沙漠中的水库

雪，融化的雪水汇成水流流到盆地或潜入地下，却可开发利用，用来战胜干旱，这便是有利的一面。因此，只要我们充分认识风沙土的特性，掌握风沙的运动规律，就能利用其有利因素，改造其不利因素，为社会主义建设作出贡献。

(三)风沙土的改良利用

沙区的广大农牧民在利用改造风沙土的过程中，对于防治风沙和提高土壤肥力，积累了丰富经验，创造了许多好方法，如植树造林，封沙育草，引水拉沙，引洪淤灌，设置沙障，农业合理利用，等等。

1. 植树造林

植树造林是防风固沙的重要措施。沙区人民在长期生产实践中体会到，“要想沙窝富，必须风沙住；要想风沙住，必须多栽树”。沙区栽树主要有两种形式，一是营造农田防护林带，二是营造成片的固沙林。

营造农田防护林带，是配合农业和牧业生产进行的。即在大面积的风沙土农区，营造许多条纵横交错的林带，以保护农田和草场不致被风沙危害。在造林前，必须进行土地规划，结合渠系、道路、条田来布置，主林带应与当地的主风方向垂直，副林带与主林带正交。林带宽度一般5~10米，主林带宽一些，副林带窄一些。林带的间距为成林高度的10~20倍。造林树种的选择，一般以树冠大，根系发达，生长快，寿命长，防风效益显著和经济价值大的乡土树种为好。例如新疆地区适宜的乔木树种有银白杨、新疆杨、胡杨、白柳、榆树、沙枣等；灌木有怪柳、梭梭、沙拐枣、花棒等。内蒙古以东地区适宜的乔木有小青杨、小叶杨、北京杨、旱柳、水曲柳、花曲柳、樟子松、油松等；灌木有胡枝子、黄柳、沙柳、紫穗槐、锦鸡儿等。

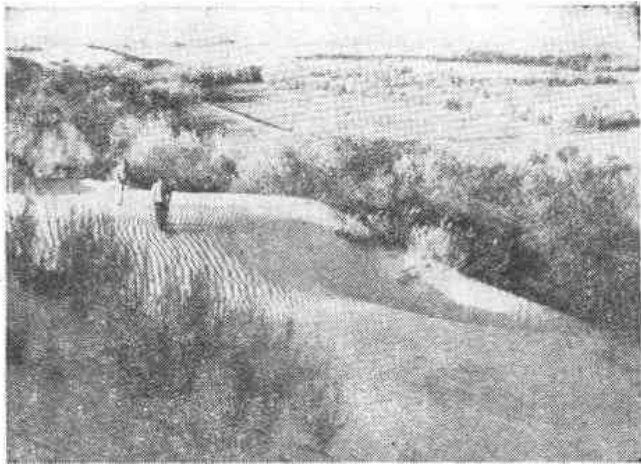


图 77 沙漠地区的农田防护林带

成片的固沙林是在小块平沙地或零星小片沙丘地区营造。鄂尔多斯沙区的群众根据风沙土的特点，利用风沙土的移动规律，创造了一种“前挡后拉”（前高挡、后低拉）的固沙造

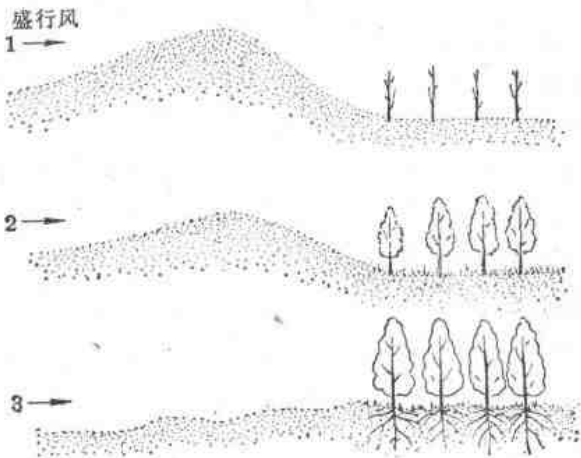


图 78 前挡造林的沙丘演变示意图

林法。通常是在沙丘背风坡的前方采用高秆造林(旱柳、小叶杨等),以挡住流沙前进;同时,在沙丘的迎风坡下部栽种沙柳、沙蒿等灌木或半小灌木,以拉住流沙,不让向前吹移。这样就使气流在迎风坡受阻,使之向沙丘顶部吹袭,沙粒在背风坡高秆林内堆积。高秆林越压越牢固,生长也越旺,逐渐使沙丘被风拉成平沙地,并被固定下来。

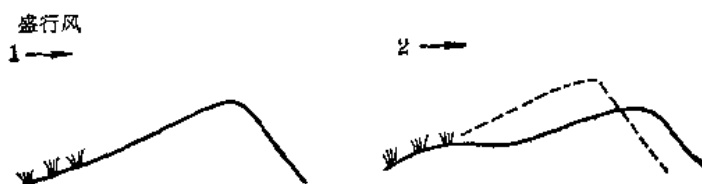


图 79 后拉造林的沙丘演变示意图

2. 封沙育草

封沙育草就是将沙荒封禁起来,严禁在封育区放牧、樵采、打草,让已被破坏的植被天然恢复,增加地表覆盖,从而达到固定风沙的目的。沙区的广大群众在长期生产实践中,总结出“寸草能遮丈风”和沙子“两喜三怕”(即喜风,喜干旱,怕水,怕草,怕树)的经验,说明了封沙育草对防风治沙的重大作用。封沙育草方法在沙区应用的范围很广,例如甘肃民勤的封育柴湾,内蒙古叮口的十里封育区,牧区大寨——乌审召的“草库仑”,以及辽宁昭乌达盟用铁丝圈围草场,合理轮流放牧,规模都比较大,效果很好。有的地方在封沙育草的同时,还采用人工种草、引水灌沙等措施,促进植物生长,群众称为“水草并进”,效果更加显著。

3. 引水拉沙

引水拉沙是利用水的冲击力拉平沙丘,这也是沙区人民

征服沙漠，变沙丘为良田的重要措施。引水拉沙要有充足的水源。拉沙前，必须根据当地的具体条件修好引水渠。在修渠时，应尽量做到少挖多填，不冲不淤。引水渠修好后，即可进行拉沙。采用此法，基本上可以把沙拉平。但还残留一些小沙堆、水流注槽、临时埂堰等，不适宜耕种，群众把这种地称为“毛坯田”，须进一步细致平整，并施用肥料，合理利用，培养地力。位于毛乌素沙漠南缘的陕西靖边县杨桥畔大队，原来“黄沙滚滚漫无边，风起沙飞遮住天”，近二十年来，采用引水拉沙法，先后削平了一千多个沙丘，造出良田一万余亩，现已成为“渠路纵横水浇田，沙窝绿洲林成片”的“塞外江南”了。

4. 引洪淤灌

洪水中含有大量细土粒、腐烂植物和牲口粪便，引洪淤灌能改良风沙土松而不粘等不良特性，肥力得到提高。例如辽宁赤峰县东方红大队，有些沙地淤灌十年后，其肥力大为提高，土壤有机质含量由 0.6% 增加到 2.7%，速效性养分有显著增加，相应地粮食产量也有大幅度增加，平均亩产解放初期为 80 斤，到 1970 年便达 850 斤，跨过了“长江”，近年亩产已超千斤。

5. 设置沙障

风沙的危害，主要是风作用于沙子的结果。风在通过的路线上，遇到松散的沙面，就会将沙粒卷扬，形成风沙流，造成沙打沙埋的危害。设立沙障是防止风沙危害方法之一。沙障可区分为平铺式、直立式和半隐蔽式三种。

(1) 平铺式沙障：是将柴草、枝条、卵石、泥土等平铺在沙面上，或者采用沥青乳剂与聚丙烯酰胺之类高分子聚合物，喷洒在沙面上，使风流经沙面时，不起风蚀作用，达到风虽起而沙不动的目的。河西沙区群众所搞的土埋沙丘和泥墩沙丘，

都属于平铺沙障。

(2) 直立式沙障：是在风沙流经的路线上，设置高约 30~50 厘米的障碍物，以阻止流沙。具体的设置方法是将柴草、枝条、板条等直插在沙面上。在沙面上，用比较粘的土修筑土埂亦可。我们知道，风沙流中的沙粒，有 80~90% 在近地表 30 厘米以内（特别是 10 厘米以内）的气流中通过，因此设置直立式沙障，对于阻挡、聚集和固定流沙有良好作用。直立式沙障由于所用材料和排列结构的不同，有透风、不透风和紧密的区分，对于风沙流的作用各不相同。

透风结构沙障，包括高立式柴草沙障和防沙栅栏。当风沙流穿过此类沙障

时，摩擦阻力加大，产生许多分散的紊流和涡旋，互相碰撞，消耗能量，使风速降低，风沙流的

载沙能力从而减弱，于是在沙障前后形成积沙，沙障前的积沙量一般较沙障后为少。这种结构的沙障拦蓄沙粒的时间长，积沙量大，可形成“拦沙堤坝”，多用于风沙流为害严重的农田、渠道、交通线和受风沙侵袭的风口等地方。

不透风结构沙障，包括粘土沙障和防沙土墙。紧密结构沙障包括低立式柴草沙障和隐蔽式柴草沙障。这两种结构的沙障，由于风沙流通过沙障时，在障前抬高上升，而在障后急剧下降，在沙障前后产生强烈的涡旋，能量大量消耗，风速显著降低，风沙流的载沙能力迅速减弱，就在沙障前后形成积沙。这两种结构的沙障，积沙量较小，不致形成“拦沙堤坝”，而在沙障之间很快形成稳定的沙面。造林和种草后，幼苗不

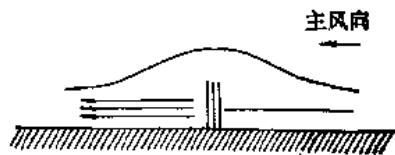


图 80 透风结构沙障对风沙流的影响



图 81 粘土方格沙障(甘肃民勤)

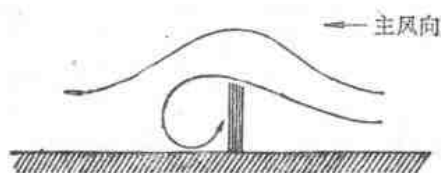


图 82 不透风和紧密结构沙障对风沙径流的影响

易遭受沙埋和风蚀。

(3) 半隐蔽式沙障：这种沙障既不同于平铺式沙障，也不同于直立式沙障，包兰铁路沿线所采用麦草方格沙障(简称“草方格”)便属此类。包兰铁路经过格状沙丘地区，路基受到风沙流的严重威胁。这里的中卫固沙林场，本着因地制宜，因害设防，就地取材的原则，大面积采用了沙障固沙和植物固沙相结合的方法，设置麦草方格 3 万多亩，在方格内栽种固沙灌木 1,000 多万株，基本上防止了铁路积沙，保证了火车安全行



图 83 麦草方格沙障

驶。麦草方格沙障的设置方法是：①从迎风坡下部开始，先扎设与常年主风向垂直的第一条主带；②将已顺整好的麦草，均匀的垂直的放在要扎设的第一条主带线上，厚约 2 厘米；③把平板锹端放在麦草中间，用力向下压切，将麦草压入沙层 10 厘米左右，草的两端露出沙面 10 厘米以上；④将压入沙内的麦草两端用锹扶直，即可形成一条低矮的麦草墙（第一条主带）；⑤按上述方法，平行于第一条主带，间距 1 米，再作其他主带；⑥主带作好后再垂直于主带，间距 1 米，作许多副带，这样就形成了纵横交织的麦草方格沙障。⑦主副带全部作好，将格内的沙子适度拥至麦草墙近边，使成锅底状，并在其中栽种灌木。在格状沙丘铁路两边，主风向一侧设置宽 300 米的方格沙障，背风向一侧设置宽约 200 米的方格沙障，就能控制路基两侧的风沙流，保证列车安全运行。

6. 农业合理利用

当风沙土得到初步固定后，就要进行合理的农业利用。例

如选种抗风沙作物,适时合理播种,增施有机肥料,种植绿肥,合理耕作,等等。

选种抗风沙作物 各类作物由于株形、再生力、分蘖力等生物特性不同,抗风沙的能力有强有弱。只经过初步改良的风沙土,宜选种抗风沙的作物。以甘肃酒泉地区为例,最抗风沙的作物,有大麻、麦类、糜子、苜蓿等;其次为马铃薯、玉米、谷子、荞麦等;最不耐风沙的作物是瓜菜、棉花、胡麻、豆类等。

适时合理播种 一般作物苗期最不耐沙。沙害严重的农田,宜种能够迟播的作物,以避免风季。一般沙害的农田,可适当早播,如麦类提早播种,可利用早春解冻时地表湿润不易起沙的特点,以利幼苗生长。在沙地播种作物,应适当增加播种量和播种深度。播种禾谷类作物可采用交叉播种法,以增加地表覆盖度。条播应与主风向垂直,以减轻土壤风蚀。

增施有机肥料和种植绿肥 增施有机肥料对于风沙土显得特别需要,但沙区有机肥料很缺乏,一般应通过种植绿肥牧草来解决这个矛盾。适宜于一般沙地发展的绿肥植物有苜蓿、草木樨、紫穗槐、箭舌豌豆、沙打旺(苦草)、苏丹草等。

合理耕作 沙地深耕时,可将下层土翻上来与沙掺混在一起,若下层土质较粘,则效果更好。耕翻后形成的犁沟与垄垄可增加地表的粗糙度,减轻土壤风蚀。但犁沟方向应与当地主风方向垂直或大角度相交。耕后不宜耙得太细,使地面保持一定的小土块而不镇压,既可减轻风蚀,又有利于保墒。

以上就风沙土的利用改造介绍了一些措施,但具体应用时必须综合采用。我国风沙土分布范围宽广,各地的自然条件有许多共性,但也有一定差异。各地根据当地的具体条件,

创造了各具特色的综合治沙经验。现以甘肃省为例：①趁墒造林，借风覆沙；沙保水，水养林，林固沙——古浪沙区的经验。②粘土沙障压“黄龙”，沙丘营造梭梭林；乔灌结合治流沙，丘间低地全绿化——民勤沙区的经验。③以水攻沙，条条分割；以林固沙，块块占领——高台沙区的经验。④引水拉沙，引洪淤地；上拉下澄，密植造林——敦煌沙区的经验，等等。

黄泛平原的沙区，自然条件比沙漠地区好得多，但局部地区飞沙土的危害也不轻。当地每年3~4月和11~12月常有五、六级大风。一般五级大风便能把细沙吹起，六级以上的风便能形成沙暴。皖北肖县、砀山等地，一年有5~15天发生沙暴。解放前，当地对于飞沙土的危害有过这样的民谣：“面缸一层沙，庄稼被打煞，走路难睁眼，张口沙打牙，沙荒不消灭，终究要搬家”。解放后，在营造防风林的基础上，大力发展果树（苹果、梨、葡萄等）和经济植物（紫穗槐、白蜡条、杞柳等），同时还进行果粮间作或林粮间作（或混作）。焦裕禄同志生前战斗过的兰考县，在沙地栽种泡桐甚多，一般都与粮食作物混作，每亩沙地种泡桐5~10株，有良好的固沙作用，促进了粮食作物增产。陇海铁路沿线豫、皖、苏境内，在飞沙土上建立了许多果园，果树行间多种苕子、柾麻、苦草、草木樨等掩青，有的种花生、金针菜、麦类等抗风沙作物。少数飞沙土已发展灌溉，有的还种植水稻成功，甚至稻麦两熟，亩产超千斤。

我国风沙土地地区的面貌正在迅速地发生变化。当然，现在已被改造了的风沙土，还只占我国风沙土总面积并不太大的一部分。不过，只要我们继续发扬大寨人“誓把山河重安排”的革命精神，对风沙土步步紧逼，向沙漠夺地，我们将会看到更多的绿洲出现在万古荒原上。

(四)草原沙化的防治

干旱和半干旱地区的风沙土,经过改造和合理利用后,可变为良好的草场或农田。但良好的草场和农田在利用不当的情况下,也可再变为风沙土。后一种现象叫做“草原沙化”。

社会制度不同,对土地经营的指导思想也不同,因此干旱和半干旱地区土壤沙化与否,主要决定于社会制度。苏联自赫鲁晓夫叛徒集团篡权以后,大搞资本主义经营,破坏了水土结构,致使斯大林时代某些好的农牧区,已变成风沙迷漫的荒原。在美国,由于资本家胡乱开发土壤资源,破坏了自然植被,致使那里广大地区的风沙土日益扩展。解放前的旧中国,由于反动统治阶级不顾人民的生死,有些草原地区也存在着严重沙化现象。解放后,我国沙区的广大劳动人民在党和毛主席的领导下,发扬战天斗地的精神,大搞风沙土的改造,取得了很大成绩,许多干旱地区不仅逐步防止了草原沙化,而且出现了星罗棋布的绿洲。

关于草原的开发利用,要从社会主义大农业着眼,因地制宜,农、林、牧合理安排,一般以牧为主。建立基本草场或基本农田,必须有计划地营造农田防护林。草原沙化可能性大的地方,最好进行草田带状轮作。在利用畜力开垦的条件下,每开垦10~20米宽的地块,便保留10米左右的天然植被。

要防止草原沙化,达到农业高产稳产的目的,除营造农田防护林外,还需解决干旱问题。因此,要充分利用当地的地表水和地下水资源,大力发展灌溉,扩大水浇地面积,建设高产稳产农田。同时还宜进行伏耕压青,作物留茬,不同作物进行带状间作,增施有机肥料,以及种植绿肥牧草等。

六、白土的改良利用

长江中下游的湖北、安徽、江苏等省，在黄土丘陵地区，特别是在丘陵坡地上的塍田里，分布着一种带灰白色(象香灰)的土壤，这就是人们常称的白土。其中最差的叫“板浆白土”(江苏)、“澄白土”(安徽)、“白散土”(湖北)。白土在江苏、安徽、湖北三省各有几百万亩，浙江省长兴等地也有小面积分布。江苏省太湖平原的白土(其中最差的叫“淀煞白土”)也属于这一类型。它除了表土颜色较淡外，在犁底层以下还有一个白土层，土壤肥力虽然比丘陵地板浆白土高一些，但也是高产地区的一种低产土壤。

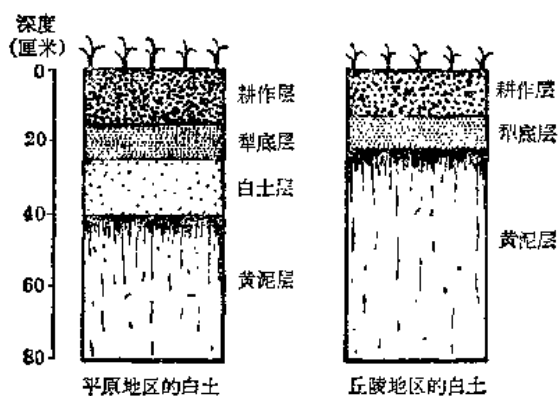


图 84 两种白土剖面的比较

(一)白土的低产原因

要改良白土，首先必须摸清其底细，了解低产的原因。白土的低产原因主要是养分贫瘠，淀浆板结，保肥供肥性差。

1. 养分贫瘠

白土耕作层有机质含量约 1.0~1.4%，而附近的马肝土有机质含量为 2% 左右。白土的全氮量只有 0.05~0.10%，而附近的黄泥土、马肝土却达 0.15% 上下。白土磷的含量更低，全磷量为 0.04~0.05%，速效磷含量为 1~7ppm，属于低量至极低量，只有马肝土磷素含量的 20~50%。所以白土的土壤肥力低。

