

内部资料

江西红壤研究

第七辑

1981.10

江西省农科院红壤研究所

《江西红壤研究》第七辑

目 录

- 1、我国红黄壤利用改良的成就和问题
.....贺湘逸、谢为民、邓斯健、卢升奎 (1)
- 2、红壤水份特性的初步研究琚忠和 (7)
- 3、双季稻、油菜三熟制经济效益与土壤肥力
.....邓铁金、樊友安、丁贤茂 (16)
- 4、稻稻油三熟轮作制的经济效益与土壤肥力古国才、俞静文 (25)
- 5、稻草还田效果与施用技术林明海、熊国根 (30)
- 6、绿肥和稻草对红壤性稻田的改土效果
.....刘经荣、刘永厚、张德远、郭成志 (47)
- 7、稻草还田试验续报刘经荣、刘永厚、张德远、郭成志 (56)
- 8、红壤丘陵区钾素供应状况及钾肥施用技术
.....江西省红壤研究所 (赖庆旺整理) (63)
- 9、低丘红壤钾肥效果和施用条件试验总结
.....刘家站垦殖场 (余金顺整理) (76)
- 10、红壤桔园间作绿肥的研究朱菊英 (85)
- 11、红壤性水稻土有机质消长因素的研究林明海、彭静霜 (94)
- 12、红粘土红壤土体构型及其肥力特征刘美金、琚忠和 (102)
- 13、试对我省“山地丘陵建设与生态平衡”的讨论
——建设防护农业,保育土壤资源张祯有 (109)
- 14、红壤稻田紫云英全苗因素分析段世赴 (114)

我国红黄壤利用改良的成就和问题※

贺湘逸 谢为民 邓斯捷 卢升璽

(江西省红壤研究所)

红、黄壤是我国热带和亚热带地区的地带性土壤，广泛分布于江南各省，其范围大致是长江以南，横断山以东的广大地区，包括湖南，江西、福建、广东、广西、台湾、云南、贵州等省（区）和浙江、安徽、湖北、四川的大部（或一部分），以及藏南、苏南部分地区。整个分布区的面积约218万平方公里，占国土22.7%。

在上述区域范围内，红黄壤系列的面积约12万平方公里，占全区68.7%。其中亚热带红壤为61.8万平方公里，黄壤为35万平方公里，南亚热带赤红壤为24.8万平方公里，热带砖红壤为5.9万平方公里。除此以外的非地带性土壤，主要有石灰土、紫色土和水稻土，总面积约为63.3万平方公里。

红黄壤地区有独特的自然景观。从气候条件看，具有热量丰富，水分充沛的特点，年均温 14°C — 28°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 5300 — 9200°C ，年降水量 1200 — 2500 毫米，但水分分配不均，干、湿季分明。从地貌看，地面起伏大，切割深，山丘面积大，地形和母质变化复杂，山、丘、平之比，大体为 $7:2:1$ 。从植被情况看，种类繁多，组成丰富，地带性植被为热带雨林、季雨林及亚热带常绿阔叶林，生长量大，四季长青。从土壤看，以红黄壤为主，还有水稻土、石灰土、紫色土，共7个大的土类，28个亚类，受成土因素的综合影响，呈现水平地带性、垂直地带性和地域性互相交错的复杂分布。这些条件，促使南方农业生产具有适种性广，门类齐全和多样性、综合性的布局特征，成为我国发展粮食作物和各种热带、亚热带经济作物与经济林木的重要基地。

研究证明，红黄壤的形成是脱硅富铝化过程和生物积累过程长期相互作用的结果。前者是在高温高湿条件下，土壤矿物质强烈风化，大量形成以高岭石为主的粘土矿物，硅酸和盐基强烈淋溶，铁铝氧化物明显积聚，土壤粘粒硅铝率为 1.5 — 2.5 ，并导致土壤肥力性状恶化。后者是通过绿色植物吸收集中营养物质，并以有机残体的形式归还土壤，使表土有机质富集。红黄壤的森林残落物量比温带土壤高出 1.5 — 2 倍，生物自肥能力很强。以上两个矛盾统一的过程，在茂密的森林被复下，生物积累过程占优势，土壤自然肥力较高，但当林被失去后，这种平衡即被打破，有机物质的分解和淋溶显著增强，土壤肥力随之下降，富铝化过程所产

• 本文参考并引用了“中国红黄壤地区土壤利用改良区划”（红黄壤利用改良区划协作组，1982年编写稿）中的有关资料

生的不良肥力属性，愈益显现出来，构成了红黄壤利用中的障碍。这些障碍是：第一，土壤有机质缺乏，养分贫瘠。有机质含量仅1—1.5%，全氮0.06%左右，全磷0.04—0.07%，速效磷每百克土只有2—5毫克，土壤阳离子交换量，每百克土仅9—16毫克当量。第二，酸性过重。PH值一般为4.5—5.5，盐基饱和度20—40%，大量活性铝的存在是过酸的主要原因。第三，土质粘重板结。土壤粘粒含量，最低为15%，最高可达70—80%，湿时糊烂，干时板结，透水性差，耕作不便。第四，土壤水份性质不良，有效水含量低，下层水分上升补给困难，凋萎系数高达12—21%。第五，结构不良，土粒分散，抗蚀力差，表土极易流失，特别是在坡耕坡种条件下，水土流失剧烈。

建国以来，红黄壤地区农业生产的不断发展，客观地反映了我国红黄壤利用改良的进程。全地区人平土地面积7.36亩，为全国人平的一半，耕地4.19亿亩，仅占全国四分之一，养育了全国五分之二的人口。目前粮食总产量已由解放初期的1200多亿斤提高到2800多亿斤，棉、麻、油、茶等经济作物的产量，增长了2—5倍以上，同时，每年为国家提供10余万吨橡胶，4.2亿担甘蔗（占全国甘蔗总产98%），320万担蚕茧（占全国蚕茧总产75%），2900万担水果（占全国水果总产21%），3270万立方米木材。具体来说，我国利用改良红黄壤的显著成就，可归纳为以下三个方面。