2. 淀浆板结

由于白土粘粒含量少(<20%)，粗粉沙(群众叫“小粉”或“小粉沙”)含量高达 40~60% 以上，加上有机质含量不高，所以土壤结构不良，水耙后易淀浆，插秧困难，稻根难于伸展。在旱作期间，雨后易板结，影响幼苗出土。

3. 保肥供肥性差

由于白土粗粉砂含量高，腐殖质和粘粒含量低，漏水漏肥，因而保肥供肥性差。群众反映这种土壤“饿不得，也饱不得”，肥料少了稻象草，肥料多了又易倒。对于这种土壤要采用“少吃多餐”的施肥办法，即要勤施肥，但每次施肥量不宜过多。

此外，丘陵地的白土分布地势较高，地下水位低，灌溉水源不足，也是低产的重要原因。

(二) 白土的改良利用

既然白土有这么多的不利因素，它能不能改良？是否可以变成高产稳产的土壤呢？许多先进单位的经验表明，只要我们发扬大寨精神，根据白土的低产原因采用综合改良措施，就一定能将白土改造成为乌白土(黑白土)、鱗血土(红筋白土)或油白散土，粮食产量定能大幅度增加。江苏省江阴县

华士公社华西大队，原有白土面积约占耕地总面积的 50%，粮食产量较低。但是全大队的干部和社员，以大寨为榜样，下苦功夫，花大力气，大搞农田基本建设，大力改良白土，夺得了丰收，连年高产再高产，1975 年粮食平均亩产达到 2,325 斤，并且改变了过去的单一经济，农、林、牧、副、渔全面发展。华西大队学大寨的实践，为我们改良白土提供了宝贵的经验。



图 85 华西大队白土改良后水稻丰收在望

根据各地群众的经验，白土改良可以从以下几方面着手：

1. 增加土壤有机质

白土耕作层有机质含量如果提高到 2% 左右，即使土壤的砂粘性不变，淀浆板结的特性也能得到改善，肥力显著提高。种植绿肥，放养三水一绿（水花生、水葫芦、水浮莲和绿萍）以及增施其他有机肥料，都是增加土壤有机质，改良白土的有效措施。

安徽省江淮地区通常在白土田混播豌豆和大麦，当春季雨水充足时，掩青(压青)做水稻基肥；如遇春旱，就留收粮食。目前水利建设迅速发展，混播的豌豆和大麦多数是掩青作绿肥。在白土田种苕子和豌豆，施用磷肥可以提高鲜草量，例如在板浆白土上每亩施用 20 斤过磷酸钙，鲜草产量在 1,500 斤左右，而未施磷肥的只有 200~300 斤。近年来，江苏省在板浆白土上试种“6625”箭舌豌豆已获成功。句容县在丘陵地区的板浆白土上种植箭舌豌豆，鲜草亩产达 2,000~3,000 斤。箭舌豌豆春播和秋播都可以，但秋播的产量高于春播。当白土田通过种苕子、豌豆，肥力有所提高后，就可改种红花草(紫云英)，因为红花草可在秋收大忙前播种，鲜草产量高，肥田效果好。在丘陵荒地上种植紫穗槐或苕子，用于改良白土，效果也很显著。紫穗槐在灌溉渠道两边都可种植，既可做肥料，又能保土护坡。在丘陵荒地上播种苕子，采用挖穴带磷点播的方法，能获得较高的鲜草量。

稻田放养绿萍，是解决绿肥作物和粮食作物争地，改良白土的好方法。绿萍也需要磷肥，一般每亩每次用过磷酸钙约 5 斤，拌以细土，均匀撒于萍面，每星期施用一次。白土连续放养三、四年绿萍，结合采用其它措施，便能改良成乌白土。江苏省江阴县华西大队从 1966 年开始一直坚持稻田养萍，他们很重视搞好萍母田，并且在稻田放足萍，养好萍，分次倒萍，每亩平均用萍 3,000 斤左右，有效地改良了白土，促进了当季水稻高产。群众普遍反映，稻田养萍能使僵泥发酥，板田变松，白土变黑。此外，近年来，在白土地区的河面和水塘面上普遍推广放养水浮莲、水葫芦和水花生，在解决饲料、肥料不足和改良白土方面收到了很好的效果。

白土田施用厩肥、堆肥、草塘泥、泥炭等有机肥料，改土效

果显著。江苏省高淳县瑶岩大队，在大力治水的同时，积极养猪积肥，改造了板浆白土，自 1969 年以来粮食亩产连年超《纲要》。

2. 深耕

白土耕层浅薄，通常仅有 3~4 寸厚，而且含粗粉沙多，但白土层以下一般比较粘重的黄泥层，因此，在黄泥层埋藏较浅的地区，逐年深耕，不仅能加厚耕作层，而且能改变土壤砂粘性，增强保肥、供肥能力。

3. 氮肥和磷肥配合施用

白土养分贫瘠，氮的含量低，磷的含量更低，所以在施用氮肥时，配合施用磷肥，无论对水稻和小麦都有显著的增产效果。施用磷肥更是防治丘陵白土水稻僵苗的一项有效措施。丘陵地区的白土田，水稻常发生僵苗现象，双季早稻尤为突出，其主要表现是：在水稻返青后到分蘖始期，叶片直立不披，叶色暗绿或灰绿，植株矮小，发棵差，严重影响水稻的生长，不能早发、多发、早熟和高产。江苏省句容县春城公社的磷肥田间试验结果表明，在白土僵苗田上施用氮肥的同时，每亩增施钙镁磷肥 30 斤，可以防治僵苗，每亩增产稻谷 200 多斤。

4. 发展灌溉和改善灌溉方式

丘陵地区的白土田，水源不足，应因地制宜进一步发展灌溉。一般可就地挖掘山塘，蓄积雨水，也可修建水库，引水灌溉，或从江、河分级提水灌溉。但白土田不宜串灌，否则，土壤粘粒和养分容易流失。

另外，在丘陵岗、塍田的旱地白土上，可适当地营造桑、茶、果等经济林木，发展多种经营。

七、反酸田的改良利用

我国南方的红黄壤是酸性至强酸性土壤，其 pH 值一般在 4.0~5.5 之间，但是南方还有 pH 值低于 3.0 的极强酸性土壤，这便是本书所要介绍的反酸田。

(一) 什么叫反酸田

反酸田是热带或亚热带滨海地区一种具有“反酸”特点的水稻土，在广东、广西、福建、台湾等省的滨海地区的河口段都有分布。所谓“反酸”是指在春季干旱时，稻田底有一种暗红色的酸水上升，严重危害水稻生长的现象。酸害严重的，插秧后几小时，秧尖首先卷缩变黑，不久便枯萎死亡；酸害程度轻的，秧苗矮小，叶窄，呈暗绿色，生育后期植株变黑，秕谷多。反酸田除了酸性特别强的特性外，由于受海水浸渍的影响，有的含有较多的盐分，带有咸味，所以又叫咸酸田。但它不同于一般的咸田——滨海盐土。有的地区把反酸田叫做“矾田”，因为它有象矾一样的苦涩味。

(二) 反酸田的形成和反酸的原因

反酸田的形成和海洋有着非常密切的关系。现在反酸田所处的地方，在很久以前还是一片浅海，后来被河流带来的冲积物所淤积，浅海慢慢变成了海滩。最初的海滩，每天大部分时间被淹没，只有潮水退的时候才能露出水面，随着海滩的继续沉积淤高，土面便会逐渐生长一种热带海边所特有的常绿灌木——红树。如果海滩所处的地形偏僻，海湾风平浪静，潮水有咸有淡，红树就生长得更加茂盛。由于海滩不断淤积，并

且不断向外伸展，使得原来生长红树的海滩的自然条件发生变化，咸潮减少了，淡潮愈来愈多，红树逐渐外移到咸水更多的地方生长，原来生长的红树逐渐死亡，并被新的沉积物压埋在底层。后来人们将这种地方开垦为稻田，田面上虽然看不见什么红树生长的痕迹，但田底却埋藏了红树残体。红树残体由于长期处在水浸的情况下，慢慢变成了黑色或者黑褐色半腐烂的木屑层。这种红树残体的木屑层，不仅使土壤产生腥气和象矾一样的涩味，而且是稻田反酸的来源。

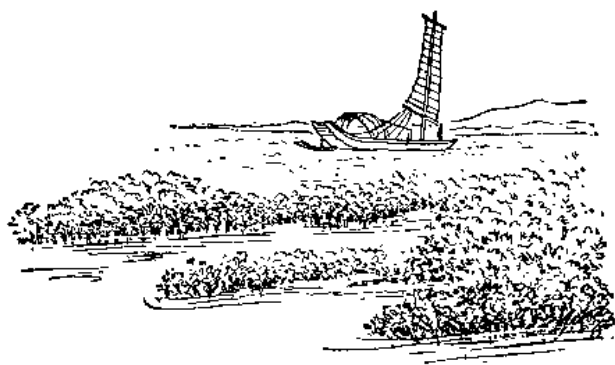


图 86 热带海边的红树林

现在让我们进一步分析反酸的原因。这么强的酸性到底是什么物质引起的呢？根据实地考察和室内分析研究，发现反酸现象与土壤中的硫有密切关系。反酸田土壤含硫量高达 3.59%，而正常土壤的含硫量一般低于 0.2%，两者相差近 20 倍。硫的化合物在稻田脱水的条件下，经氧化后产生硫酸，使土壤呈极强酸性反应，pH 值低于 3.0（最低为 2.1）。这样强的酸性，不仅直接对植物生长不利，而且会使土壤产生其他有毒物质（如水溶性铁、锰等），对植物起毒害作用。反酸严

重的稻田里只有极耐酸的水葱(莎草科植物)生长。这种酸水可使鱼、虾、黄鳝和蚂蝗死亡。

关于土壤中硫的来源，有人认为来自海水。根据化验资料，南海河口海水的盐分组成中，氯离子超过硫酸根离子十倍以上；而反酸田及其地下水的盐分组成中，硫酸根离子通常都超过氯离子。而且反酸田所含的非水溶性硫主要是有机硫，看来这么高的含硫量不可能直接来自海水，而是另有来源。这很自然要联想到前面所说的红树及其埋藏在上层中所形成的木屑层。

红树是含硫量比较高的植物，海水中的硫通过红树的生物吸收作用而集中于其体内，据分析其含硫量为0.20~0.67%。因此，不难断定反酸田土壤中的硫主要来自于红树植物残体的缓慢分解。群众又把反酸田叫做矾田，是由于自木屑层翻上来的酸水具有矾的涩味。矾即明矾，也就是含有结晶水的硫酸铝。至于铝离子，可能来自酸性土壤母质，大家知道，附近丘陵上的红黄壤含有较多的代换性铝。这就是反酸田含有硫酸铝的原因。

据说，最近几年在浙江嘉兴、嘉善等地，以及上海的青浦、江苏的吴江、吴县、无锡也出现“反酸”死苗现象。这些地方的稻田为什么也反酸，还需要进一步研究。

(三)反酸田的改良利用

我们已经知道，反酸田最突出的毛病是酸，如果能把酸的问题解决，那末反酸田影响农业生产最根本的问题就解决了。因此，各地群众改良反酸田，一般都抓住了“反酸”这个主要矛盾，采取以水压酸、蓄淡洗酸、挖沟排酸等方法，达到以水制酸的目的，结合采用其他改良利用措施，将不少反酸田建设成了

稳产高产农田。

1. 以水压酸

就是让反酸田长期泡水，特别是在水稻生长期间保证田面不脱水，这样田底的硫化物处在嫌气状态下，便不致氧化和上升。这种以水压酸的方法，以往采用较多，但产生酸性的物质仍压在田底，总是后患。

2. 蓄淡洗酸

反酸田既要防止咸水入田，还要有充足的淡水来洗酸，降低土壤的酸度。如果单靠一年之中几个月淡潮季节的淡水，是不能满足需要的。特别在春季开耕的时候，也是一年之中洗酸最重要的时刻，这时往往淡潮还未到来，因此必须想尽种种办法积蓄淡水，供洗酸的需要。反酸田分布的地方，常有山丘，可以充分利用这些山丘地区的有利地形，建筑山塘水库，这是解决淡水来源问题的主要办法。此外，反酸田有很多是分布在大河的河口，而大河上游，淡水往往比下游来得早，可以在那里筑坝引淡，使反酸田早日得到淡水洗酸。此外，还可以利用周围比较低洼的地方，修筑平塘蓄积淡水。洗酸在春耕时进行，首先灌水泡田，要求少犁(1~2次)多耙(5~6次)，耙后即排水，降低表层酸度。

3. 挖沟排酸

有了充足的灌溉水源，还必须挖沟排酸，才能收到较好的洗酸(包括洗盐)效果。所谓“挖沟排酸”，就是挖排酸沟，将已经产生的酸水，引入沟中排出。根据各地的经验，洗酸水利工程最好是把灌水沟和排水沟分开来，从一边灌，另一边排，这样可以洗得干净，排得彻底，洗田的酸水不致于和灌溉的淡水混在一起。排灌沟的布置可根据反酸田面积的大小和反酸的程度等来决定。总之，要使水流畅通，灌得快，灌得满，排得

快，排得清。但是必须注意，排酸时，田面要保持湿润状态，以防止水稻生长中期田面干裂，引起反酸（或反咸），影响水稻生长。

4. 平整土地防酸

治理反酸田和治理咸田一样，在建立排灌系统时，必须结合平整土地，削高填低，或在低地大量填土，使田面平整，防止高处受旱引起反酸，而低处受湿，承受高处流入来的酸水。田面倾斜太大时，可在田中筑几条临时小埂，使每一块田面高低相差不大，这些做法大大有利于防止反酸。

5. 施用石灰中和酸性

南方群众常用石灰改良酸性土壤，因为它能中和土壤的酸性。无疑的，反酸田施用石灰也能起改良作用。但这种极强酸性土壤，石灰的需要量甚大，中和1米深度内的酸性，需要石灰20,000~30,000斤/亩，单是耕层也需要石灰860~3,000斤/亩，所以施用少量石灰一时不足以完全中和酸性。反酸田未彻底改良前，施用石灰应紧挨在插秧前，以充分发挥其作用。在缺乏石灰岩的地方，可就地用海生动物的介壳烧灰使用。

6. 加厚土层隔离酸

反酸田的木屑层（即红树残体层）距离地表愈近，则愈易反酸，而且反酸程度重。一般说来，强度反酸田的木屑层多在20~40厘米深处出现，中度反酸田多在40~70厘米深处出现，轻度反酸田多在70~90厘米深处出现。木屑层在90厘米以下的田，很少有反酸现象。因此，通过大量客土，增加土层厚度，使木屑层在土壤剖面中的部位降低，能起到隔离酸水的作用。客土时要注意，砂质反酸田可客粘质土，粘质反酸田可客砂质土。

7. 淡酸田育秧和铲秧移植

这是广西防城地区抗酸夺高产的好经验。他们选择反酸较轻的田块育秧,使水稻从幼苗开始逐渐适应酸性环境,并增施磷肥,培育壮秧。用这种方法培育的稻秧,一般都生长正常,插秧后很少有死苗现象,一般可多收稻谷100余斤。另外,铲秧带土移植也能减轻酸害。试验证明,在其它条件相同的情况下,铲秧移植比水直播每亩可增产稻谷216斤,比不带土插秧增产173斤。

上面侧重介绍了治酸、抗酸的各种措施,在上述措施中,以蓄淡洗酸和挖沟排酸最为重要,是改良反酸田的根本措施。不过在防治酸害的同时,还需要因地制宜地采用其它措施,才能迅速而有效地改良反酸田,并不断提高土壤肥力。增施有机肥和磷肥是很重要的增产措施,反酸田地区的有机肥料除厩肥、堆肥等农家肥料外,糖厂的泥渣,近海地区的水母、白蚬、海胆、海藻等海肥,也是很好的肥料;白骨壤(红树的一个品种)含单宁只有0.8%,其树叶也可以作肥料。经过改良的反酸田,可种植红花草、苕子和黄花草木樨等绿肥。适合于反酸田施用的磷肥品种有钙镁磷肥、磷矿粉、骨粉、海鸟粪等。钙镁磷肥是碱性肥料,施用于反酸田,还有中和土壤酸度的作用。

第十章 农业学大寨，大地绘新图

大寨大队是伟大领袖毛主席亲自树立的我国农业战线上的一面红旗，是以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，在无产阶级专政下继续革命，多快好省地建设社会主义农业的典型。解放以来，大寨的干部和群众，在毛主席革命路线的指引下，同阶级敌人斗，同错误路线斗，同天斗，同地斗，在坚持社会主义方向，建设社会主义大农业的进程中，取得了一个又一个的胜利。

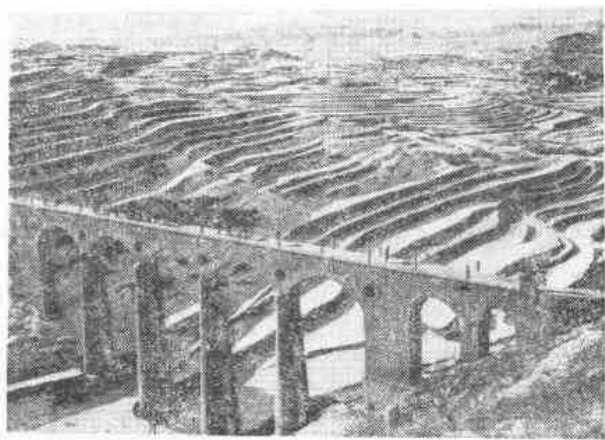


图 87 大寨大队的层层梯田

解放前的大寨，“山高石头多，出门就爬坡，地无三亩平，年年灾情多”。八百多亩耕地在七沟八梁一面坡上，分散为四

千七百多块，是跑水、跑土、跑肥的“三跑田”，粮食亩产不过百斤。今日的新大寨，七条大沟，沟沟是良田，一道道青石（石灰岩）坝保护着一块块人造平原。八道梁，梁梁是好地，一条条地埂围绕着平展展的大寨田。山坡上水平梯田层层叠叠，虎头山上松柏成林，山腰上两条蜿蜒的水渠，穿山越岭，跨沟绕梁，滋润着肥沃的土地。大寨田里玉米林立，瓜果满园，粮食亩产超千斤。真是看山山青，看地地平，看人个个意气风发，好一派欣欣向荣的社会主义农村新气象。

集体化二十多年来，大寨越变越好，是由于大寨党支部以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，坚持无产阶级政治挂帅，坚持社会主义道路，把阶级斗争、生产斗争和科学实验紧密结合起来。大寨党支部带领贫下中农和社员群众，出大力，流大汗，大搞农田基本建设，重新安排河山，认真贯彻农业“八字宪法”，建设大寨田，创造和总结了一整套科学种田的先进经验，促进了农业生产的全面发展。

一、大寨田的基本建设

大寨位于太行山东麓海拔约1,000米的上石山区，山上为石灰岩，山下是黄土，全年无霜期150多天，年平均气温9.1℃，年降水量只有600毫米左右，且多集中在7~9月，常受春旱、夏洪、秋涝等自然灾害的影响。

这里原先是个土地瘠薄且零星分散的穷山村，是个经不起旱涝的穷地方。“三天无雨苗发黄，下点急雨土冲光，地里有水地边流，冲掉肥上露石头”。解放以来，大寨的干部和群众，充分发挥了集体经济的优越性，在七沟八梁一面坡上，进行逐沟逐梁的治理。对石多土少的坡地，挖石填土，修成石堰梯

田；在土多石少的梁地，起高垫低，加边打桩，修起土埂梯田；对乱石滚滚的七条大沟，分段筑弓形坝，劈山填土修成沟坝地，把“三跑田”改造成为“三保田”。以后又通过施肥、耕作等农业措施，把“三保田”建成了“海绵田”。为适应社会主义大农业的要求，大寨贫下中农以愚公移山精神，搬山填沟造平原，并在“人造小平原”上再建“海绵田”，建成了高产稳产的农田——大寨田。大寨田具有活土层厚，疏松绵软，孔隙适宜，松紧适度，水肥相融的特点，犹如海绵，因此，称为“海绵田”（也叫“海绵土”）。大寨田基本建设的主要工程措施是整修梯田，闸沟筑坝，兴修水利和建造“人造小平原”。

（一）整修梯田

修田整地，使农地水平梯田化，是实现山区高产稳产的重要措施。实行水平梯田化，可以防止水土流失，为培育肥沃土壤打下基础。

建造梯田时要根据地形和原有耕地的分布情况，并考虑到今后农业机械化及水利化的发展，因地制宜，合理布置。要从保证梯田的牢固性和便于耕作与修建省工来考虑田面的宽度和土桩石堰（也叫“石桩”）的高度。土桩、石堰的高度以1~2.5米为宜，田面宽度一般不小于3~4米。

土桩梯田的修建，应先用木桩定出桩位线，把表土集中堆放在田面中间，然后开挖桩基，采取里切外垫和取高垫低的办法，随筑土桩随填土，修桩与填土同时进行。修筑土桩时，要求泥土湿润，便于打桩，先扣后拍，用脚踩实，边修边将桩墙打实拍光。桩顶高出田面1尺左右，桩墙略向内倾斜，边坡比为1:0.1或1:0.2（即高1米的桩墙，其桩基可伸出0.1~0.2米）。因为黄土有垂直节理，桩基陡些也能稳定。最后将

表土摊在田面,并将田面平整好。

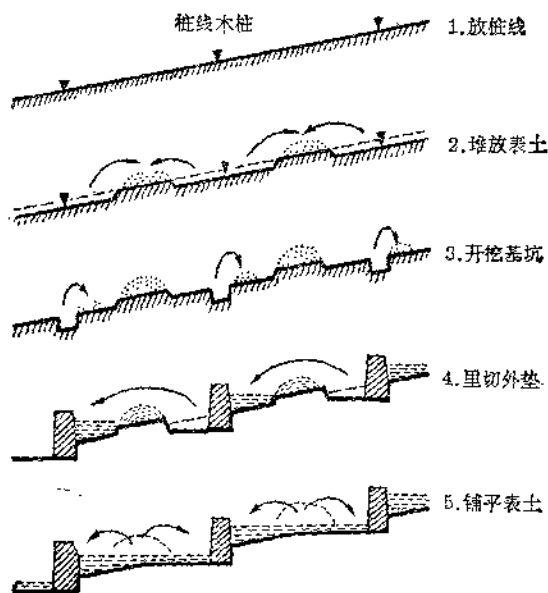


图 88 土桩梯田施工步骤

石桩(堰)梯田的修建也要先确定石桩的位置线,然后开挖桩基,其深度应比下一阶梯田的田面低 50~100 厘米,宽度不小于 50~60 厘米。挖好桩基就可垒砌石桩,随砌随填,近石桩处填小块石和碎石,远处填石渣;就上下来说,下部填碎石,上部填石渣,以利滤水。石桩砌到预定高度后,即可取土铺田,并摊平表土。平整表土时,在靠近石桩处,要把土整高一些,形成倒坡,以免渗水穿孔,引起塌方。

石桩可分单面桩和双面桩两种。如果石料充足,而且大块料石多,可采用单面桩,否则宜采用双面桩。

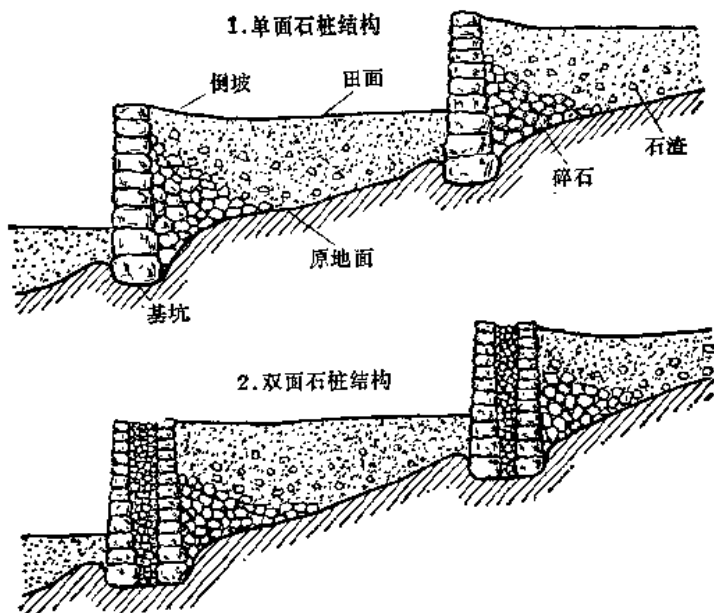


图 89 两种石柱结构

砌筑石柱可采取平砌、斜砌和拱形砌几种方法。平砌比较牢固，通常多采用此法。砌时先用平整的大块料石做面石，再用小块石填塞空隙和砌里面，石块要顺放，砌成水平层次。如果石料较薄又多是片石时，可用斜砌法（直砌法）。如果石柱较高，而又缺乏大料，可用拱形砌法，以提高石柱的牢固性。砌筑石柱梯田的要领是：

底石要大块，里壕要填实。
 垒时错开缝，层层错一寸。
 大石要座下，小石放上边。
 块石要平砌，条石做垒头。
 脚大头要小，垒齐就填土。

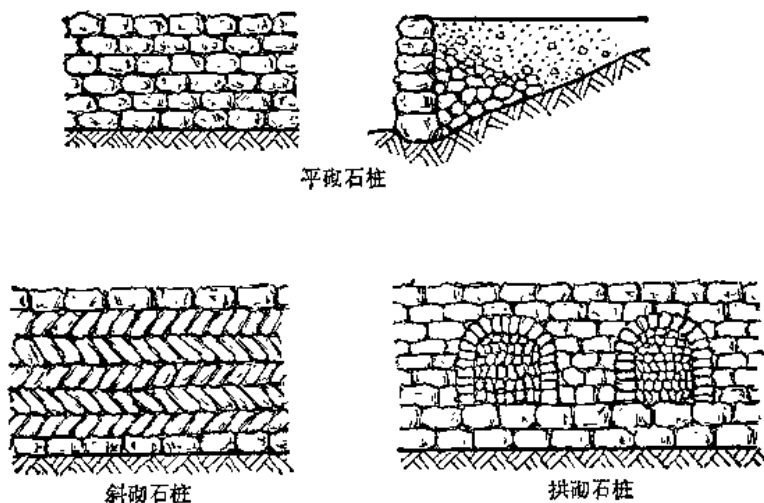


图 90 石柱的几种砌法

(二) 闸沟筑坝

大寨大队原有狼窝掌等七条大沟，是降雨后山洪集流之处，雨季洪水横流，侵蚀沟岸，冲毁沟旁耕地。从 1953 年冬开始分段闸沟筑坝，节节拦蓄水土，淤洪垫地，建设沟坝地。经过十多年的努力，把荒沟建成了亩产千斤以上的高产稳产田。

实践出真知。大寨贫下中农在征服自然的斗争中，逐步认识到“水是一条龙，先从山顶行，治沟不治坡，落个一场空”。他们总结出一套集中治理，连续治理，坡沟兼治，先治坡后治沟的经验。在治沟打坝时，采用先治支沟、后治干沟，先治沟上段、后治沟下段的顺序。这样做可达到治一段成一段，治一沟成一沟，治后即可受益。即使是一条支沟，也要先治上，后治下。这样可起到节节拦蓄洪水和泥沙的作用，并确保坝体

安全。

闸沟筑坝要先清坝基，石山沟要清除沟底的风化石，基槽深度约1米左右。土山沟的基槽最好挖到岩石或硬土层。坝的两端要嵌入沟岸1~2米，以防坝头坍塌。坝轴线的方向与水流方向垂直。砌筑石料以大块石最好。大寨的沟坝多采用双层平砌块石结构，由下而上分层垒砌，逐层收坡。上下坡的石料要咬紧石底，错开石缝，首尾相压，加强坝体的稳定性。为了加快成地的速度，多采取劈埂垫土和洪水漫淤相结合的办法。先将原来的沟底略加平整，然后劈削沟两边的黄土，将土垫在沟里。这样不但可使沟壁整理平直，避免崩塌，还可把肥力较高的表土垫在沟坝地上，多施肥料，并结合其他耕作管理措施，当年就能丰收。除人工垫土外，每年雨季还利用洪水漫淤，使沟坝地的土层逐渐增厚。多次漫淤后，有些沟坝地与坝顶齐平，应加高坝埝。加高坝埝叫做“扶桩”。如果不扶桩，不但不能淤积肥土，也不能蓄存雨水，而且坝身还有被冲垮的危险。经过多次扶桩，沟坝加宽，面积增大，抗御洪水的能力也越来越强。

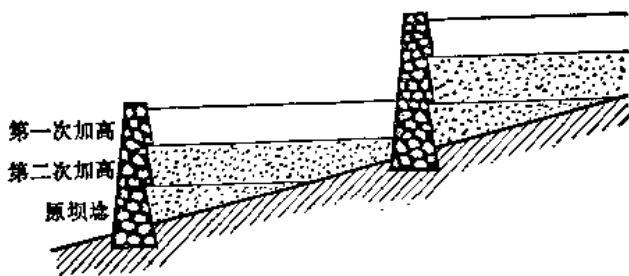


图 91 沟坝地加高坝埝

大寨的沟坝一般都是直坝，也有拱坝(当地叫“弓形坝”)。修建拱坝，是在三战狼窝掌与山洪作斗争中，总结出来的经

验，拱坝的抗洪能力较强，洪水冲力通过坝的拱背，被分散到坝两边的山坡地，大大减轻洪水对坝的压力。

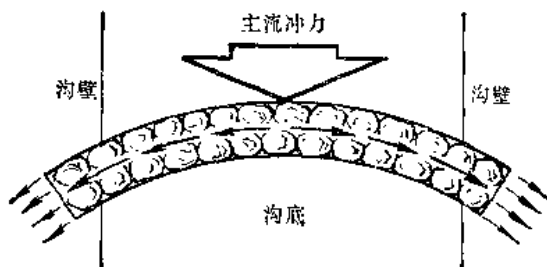


图 92 拱坝受力示意图

另外，在拱坝的下方留个跌水坑，可减轻水势，既可提高沟坝的抗洪能力，也可沉积泥土淤地造田。

大寨在沟里一般不修排洪渠而修拱坝，因为沟的集流面积小，拱坝可把雨水尽量蓄存在地里，既能防洪、抗旱，又能扩大耕地面积。

对集流面积大的沟，治理时必须修建蓄水和排洪工程。一般采用“砌洞垫地”的办法修建排洪洞。先划好排洪洞宽度，开挖涵洞边墙的基槽，基槽宽、深各 1 米，然后用大块石排根基。根基与沟底砌平后，再开始“起碛”。“起碛”前先架好拱架，拱架长约 5 米，按排洪洞的长度分段砌筑。边起碛边将石渣填于涵洞边墙的外边，

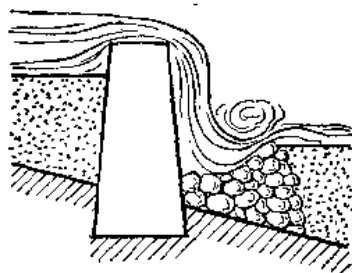


图 93 跌水坑消力示意图

使边墙和山根紧紧连接。最后在洞上垒砌沟坝，垫土造地。

(三)兴修水利

大寨在修田整地的同时，还因地制宜，兴修水利。山上植树造林，保持水土，涵养水源；山下修水库，建提水站；山腰修盘山渠、蓄水池；路边、地边修旱井；沟上空飞架渡槽；在雨季集水量较大的沟底修排洪沟和排洪涵道。使埂、坝、库、渠、槽、池、井、沟配套成龙，初步建成了一个以蓄水抗旱、引水灌溉为主，能灌能排的水利系统。并进一步建立串通渠、池、井、田的地下输水管道，又在康家岭安装了喷灌系统，在果园进行滴灌试验。为在干旱山区解决水利问题闯出一条新的路子。

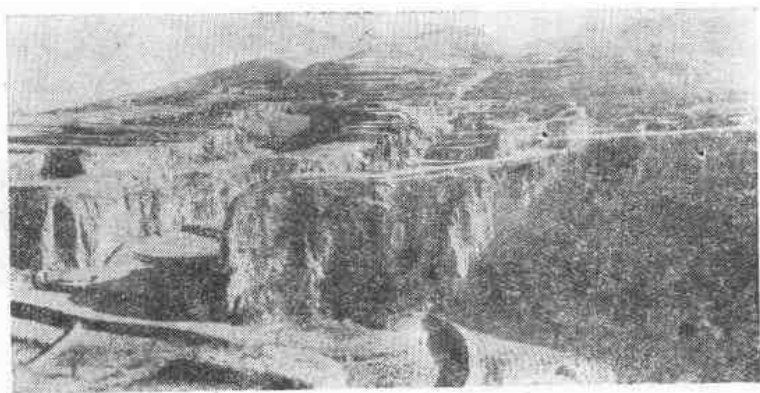
(四)建造“人造小平原”

大寨大队经过十多年的艰苦奋斗，逐沟逐梁的治理，既造了地，又保住了土，蓄了水。但还有不少地块狭窄、背阴、日照时数少、通风透光条件差，沟地里还有不少小土山。改变这些不利因素，就可以为实现农业机械化、水利化、园田化，高产更高产，开辟更加广阔的前景。为此，他们自1970年冬在已建成的“海绵田”上又开始了建造“人造小平原”的工程。搬山填沟，把几米、几十米高的小土山和大山梁嘴搬掉，把山梁间的沟沟坎坎全部填平，把过去几分几亩大的梯田改造成为十亩、二十亩大的平平展展的“人造小平原”。

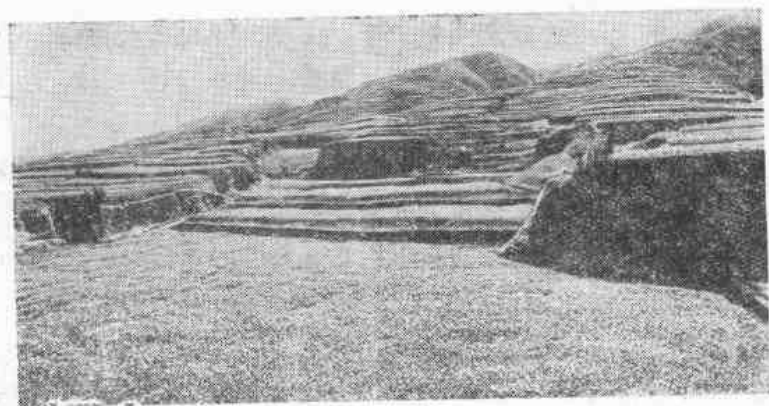
建成“人造小平原”后能进一步减轻洪水危害，将原来产生径流的地面变成了蓄积雨水的耕地。自1970年冬开始，经过四个冬春，推倒了大小23个山头，填平了15条沟盆，造出近200亩的“人造小平原”。1974年5月又在麻黄沟采用定向爆破新技术，一次爆破成功地搬掉一个山头，造地十亩左右。

如今大寨的耕地，由4,700多块并成为1,500多块，80%以上的土地已能机耕，为农业现代化提供了宽平的土地条件。

建造“人造平原”，须先把山头山嘴炸掉或炸散，然后垒坝筑桩，固定“人造平原”的边缘，用推土机或人工推土填平沟壑。但初步填好的“平原”，因大量生土翻出地面，大土块



昔日的狼窝掌，沟壑纵横



今日的狼窝掌，梯田层叠

图 94 狼窝掌的今昔

多，土质硬，孔隙大，水分少，先用履带拖拉机纵横耕耙多次，碎土结合镇压，再用碎土机或人工打碎土块和坷垃。有条件时，灌水压实，效果更好。灌水量每亩约需 80 立方米，最后一次用水须在播种前 10 天完成，以免影响整地，延误播种时间。这些措施可以减少漏水漏肥，有利于蓄水保墒。

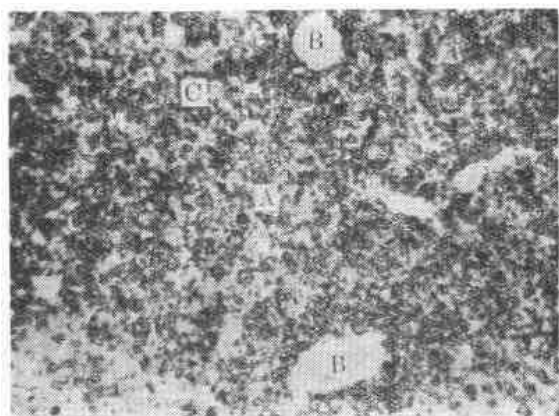
大寨贫下中农从治坡治沟治梁到人造平原，实现了“坡梁变梯田，沟壑变良田，小块变大块，山地变平原，能灌又能排，旱涝保丰收”的愿望。在重新安排山河，彻底改变生产条件的过程中，他们以“大于才能大变，大变还要大于”敢于革命的精神，改变了昔日的旧面貌，创造了今日大寨的新山河。大寨在荣誉面前找差距，以永不满足、永不停顿、永不后退的继续革命精神，继续扩大“人造平原”再建“海绵园田”，为实现农业现代化而战斗。