首先是广泛开展了红壤资源考察和土壤基本性质及发生分类的研究，为大面积开发利用和改良提供了科学依据。从五十年代初期开始，中国科学院和农垦部门，在华南砖红壤地区进行了大规模橡胶宜林地考察，南方各省土地利用和勘测部门，也陆续开展了红黄壤荒地资源及其开发利用条件的综合调查，逐步摸清了我国红黄壤资源的家底。与此同时，许多科研单位，对红黄壤的发生分布，特征特性和肥力演变规律进行深入调查研究，探讨了主要土壤类型的物理性质，化学性质，粘土矿物组成，腐殖质特性，以及养分供应状况，逐步明确了瘦、酸、板、旱、蚀是障碍土壤生产潜力发挥的主要因素，并在总结群众经验，系统整理以往科技成果的基础上，吸收国外先进科学技术理论，研究提出了我国富铝化土壤的分类命名系统。这些工作的开展，为我国红黄壤资源的合理开发和改良培肥奠定的理论基础。

其次是大面积开垦红黄壤荒地，为国家创造了物质财富。据荒地较多的江西省统计，1956年以来，国营垦荒300余万亩，建立垦殖场153个。这些场子，坚持一业为主，多种经营，因地制宜，全面发展的方针，已成为该省利用改良红壤的典型样板。现在，每年生产4亿多斤粮食，1万多担棉花，800多万斤油脂，30万头猪，25万立方米木材。贵州省开发黄壤荒地约60万亩，创建41个综合垦殖场。浙江省开荒98.3万亩（民办公助），其中巨县开垦54万亩，1979年生产稻谷1.36亿斤，油脂127万斤，柑桔10.5万担，茶叶万余担。安徽皖南地区开荒38.6万亩，建垦殖场百余个，除种植粮食、油料外，还发展了8千亩柑桔，8万亩茶叶和万余亩蚕桑。湖北省红黄壤面积占全省总面积33%，生产的粮食占全省31%，茶叶占81%，原木占70%，楠竹占69%。海南岛、雷州半岛、西双版纳等地砖红壤的开发，为发展我国以橡胶为主的热作热林，作出了重大贡献。目前橡胶种植面积达570万亩。占世界第四位，年产胶10万余吨，占世界第六位。

第三，改造低产田地，挖掘土壤生产潜力，实现大面积平衡增产。针对红黄壤的障碍因素，广泛开展了以增施有机肥，种植绿肥为主的综合措施研究，有效地推动了南方双季稻

——绿肥耕作制的发展，绿肥种植面积比解放初期增加了2倍多，红黄壤低产田的土壤肥力和作物产量均获普遍提高。随着研究工作的不断深入，红黄壤利用改良逐渐突破狭义的土壤观念，而注重于整个自然环境和生产条件的综合治理与改造，区域性农林牧合理配置，山水田综合治理样板的创建，不断取得成效，加速了红黄壤地区高产稳产农田的建设。现在，全区有效灌溉面积已达2.3亿亩，旱涝保收高产稳产农田1.3亿亩，分别占耕地面积55.6%和31%，高产和中产土壤的面积达到2.6亿亩，占耕地62%。六十年代中期以来，各种用养结合的轮复间套制度的普及；“大窝塘”、“大肥沟”耕作法的推广；红壤旱地改水田培肥高产技术的提出；稻田次生潜育化的防治；磷、钾肥和微量元素肥的合理施用等等，明显地加强了红黄壤的改良效果和速度。

三十多年来，我国红黄壤利用改良的成就，除了物质财富的增长以外，还体现科学技术上的不断改进与创新。各地在生产和研究中总结锤炼出来的丰富经验，将有力的推动和指导这一工作继续向纵深发展。我国利用改良红黄壤的基本经验，总的来说就是充分用地，积极保地，科学养地，坚持用、保、养相结合。用地是目的，保地和养地是缺一不可的两翼，也是检验用地是否合理的方法和指标。用、保、养的结合和协调状况，直接影响红黄壤改良的成败和速度，也是红黄壤科学技术发展的标志和水平。

因土择种，合理配置，力求最大限度地发挥土壤生产潜力，是用地的基本原则和宗旨。

红黄壤区，地域辽阔，地形起伏，水热组合类型复杂，土壤差异大。经验证明，根据土壤性态及其与周围环境条件的高度统一的规律性，因地制宜，综合布局农林牧生产，才有可能发挥土壤和自然条件的优势，做到充分用地。合理配置的原则，首先是地尽其力，力求做到土壤的适宜性和作物土宜要求的高度谐调和统一；其次是有利于充分利用热带和亚热带地区优越的光照、热量和水分条件，加速生物物质生产和促进生态系统的平衡与稳定；第三是考虑农林牧经济特点，有利于获取最佳经济效益。例如，在水热条件最好的琼、雷、滇南、台南等热带砖红壤区，要优先发展热作热林，在配置上，橡胶宜安排在海拔300米以下，300—500米可种紫胶，500米以上种茶叶，粮食可种在低平地。丘陵坡地，宜于种植多年生作物，以尽量减少土壤翻耕和裸露，保持水土。南岭以南的南亚热带，以赤红壤为主，其自然条件和土壤性态，均具明显的过渡性特征，热带和亚热带作物兼而有之。这一地区的平原台地，适宜发展粮食和甘蔗，局部小地形优越处，可种橡胶、咖啡，可可等热作。荔枝、柑桔和茶叶，可适当配置上山丘，尽量少占平地。南岭以北的大面积中亚热带红壤山丘地区，总的配置原则是山上林、山下粮，农林并重，综合布局。山区的适地适树，多层利用；丘陵区的“薪炭帽，茶果腰，棉麻脚，粮田畈”；高原的层状布局，立体农业，都是合理用地的途径。从一个局部地区来说，根据小地形特征，母质特性以及有效土体厚度及其肥力状况来选择最适宜的作物和耕作制，十分重要，例如地下水位较高的低平地不宜种植多年生果木；石灰性土壤不能植茶而可种柏树；新垦地适宜种耐瘠性较强的先锋作物（如红薯、花生、黑麦等）等等，各地都有丰富多彩的经验。