二、海绵土的基本特征

“海绵土”是比较肥沃的土壤，大旱之年也能获得亩产千斤以上的好收成。它的基本特征是活土层厚，疏松绵软，土壤整体结构良好，水、肥、气、热因素协调。

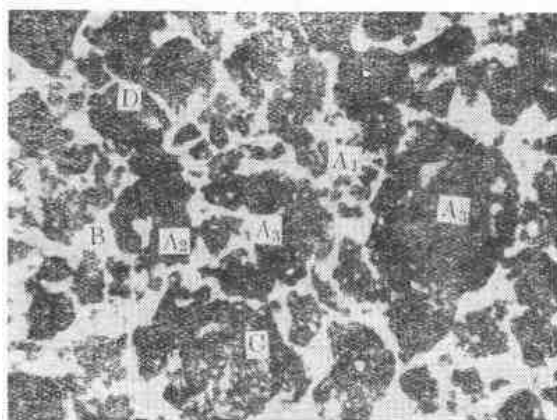
海绵土有 1 尺左右深厚的活土层（表土层），有机质含量较高，土壤质地砂粘适中，结构性较好，其中水稳性团聚体可达 21~36%，较新修地高出三分之一至一倍以上。团聚体的大小也不相同，最小的为 0.05 毫米左右，大的 1~2 毫米，还有 0.1~0.5 毫米的一级，这些大大小小的团聚体组成的活土层，疏松绵软，多孔相连，形成“海绵”构造。海绵土的孔隙度一般在 55% 左右，其中大孔隙 15% 左右，便于透水、通气；小孔隙 40% 左右，能保蓄大量水分。通常海绵土

的水分含量比一般土壤高 1~3%，空气容量高 10% 左右，土温高 1℃ 左右。土壤中有益微生物的数量增多、活动加强，



未改良黄土紧密的微结构形态

A、紧密的微结构；B、孔隙；C、矿物颗粒。



黄土性海绵土疏松的微结构形态

A₁、一级团聚体；A₂、二级团聚体；A₃、三级团聚体；
B、孔隙；C、矿物颗粒；D、炉渣碎屑。

图 95 黄土与海绵土微结构的比较 (×20, 单偏光)

土壤养分含量高、转化快，土壤有机质、全氮、全磷、水解性氮和速效磷、钾等常比一般土壤高出半倍到一倍。目前耕层土壤有机质含量达到1.5%以上。因此，海绵土的活土层常年疏松绵软，孔隙适宜，松紧适度，土体中固、液、气三项比例适当，水、肥、气、热因素协调。

深厚的活土层又可分为上表土和下表土两层。上表土层常年保持疏松多孔状态，有机质和大孔隙数量较多，有利于通气、渗水、保水、增温，促进养分转化，提高养分供应能力。下表土层略紧，小孔隙数量稍多，有的是深耕破除犁底层后形成的，有一定的通气、渗水能力，有利于作物根系伸展，又能保水保肥。表土层以下为深厚、稍粘、较紧的底土层，起托水、托肥和供水、供肥的作用。这样上虚下实，上下层相互配合，使整个土体蓄水保肥，水、肥、气、热协调，保证了作物在整个生育期对土壤营养条件的需要，从而达到高产稳产。

由于海绵土具有以上特征，不仅易耕易种，而且适种的作物增多，玉米的种植面积已由解放初期的25%扩大到65%左右，小麦的面积也有扩大，还经过试验，成功地在康家岭上种出了亩产千斤以上的水稻。随着土壤肥力的不断提高和生产条件的改变，旱地变成了水浇地，逐步扩大了一年两茬、两年五茬和细粮作物、经济作物的面积，提高了复种指数，并可合理安排轮作倒茬，进一步发挥土地的增产潜力。二十多年来，大寨粮食总产量翻了十翻，对国家的贡献也逐年增大。

三、海绵土的培肥

海绵土是大寨贫下中农以阶级斗争为纲，辛勤劳动、定向

培肥的产物。主要的培肥措施为增施有机肥料, 调剂土质、因土施肥, 实行“三深”耕种等三个方面。

(一) 增施有机肥料

大寨使用的有机肥种类很多, 如秸秆肥, 割青沤肥, 猪粪, 骡马粪, 牛羊粪, 人粪尿, 墙土和炕土等。其中高温堆沤的秸秆肥约占 70%。

1. 高温堆制秸秆肥的方法

高温堆肥是利用秸秆在堆腐过程中, 微生物大量繁殖, 秸秆迅速被分解为有效养分。高温堆肥的方法如下:

选地: 堆肥地点应选在离水源近、背风、向阳和运输方便的地方。

原料: 将玉米、高粱或小麦的秸秆铡成 1 寸左右, 加入适量的骡马粪、人粪尿和水, 一般是 1, 000 斤干玉米秸秆加 300~400 斤骡马粪, 100~200 斤人粪尿, 1, 000~1, 500 斤水。秸秆切碎后容易吸收水分和利于微生物的活动; 新鲜骡马粪则可以接种微生物; 人粪尿主要是供给微生物繁殖活动所需的养分, 尤其是氮素; 水分是为了满足微生物活动所需的湿度。总之, 在堆沤秸秆时加入上述物质都是为了满足微生物活动需要的条件和提高堆肥的质量。

堆腐: 将切好的秸秆和其它原料拌匀后, 在平地上逐层堆成宽 10 尺左右、高 5~6 尺的肥堆, 肥堆的长度视场地和材料多少而定。肥堆大小适度, 则保温好, 腐熟快。堆好后在堆面上覆盖约 2 厘米厚的细土, 以减少水分蒸发和养分损失, 并保持堆内温度稳定上升。

翻堆: 一般堆后 4~5 天, 堆内温度迅速上升, 有机物质逐渐被分解, 为了使堆内外有机物得到均匀分解, 堆后半月左

右进行翻堆。翻堆从一头开始，上下里外逐一翻匀。翻堆时如果堆肥比较干燥，应加入适量水分。翻堆后重新堆好。经过2~3次翻堆，秸秆基本腐熟。

腐熟堆肥具有黑、烂、臭、湿的特点，其有机质含量为12~14%，全氮2.2~2.5%，全磷0.1%左右。通过高温堆制后，秸秆内的病菌和虫卵大部分被杀死，杂草种子的发芽率也大大降低，因此还可减少病虫和杂草对作物的危害。

2. 秸秆还田、培养地力

秸秆肥主要用作基肥条施或撒施。其用量逐年增加，目前每亩施用量已由1953年的20担增加到100多担（每担约70~80斤）。

大量施用秸秆肥，改善了土壤养分状况。土壤中有有机质和养分含量不断提高。如1964年测定射阳地（地名）0~20厘米土层内土壤有机质含量为1.01%，全氮为0.06%；到1973年土壤有机质含量增为1.60%，全氮增加到0.10%。每年大量施用的有机肥料，除供给当季作物需要外，还起到改良和提高土壤肥力的作用。

3. 新修地增施有机肥料，加速生土熟化

大寨连年大搞农田基本建设，在新造成的“人造平原”上，翻出地面的大量生土，存在生、硬、干、冷等缺点，而大量增施有机肥料，能提高土壤有效养分，改良土壤结构，增加保水保肥能力，提高土壤温度，从而改善土壤整体构造。这是加速生土熟化，保证新修地当年增产的关键措施。如1972年新修的后底沟，遇到历史上罕见的干旱，70多亩高粱地还夺得了平均亩产600多斤的好收成，当年过了“黄河”，第二年种植玉米，又受到春旱、伏旱和秋涝的威胁，但平均亩产跃过了千斤，过了“长江”。

大寨大队在大抓有机肥料的积制与施用的同时，还很重视化学肥料的合理施用。如将过磷酸钙与骡马粪、人粪尿一起堆沤，作种肥深施，使磷肥集中在根系周围，充分发挥其肥效。又如在作物生长旺期适量追施速效氮肥，在地力不匀、作物生长不齐的新修地，局部追施速效氮肥，以促进作物正常生长和均衡增产。

(二) 调剂土质，因土施肥

1. 客土

大寨有沟地、梁地和坡地，其土质有白土、红土、黑土和砂土的差别。这几种土壤的特性各不相同，如红土其土质粘硬，紧实，通透性差，不易耕作，但保水保肥性强；砂土其土体疏松，耕性好，但保水保肥性较差；黑土和白土的土质则较好。针对不同土质，采用客土法加以调剂，如砂土掺红土，红土掺砂土，这样经过客土改良的土壤，具有“三好、一方便”的特点，即保水、保肥、通气性好和耕作方便。

2. 因土施肥

大寨多年的实践证明，因土施肥也是改土增产的好办法。如砂土地多施墙土、炕土等泥肥，能提高土壤保水保肥能力；粘质土，多施炉渣灰，可增强其透水通气能力。背阴地，由于日照短，地温低，多施骡马粪等热性肥料，可提高地温；向阳地，则日照长，地温高，可施用猪粪等冷性肥料。大寨的猪圈建在阳坡地，而骡马棚建在阴坡地，就是为了便于因土施肥和就近用肥。

(三) 实行“三深”耕种

“三深”就是深耕、深种、深刨。由“三浅”变“三深”，是大

寨耕种措施上的重大改革。解放初期,大寨仅有七牛八驴,畜力弱,生产工具落后,只能耕深3寸左右。随着生产的不断发展,集体经济的不断壮大,他们迫切要求改变生产条件,进一步发展生产,为社会主义建设多作贡献。他们在大搞农田基本建设的同时,实行了“三深”耕种改革。

1. 变浅耕为深耕

1955年开始,大寨在秋耕时就采用套犁深耕,前面用两头牛耕翻4寸,后面再用一牲口顺着犁沟加深2寸,这样就可耕深5~6寸了。到1958年,全大队土地都轮流深耕过一遍。公社化后,他们进一步深耕到6~7寸。无产阶级文化大革命以来,80%的土地都能进行机耕,一次耕深达8~9寸。连年深耕结合施用大量有机肥料,有效地加厚了活土层,使土地变成了贮藏水分和肥料的仓库,增强了土地的抗旱与耐涝能力。

2. 变浅种为深种

过去玉米播深2寸左右。由于深耕增厚了活土层,现在一般深种到3~4寸。如遇到严重干旱,则深种到4~5寸。深种加强了作物抗旱、抗风能力,还可以防止早衰,达到籽粒饱满。

当然,深种要根据具体情况灵活掌握,不能千篇一律。深种要求活土层起码有6寸厚度,还应根据地形、土壤类型、墒情和作物品种区别对待。坡梁地,水分少,地温高,可种深些;沟洼地,水分多,地温低,宜适当种浅些;砂土地、向阳地,温度高,水分少,应种深些;粘土地、背阴地,温度低,墒情好,宜种浅些。玉米的品种不同,出苗顶土的力量也不一样,播种深浅也应有所不同。总之,要因地、因作物制宜,才能收到深种的良好效果。

3. 变浅锄为深锄

深锄是在雨季前，玉米定苗后苗高1尺左右时，用镢头在玉米行间深刨7~8寸甚至1尺，株间刨浅一些，刨后土地不需平整，留下许多小坑坑、小窝窝，以利接纳雨水。

深刨要做到“三要、三不要”，即一要刨得深、匀、细，不要贪多求快漏了除草；二要刨得准，不要打了叶，伤了根，埋了苗；三要赤脚刨，留下许多小坑坑，不要平整。

“三深”耕种法的优点可概括为：“三深促一深(根深)，一深促三抗(抗旱、抗风、抗涝)，三抗促高产，用地又养地，熟土又增产”。

由上可知，大寨大队在大搞农田基本建设的同时，通过增施有机肥料，调剂土质、因土施肥，改革耕作管理等培肥措施，创造了活土层厚，疏松绵软，高产稳产的海绵土，1975年粮食平均亩产高达1100斤。

四、学习大寨精神，建设基本农田

我们伟大的祖国，历史悠久，劳动人民对于识土、用土和培育肥沃土壤有丰富的经验。但是，解放前由于帝国主义、封建主义、官僚资本主义三座大山的残酷压迫和剥削，肥沃的土地遭到破坏，广大农村处于“人穷、地瘦、产量低”的落后状态。

新中国的诞生象一轮红日从东方升起，中国人民在伟大领袖毛主席和中国共产党的领导下，搬走了压在自己头上的三座大山，广大劳动人民翻身做了主人，社会主义事业以排山倒海之势，雷霆万钧之力，磅礴于全世界。1958年，伟大领袖毛主席亲自主持制定了“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线，又制定了农业“八字宪法”。广大贫

下中农在总路线的指引下，全面贯彻农业“八字宪法”，掀起了轰轰烈烈的深耕改土运动，使土壤肥力迅速提高，作物产量不断上升。接着又开展了声势浩大的群众性土壤普查鉴定运动，摸清土壤底细，挖掘土地潜力，为农作物的进一步增产打下了良好的基础。1964年，毛主席发出了“农业学大寨”的伟大号召，广大贫下中农学习大寨精神，坚持社会主义方向，与阶级敌人斗，与天斗，与地斗，重新安排山河，一个大搞农田基本建设，改造土壤的群众运动迅猛发展。

但是，树欲静而风不止。在社会主义这个历史阶段中，还存在着阶级、阶级矛盾和阶级斗争。刘少奇一类骗子出于反革命的罪恶目的，疯狂地对抗毛主席的革命路线。解放初在农村竭力保护和发展富农经济；在农业社会主义改造基本完成以后，又大刮“三自一包”、“四大自由”的黑风，疯狂地破坏农村的社会主义革命。乌鸦的翅膀遮不住太阳的光辉，螳螂的臂膀挡不住历史车轮的前进。我们伟大的领袖毛主席亲自发动和领导的无产阶级文化大革命，彻底揭露和粉碎了刘少奇、林彪复辟资本主义的阴谋，伟大的毛泽东思想更加深入人心，广大贫下中农和革命干部以马列主义、毛泽东思想为武器，深入开展革命大批判，大破孔老二和刘少奇、林彪之类的“天命观”、“天才论”，坚定“人定胜天”，改造自然的革命思想，更加焕发了为革命种田的社会主义积极性。

“革命就是解放生产力，革命就是促进生产力的发展。”经过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，广大贫下中农和革命干部认真落实毛主席关于“农业学大寨”的伟大指示，进一步掀起了学习大寨精神，大搞农田基本建设的群众运动。学大寨，长城内外，大江南北，大寨红花遍地开。广大贫下中农、革命干部和知识青年胸怀祖国，放眼世界，自力更生，艰苦奋斗，进

行了规模空前，气壮山河的改造大自然的战斗。他们大搞农田基本建设，把坡地改梯田，旱地改水田，沙漠变绿洲，海滩变良田，不断提高土壤肥力，建设高产稳产农田，土地的面貌发生了巨大变化。不论是平原还是高原，农区还是牧区，改天换地的战斗凯歌响彻云天。

大寨大队的所在县——昔阳县，全境山峦起伏，沟壑纵横。1967年以来，昔阳县委在陈永贵同志的带领下，在全县掀起了波澜壮阔的“农业学大寨”运动。全县学大寨，大寨促全县。山河易貌，产量上升。1966年亩产233斤，1971年上升到641斤，大旱的1973年亩产仍达648斤，1975年达到803斤。在毛主席革命路线的指引下，昔阳县变成了全国第一个大寨式的县。

华北平原的冀、鲁、豫三省，在无产阶级文化大革命前，粮食不能自给，年年需要南粮北调。北方地区农业会议前，三省还需吃供应粮。但是最近四、五年，三省的广大干部和群众，大批修正主义，大批资本主义，调动千军万马学大寨，迅速甩掉了“缺粮户”的帽子。这个地区已有一批县、市粮食亩产过了“长江”。

位于华北平原南部的黄泛区和黄河故道，过去是黄沙、盐碱覆盖的地方，沙岗起伏，沟壑纵横，人们形容这里是“风来飞沙遮日月，雨来遍地淌流沙”。解放后，特别是学大寨以来，经过大面积植树造林和治水改土综合治理，这里已出现连绵不断的林带，成片的果园和万顷良田。真是新旧社会两重天。

河南省的林县和辉县，都是太行山区的大寨式先进县。林县人民从1960年开始，经过十年艰苦奋斗，先后劈开1250个山头，凿通134个隧洞，架起150座渡槽，建成了举世闻名的红旗渠。奔腾不羁的漳河水，依照人民意志，驯服地流进红旗渠。渠水穿山越岭，回转奔流，滋润着万顷良田。辉县人民与

山洪乱石展开英勇斗争，不断克服山区人多地少的矛盾。这个县的梁村公社位于太行山脚的乱石滩上，从1973年开始利用冬、春农闲时间，远行50里，将乱石滚滚的滩地深翻1米后，进行土石分家，把石块叠在底下，泥土铺在上面，就这样用了不到一年时间造出方田1500亩，1974年冬播下的小麦就茁壮生长。现在的林县和辉县再不是过去穷山恶水的旧面貌，展现在人们面前的是一幅崭新的图画：山坡上，支离破碎的小片耕地连成了层层梯田；几十里长的乱石滩如今成了米粮仓；大小水库犹如一颗颗镶嵌在山间的翡翠，玉带般的渠水绕山盘旋，还有截流坝、飞水桥，组成了巨大的山区灌溉网，蜿蜒的公路伸展在群山之间，连花岗岩山头也变了模样，人们硬是在上面点炮炸坑，垫土植树，使它长出郁郁葱葱的林木……。林县人民发扬大寨精神，结束了“水贵如油，低产落后”的历史，使全县的灌溉面积由过去的1.2万亩发展到近40万亩，其中旱涝保收田达34万亩，开创了清水畅流，粮棉年年丰收的历史新篇章。辉县人民学大寨，用自己的双手扩大耕地面积3万多亩，农业生产迅速发展。1974年，辉县在遭受干旱的情况下，粮食平均亩产等于1965年的2.4倍；1975年夏收小麦亩产一季过“黄河”，总产比1965年全年粮食总产还多50%以上。

在“世界屋脊”的西藏高原，广大干部和社员群众，以大寨为榜样，依靠人民公社的集体力量，勇敢地向大自然进军，创造了在封建农奴制下连想也不敢想的许多宏伟业绩。英雄的西藏人民，硬是用铁锤、钢钎和十字镐等简单的工具，在昔日沉寂的丛山峻岭间，修起了一座座水库，在过去“山羊不敢走”的悬崖峭壁上，开出了一条条盘山渠道，在雪山脚下的千古荒原上，建起了层层梯田。据统计，近三年来，全区共修建梯田、

台田、园田 80 多万亩；新修和整修水库、水塘 5,000 多个；修建水渠长达 5,000 多公里。1974 年，全区牛、羊、马等牲畜，比民主改革前的 1958 年增长了 1.3 倍；农业生产也有很大发展，全区 14 万亩冬小麦，平均亩产 230 斤。更可喜的是，在大面积丰产中，还出现了小面积亩产 1,400 多斤的高产纪录，创造了冬小麦的高产奇迹。西藏农牧业的发展，为保卫西南边疆，加速西藏的社会主义革命和社会主义建设，提供了坚实的物质基础。

学大寨，低产可以变高产，高产还能更高产。

我国著名农业高产地区之一的江苏省苏州地区，粮食亩产超过千斤关以后，继续沿着农业学大寨的道路阔步前进，连续四年实现高产更高产。从 1971~1974 年四年间，全区平均每年粮食亩产增加 70 斤。1974 年，平均亩产达到 1353 斤。向国家提供的商品粮也逐年增加。同时，还卖给国家相当数量的皮棉和油菜籽。

“要产一吨粮，先造吨粮田”。苏州地区在不断挖掘生产潜力，夺取高产更高产的过程中，十分重视改变生产条件。这个地区历来水利条件较好，解放后又逐步提高标准，做到能灌能排。年年大搞农田基本建设，生产年年有发展。例如江阴县华西大队，粮食过了《纲要》就建设“千斤田”，过了千斤又建设“双纲田”（亩产 1,600 斤），超过了“双纲”又建设“吨粮田”，亩产超过两千斤后又建“三纲田”（亩产 2,400 斤）。

在平均每人只有一亩粮田的情况下，要实现农业的高产更高产，必须坚持不断改革旧的耕作制度，这是苏州地区多年积累的一条重要经验。1970 年，吴县龙桥大队贫下中农学习大寨劈山造田的革命精神，大面积种植双季稻，将一年两熟（稻麦）改三熟（稻、稻、麦），粮食亩产超过了两千斤，为江南水

乡高产闯出了一条新路子。

苏州地区的实践证明，认真学习大寨和昔阳的经验，思想不断革命，高产地区也能持续增产，为国家作出更大的贡献。

广大草原地区的牧民群众，响应毛主席“农业学大寨”的伟大号召，建设基本草场，促进了牧业的发展。例如，内蒙古伊克昭盟乌审召公社，十年来认真学习大寨，用大寨贫下中农“人定胜天”的精神，改造沙漠十多万亩，建设基本草牧场八万亩，牲畜头数比解放初期增长四倍，把一个沙害严重，贫穷落后的荒凉草原，建成欣欣向荣的社会主义新牧区，成为牧区学大寨的先进典型。又如，位于祁连山北麓的山丹军马场，共有60万亩草场，其中放牧价值低的占6.3%，干旱草原占29%，其余的为中心草原，但由于过去长期过度放牧，优质牧草逐渐退化，各种杂草和毒草繁衍滋生。该场于1964年学大寨以来，建立了草原改良研究小组，对全场各类草原土壤性质、植被类型、牧草产量、载畜能力以及各种牧草的生态特性、营养成分，进行了全面调查和分析，针对低产、退化草原的不同特点，开展了多项改良试验，摸索到一些有效办法。1966年成立了草原改良队，开始了大面积的草原改良，建设基本草场，到1974年止，已有6.3万多亩草场，产草量成倍增长，为军马和牛羊的稳定、优质、高产提供了不可缺少的条件。

在轰轰烈烈的农业学大寨群众运动中，广大知识青年也作出了贡献。他们认真读马列的书和毛主席的著作，虚心接受贫下中农再教育，努力改造世界观，同贫下中农一道，在改良土壤和发展农业生产的斗争中，取得了显著的成绩。在辽宁省东沟县长山公社抗大六队插队落户的知识青年小组，同贫下中农一起，经过几年的艰苦奋斗，把“下雨一片水汪汪，天旱起碱白茫茫”的洼涝碱地，改造成了米粮川，粮食平均亩产

由原来不到 100 斤提高到 800 多斤。奔赴新疆准噶尔盆地红山地区的知识青年，与人民解放军一起，历尽艰险，环山开渠，拦河筑坝，平整土地，边开荒，边治碱，把盐碱滩改造成了良田。战斗在江西省井冈山地区的知识青年，以老根据地革命人民为榜样，积极参加三大革命运动，经受了锻炼，发挥了积极作用。

全国农业学大寨会议 1975 年 9 月在山西省昔阳县开幕。参加会议的 3,700 多名代表，肩负着亿万农村干部和贫下中农委托的重任，怀着渴望学习和继续战斗的心情，分别参观了昔阳县学大寨的先进社、队，认真地看，仔细地听，对比着想。他们在虎头山上，在松溪河畔，亲眼看见一座座气壮山河的工程，看到长满密茂庄稼的层层梯田，看到大寨和昔阳人民意气风发的精神面貌，心情激动，感慨万千。他们说，大寨、昔阳一年一个样，一步一层楼，真是成就看不够，经验学不完。他们对照大寨、昔阳找差距，并异口同声的说：“只要认真学习大寨的根本经验，昔阳能办到的，我们也能够办到。”

在毛主席、党中央的亲切关怀下，全国农业学大寨会议胜利闭幕。大会发出了“全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗”的战斗号召。农业学大寨，普及大寨县，是一个在无产阶级专政下继续革命，多快好省地建设社会主义农业的伟大的革命群众运动。目前，从长白山麓到珠江两岸，从东海之滨到天山南北，贯彻落实全国农业学大寨会议精神已形成高潮。参加全国农业学大寨会议的十二名下乡和回乡知识青年写给毛主席、党中央的信，反映了全国战斗在农业生产第一线的知识青年的意志和决心。他们豪迈地表示：“我们一定行动起来，投身到轰轰烈烈的农业学大寨运动中去，为普及大寨县，实现农业机械化，贡献自己的青春”。

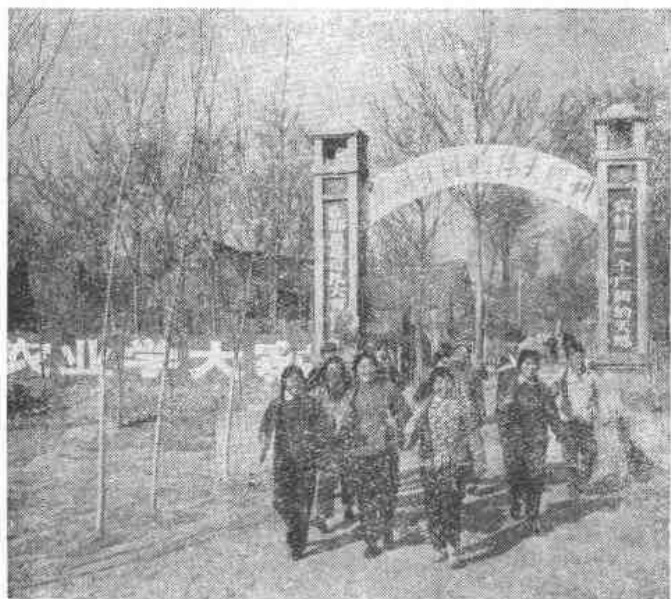


图 96 为普及大寨县战斗在广阔的天地

在全国农业学大寨会议精神的鼓舞下，大寨式的先进县一定会成批涌现，我国农村的社会主义阵地一定会更加巩固，农业生产发展的宏伟规划一定能胜利实现，富饶的土壤资源也一定能发挥出更大的生产潜力。让我们在毛主席革命路线的指引下，在社会主义革命和工农业生产新跃进的激流中，高歌猛进！

附 录

一、土壤化学诊断的方法

无论是土壤化学诊断，或是作物化学诊断，其测定方法要求简便、快速、重现性好、灵敏度高，以便为合理施肥及时提供较为可靠的参考。目前作为化学诊断所采用的方法有：试纸点滴法或瓷盘点滴法，其优点是简便快速，节省药品，此法能大致判断土壤或作物中养分的丰缺情况，但分辨率不够高；另一种为试管比色法，它比试纸点滴法在操作上稍为复杂，但灵敏度和准确性却高得多，重现性亦好，能达到半定量测定的要求。

土壤化学诊断的内容，包括土壤酸碱度，土壤水解性氮、铵态氮和硝态氮，土壤速效磷、钾及土壤有机质等的测定。

(一)土壤酸碱度的测定

土壤酸碱度是影响土壤肥力的重要因素之一，它不仅影响土壤养分的转化及其有效性，影响肥料的施用和土壤微生物的活动，还直接影响作物的正常生长，因此，了解土壤酸碱度有利于作物的布局以及采取相应的改良措施。此外，在进行化学诊断前，也必须了解土壤的酸碱度，以便确定采用比较适宜的测定方法(例如土壤的浸提液的选择等)。

测定土壤酸碱度的方法很多，下面介绍混合指示剂比色法。其准确度可达 0.5pH 值，测定范围可从 pH 4 测到 pH 9。方法简便，适用于田间测定。

1. 测定原理：利用指示剂在不同 pH 值的溶液中显示不同颜色的特性，故可根据指示剂显示的颜色确定溶液的 pH 值。

2. 混合指示剂配制：

pH4~8 混合指示剂：称取等量的(0.25克)溴甲酚绿、溴甲酚紫

及甲酚紅三種指示劑，放在硬質玻璃研鉢中，加 15 毫升 0.1N 氫氧化鈉 (NaOH) 及 5 毫升蒸餾水，共同研勻，再加入純淨約 95% 乙醇 25 毫升使之溶解，然後用蒸餾水稀釋至 1 升。最後用 0.1N 的 NaOH 或 HCl 調節至 pH7 的顏色，其變色範圍如下：

| | | | | | |
|------|---|-----|-----|-----|---|
| pH 值 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 顏色 | 黃 | 黃 綠 | 灰 綠 | 藍 紫 | 紫 |

pH7~9 混合指示劑：稱取等量的 (0.25 克) 甲酚紅和百里酚藍，放在硬質玻璃研鉢中，加 0.1N 氫氧化鈉 (NaOH) 11.93 毫升，共同研勻，使之溶解，用蒸餾水稀釋至 1 升，如顏色不足棕紅色，須用稀酸或稀鹼液調整。其變色範圍如下：

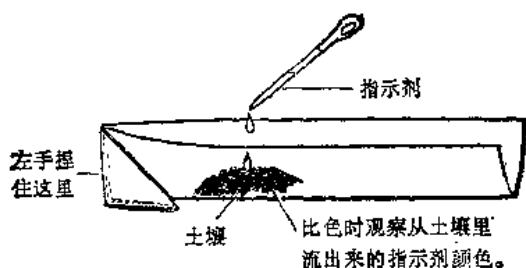
| | | | |
|------|---|-----|---|
| pH 值 | 7 | 8 | 9 |
| 顏色 | 黃 | 棕 紅 | 紫 |

3. 測定方法：測定用的工具很多。最常用的是白色多孔瓷板，在孔內加土壤和混合指示劑，用玻璃棒攪勻後觀看顏色。也可用塑料薄膜 (5×10 厘米) 襯以白紙代替瓷板，測定前在薄膜上加一滴混合指示劑，檢視顏色是否呈藍紫色，如不呈藍紫色，則表示薄膜上沾染有酸性或鹼性物質，需要重換一張薄膜或洗淨擦乾後再用。也可以用白色瓷匙來代替。

用塑料薄膜測定的具體做法：先將一張白紙襯在塑料薄膜下，使紙和薄膜重疊在一起，然後橫向對折，再把左面一端向上折，用左手捏住。取黃豆大小的上樣放在塑料薄膜的折槽轉折的一端，加指示劑 3~5 滴滴於土樣上，用右手指在襯紙外輕輕把土樣捏碎，並來回傾轉薄膜槽，使指示劑和土壤充分作用。隨後，使薄膜傾斜，讓指示劑從土樣中向一端流出，稍俟澄清後，即可觀察顏色，與 pH 標準色卡進行比較，判斷土壤的 pH 值。

在測定過程中，試劑和用具均不能和任何酸鹼物質接觸 (如農藥、

氨水、石灰、烟灰、肥料等),如稍有沾染,就会影响测定结果的准确性。



图附 1 土壤酸碱度测定示意图(用塑料薄膜)

(二)土壤速效养分的测定

土壤的速效养分一般能反映近期可供作物利用的有效养分状况。土壤中的氮素,因绝大部分是有机状态,测定土壤中全氮的含量不能代表近期能被作物利用的数量,但土壤中速效氮的含量取决于土壤中有有机物质含量和其矿化分解速度,而矿化分解速度又受土壤环境、微生物活动、耕作措施等因素的影响。所以说,速效氮在土壤中是很活跃的,不如速效磷、钾稳定。以下介绍土壤碱解氮、硝态氮和铵态氮的测定方法。至于这些方法所得结果和生产的关係,以及它们作为肥力指标的诊断标准,都有待进一步研究。

1. 土壤氮的测定:

(1) 土壤水解性氮的测定:

① 测定原理: 土壤通过碱解后产生的铵离子(NH_4^+),在碱性条件下,与奈氏试剂反应,生成溶解度较小的碘化氨基氧化汞的黄棕色溶液或沉淀。 NH_4^+ 愈多,颜色愈深,与标准色卡比较,即可判断土壤中可碱解的速效氮的含量。

② 试剂配制:

20%氢氧化钠: 20克氢氧化钠溶解于100毫升水中。

2N硫酸: 取6毫升浓硫酸,缓缓注入于100毫升蒸馏水中,混匀。

奈氏试剂: 配方 I: (A)称碘化钾(KI)7克,碘化汞(HgI_2)10克,

溶于少量水中。(B)另配一碱液, 溶 16 克氢氧化钠于 50 毫升水中, 冷却后将(A)缓缓倒入碱液(B)中, 边加边搅拌, 最后用水稀释至 100 毫升, 取清液貯于暗色瓶中。如发现试剂变黄, 应重配。

配方 II: 称 5.0 克碘化钾溶于 10 毫升蒸馏水中, 另称 3.5 克氯化汞(HgCl_2)溶于 20 毫升蒸馏水中(稍加热溶解), 然后将氯化汞液徐徐注入碘化钾溶液中, 并不停地搅动, 直到红色沉淀不再消失为止。再加入 30% 氢氧化钾(或 20% 氢氧化钠)溶液 70 毫升, 并不断搅动, 然后再加数滴氯化汞溶液至出现红色沉淀为止。静置过夜, 将上部清液(因碱性过强, 不可用滤纸过滤)倾注入带橡皮塞的棕色瓶中储存, 严防氨气沾污。如溶液变黄, 应重配。

上述两种配方可任选一种。配方 I 配制手续较简便, 但需用碘化汞, 如无碘化汞时, 可采用配方 II。

(注意! 汞试剂有毒, 用后一定要洗手, 切不可误入口中)

铵态氮标准溶液: 称取 0.382 克氯化铵(NH_4Cl), 用蒸馏水溶解并定容为 1000 毫升, 溶液中铵态氮浓度为 100ppm。使用时可根据需要稀释到一定浓度(2.5~15ppm)显色进行比较。

③ 使用仪器:

(i) 带盖塑料小圆盒直径约 6 厘米, 高约 2.2 厘米(也可用其他不易漏气的小塑料盒)。用前应仔细检查有无裂痕, 盖后是否紧密, 是否会漏气; 漏气者不能使用。

(ii) 塑料小杯, 体积约 2~30 毫升(也可用瓷质、玻璃质酒盅代替)。

④ 测定步骤:

取相当于干土 0.5 克的自然湿土平铺于塑料盒底的周围, 另剪与盒盖大小相同的圆滤纸片, 将其紧贴于盒盖内面, 纸上滴加 2N 硫酸数滴*, 使纸能贴住盖顶, 同时使碱解出来的氨挥发后被酸吸收。于盒底中央用滴管迅速注入 20% 氢氧化钠 2 毫升, 立即盖紧盒盖, 勿使漏气。

* 滤纸上滴加硫酸不能过多, 使滤纸刚刚能贴住盖顶为限。如加酸过多, 在碱解加热过程中, 由于水汽在盒顶上凝结, 会使纸上含铵溶液滴落下去而致影响结果。

将整个塑料盒水平转动,使碱液与土充分接触,然后将塑料盒小心平放于水温为 80°C 的水面上,任其自然降温。由放入时计时,经15分钟立即取出。打开盒盖,检查盒内碱液是否与土壤充分混合,盖内滤纸是否完好未受碱液浸渍。如果一切正常,就用镊子或玻璃棒将滤纸取下,放入塑料小杯中,用皮头滴管取蒸馏水5毫升,分次冲洗盒盖,一并倒入小杯中。

从小杯中吸取稀释液4滴,注于白瓷比色盘穴中,加奈氏试剂1滴,与标准比色卡比色。显色液含氮ppm数乘10,即得土壤水解氮含量ppm数。

(2) 土壤硝态氮的测定(旱地土壤)——硝酸试粉法:

① 测定原理: 在酸性条件下,土壤中的硝酸根离子(NO_3^-)在锌的催化作用下,还原成亚硝酸根离子(NO_2^-),此 NO_2^- 进一步与试剂对氨基苯磺酸及甲萘胺化合而形成玫瑰红色的偶氮染料。在一定范围内,红色深浅可表示 NO_3^--N 的多少。

本方法的灵敏度范围为 $0.5\sim 20\text{ppm}$,反应一定要在酸性条件下进行。

② 试剂配制:

1N 硫酸钠: 称取16克结晶硫酸钠($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 分析纯),溶于100毫升蒸馏水中(配制这一溶液时,不能用等当量的无水硫酸钠代替,因后者难溶,配制有困难)。

硝酸试粉: 称硫酸钡50克,分做数份,分别与硫酸锰($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)5克,锌粉1克,对-氨基苯磺酸2克, α -萘胺1克,在研钵中研细混匀。最后再和37.5克柠檬酸一起研磨,充分混匀。贮存于暗色瓶中,防潮,避光。

50%醋酸: 取冰醋酸加等体积的蒸馏水稀释之。

NO_3^--N 的标准比色卡*: 玫瑰红色由浅至深为1ppm、2.5ppm、5ppm、10ppm的 NO_3^--N ,分别表示极缺、较缺、中等、高量四级水平

* 硝态氮的标准溶液: 称取分析纯的硝酸钾7.22克加水定容为1000毫升,溶液中 NO_3^--N 的浓度为1000ppm。可根据需要稀释成系列的标准溶液。

(试纸点滴法的标准色卡, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量由高、中、低三级水平表示)。

③ 测定步骤: 称取相当于 2 克干土的新鲜土样于试管内, 加入 0.5N 碳酸氢钠(石灰性土壤)或 1N 硫酸钠 10 毫升, 加塞剧烈摇动 3 分钟, 放置澄清或过滤, 吸取滤液 4 滴于小试管内, 加 50% 醋酸 1 滴, 加硝酸试粉一小匙, 用玻棒搅匀, 5 分钟后与同样操作的标准溶液比较。记录显色浓度, 将浓度的 ppm 数乘 5 即为土壤硝态氮含量 ppm 数。

(3) 铵态氮的测定:

① 测定原理: 同土壤水解氮。

② 试剂配制:

10% 硫酸锌: 称硫酸锌($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 10 克, 溶于 100 毫升水中。

5% 氢氧化钠: 5 克氢氧化钠溶于 100 毫升水中。

5% 乙二胺四乙酸二钠盐(EDTA): 5 克乙二胺四乙酸二钠($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和 2 克氢氧化钠溶于 100 毫升水中。

③ 测定方法: 称取相当于 2 克干土的田间自然湿土, 放在小试管中, 加 1N 硫酸钠溶液 10 毫升*, 剧烈摇动 3 分钟, 过滤, 如所测土样为还原性较强的水田湿土, 则取 5 毫升滤液加 10% 硫酸锌溶液 1 滴**, 充分摇匀, 再滴加 5% 氢氧化钠溶液 1 滴***, 再次摇匀后可见白色沉淀(有的带淡黄色), 应立即过滤, 以去除硫化物及部分低价铁锰离子对测定的干扰。然后吸取滤液 4 滴于小试管中, 加 5% EDTA 溶液 1 滴, 再加奈氏试剂 2 滴, 摇匀, 5 分钟后与标准色卡比色。测得的比色液中 ppm 数乘 5, 即得土壤中铵态氮 ppm 数。