保持水土，以保稳用，是开发利用红黄壤资源的重要前提。

红黄壤地区降雨量大而集中，最大月降雨量超过800毫米，最大日雨量可达250—300毫

米，加以地形割裂，地面被复差，常导致严重的土壤侵蚀。因此，一切利用改良措施都必须紧紧围绕水土保持进行，用而不保，祸害无穷。水土保持的重点是占总土地面积80%以上的山地和丘陵。山地一般具有地势高，地形陡峭、坡度大，土层薄的特点，农业利用限制性大，适宜发展林业和建立自然保护区，目前森林面积较大，木材蓄积量为37.6亿立方米，占全国总蓄积量40%。但山地生态系统脆弱，一旦植被破坏，地面裸露，特别是在破土耕作的情况下，水土流失剧烈。故宜加强林被复盖，尽量少动土，采取以水源林和用材林为主，提倡针阔混交，高矮结合，多层防护。制止过量砍伐，毁林开荒和全垦造林。实践证明，对于高山草场和林间草场的利用，必须十分谨慎，不合理放牧和超载放牧，往往招致严重水土流失。丘陵区属于农林交叉，形式多样的综合农业区，土地垦殖指数比山区高，侵蚀比较重。对于红黄壤丘陵的开展，首先要考虑保土，其次才是培肥，坚持因用择保，寓保于用，保用结合。多年来，各地根据本区水土流失的特点，总结推广了复盖、改形、改制、培肥等保土措施，收效显著。例如，在坡地垦殖上，普遍认为，坡度大于25度不宜农垦，提倡穴垦植树或封山育林种草，10度以上要修建等高梯地，5度左右平缓坡地，也要采取等高种植，等高沟埂。各种利用方式，都要有与之相适应的保土措施相配合，如油桐，油茶地推行宽幅带垦和林肥、林草间作，农耕地采用各种间套形式，保持连续、多层和均一的植被层，根不离土。在耕作方法上有“大窝塘”。“大肥沟”和冬深耕，夏浅耕（旱季）、春不耕（雨季）等成功措施。砖红壤坡地种橡胶，由于雨量特别大，必须修环山梯地，橡胶行间要套种毛蔓豆、蝴蝶豆、爪哇葛藤、无刺含羞草等绿肥，不能使地面裸露，从而达到保、养兼收。

寓养于用，边利用边改良，是培育土壤肥力的正确途径。

由于强度的风化和淋溶，使红黄壤具有比较深厚的但矿质养分却很贫瘠的土层，植物营养的丰度，主要取决于有机质层的状况。森林沦为疏稀草坡后，表土往往只有8—10厘米厚，肥力很差，不进行人为培理，要获得相当的产量是困难的。实践证明，用、养不能截然分开，二者的有机结合是土壤越种越配的必由之路。养地的关键，在于迅速恢复和提高耕作层的有机质水平，基本措施是有机肥为主，肥、水、改制相结合。例如云南高原的瘦红土，每亩翻压苕子1324斤，有机质含量由0.78%提高到1.09%，玉米增产208斤以上。江西丘陵红壤连续种植3年绿肥，有机质、全氮和全磷含量分别由0.64%、0.04%、0.036%提高到1.21%、0.066%、0.067%。除有机肥外，合理补充土壤矿质养分也很重要，特别是磷肥和石灰的效果尤为显著。钾肥在玄武岩、花岗岩、砂岩地区以及肥力水平较高的红壤上增产明显。硼、钼、硫、锌等微量元素肥对于不同作物有不同增产效果。水利方面的问题是干旱，解决丘陵区干旱威胁的办法，主要是采取修建山塘水库，拦河筑坝，开渠引水，提水上岗等措施进行人为调济，并用中耕，复盖防止蒸发。耕作制度改革，着重考虑用地和养地作物的合理搭配，做到用、养兼收。例如云南，贵州等地的玉米与苕子轮作，或玉米套苕子，翻压苕子种小麦；福建的红薯套大豆、甘蔗套大豆；江西的小麦套大豆再套红薯或芝麻；湖南、浙江等地的一地三油（油茶行间种花生、油菜），都有良好的增产和培肥效果。

三十多年来，我国红黄壤利用改良虽然取得了较好的成绩和经验，但从另一方面看，由于人们对本地区自然条件与土壤性质的复杂性与地区差异认识不足，存在着一定的盲目性，缺乏因地制宜、趋利避害的合理规则，同时，一些先进技术和经验，未能由点推广到面，因

而尚存在不少问题。特别是近十多年来，矛盾更为突出。这些问题主要表现在以下四个方面。

第一，水土流失加剧，土壤资源遭受破坏。据粗略统计，目前全区水土流失面积达60余万平方公里，占土地总面积30%，其中严重流失面积27万平方公里。长江和珠江两大河流的年平均冲刷量达25亿吨，占全国土壤流失量的一半。福建晋江、云南金沙江的年平均输砂量，比十年前增长2—3倍。严重的水土流失导致土壤资源破坏，如江西省每年冲蚀表土，1.6亿吨，湖南省山丘地区的侵蚀量，相当于每年损失80万亩耕地的耕层土壤，按一般养分含量折算，损失有机质200万吨，氮、磷、钾养分192万吨，比该省1978年施用化肥总量还高。四川1981年洪水期间，通过三峡的泥砂量，每小时达180万吨以上，沿河两岸大片农田被砂石掩埋。水土流失加剧的原因，主要是森林的破坏和不合理利用土地。全区森林年采伐达三千余万立方米，而造林成活率只有30%，森林复盖率下降，浙江20年来由41.7%下降到31%，云南30年下降26%，目前全区平均只有25.8%。此外，毁林营农、陡坡开荒也不少，全区坡耕地占旱地面积一半左右，水土保持设施很不健全。

第二，耕地培育很不平衡，相当面积重用轻养，广种薄收，低产土壤面积较大。全区现有水田2.62亿亩，旱地1.57亿亩，1979年水稻单产552斤，麦类237斤，玉米329.4斤，单产不高，总产不稳，且地区差异大。在施肥上，一些地区由于化肥用量大增，放松了有机肥施用，绿肥和豆科作物面积大幅度下降，使土壤越种越瘦，越种越板，例如，云南省1966年绿肥面积485万亩，平均9亩耕地有一亩绿肥，近几年下降到140—150万亩，平均29亩才有一亩绿肥。江西省1979年大豆播种面积比1966减少三分之一。旱地利用中的广种薄收，垦而不用，用而不养的现象比水田更为突出。西南边远地区的旱地撩荒轮歇仍较普遍，云南省估计就有500万亩，占旱地20%。目前全区单产300斤左右的低产土壤尚有1.6亿亩，占耕地38%，其中红黄壤低产田地占66.4%，只要加以针对性的改良与培肥。就可大幅度增产。