* 如果旱地土壤不用硫酸钠或酸性浸提剂而用碱性浸提剂(如碳酸氢钠溶液), 则 EDTA 可以不加, 这时奈氏试剂用量可以减为 1 滴。在碱解氮的速测比色时也用这同一方法来配制标准色阶(即不加硫酸钠浸提液而改用蒸馏水, 外加奈氏试剂 1 滴, 但不加 EDTA)。

** 如果水田土壤还原性不强, 稀根不黑, 土壤加 1 滴稀盐酸后无臭蛋似的硫化氢味, 可以不加硫酸锌处理。

*** 加氢氧化钠后, 如不见沉淀, 可能由于氢氧化钠用量不足, 可再加半滴至 1 滴, 但不能过多, 过多后即无沉淀或沉淀减少。加碱后应立即过滤, 并立即取滤液测铵。放置时间过久会导致氮的挥发损失, 热天尤应注意。

2. 土壤速效磷的测定:

磷素是作物生长中不可缺少的营养元素。土壤中含磷的含量高低,只能说明磷的总储量,不能用来推断作物能利用的速效磷含量的高低。因此,测定土壤中速效磷的含量,对施用磷肥有参考价值。

土壤中的速效磷,由于土壤类型和土壤性质不同,测定的方法很多。它们之间的主要差别在于提取剂的不同。一般在石灰性和中性土壤上用 $0.5M$ (M 表示克分子浓度,即 1 升溶液中含有 1 克分子溶质时溶液的浓度) 碳酸氢钠作为提取剂,在酸性土壤上用酸性氟化铵 ($0.025N$ $HCl-0.03N$ NH_4F) 作为提取剂都较为理想。其所测得的速效磷含量与田间产量及幼苗试验结果的相关性较好。

(1) 测定原理: 速效磷被提取到溶液中后,用钼蓝比色测定。其原理: 在一定酸度条件下,磷酸与钼酸铵结合生成磷钼酸,磷钼酸在氯化亚锡还原剂的作用下,产生蓝色的磷钼蓝。根据提取液中速效磷含量不同,产生的蓝色深浅也不同,蓝色愈深,表示磷含量愈高。

(2) 试剂配制:

$0.5M$ 碳酸氢钠溶液($pH8.5$): 称取 42 克碳酸氢钠($NaHCO_3$)溶于 1000 毫升蒸馏水中(此溶液配成后放置时间不宜过长,否则 pH 值会有变化)。

钼酸钼酸铵溶液: 称 15 克化学纯钼酸铵溶于约 800 毫升蒸馏水中,缓缓加入 458 毫升浓盐酸(比重为 1.19),边加边搅拌,然后加蒸馏水定容至 1000 毫升。(用于碳酸氢钠溶液浸提土壤。)

1.25% 氯化亚锡甘油溶液: 称取淡黄色新鲜干燥的化学纯氯化亚锡结晶颗粒($SnCl_2 \cdot 2H_2O$)1.25 克,加浓盐酸 5 毫升,待全部溶解后(如混浊,应过滤),再加化学纯的甘油 95 毫升,混匀,贮于棕色瓶中,塞紧瓶盖,放置在阴暗处或瓶外用黑纸包起来,此溶液可贮存半年左右。

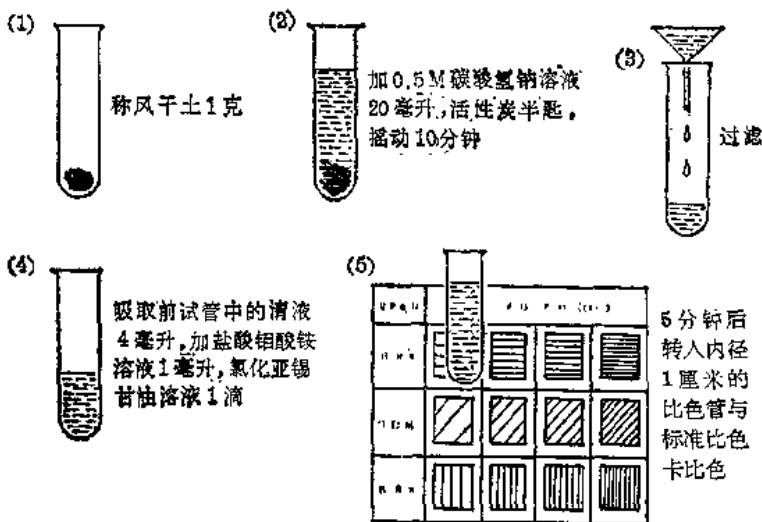
活性炭: 使用前用 $0.5M$ 碳酸氢钠浸泡一夜,去除其中的磷,用漏斗过滤后,再用蒸馏水洗至中性(用 pH 试纸测试),烘干后备用。

(3) 测定步骤:

① 中性和石灰性土壤水土比为 20:1 的测定: 称 1 克风干土(或相

当于 1 克干土的湿土), 放在 25 毫升试管中, 加入 20 毫升 0.5M 碳酸氢钠溶液, 再加入小半匙活性炭(起脱色作用), 用橡皮塞塞紧, 用力摇动 10 分钟, 使溶液澄清或过滤, 然后吸取滤液 4 毫升放入另一试管, 加 1 毫升盐酸钼酸铵溶液, 1 滴氯化亚锡甘油溶液, 摇匀, 5 分钟后转入内径 1 厘米的比色管, 与标准色卡进行比色。

操作步骤图解如图附 2。



图附 2 钼蓝比色法测定土壤速效磷

结果计算如下:

土壤中速效磷(p)含量(ppm) = 测得的 ppm 数 $\times \frac{V}{W} \times \frac{V_2}{V_1}$ 。式中“V”为所用提取液的毫升数; “W”为风干土样重(克); “V₁”为吸取滤液的毫升数; “V₂”为显色溶液的毫升数。

测定的速效磷含量可换算成每亩耕层土壤中速效磷含量的斤数(每亩耕层土壤按 30 万斤计算)。每亩速效磷含量(斤) = 测得的 ppm $\times 30$ 万; 上式可简化为: 每亩速效磷含量(斤) = 测得的 ppm 数 $\times 0.3$ 。

例: 某生产队一号田块土壤中速效磷含量为 15ppm, 折合每亩耕层土壤中速效磷有多少斤?

$$\text{每亩速效磷含量(斤)} = \frac{15}{100\text{万}} \times 30\text{万} = 15 \times 0.3 = 4.5$$

② 中性和石灰性土壤水土比为 5:1 的测定: 应用营养速测箱, 在田间进行速效磷的测定, 箱内药品数量有限, 为了节约药品用量, 可以将提取液和土壤样品的比例减小为 5:1。虽然, 水土比减小了, 但测得的结果仍能相对地反映出土壤中速效磷含量的丰缺程度。

称 2 克风干土放在 10 毫升试管中, 加 10 毫升 0.5M 碳酸氢钠溶液, 使水土比为 5:1, 再加小半匙活性炭, 用橡皮塞塞紧, 用力摇动 5 分钟, 过滤, 随后吸取清液 4 毫升, 放在另一试管中, 加 1 毫升盐酸钼酸铵溶液, 1 滴氯化亚锡甘油溶液, 摇匀, 5 分钟后转入内径 1 厘米的比色管, 与标准比色卡进行比色。

土壤速效磷素状况分级标准(仅供参考)

| 水土比为 20:1 | | | 水土比为 5:1 | | |
|---------------------|-------------|-------------|----------|---------------------|--------|
| 标准比色卡相当的磷(P)含量(ppm) | 土壤速效磷(P)含量* | | 磷肥施用效果 | 标准比色卡相当的磷(P)含量(ppm) | 磷肥施用效果 |
| | ppm | 斤/亩 | | | |
| 0 0.2 | 0 5 | 0 1.5 | ↑有效 | < 0.4 | ↑有效 |
| 0.4 | 10 | 3.0 | 不明显 | 0.4~0.8 | 不明显 |
| 0.8 1.6 | 20 40 | 6.0 12.0 | ↓无效 | > 0.8 | ↓无效 |

③ 酸性土壤速效磷的测定: 称 1 克风干土(或相当于 1 克干土的湿土)放在 10 毫升试管中, 加 5 毫升蒸馏水(或含磷低的洁净井水), 加盐酸钼酸铵溶液(配制方法: 15 克钼酸铵溶于约 800 毫升蒸馏水后, 缓缓加入 292 毫升比重 1.19 的浓盐酸, 边加边搅拌, 最后定容为 1 升) 3 滴(此时浸提液中盐酸浓度大约为 0.1N), 加塞剧烈摇动 3 分钟, 静置使溶液澄清或过滤。吸取清液 2 毫升于另一试管中, 加 0.5 毫升盐酸钼酸铵溶液, 1 滴氯化亚锡甘油溶液, 摇匀, 5 分钟后转入内径 1 厘米的比色管, 与标准比色卡进行比色。

* 取 4 毫升土壤提取液, 在 5 毫升中显色后计算出来的结果

酸性土壤速效磷(P)分级标准(仅供参考)

| 标准比色卡相当的磷 (P)含量(ppm) | 土壤速效磷(P)含量 | | 磷肥施用效果 |
|-------------------------|------------|---------|--------|
| | ppm | 斤/亩 | |
| 0 | 0 | 0 | 有 效 |
| 0.2~0.4 | 1~2.5 | 0.3~0.8 | |
| 0.8 | 5 | 1.5 | 无 效 |
| 1.6 | 10 | 3.0 | |

(4) 注意事项:

① 测定过程中, 试剂用量特别是盐酸钼酸铵溶液和氯化亚锡甘油溶液用量务必准确, 以保证显色反应中的酸度要求。

② 所列的二种土壤速效磷分级标准, 只适用于上述两种测定步骤。

③ 测定速效磷用的盐酸钼酸铵有两种: 一种是测石灰性和中性土壤用的, 另一种是测酸性土壤和植株用的, 它们的酸度不同, 勿错用。

3. 土壤速效钾的测定。

在土壤钾素方面, 全钾含量只能说明土壤钾素的潜在肥力, 因为大部分钾素贮存在土壤矿物结构中, 作物不能吸收利用。而速效钾才是当季作物可利用的。土壤中速效钾的含量一般与作物吸收的钾量有很好的相关性。测定土壤中速效钾, 一般采用亚硝酸钴钠比浊法或四苯硼钠比浊法等。

(1) 亚硝酸钴钠——异丙醇比浊法

① 测定原理: 土壤浸提液中的钾与亚硝酸钴钠作用后生成亚硝酸钴钾的黄色沉淀, 这种黄色沉淀在异丙醇中由于降低了溶解度而呈现浑浊, 随着钾含量的增加, 浑浊度也增大, 因此可根据不同的浊度来确定钾含量。

② 试剂配制:

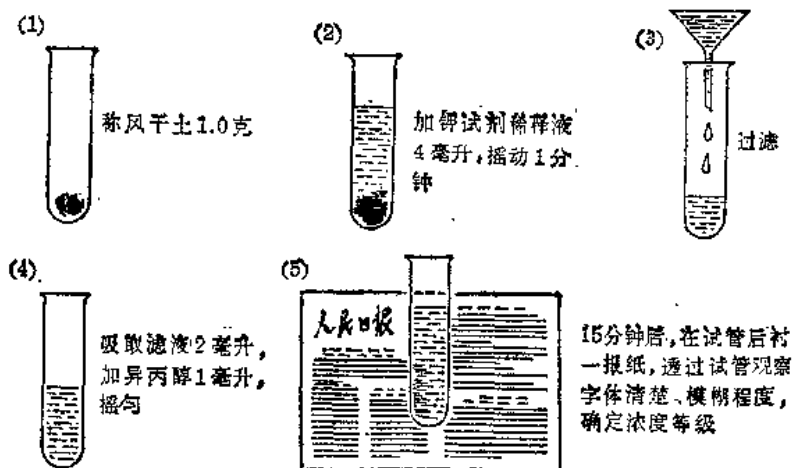
钾试剂母液的制备: 称取化学纯亚硝酸钴钠 5 克和化学纯亚硝酸

钠30克溶解于60毫升蒸馏水中,加入5毫升冰醋酸,用蒸馏水稀释至100毫升,此溶液配好后应开口放置2~3天(急需使用时至少放置24小时),然后转入有塞的棕色瓶中。

钾试剂稀释液的制备:测定前吸取母液5毫升,与15%亚硝酸钠溶液100毫升混合,用醋酸调节至pH5左右(一般不必调)。

③ 测定步骤:称风干土1.0克(或相当于1.0克风干土的湿土),加入钾试剂稀释液4毫升。用橡皮塞塞紧,剧烈摇动1分钟,过滤,吸取滤液2毫升,加入1毫升异丙醇,摇匀,15分钟后,与标准钾溶液*比浊,或用简易字迹比浊法。比浊液在15~30分钟内稳定。

在田间进行测定时,可省去配制标准钾溶液的麻烦,只需将待测溶液在小试管中显浊后,在小试管背后放一5号印刷字的报纸或书刊,透过溶液看后面的字迹,如字体清晰放大,表示缺钾,钾的浓度约为5~10



图附 3 亚硝酸钴钠比浊法测定土壤速效钾

* 标准钾溶液:称取氯化钾1.411克溶于1000毫升蒸馏水中,即为1000ppm的标准钾溶液。分别吸取2.5,5,7.5,10,12.5毫升于50毫升容量瓶内,用蒸馏水稀释定容,分别吸取上述溶液0.5毫升放于15毫升试管内,加入4.5毫升钾试剂稀释液,再加2.5毫升异丙醇,摇匀即成5,10,15,20,25ppm标准钾溶液。

ppm; 字体模糊, 但能看出字形, 表示钾素供应中等, 钾的浓度约为 10~15ppm; 如看不出字体, 表示钾的供应充足, 钾的浓度约为 20ppm 以上。

土壤速效钾含量的分级标准 (仅供参考)

| 字体清晰程度 | 相对应的钾的浓度 (ppm) | 土壤速效钾含量 | | 钾素供应状况 |
|---------|----------------|---------|-------|--------|
| | | ppm | 斤/亩 | |
| 清晰放大 | 5~10 | 20~40 | 6~12 | 低 |
| 模糊能看出字体 | 10~20 | 40~80 | 12~24 | 中 |
| 看不出字体 | >20 | >80 | >24 | 高 |

结果计算:

土壤速效钾 (K) 含量 (ppm) = 测得的 ppm 数 $\times \frac{V}{W} \times \frac{V_2}{V_1}$ 。式中“V”为提取液毫升数; “W”为风干土样重 (克); “V₁”为吸取滤液的毫升数; “V₂”为显色溶液的毫升数 (因为是比浊反应, 异丙醇的体积在一定范围内对体积影响不大, 所以在“V₂”中未计算。)

测得的土壤速效钾含量换算为每亩耕层土壤中含有速效钾的斤数可按下式计算:

每亩速效钾含量 (斤) = 土壤速效钾的 ppm 数 $\times 0.3$ 。

(2) 四苯硼钠法:

① 测定原理: 四苯硼钠与土壤中浸提出的代换性钾作用, 生成四苯硼钾, 由于四苯硼钾的溶解度很小, 而使溶液发生混浊, 其浊度与钾含量在一定浓度范围内成正比关系。

② 试剂配制:

1N 硫酸钠 (1N Na₂SO₄·10H₂O): 同土壤硝态氮测定。注意这一试剂配好以后应先做空白试验, 检查其含钾情况。

2% 四苯硼钠: 称取四苯硼钠 0.2 克, 放在小烧杯里, 加蒸馏水 10 毫升, 搅动使之溶解。加 0.2N 氢氧化钠约 1 滴, 将 pH 调至 8~9, 放置过夜后再过滤。四苯硼钠最好采用测血钾的专用试剂, 其纯

度为 99%；如果用一般试剂，其纯度只有 95%，但只要不变质，仍可应用。四苯硼钠变质后呈粉红色，如试剂变成深红色，并有较浓的臭药水味，就不能用。如稍有粉红色，或稍有气味，尚可以用。但用前要用标准钾溶液检查其显浊情况。

5%EDTA 碱液：见土壤铵态氮测定。

37%甲醛：甲醛易聚合变质，应随时注意甲醛质量。

④ 沉淀方法：取相当于干土 1 克的自然湿土放于试管中，加 1N 硫酸钠浸提剂 5 毫升，土液比为 1:5。加塞后摇 3 分钟，过滤*。取滤液 1 毫升（20 滴），放入直径约为 1.0~1.2 厘米的平底试管中，加 5%EDTA 碱液 2 滴，37%甲醛 4 滴，1N 硫酸钠浸提剂 8 滴，摇匀。然后加 2%四苯硼钠 6 滴，摇匀后放置 3~4 分钟。在标准浊度线上按上法同样比浊，读出与模糊能辨的线号所相应的钾浓度 ppm 数，再乘 10，即得土壤速效钾(K)含量 ppm 数。

参 考 指 标

| 土壤速效钾(K)含量(ppm) | 土壤速效钾供应水平 |
|-----------------|-----------|
| <50 | 低 |
| 50~100 | 中 |
| >100 | 高 |

(三)土壤有机质的测定——重铬酸钾比色法

土壤有机质在土壤微生物的作用下，可逐渐分解释放有效养分，它与土壤中无机胶体结合，可使土壤形成良好结构，并可改善土壤的水、肥、气、热状况。土壤有机质的含量是土壤的肥力指标之一。

1. 测定原理：用过量的重铬酸钾使有机质氧化后，重铬酸钾被还原成蓝绿色的铬离子(Cr^{+++})。可用葡萄糖标准液作为色阶，以确定土壤中有有机质的百分含量(有机质低于 1% 不宜采用此法)。

2. 试剂配制：

4%葡萄糖溶液：称取 4.0 克化学纯葡萄糖试剂溶于 100 毫升蒸馏水中。

* 这里所用的土壤浸出液同硝态氮、铵态氮的速测法，可以统一制备。

1*N* 重铬酸钾溶液：称取 4.9 克重铬酸钾溶于 100 毫升蒸馏水。

18*N* 硫酸：将纯硫酸加入等量水中稀释即成。

3. 测定方法：将 0.1 克土样在小试管中加 4 滴蒸馏水，再加 5 滴 1*N* 重铬酸钾及 10 滴 18*N* 硫酸，摇匀，倾斜试管用白纸衬托与标准色阶比色。

标准色阶的制备：分别吸取 4% 葡萄糖液 0.5（可将 4% 葡萄糖稀释 8 倍后取 4 滴）、1、2、3、4 滴于小试管中，加水使各试管溶液体积均为 4 滴，再按土样的测定方法显色，制成相当于 0.5%、1%、2%、3%、4% 有机质含量的标准色阶。