第三，土地利用不充分，荒山荒地甚多。全区有7亿亩荒山荒地未利用，约占土地总面积四分之一，其成因除高山顶部由于气温低，风大，不利于树木生长而形成的灌丛草甸外，多是长期以来森林砍伐的迹地、撩荒地和灌丛草地。根据荒地的质量和开发条件划分，宜农地约5000万亩，宜林地约4亿亩，宜牧地约1.6亿亩，宜热作热林地约600万亩，暂时利用困难的石质山地等约7300万亩，此外，尚有浅海滩涂851万亩。这一情况一方面反映红黄壤区土地利用的不充分性，另一方面也表明作为我国热带亚热带地区农业土壤的后地资源是较为丰富的，蕴藏着巨大的生产潜力。

第四，布局不甚合理，农林牧比例失调。红黄壤地区山地丘陵占80%以上，平地不足20%，土地利用现状是：耕地占13.6%，林地（包括森林、灌木林和疏林）占40%，牧地占6%，从1979年全区大农业总产值构成看，农业占68%，林业只占4.2%，牧业为14.5%，付业为12.1%，渔业为1.5%，明显地反映出大农业布局的不合理和比例的严重失调，山丘优势远远没有发挥。再从农业内部看，南方经济作物门类齐全，品种繁多，价值很高，但棉、油、蔗、烟四种作物的播种面积只占全区耕地总播种面积8.9%，茶叶和果树只占5.3%。可见土地利用中存在着较严重的重平地轻山丘，重水田轻旱地，重农业轻林业，重粮食轻经作的偏向，违背了自然规律，不利于发挥红黄壤资源的优势。

综上所述，我国红黄壤利用改良事业成就显著，经验丰富，问题不少，任务艰巨。我们初步认为，今后的主攻方向应该是：进一步发挥热带亚热带生物气候的优势，趋利避害，坚持用地、保地、养地相结合，狠抓水土保持，改造低产田地，合理开发荒原，搞好农林牧综合利用，达到不断提高土壤肥力、土壤生产力和经济效益，逐步恢复和建立良好的生态平衡。

红壤水分特性的初步研究

琚忠和、刘勋、张淑文、丁贤茂 ※

(江西省红壤研究所)

土壤水分不但直接影响农林生产,还参与土壤形成过程,是土壤肥力的重要因素之一。建国以来,配合我省的红壤垦殖利用和农业生产,进行了红壤水分的试验研究。现将1961年以来的试验研究资料整理如下,供交流。

研 究 方 法

试验土壤系江西中北部进贤县内第四纪红色粘土母质发育的低丘陵厚层红壤及不同熟化程度(即不同肥力水平)的旱地,坡度在3—5度。自然红壤荒地剖面的发生学特征是全层具有明显的三个层段,依次是:疏松均质的红棕色表层,紧实、核状结构的暗棕色铁锰斑淀层和深厚的杂色网纹层全剖面为轻粘土质地,妨碍土壤水分的顺利运行。开垦利用后处在不同熟化阶段的旱地红壤,第一层可发育成2—4层(表土、二黄土、肉礁及红礁)。这类土壤属红壤系列的红壤土类,面积大,有代表性。

研究方法以定位观测为主,辅以土柱模拟等试验。田间观测深度一般为1米,相当于发生学剖面的上段和中段的大部分。原状土柱体积为 $30 \times 30 \times 100$ 立方厘米,人工管状土柱体积为 $\pi \times 4.4 \times 90$ 立方厘米,分别在田间气候或室内人工光照下进行测试。

结 果 讨 论

一、土壤水文状况

(一) 水分的年循环

进贤位于中亚热带北缘,深受季风气候影响。据12年(1959—1970年)气候资料,年平均温度 17.8°C ,无霜期288天,年降水量1541.3毫米,水面蒸发量1643.7毫米。各季降水量相差较大,1—3月占全年降水量的23%,4—6月占49%,7—9月占17%,10—12月占11%。同降水特点相对应,红壤水分循环大体上可分为三个周期。

1、伏夏初秋土壤水分强烈上升蒸发期。多数年份在雨季结束后,7—9月的雨量锐减(月平均降雨量89.2毫米),蒸发强烈(月平均水面蒸发量258.7毫米),水量入不敷出,常有旱灾威胁,伏旱较明显。非灌区土壤耕层的湿度常小于凋萎含水量,影响秋作物及经济林木的生长。

• 先后参加工作的有付惠霖、古国才、刘建业、杨衍亮、吴希定及本所分析室的同志。

2、仲秋冬季土壤水分补充恢复期。随着北方冷空气的入侵伴有降雨（及降雪），土壤水分得到补充恢复，有利于秋播及幼苗越冬。

3、春末夏初土壤水分下淋期。3月末至6月下旬或7月上旬为雨季，是土壤贮水高峰期，既有水分和养分的垂直及侧向淋洗，又有地面径流侵蚀。

在不同年份，降水量的分配会有错动，或雨季提前，或旱期延长。如1978年的伏秋旱情为近50年以来所罕见，今年秋旱也较严重，这都会影响当季当月的土壤水分状况及农业生产。

(二) 水文状况简析

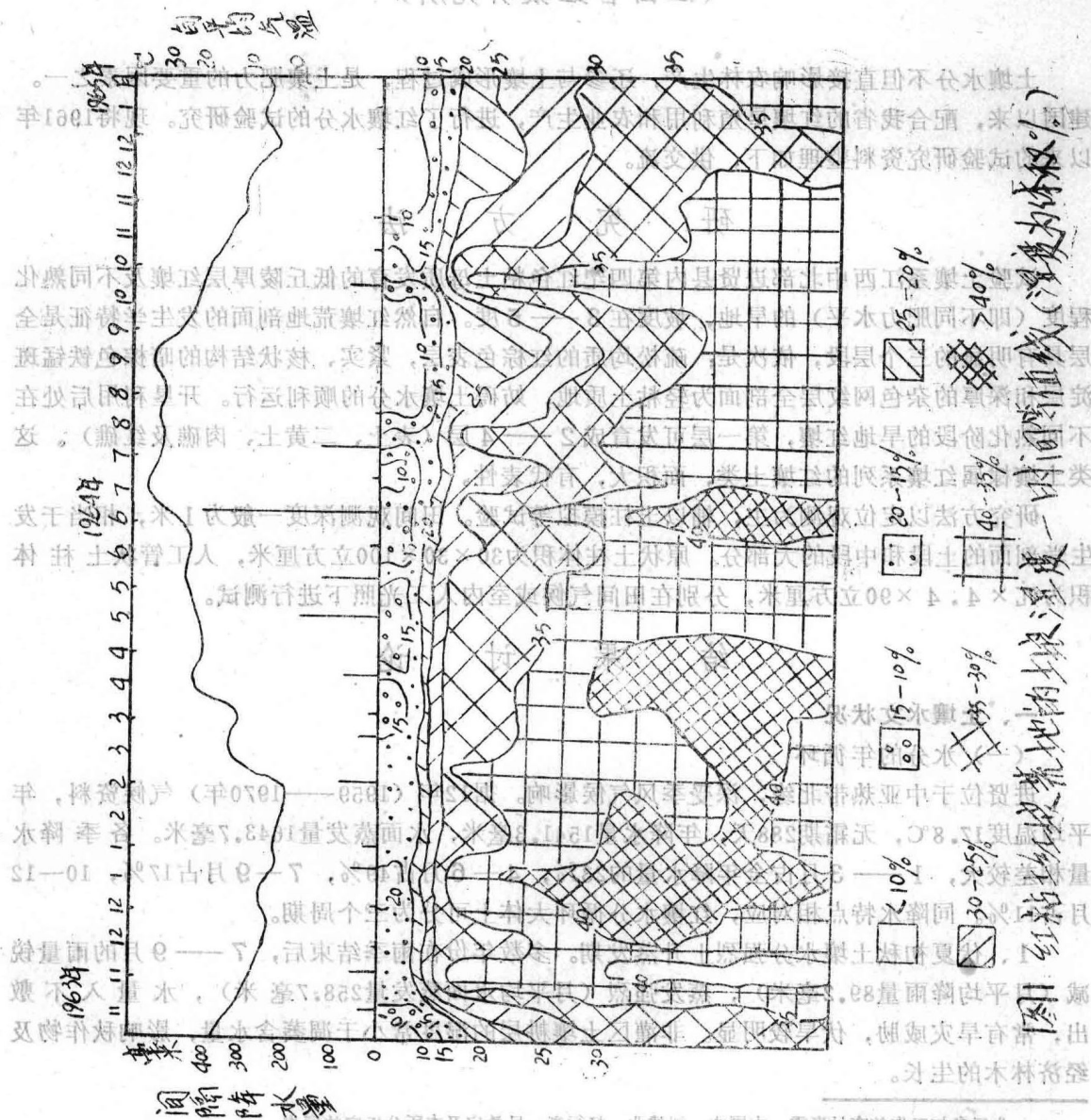
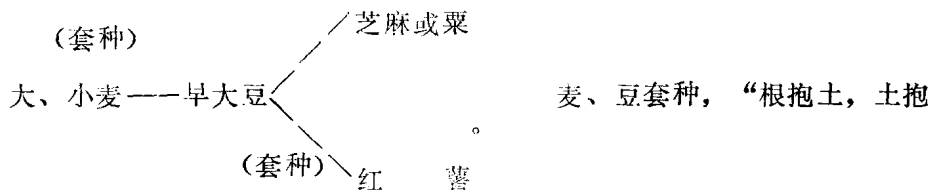


图1是红壤荒地的时间——湿度等值线。由图可见，上半年，湿度为20、25及30%的等值线在表层10厘米位置的上下呈水平走向并稳定维持5个半月之久（初垦旱地也是这样），35%的等值线反随蒸发的增大而逐渐下移，表明雨季的大量降雨并不能增大土体贮水总量。在下半年，湿度为25、30及35%的等值线迅速向下层伸展，前锋达到70厘米及100厘米以下，表明土壤正在强烈失水。如0—30和0—100厘米土体贮水量平均较前半年分别减少36和20%。曲线特征和贮水量变动都反映出，由于土壤湿——干交替过程频繁，土壤供水条件很不平稳。

本区的土地利用及作物布局受土壤水文条件的制约。进贤农民为适应这种气候及土壤条件，总结并实施着比较适合的旱地耕种制度。主要种植类型是：



根”，能减弱坡耕地冲刷迳流。粟和芝麻的耐旱性强，产量低，但稳定。套种红薯能扩大地面复盖，多接纳雨水，减少蒸发。同种植制度相配套的耕作原则是：“冬深耕、夏浅耕、春不耕”，对减轻水土肥的流失和保墒抗旱都有良好效果。

二、土壤贮水量及其有效性

土壤深层贮水能增加土体总贮水和供水量。这部分水积极参加作物水分循环，对稳产增产有重要作用。但红粘土红壤的水分蓄供状况同深层贮水量的多寡似无直接关系。

（一）土体深层贮水

在一般情况下，雨季中的土壤贮水量应该最大。但红壤荒地及新垦旱地的土壤最大贮水量却出现在雨季之前。图1是以1月18日的测定值最大，1米土体为414.7毫米（较早季中的贮水量多21.0—74.5毫米），并达到田间持水量，但比毛管持水量少5%。这种现象可能同不良的红壤物理性质有关。即当表土被水分饱和时，土壤膨胀并分散糊化（农民形容为“下雨一包脓”），堵塞孔隙，阻滞降水（或灌水）的继续入渗。久旱使土体收缩龟裂，提高了降雨入渗率（花生、红薯地达到70%，荒地17%），贮水量最多可恢复达到最大贮水量的95%以上（荒地84%）。如雨后8月2日，花生地的贮水量由原来比荒地少20毫米，变为多50毫米，并蓄存在下半米土体中，有利抗旱。

试验统计指出，不同熟化度的红土、黄土及乌黄土，1米土体总贮水量同荒地的很接近，总贮水量的变幅为405—425毫米，平均413毫米（但其中总有效含水量的变幅较大，为228—267毫米，平均251毫米）。这是由于熟化层所增加的贮水量，被心、底土贮水量的减少抵销了（因粘粒及二、三氧化物的淋洗下移可减少孔隙量）。