二、作物化学诊断的方法

（一）氮的测定

1. 旱作组织中氮素的测定——硝酸试粉比色法测定硝态氮

作物根系自土壤中吸收氮素，以铵态氮 (NH_4^+-N) 和硝态氮 (NO_3^--N) 两种形态为主。铵态氮在进入根系后，迅速参加蛋白质合成，因此，生长正常的植株体内不存在游离铵态氮。 NO_3^--N 进入根系后，虽然也很快参加组成蛋白质，但仍有相当量的 NO_3^--N 是在向地上部分转运途中逐步参加合成的，因此，在生长良好的植物体内（除水稻），经常可以检测出一定量的游离 NO_3^--N 。它是植株体内主要的无机态氮，其浓度在一定范围内可反映当时土壤供氮状况及植物体内的氮素营养水平。因此，在旱作上，常以 NO_3^--N 作为氮素营养指标，往往比全氮更为灵敏。

测定植株的 NO_3^--N 的方法有硝酸试粉法、二苯胺法、马钱子碱法、酚二磺酸法等。作为作物组织液 NO_3^--N 的速测法，硝酸试粉法较好。下面介绍硝酸试粉的试纸点滴法与试管比色法。

（1）测定原理：同土壤硝态氮——硝酸试粉法。

（2）试剂配制：

硝酸试粉：同土壤硝态氮。

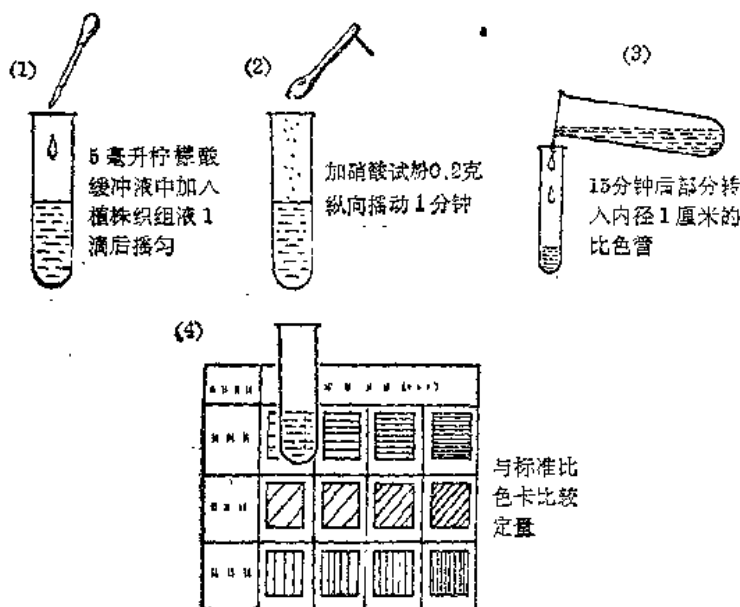
pH5.0 的柠檬酸缓冲液：称取化学纯柠檬酸 4.31 克，柠檬酸钠 8.68 克，溶于 530 毫升蒸馏水中（要新鲜配制）。

(3) 测定方法:

① 试纸点滴法: 清晨在待测田块中, 选取有代表性植株 10~20 株的敏感部位, 用湿布擦净, 剪碎; 榨汁备用。将一耳勺硝酸试粉(约半粒麦粒大)放于小滤纸条上, 并在其上加 1 滴作物组织液, 1 分钟后呈现玫瑰红色, 与标准色卡进行比较, 定出硝态氮的含量, 为提高分辨力, 可翻转滤纸从背面观察。此法虽简便, 但也有许多缺点, 如受叶绿素的干扰, 硝酸试粉为汁液浸湿后会形成花斑, 形成的玫瑰红色时间稍长后会渗入黄褐色等, 这些都能影响对颜色的分辨, 灵敏度比试管比色法差得多。

② 试管比色法: 于 15 毫升刻度试管中, 加入 5 毫升 pH5.0 的柠檬酸缓冲液, 滴入 1 滴作物组织液, 摇匀后加入 0.2 克硝酸试粉(可用特制的玻璃小勺取一平勺, 不必每次称量), 塞紧瓶塞, 纵向摇动试管 1 分钟(200 次/分), 静置 15 分钟后与标准色卡比色定量。

结果计算: 植株组织液 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量 (ppm) = 色阶的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$



图附 4 硝酸试粉比色法测定植株硝态氮

$$(\text{ppm}) \times \frac{V_1}{V_2}$$

V_1 = 显色溶液的毫升数;

V_2 = 所取汁液的毫升数(按每毫升 20 滴计算)。

植株 NO_3^- -N 状况分级表 (仅供参考)

| 标准色卡的 NO_3^- -N 量 (ppm) | 汁液 NO_3^- -N 含量 (ppm) | NO_3^- -N 状况 |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 100 | 极 缺 |
| 2.5 | 250 | 较 缺 |
| 5 | 500 | 中 等 |
| 10 | 1000 | 高 量 |

2. 水稻组织中氮素的测定

水稻和旱作物不同, 它所吸收的氮素几乎全部以 NH_4^+ 的形式进入体内。因此水稻体内没有明显的 NO_3^- -N 积累, 即使在生育初期, 也只局限于根或鞘内的幼叶上才能检测到极微量的 NO_3^- -N。虽然水稻属喜铵型作物, 但它吸入的 NH_4^+ -N 在进入根系后便迅速与糖类结合, 生成多种形式的氨基酸和酰胺, 并进一步缩合成蛋白质。只有在铵中毒的特殊情况下, 水稻体内才能检测出游离的 NH_4^+ -N, 因此不能以 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N 作为水稻氮素水平的指标。而以全氮为指标反映水稻的氮素水平虽是可靠的, 但不便于田间速测。因此, 宜以淀粉为测定指标的淀粉—碘试法和以自由氨基酸总量为测定指标的茚三酮比色法, 作为水稻氮素水平的测定指标。

(1) 淀粉—碘试法

① 测定原理: 水稻体内氮含量与淀粉含量之间有一定的负相关性。叶鞘是养分的转运器官, 叶鞘中淀粉含量的多少对土壤氮素供应状况极为敏感, 因此, 利用淀粉的碘反应试验, 可从叶鞘中淀粉含量的多少, 推测稻体的氮素水平。但是, 这种关系因品种、发育阶段不同而

异。因此在取样时，上述因素要力求一致。测定限于水稻穗分化期开始以后的各生育期，因为在穗分化期以前水稻体内淀粉积累与氮素水平无明显的相关性。测定部位以心叶下第二叶鞘反应较灵敏。

② 试剂配制:

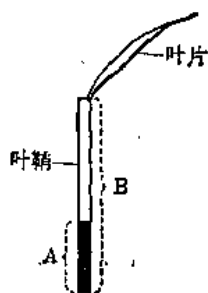
5%碘化钾溶液: 2.5克碘化钾溶于50毫升蒸馏水中。

1%碘—碘化钾溶液: 0.5克碘溶于50毫升5%碘化钾溶液中。

0.1%碘—碘化钾溶液: 将1%碘—碘化钾溶液稀释10倍而成(在不具备碘—碘化钾的条件下,可用医用碘酒稀释代替)。

③ 测定步骤:

纵切法: 取水稻心叶下第二或第三叶鞘10~20个,用大头针沿鞘脊自上而下划一条破口,用线捆住,浸泡于0.1%碘—碘化钾溶液中,半天后取出,观察记录叶鞘上染成蓝黑色部分的长度(A)及叶鞘总长度(B),求得A/B的比值。以早稻“矮南早一号”测试的结果为例,丰缺的分级标准为: 缺氮的 $A/B > 2/3$, 正常的 $A/B \approx 1/2$, 高氮的 $A/B < 1/3$ (图附5)。



图附5 水稻氮素丰缺示意图
(淀粉—碘试法)

横切法: 选取水稻心叶下第2~3叶鞘10~20个,从基部向上在5/8处横切,在0.1%碘—碘化钾溶液中浸泡5分钟,取出观察切口处蓝紫色的深浅。分级标准: 深蓝色表示严重缺氮,蓝紫色为缺氮,微蓝紫色正常,不显色的含氮量高。

(2) 茚三酮法

① 测定原理: 水稻吸入的 NH_4^+-N , 在缩合成蛋白质之前,均以自由氨基酸和酰胺的形态存在, 它们的总量与当时土壤的氮素供应状况及稻株的氮素水平呈正相关。水合茚三酮能与这些氨基酸或酰胺定量地发生反应并呈现紫蓝色。因此, 根据紫蓝色的深浅可以推测当时水稻的含氮水平。但是水稻在不同生育期不同部位的氮素合成能力是不同的, 必须注意测试部位的选择。在穗分化期, 以心叶以下第3~4片叶或老叶鞘反应较灵敏。

② 试剂配制:

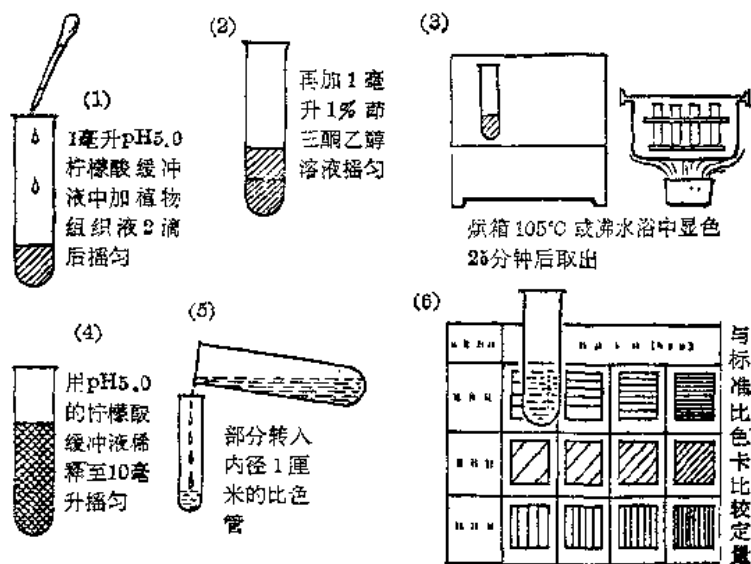
pH5.0 的柠檬酸缓冲液: 配制同硝酸试粉法。

1% 茚三酮乙醇溶液: 称取 1 克茚三酮溶于 100 毫升乙醇中。

氨基酸氮的标准比色卡*: 紫蓝色由浅至深为 1, 1.5, 2, 2.5 ppm 氨基酸氮。

③ 测定方法:

试纸点滴法: 晴天在待测田块中, 选取代表性主茎 10 株, 取心叶下第 3、4 片叶或叶鞘用湿布擦净剪碎, 榨汁待用。将汁液稀释 20 倍后用吸管吸取 1 滴, 在茚三酮试纸上沾一下, 控制样点直径约为 1 厘米, 自然干燥显色。与比色卡比色定出氨基酸氮的含量。如急于看结果, 在实验室条件下可用吹风机热风或 80°C 烘箱, 5 分钟烘干显色, 在田间条件下可用火柴或打火机熏一下。此色点放置一天后即变为红棕色并逐渐褪色。



图附 6 茚三酮试管比色法测定水稻氨基酸氮

* 氨基酸氮标准溶液: 称取 80°C 烘干后的亮氨酸 0.1172 克 (含 N 量为 10.7%), 溶于 50 毫升 pH5 柠檬酸缓冲液溶液中, 其含 N 量为 250 ppm。如无比色卡比色时可标准溶液稀释到一定浓度进行比较定量。

试管比色法：于 15 毫升刻度试管中，加入 1 毫升 pH5.0 的柠檬酸缓冲液，滴入 2 滴植物组织液（采样榨汁同上），摇匀，加入 1 毫升 1% 茚三酮乙醇溶液，充分混匀后加软木塞盖，放入 105°C 烘箱加热显色 25 分钟（若无烘箱亦可在水浴或广口保温瓶中显色，温度保持在 80°C 25 分钟，在此情况下，试管要大部分浸入水中，使受热均匀）。取出后，立即用 pH5.0 的柠檬酸缓冲液稀释至 10 毫升，摇匀，与标准色卡比较定量。必须注意，由于生成的紫色会缓慢褪色，故要求在显色完毕后半小时内进行比色。并要严格按照上述步骤加入柠檬酸缓冲液和茚三酮试剂用量，以控制显色的总体积。

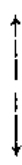
结果计算：

植株组织液中氨基酸氮含量(ppm) = 标准色卡的氨基酸氮的 ppm 数 $\times \frac{V_1}{V_2}$

V_1 = 显色溶液的毫升数；

V_2 = 所取汁液的毫升数（按每毫升 20 滴计算）。

植株氨基酸氮状况分级表（仅供参考）

| 标准色卡的氨基酸氮含量 (ppm) | 汁液氨基酸氮含量 (ppm) | 氮素状况 |
|----------------------|-------------------|---|
| 1.0 | 100 |  低 中 高 |
| 1.5 | 150 | |
| 2.0 | 200 | |
| 2.5 | 250 | |

（二）磷的测定

作物根系自土壤中吸收的磷素主要是无机磷酸盐，约有 50% 的无机磷在进入体内后迅速转化为有机磷，参与新细胞的组成，但其余的 50% 仍维持水溶性状态。这部分磷的含量可以反映土壤磷素供应状况，故可作为作物磷素水平的测定指标。

1. 测定原理: 在酸性条件下, 作物组织液中的无机磷与钼酸形成磷钼酸, 在氯化亚锡还原的条件下产生蓝色的磷钼蓝, 溶液蓝色的深浅与含磷量成正比。

2. 试剂配制:

盐酸钼酸铵溶液(植物用): 称 15 克钼酸铵 $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 溶于大约 300 毫升蒸馏水中(如溶液混浊应过滤)。冷却后, 缓缓加入浓盐酸(比重 1.19)292 毫升, 边加边搅拌, 最后用蒸馏水稀释至 1000 毫升, 贮存于棕色瓶中(有条件应每隔 2~3 个月用标准磷检查一次是否失效)。

氯化亚锡甘油溶液: 同土壤速效磷测定中的配制方法。

点滴法用的氯化亚锡甘油液: 取上述的氯化亚锡甘油 1 份加化学纯甘油 1.5 份, 混合均匀即成。

无机磷的标准色卡*: 蓝色由浅至深为 0.2, 0.4, 0.8, 1.6ppm 磷。

3. 测定方法:

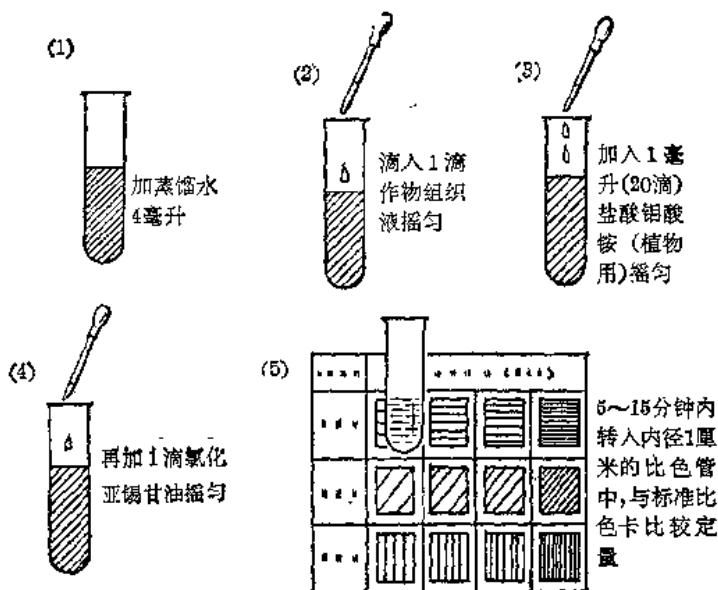
(1) 试纸点滴法: 在待测田块中选取有代表性植株 10 株, 洗净, 剪去根及叶片, 将茎鞘基部(包括部分未抽出的茎叶)剪碎榨汁, 并将汁液稀释 4 倍。先滴 1 滴盐酸钼酸铵(植物用)于普通滤纸条上, 再加 1 滴稀释组织液于盐酸钼酸铵样点上, 最后加上 1 滴点滴法用的氯化亚锡甘油, 5 分钟后, 观察颜色变化, 并与比色卡比较定出无机磷含量。

(2) 试管比色法: 于 15 毫升刻度试管中, 加入 4 毫升蒸馏水(或其它低磷洁净井水), 滴入 1 滴作物组织液(取样榨汁同上), 摇匀后加入 1 毫升盐酸钼酸铵(植株用), 摇匀, 加氯化亚锡甘油 1 滴, 再次摇匀在 5~15 分钟内与标准色卡比较定量。

操作步骤图解如图附 7。

结果计算:

* 标准磷溶液: 称 0.2194 克磷酸二氢钾(KH_2PO_4)溶解于 400 毫升蒸馏水中, 加入 7N 硫酸溶液 25 毫升(将 4.9 毫升浓硫酸缓缓加入 20 毫升蒸馏水中), 混匀, 用蒸馏水定容为 1000 毫升, 即为 50ppm 的标准磷溶液。如无比色卡比色时, 可稀释为一定浓度(0.2~1.6 ppm)与待测作物组织液进行比较。



图附 7 钼蓝试管比色法测定植株无机磷

$$\text{植株汁液磷含量(ppm)} = \text{标准色卡的磷含量(ppm)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

V_1 = 显色溶液的毫升数;

V_2 = 所取汁液的毫升数(以每毫升 20 滴计算)。

水稻磷素状况分级标准(适用于分蘖期以后各时期,仅供参考)

| 植 株 叶 鞘 | | |
|----------------|----------------|---------|
| 标准色卡的磷含量 (ppm) | 汁液中无机磷含量 (ppm) | 磷 素 状 况 |
| 0.4 | <40 | ↑ 缺磷 |
| 0.8 | 40~80 | 中量 |
| 1.6 | >80 | ↓ 高量 |

(三)钾的测定

作物组织中的钾有 98% 是水溶性的。存在于作物组织液中,它的含量变化对土壤钾素供应状况极为敏感,因此可作为作物钾素测定的

指标。

1. 六硝基二苯胺试纸点滴法

(1) 测定原理：六硝基二苯胺试剂在碱性条件下呈桔红色，在酸性条件下便褪为柠檬黄色。但当六硝基二苯胺与作物汁液中的钾作用生成六硝基二苯胺钾沉淀后，即使是酸性条件，桔红色也不变。由于作物汁液中含钾量不同，生成的六硝基二苯胺钾沉淀的量也不同，色点的深浅就有了变化。据此便可测定汁液中的钾含量。

(2) 试剂配制：

六硝基二苯胺溶液*：I. 称0.6克六硝基二苯胺及0.6克化学纯碳酸钠于小烧杯中，加水搅拌煮沸使其溶解，冷却后，倾洗入25毫升容量瓶中定容；II. 吸取8毫升溶液I放入25毫升容量瓶中，加蒸馏水至刻度；III. 吸取10毫升溶液II，稀释到15毫升。