（二）土壤结构状况与有效含水量的关系

耕种培肥措施能显著改善红壤荒地的不良理化性状。熟化红壤在化学性质及养分含量方面的变化是显而易见的。物理性质的变化，从改善土壤水分功能的要求来说，主要应看土壤

结构状况。研究指出,粘重而致密的旱地红壤,良好的土壤结构的标志应该是微团聚体的质和孔隙性,而不是水稳性团聚体的含量。因粘粒及铁铝氧化物也能促进土粒团聚化,使红壤荒地及红土的团聚体也有很高的水稳性,但这种团聚体的颗粒排列紧密,孔隙少。试验证明,良好结构的微团聚体由于各种孔隙度都增加(毛管孔隙是减少),一方面使透水性增大,有利于蓄水;另一方面可改变某些水分常数数值,使有效水范围扩大,有效水含量增加(表1)。例如,乌黄土耕层的有效含水量占田间持水量的81%,而黄土和荒地分别为61、68%。这相当于在相同含水量条件下,乌黄土供应的总有效水数量比黄土、荒地多27——30%。原因是熟化措施能改变红壤胶结物质的组成,增加有机胶结物质的含量(乌黄土为1.14%,红粘土母质为0.52%),改善了团聚体的质量。具体表现为微团聚体内部既有小孔隙,也有较大孔隙,减少了结构体的内比表面积,增加了外比表面积,但最终还是减少了总比表面积,使

表1 不同熟化度红壤的结构性和水分性质

熟化程度	孔隙性(体积%)※					最大凋萎田间有效水		
	总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度	单独团聚体孔隙度	有效孔隙度	吸湿量(%)	含水量(%)	持水量(%)
荒地	50.5	46.3	4.2	—	—	10.5	12.0	30.7
黄土 (中度熟化)	54.5	44.9	9.6	43.1	11.6	6.2	※※ 10.9	31.2
乌黄土 (基本熟化)	56.7	44.8	11.9	47.3	14.2	5.1	※※ 6.1	31.7

※ 除荒地外,均引自《中国土壤》

※※ 引自《中国土壤》

土粒及微团聚体表面的水膜加厚,增强了水分的连续性、移动性及有效性。所以,改善土壤结构,扩大有效水范围,是提高红壤水分利用率的重要途径。

三、土壤供水和保水性

在无灌溉地区,伏秋干旱仍是限制旱地农业生产的重要障碍。但不同熟化度的红壤上,作物对干旱的忍耐程度却有很大差别。老农常说:“好地坏地,旱季越见高低”,就是把土壤的供水、保水及耐旱能力当作衡量肥地瘦土的重要标准。以夏播芝麻为例,雨后5——7天,红土上的芝麻即出现暂时凋萎,而此时20厘米深的土壤水分接近16%(毛管水破裂含水量);旱象再发展,则花而不实。这是红土蒸发速度快和供水性差的结果,不但使作物减产失收,也削弱物质积累,限制肥力的提高。如前坊地区有的旱地种了300余年,到合作化时期还停留在黄土这个熟化阶段上。但在同样气候下的乌黄土上,直到20天左右始现凋萎,且夜间恢复快。经测定,干旱后一个月,乌黄土耕层含有效水3.5%,而黄土仅0.5%,表明乌黄土的供水性和保水性都较好。可见,在熟化度低的土壤中,水分的这两种性能常难统一,而在熟化度高的土壤中却表现有较好的一致性。这种现象同土壤质地类型及结构状况有关。

（一）供水性

土壤供水性能的好坏与结构性密切相关。结构好的土壤，有效含水量高（见表1），增加了有效水的来源。此外，土壤供水性能还与供水速度有关。

供水速度关系到单位时间的供水量。农民强调乌黄土有“夜潮”现象，是指耕层丢失的水分恢复得快，这对提高作物的耐旱性有重要意义。为了验证这个经验，曾进行土壤水分日变化的观测（表2）。测定结果指出，18点后，黄土、乌黄土0—10厘米的水分迅速得到恢复补充，但以乌黄土最快，而10—70厘米的水分都有减少，显出耕层的水分来自心土及更深的土层。如在午夜12点前，乌黄土的水分恢复速度是1.39%/小时，黄土是0.95%/小时；

表2 不同熟化度红壤水分的日变化（干土%）

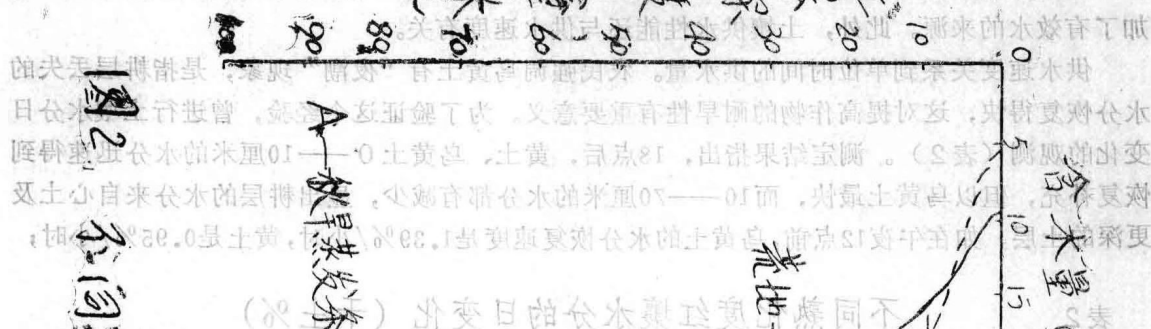
时间 (时)	荒 地					黄 土					乌 黄 土				
	0—22—10	22—10	10—30	30—50	50—70	0—22—10	22—10	10—30	30—50	50—70	0—22—10	22—10	10—30	30—50	50—70
	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米	厘 米
18	6.54	21.40	25.04	25.00	25.04	2.92	12.27	25.49	26.77	26.96	4.32	15.89	23.00	26.25	27.70
24	8.62	21.03	25.25	24.19	25.32	6.48	14.43	24.94	24.43	25.08	12.12	16.45	22.73	26.21	27.21
4	10.26	21.66	24.53	24.80	24.66	8.45	15.22	24.50	26.48	25.66	12.65	18.15	/	27.44	27.80
14	3.69	21.30	25.47	24.64	25.77	4.51	13.11	22.33	25.77	25.95	3.62	19.35	23.90	27.05	26.44

午夜12点至凌晨4点，分别是0.56、0.69、0.57%/小时；18点至凌晨4点，分别是1.06、0.85、0.40%/小时。这就十分清楚地看到，乌黄土的水分恢复最快（比黄土、荒地分别快0.5、3.8倍）、水量最多（比黄土、荒地分别多0.2、1.6倍）。测定结果与农民的宝贵经验是一致的。但因这项测定系在大田进行，受技术条件的限制，没有指出“夜潮”水的确切给源。为此，最近布置试验，探讨上升水流的再分布与“夜潮”的关系。

试验分别在荒地、红土、黄土、乌黄土试验区及这4种土壤的原状土上进行。前者于9月28日至10月21日（共24天）在大气环境中蒸发，平均气温22—24℃，相当于秋旱早情，后者于9月28日至10月29日（共32天）在40℃的红外灯热源下蒸发，相当于伏秋旱的严重旱情，现将部分试验结果绘于图2中。图2—A是秋旱时，二种土壤的上升水流再分布曲线。乌黄土的水分再分布曲线象一条竖直的振荡波型，隆起部分表示有水分聚积（似临时持水层或水库），凹陷部分表示水分已减少。这是心土水向上运行并聚积的结果。而荒地水分再分布曲线形状恰恰相反，是下多而上少，表明它的供水速度及效果都差。两曲线在10—50厘米处的封闭空间可视为乌黄土比荒地能多供应的水量，若按有效含水量计算则更多。这些近距离的“水库”水分，是乌黄土有夜潮和能持久抗旱的直接给流，其供应速度取决于它的位置、数量及运动速度。图2—B是伏秋严重干旱时，二种土壤的上升水流再分布曲线。曲线特征是“水库”位置下移，聚积量减少，供水效果减弱，但仍表现有深层贮水的倾向。

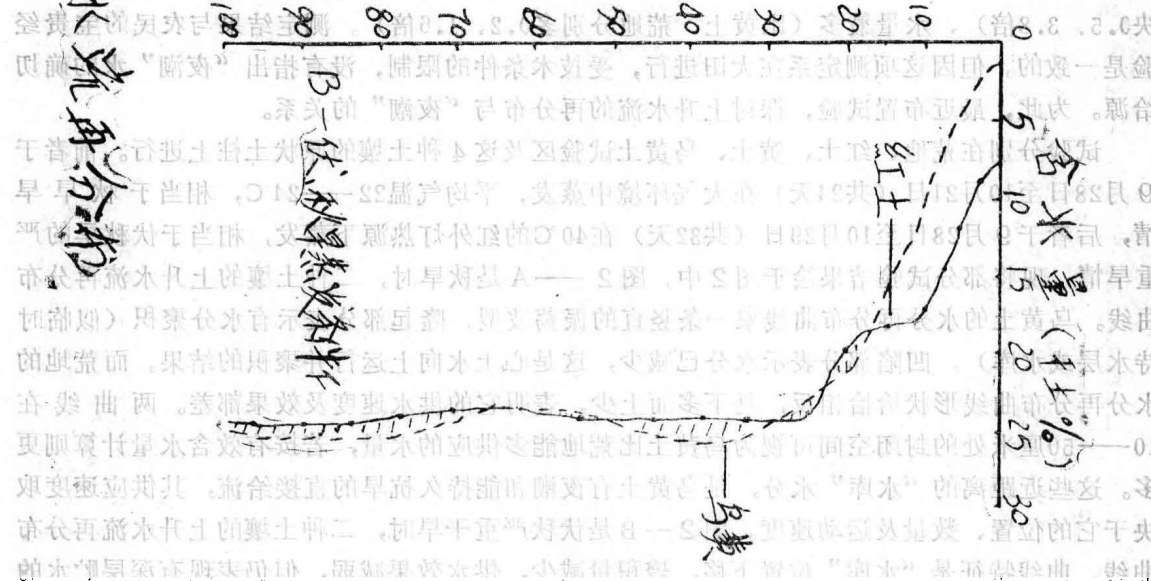
（二）保水性

土壤含水量与蒸发速度的关系 (图 1) 。



时间 (时)	含水量 (%)	蒸发速度 (厘米/小时)
14	3.68	0.32
18	6.24	0.32
24	8.62	0.32
30	10.32	0.32
36	12.32	0.32
42	14.32	0.32
48	16.32	0.32
54	18.32	0.32
60	20.32	0.32
66	22.32	0.32
72	24.32	0.32
78	26.32	0.32
84	28.32	0.32
90	30.32	0.32

下午 13 点至 18 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.68，0.62% 小时，18 点至 24 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，24 点至 30 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，30 点至 36 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，36 点至 42 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，42 点至 48 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，48 点至 54 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，54 点至 60 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，60 点至 66 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，66 点至 72 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，72 点至 78 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，78 点至 84 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时，84 点至 90 点，蒸发量 4.0 厘米，相对湿度 0.82，0.40% 小时。



研究表明，结构良好土壤的蒸发速度较结构差的土壤低得多，从而有利于保水。结构对蒸发速度的影响可能是通过改变导水性来实现的。我们是用对比的试验方法来研究这个问题。

本试验所用土壤为红壤土，取自于红壤土，其物理性质如下表所示。试验所用土壤为红壤土，取自于红壤土，其物理性质如下表所示。

待试的人工管柱共2组、4根，第一组以红粘土红壤荒地及基本熟化的乌黄土为研究对象，第二组是红砂岩红壤荒地及基本熟化的乌砂土作对照。土样剖面层位及孔隙率均模仿原状土。用红外灯热源，从田间持水量开始蒸发，温度35—38℃，为期35天（自9月21日至9月25日）。图3是这4种人工管柱的累计蒸发曲线，蒸发量大小的次序是：红粘土荒地>乌黄地>乌砂地>红砂岩荒地。试验结果显示，有结构的红粘土可减少蒸发速度而增强保水能力，有结构的乌砂土可提高蒸发量而增强供水能力。这些现象或许可以用土壤保水性来解释。