六硝基二苯胺试纸的制备：用细口滴管依次吸取上述新鲜配制的六硝基二苯胺试液I、II、III，分别滴在长8厘米、宽1.5厘米的滤纸条上。圆点直径0.8厘米左右，阴干后滤纸条上的色点应该是“深桔红色”、“桔色”、“浅桔黄色”(它们的灵敏度见下表)，此试纸在干燥条件下可保存一年左右。

0.5N 盐酸：比重1.19的浓盐酸4毫升加90毫升水。

钾试纸各色点的测试灵敏度

| 次 序 | 色 点 颜 色 | 灵敏度(汁液中钾的ppm数) |
|-----|---------|----------------|
| I | 深桔红色 | 750~1000 |
| II | 桔 色 | 2000 或更多 |
| III | 浅桔黄色 | 3000 或更多 |

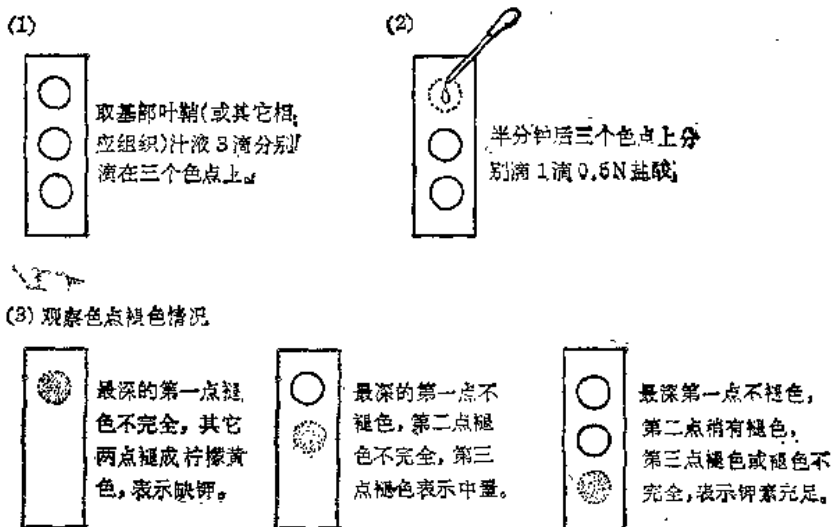
* 市售的六硝基二苯胺常常含水很多，无法准确称量，因此可大致计算水分，称量后，点成色点，用2000ppm的标准钾进行校正。此时色点的褪色情况应为第一色点不褪，第二色点褪色不完全，第三色点褪色。如不符合此变色情况，应酌量增加六硝基二苯胺的浓度或加以稀释。也可事先将六硝基二苯胺放于滤纸上吸水，稍干后放入干燥器中过夜，再称量，但配制好的溶液仍需用标准钾溶液校正浓度。

(3) 测定步骤：选取有代表性的植株的叶鞘10~20片(水稻取心叶下第3~5叶鞘，小麦取心叶下3~5叶鞘或茎节，玉米取下部老叶鞘，棉花取基部叶柄)。用湿布擦净后，剪碎、榨汁。吸取3滴汁液分别滴在已制备好的六硝基二苯胺试纸的3个色点上，约半分钟后，向3个色点上再各加1滴0.5N的稀盐酸，然后观察色点褪色情况进行半缺判断如下：

① 最深的点褪色不完全，其它两点褪成柠檬黄色，表示缺钾，施钾肥有效。

② 最深的点不褪色，第二点褪色不完全，第三点褪色，表示钾量中等，由于其它营养元素影响，钾肥效果不稳定。

③ 最深的点不褪色，第二点稍有褪色，第三点褪色或褪色不完全，表示钾素充足，不需要施用钾肥。



图附 8 六硝基二苯胺试纸点滴法测定植株钾

2. 亚硝酸钴钠——异丙醇比浊法

(1) 测定原理、试剂配制：同土壤速效钾亚硝酸钴钠——异丙醇比浊法。

(2) 测定步骤: 于 15 毫升刻度试管中, 加入 2.5 毫升钾试剂稀溶液, 滴入 1 滴作物汁液, 摇匀, 加入 1 毫升异丙醇, 再摇匀, 15 分钟后在试管背面衬一印有 5 号印刷体字的报刊, 透过溶液看后面字迹的清晰程度, 确定丰缺水平。如字迹清晰放大则表示缺钾 (溶液含钾 5~10 ppm); 字迹模糊但能看出字形, 表示钾素供应水平中等 (溶液含钾 10~15 ppm); 看不出字迹, 表示钾素供应充足 (溶液含钾大于 20 ppm)。

结果计算: 植株汁液钾(K)含量(ppm)=根据字迹清晰程度判断而得的ppm数 $\times \frac{V_1}{V_2}$

V_1 = 显色溶液的毫升数*;

V_2 = 所取汁液的毫升数。

水稻钾素状况分级标准 (仅供参考)

| 比浊得的ppm数 | 植株汁液中钾浓度(ppm) | 水稻植株钾素营养状况 |
|----------|---------------|------------|
| 5~10 | 250~500 | 低 |
| 10~15 | 500~750 | 中 |
| >20 | >1000 | 高 |

* * *

附: 实验操作中的注意事项

(1) 器皿的洗涤: 器皿的清洁, 对测定结果的正确与否有极大的影响, 所以在开始做分析前必须小心地洗净, 首先把水注入需要洗涤的器皿中, 用试管刷蘸取皂液进行刷洗, 然后用水反复冲洗。洗净后的器皿内壁应当均匀地被水湿润不挂水珠。

(2) 刻度试管的读数: 溶液在刻度试管内的液面呈弯月面, 读数时眼睛与弯月面底部的最低点处于同一水平, 读取弯月面底部的最低点所在刻度的读数, 否则将引起误差。

* 因为是比浊反应, 异丙醇的体积在一定范围内对浓度影响不大, 所以在 V_1 中未计算。

(3) 漏斗的用法：一般漏斗内的夹角应为 60° ，滤纸的折叠应先将圆形滤纸对折成半圆形，然后将半圆形滤纸再对折，正好放在漏斗中。但如漏斗不合乎规格，滤纸第二折的角度要调整，使折好后的滤纸放入漏斗，与漏斗壁完全紧贴。

折好的滤纸放在干燥的漏斗上后，用滤液润湿一下，再用玻璃棒赶走滤纸和漏斗壁间的气泡（如折得好，则气泡应很少），使滤纸各处都紧密贴在漏斗上。

漏斗的下端一定要与试管内壁接触，目的是使滤液顺着管壁流下，不致溅到管外。

(4) 滴管的用法：加待测液或各种试剂时滴管要垂直，使液滴垂直滴下，标准滴管滴出的液滴，应在每毫升 20 ± 2 滴的范围内，吸溶液前应将滴管橡皮头内的气体轻轻挤出，然后将滴管口伸在试剂中层（切忌插到底），慢慢放松橡皮头，使溶液缓缓吸入，滴管应专管专用，使用后应及时洗净。

(5) 在实验操作过程中，需加的试剂用量要准确，不能多加或少加。

(6) 试剂的保管与使用：试剂应放在阴凉避光干燥地方保存，切忌曝晒和置于高温处。有的药品如氯化亚锡和硝酸试粉特别怕光怕潮，必须装在棕色带塞瓶中，速测箱中的药品有许多为强酸强碱，有腐蚀性，注意切勿沾污到皮肤或衣服上。

(7) 测定时要有重复，即同一待测样品要取两份样，同时进行测定，以防偶然误差。在没有蒸馏水的情况下，可用干净井水代替，但必须做空白试验，即用试剂按同样操作步骤做一遍，如含有被测定的成分，则表示此井水不能代替蒸馏水。

(8) 当进行作物化学诊断时，所取作物组织液的滴数应视当时汁液中养分浓度的高低，原则是使显色液的养分浓度（ppm）落在标准比色卡的四级范围内。

三、怎样进行田间肥料试验

施肥，是农业增产的重要措施之一。但是施肥必须根据作物特点、

土壤性质及肥料种类等因素灵活掌握，才能发挥最大效益。研究这些因素和肥效的关系，是经济合理施肥中必须首先解决的问题。解决这些问题的主要途径之一，就是进行田间肥料试验。有了田间试验的结果，肥料施用就有了可靠的科学基础，可以避免盲目性，达到经济合理施肥的目的。而且，经过试验还能发现新的问题，使施肥的技术水平不断提高。因此肥料试验是科学种田、合理施肥的主要环节之一。下面介绍田间肥料试验的有关问题，以供参考。

(一)肥料试验的内容和要求

进行肥料试验是为了更好地使用肥料，提高作物产量，所以试验一定要密切结合生产。例如，生产上经常会遇到这样的问题：某种肥料的效果怎么样，怎样施，什么时期施最好，是作种肥、基肥还是作追肥，磷肥和化学氮肥配合施用有什么好处，磷肥每年施多少最为经济合算，要不要年年施，等等。而且各个地方的土壤性质，耕作栽培制度和气候条件都不相同，只有通过试验才能得出具体的结论。

怎样进行试验呢？简单地说就是用“比较”的方法。例如，要知道磷肥在某一地区有没有增产效果，就要有一块地施磷肥，另一块地不施磷肥（通常称为对照），两块地栽培同样作物，而后进行产量比较。如施磷肥的地比不施磷肥的地产量高，就证明磷肥有增产效果。但是，必须在两块地的肥力及耕作管理等条件完全相同的情况下才能作比较，否则即使两块地产量不一样，也无法肯定增产一定是由于磷肥的作用。此外，所选的试验地一定要有代表性，能代表大片土地。试验地最好选在远离村庄、树木、水池、粪池以及人畜不易为害的地方。近年曾做过试验或曾施过大量有机肥料和磷肥等肥料的丰产田，以及菜匠地，均不宜作为肥料试验地。最后还应注意，为了得到正确的试验结果，应尽可能提高试验的精确度，减少试验误差。

(二)怎样制订试验计划

试验进行前要根据试验目的制订试验计划。被研究的因子通常叫作“处理”。试验计划首先要将处理确定下来，这是进行试验的关键，确定处理一定要慎重考虑，在同一个试验中处理的数目不宜过多。为了使试验的条件更接近于大田生产，最好采用大区对比的试验方法，对比

大区的面积以 0.5~1 亩较合适。对比田块划成长方形可以减少试验误差。为了提高精确度，最好能将一组试验处理重复 1~2 次。

有重复的大区对比试验，每组处理应按重复分开排列。如果试验地是斜坡，则大区长的一边要顺着斜坡。同一重复内的各个区要排在同一个坡段上。最后绘出试验地排列平面图。

下面举几个试验设计的例子供参考：

(1) 磷肥施用量试验：如试验的目的是为了了解在一般施肥水平下(如每亩平均施用 500 斤猪粪)，磷肥在当地的增产效果；如有效果，每亩以施多少为好。一般可采用三个处理：①猪粪 500 斤/亩(猪粪也可以换用当地习惯使用的其他肥料)；②猪粪 500 斤/亩+过磷酸钙 20 斤/亩；③猪粪 500 斤/亩+过磷酸钙 40 斤/亩。重复 1 次，每个大区面积 0.5~1 亩。依下面方式排列：

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|

(2) 氮、磷配合施用试验：氮、磷肥应该怎样配合施用，可设计四个处理：①面肥硫酸铵亩施 5 斤，追肥硫酸铵亩施 15 斤；②面肥硫酸铵亩施 5 斤，过磷酸钙亩施 30 斤，追肥硫酸铵亩施 15 斤；③追肥硫酸铵亩施 20 斤；④面肥过磷酸钙亩施 30 斤，追肥硫酸铵亩施 20 斤。重复 1 次，每个大区面积 0.5~1 亩。小区排列如下式：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 4 | 1 | 2 |

(3) 多年生绿肥作物栽培试验及以磷增氮的试验：假设供试绿肥作物用苕子、紫云英和豌豆，可以分为两个处理：①施磷肥每亩 30 斤；②不施磷肥。重复 1 次，每个大区面积为 2 亩地。小区排列如下式：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|

(4) 磷肥后效试验：目的是了解施一次磷肥可供作物用几年，可设计三个处理：①每季亩施硫酸铵 20 斤；②每季亩施硫酸铵 20 斤，但是过磷酸钙只施一次，每亩 30 斤；③每季亩施硫酸铵 20 斤，过磷酸钙第一次亩施 30 斤，以后每季亩施 15 斤。重复 1 次，每个大区面积 0.5~1 亩。排列方式与第一个试验相同。

(5) 磷肥品种比较试验：可设计三个处理：①过磷酸钙每亩 30 斤；②钙镁磷肥每亩 30 斤；③磷矿粉肥每亩 80 斤。可用硫酸铵追肥，每亩 20 斤。重复 1 次，每个大区面积 0.5~1 亩。排列方式与第一个试验相同。

试验计划还应当包括播种、施肥和耕作、灌溉等措施，以及记载作物生长情况的方法等。

(三) 怎样布置田间试验

布置试验是把计划落实到田间。第一步要把试验地耕翻整平，耕翻的方向要与大区的排列方向一致。如果是南北向耕，则大区也自南向北排列。然后把各个区划成同样大小。每个大区的四周可留出 3~4 尺宽作为保护行，以免偶然的牲畜破坏和边行生长不一致，影响试验结果。

大区确定好以后，就可以进行施肥和播种，肥料要弄碎。根据试验计划，把每区的肥料称出来，肥料用量少时应掺入少量干土混匀施用。因为是肥料试验，所以对肥料的施用要特别注意均匀和不发生差错。各区播种要力求均匀一致。

(四) 怎样收获和计算产量

收获是一件细致的工作，容易产生差错，一定要很小心地进行，并且尽可能减少损失。收获前，先把大区四面靠边的保护行和不计算产量的作物收割运走，采好考种用的标本。然后再进行收割，把收割下来的作物捆成捆，拴上写明小区号码的标签，运到场上分区脱粒称重。在称重前要注意晒干。如果面积很大，单收单打有困难，也可用测产法。测产法有两种：一种是在地里选几个点（至少 3 个以上）收割，每个点的面积不小于 0.05~0.1 亩；另一个方法是把全区收割后称好总鲜重，随机（就是不要有意的挑选）取出 3% 的样本（不少于 3 个）同时称出鲜

重，晒干后脱粒称重，再换算成全区的产量。计算公式如下：

$$\text{大区粒重(斤)} = \frac{\text{大区面积}}{\text{实收面积}} \times \text{实收风干粒重。}$$

$$\text{大区粒重(斤)} = \frac{\text{大区总鲜重}}{3\% \text{样本鲜重}} \times 3\% \text{样本风干粒重。}$$

几个点或几个样本要分别脱粒晒干称重，重复区取平均值，不要把几个点和几个样本混在一起脱粒。

称好重量后，依照大区的产量换算出每亩产量和平均产量，并以对照处理为 100% 算出各个处理的百分数，例如可把结果整理成下表：

试 验 结 果

| 产 量 (斤/亩) | 重 复 | | | | 平均产量 | 增产百分 数 (%) |
|-----------------|--------|----|----|----|------|---------------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| 不 施 磷 肥 | | 54 | 56 | 58 | 56 | 100 |
| 施 磷 肥 | | 73 | 77 | 72 | 74 | 134 |

由于各个试验区的土壤肥力不可能完全一样，各种操作也不可能绝对相同，因此各个区的基础和条件就会有一定差别。事实上无论怎样努力，试验总不可避免存在误差。没有重复的试验得到的结果虽然也有差异(例如施磷肥区粮食产量 73 斤，不施磷肥区为 54 斤，差异 19 斤)，但是由于看不出误差究竟有多大，就无法确证这个差异是由于两块地肥力不同，还是由于施磷肥与不施磷肥而产生的。因此要对磷肥在当地是否确有增产效果下结论就没有十足的把握，说服力也就要小一些。而有重复的试验，通过简单的统计方法，可以算出地力不均以及由于其他原因所造成的试验误差有多大，从而可以看出试验结果是否真正可靠，根据这样的结果下结论比较有把握。下面介绍一下试验结果的简单统计方法：

误差统计

| 处 理 | 产 量 (斤) | 平均产量 (斤) | 平均产量 减 各区产量 | 差数平方 | 差数平方 总 和 |
|---------|------------|-------------|-------------------|------|-------------|
| (甲)不施磷肥 | 54 | 56 | + 2 | 4 | 8 |
| | 56 | | 0 | 0 | |
| | 58 | | - 2 | 4 | |
| (乙)施磷肥 | 73 | 74 | + 1 | 1 | 14 |
| | 77 | | - 3 | 9 | |
| | 72 | | + 2 | 4 | |

(1) 先把产量列成表(如上表),并算出平均产量。

(2) 将平均产量减各区产量,得到差数,如+2、0、-2。

(3) 把各差数分别平方起来,然后再相加(称为差数平方和),如
 $4 + 0 + 4 = 8$

(4) 每一个处理的误差 = $\sqrt{\frac{\text{差数平方总和}}{\text{重复数} \times (\text{重复数} - 1)}}$

不施磷处理(甲处理)误差 = $\sqrt{\frac{8}{3 \times (3-1)}} = \sqrt{\frac{8}{6}} = 1.15$

施磷肥处理(乙处理)误差 = $\sqrt{\frac{14}{6}} = 1.53$

(5) 两个处理的平均误差 = $\sqrt{(\text{甲处理误差})^2 + (\text{乙处理误差})^2}$

施磷、不施磷处理的平均误差 = $\sqrt{(1.15)^2 + (1.53)^2}$
 $= \sqrt{3.97} = 1.92$

(6) 可靠系数 = $\frac{\text{甲处理产量} - \text{乙处理产量}}{\text{两个处理的平均误差}}$

如: $\frac{\text{施磷肥产量} - \text{不施磷产量}}{\text{两个处理的平均误差}} = \frac{74 - 56}{1.92} = 9.4$

可靠系数如果大于 3, 表明增产是可靠的, 因此上面的试验得出施磷肥能增产粮食的结论是可靠的。

(7) 将经过统计计算出来的结果写成试验报告。

第一要说明两个处理相互比较的可靠系数是多少。

第二要把每个处理的误差前面加上正负号(±), 写在平均产量的后面, 例如上面例子中不施磷肥处理的平均产量和误差应写作 56±1.15 斤/亩。

(五) 几点说明

(1) 田间肥料试验采用大区对比方法, 除了地块要选择合适的, 各区面积要划成一样大小, 肥料要称准以及收获时单收单打几点要求以外, 和一般大田生产管理并没有多少不同, 费工也不会很多, 因此生产队有条件进行。

(2) 这里所介绍的试验结果的统计方法, 必须有三次重复, 各个区的排列次序要由抽签决定, 作起来较为费事, 一般可在基层农业技术部门的指导下进行。

(3) 试验设计力求简单易行, 尤其应当注意节省劳力, 但是田间试验毕竟和大田生产不同, 有一定要求, 否则试验就得不到正确的结果。

(4) 肥料试验是解决肥料的施用技术问题, 并不是丰产试验, 因此肥料用量要和一般大田用量相似, 这样肥料试验田的产量也不一定很高, 这点必须向群众说清楚, 以免引起误会。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名=土壤知识

作者=

页数=389

SS号=0

出版日期=

V s s 号 = 9 5 4 5 7 5 2 5