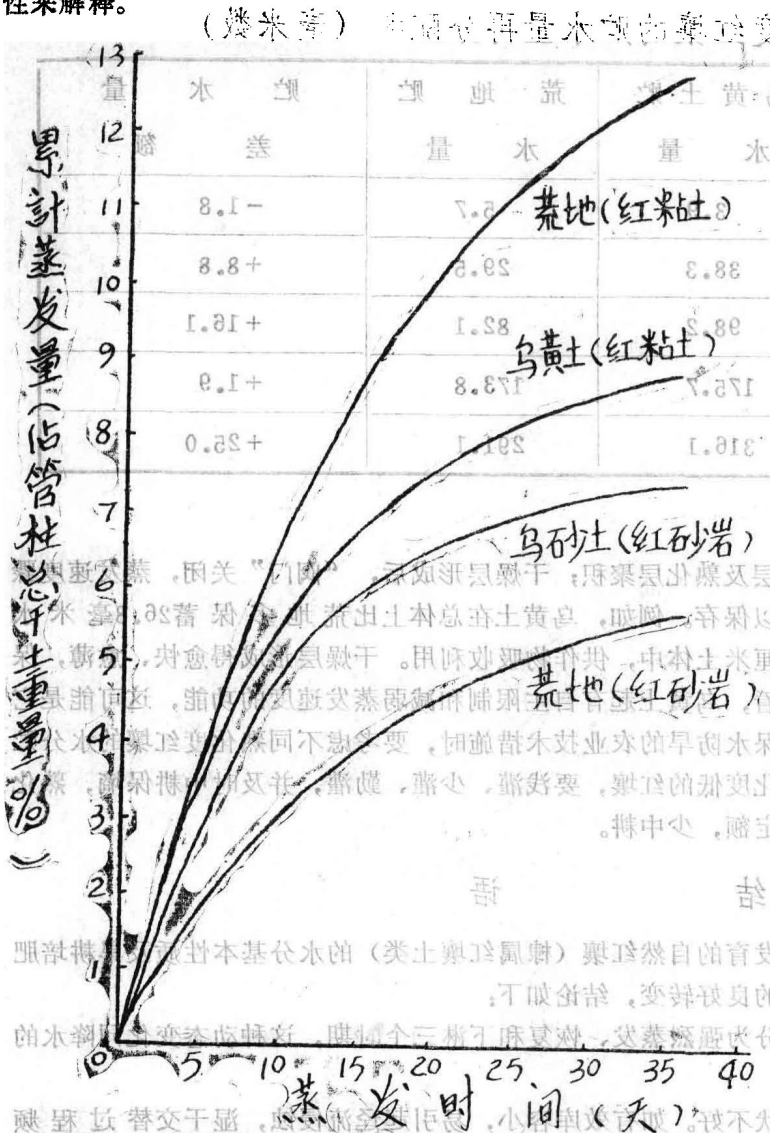


图3 不同熟化度红壤管柱累计蒸发曲线

在饱和流时，砂质土和有结构土壤较粘土导水迅速。在不饱和流时，情况可能正相反。由图3可见，(1)红砂岩荒地因粗大孔隙中的水易被抽空而形成分离的、不连续的水膜，使导水性急剧减弱，仅经过2天就过渡到不饱和流，因毛细力弱，供水性很差。

(2)二种红粘土管柱开始都处在饱和流状态，头4天的导水性都强，故蒸发曲线重叠，以后过渡到不饱和流，导水性就产生分异。荒地土壤因有许多细孔隙仍能保持充水和导水，故导水性一直很强，1—10天的蒸发量与时间呈直线相关，第20天的蒸发量仍大，表明无结构粘土的导水性差。乌黄土自第8天起，蒸发量明显减弱。这可能是乌黄土有孔隙性好的熟化层，它相当于覆盖在

厚层粘土上的砂层。由于熟化表层自身的导水率很快减弱，能把来自底土的导水性强的水分阻截并蓄积在熟化层及心土层中形成“水库”，故它的保水性好。（3）乌砂土也因熟化层的团聚化而增强了土壤毛管引力，能把下面砂土层中的水分“吸”到熟化层中，又因自身的蒸发速度小（仅蒸发两天就过渡到不饱和流）而保水性也较好。

在试验过程中发现，干燥隔离层的迅速形成，是乌黄土具有良好保水性能的重要条件。如表3所示，在秋旱蒸发条件下，乌黄土因熟化层的大孔隙迅速失水而形成厚约5厘米的干燥层（含水量6.3%，相当于凋萎含水量），它象一个单向启动的“阀门”。在干燥层的形

表3 不同熟化度红壤的贮水量再分配※（毫米数）

土 层 深 度 (厘 米)	乌 黄 土 贮 水 量	荒 地 贮 水 量	贮 水 量 差 额
0—5（表层）	3.9	5.7	-1.8
5—20（亚表层）	38.3	29.5	+8.8
20—50（心土层）	98.2	82.1	+16.1
50—100（底土层）	175.7	173.8	+1.9
0—100（全层）	316.1	291.1	+25.0

※ 参看图2—A

成过程中，底土的水分向心土层及熟化层聚积；干燥层形成后，“阀门”关闭，蒸发速度骤减，使被聚积的水分大部分得以保存。例如，乌黄土在总体上比荒地多保蓄26.8毫米水量，其中93%聚积在5—50厘米土体中，供作物吸收利用。干燥层形成得愈快、愈薄，保水效果愈好。从这一层意义上看，乌黄土起有自主限制和减弱蒸发速度的功能，这可能是它保水力强的关键所在。在制订保水防旱的农业技术措施时，要考虑不同熟化度红壤的水分贮运特点，不能千篇一律。如熟化度低的红壤，要浅灌、少灌、勤灌，并及时中耕保墒，熟化度高的红壤，可适当提高灌水定额，少中耕。

结 语

本文研究了红色粘土母质发育的自然红壤（棣属红壤土类）的水分基本性质及早耕培肥熟化措施导致的水分物理性状的良好转变，结论如下：

红壤水分的年循环可大体分为强烈蒸发、恢复和下淋三个时期，这种动态变化同降水的季节特点一致。

荒地及新垦红土的水分性状不好。如有效库容小，易引起迳流侵蚀，湿干交替过程频繁，保水及抗旱能力差，影响作物正常生育，限制肥力水平的提高。土壤水分状况是土壤肥力的重要因素之一。要象概括“酸”、“瘦”、“板”那样，将“旱”也看作是该类型红壤

内在性质的缺陷亟待改良。

培肥熟化使自然红壤水分物理性状产生较深刻变化。如结构状况的改善可增大透水性和扩大有效水范围，浅落的干燥隔离层能自主限制蒸发速度而使保水与供水性能趋于协调，显著提高深层有效果的利用率，从而增强土壤耐渍抗旱能力，促进作物的水分和物质循环，稳定增产。